

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 658.562.3

«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 контактним апаратом в процесі синтезу хлористого вінілу»

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

_____ *Потапчук Андрій Віталійович*

(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

Потапчуку Андрію Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Система керування контактним апаратом в процесі синтезу хлористого вінілу»

_____ ,
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 синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі

4. Вихідні дані: технічне, програмне, математичне забезпечення системи керування контактним апаратом

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналіз технологічного процесу синтезу хлористого вінілу, створення математичної моделі контактного апарату, побудова статичних та динамічних характеристик каналів керування та збурення, синтез та дослідження нейромережових систем керування контактного

апарату різної архітектури, програмування мікроконтролера МК, стартап-проект

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу схема автоматизації технологічного процесу синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі, монтажно-комутаційна схема електричних з'єднань, принципова електрична схема управління електродвигунами, матеріали презентації до захисту магістерської дисертації.

7. Орієнтовний перелік публікацій

Ковалюк Д.О., Потапчук А.В. Оптимізація виробництва шляхом впровадження SCADA систем – 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. 56-57. — Режим доступу: <http://nuft.edu.ua/page/view/konferentsii>

Потапчук А. В., Ковалюк Д. О., Гавриш Б. А. Математичне моделювання контактного апарату у виробництві хлористого вінілу – 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. 32-33.

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 синтезу хлористого вінілу	05.10.2020	
2	Розробка схем автоматизації процесу синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену	17.10.2020	
3	Математичне моделювання контактного апарату	01.11.2020	
4	Обчислення та побудова перехідних характеристик контактного апарату	15.11.2020	
5	Синтез та дослідження нейромережових систем керування контактним апаратом	24.11.2020	
6	Аналіз та програмування коефіцієнтів мікроконтролера МК	01.12.2020	
7	Розробка стартап-проекту	08.12.2020	
8	Оформлення матеріалів дисертації	13.12.2020	

Студент

(підпис)

Андрій ПОТАПЧУК

(ім'я, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Дмитро КОВАЛЮК

(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація виконана на тему «Система керування контактним апаратом в процесі синтезу хлористого вінілу», містить 97 сторінок пояснювальної записки, 32 ілюстрації, 29 таблиць та 4 додатки.

Метою проекту є синтез сучасної системи керування контактним апаратом за допомогою нейромережових регуляторів.

Об'єкт дослідження – технологічний процес синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі.

Предмет дослідження – технічне, програмне, математичне забезпечення системи керування контактним апаратом.

Проведено аналіз технологічного процесу синтезу хлористого вінілу, створено математичну модель контактного апарату, побудовано статичні та динамічні характеристики каналів керування та збурення, синтезовано та досліджено нейромережові системи керування контактним апаратом різної архітектури, запрограмувано мікроконтролера МК. На основі створених систем керування обрали найоптимальніший тип регулятора – інверсний нейрорегулятор. Також було розроблено стартап-проект.

Ключові слова: контактний апарат, хлористий вініл, синтез, нейрорегулятор, мікроконтролер МК, система керування.

ABSTRACT

The master's dissertation was performed on the topic «Control system of contact object in vinyl chloride synthesis process». It contains 97 pages of explanatory notes, 32 illustrations, 29 tables and 4 appendixes.

The purpose of the project is to synthesize the modern control system of contact object with neuroregulator.

The object of research - technological processes of vinyl chloride synthesis by hydrochlorination of acetylene in the gas phase.

Subject of research - technical, software, mathematical support of the contact object's control system.

The analysis of the chemical and technological process of the vinyl chloride synthesis and its developmental situations have been performed, mathematical model of the contact object was created, static and dynamic characteristics of control and perturbation channels were built, neural network control systems of the contact object of different architecture were synthesized and trained, MIC microcontroller is programmed. Based on the created control systems, the most optimal type of regulator was chosen - the inverse neuroregulator. A startup project was also developed.

Key words: CONTACT OBJECT, VINYL CHLORIDE, SYNTHESIS, NEUROREGULATOR, MIC MICROCONTROLLER, CONTROL SYSTEM.

Зміст

ВСТУП	9
1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА СИНТЕЗУ ХЛОРИСТОГО ВІНІЛУ ГІДРО- ХЛОРУВАННЯМ АЦЕТИЛЕНУ В ГАЗОВІЙ ФАЗІ.....	10
1.1. Фізичні та хімічні властивості вінілхлориду	10
1.2. Методи отримання хлористого вінілу	13
1.3 Аналіз запатентованих схем виробництва хлористого вінілу.....	18
1.4. Застосування хлористого вінілу	21
1.5. Постановка задачі автоматизації.....	23
2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ ХЛОРИСТОГО ВІНІЛУ ГІДРОХЛОРУВАННЯМ АЦЕТИЛЕНУ В ГАЗОВІЙ ФАЗІ	25
2.1. Аналіз основних параметрів виробництва	25
2.2. Розробка схеми автоматизації	27
2.3. Розробка схеми сигналізації та аварійного захисту	33
2.4. Розробка монтажно-комутаційної схеми.....	34
3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНТАКТНОГО АПАРАТУ.	36
3.1. Аналіз об'єкту керування.....	36
3.2. Моделювання статичного режиму	38
3.3. Моделювання динамічного режиму.....	41
4. СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОНТАКТ- НИМ АПАРАТОМ.....	47
4.1. Розрахунок та моделювання системи керування з ПІД-регулятором в Simulink	47
4.2. Аналіз та особливості синтезу систем керування	49
4.3. Синтез наслідувального нейромережевого регулятора	52
4.4. Синтез інверсного нейромережевого регулятора.....	58
4.5. Аналіз показників якості системи керування	60
4.6. Порівняння отриманих систем керування та вибір оптимального ре- гулятора.....	62

5. НАЛАШТУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА	65
5.1. Аналіз та характеристика МІК	65
5.2. Програмування коефіцієнтів регулятора	69
6. СТВОРЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	73
ВИСНОВКИ.....	95
Список використаної літератури	96
Додаток 1. Специфікація устаткування, виробів та матеріалів.....	98
Додаток 2. Схема автоматизації процесу синтезу хлористого вінілу....	109
Додаток 3. Принципова електрична схема	110
Додаток 4. Монтажно-комутаційна схема.....	111

ВСТУП

Синтез системи керування контактним апаратом є головною метою цієї магістерської дисертації.

Хлористий вініл майже увесь використовується для виготовлення полівінілхлориду, що використовується для створення штучних шкір, ізоляції проводів та кабелів, виробництва листів, труб, плівок для натяжних меблів, лінолеуму тощо.

Щоби отримати хлористий вініл найвищої якості потрібно синтезувати сучасну систему керування для забезпечення кращої точності керування процесом та швидкодії при впливах на об'єкти.

Магістерська дисертація застосовує сучасні методи керування контактним апаратом, задля синтезу кінцевого продукту найвищої якості. Крім того, було проведено аналіз якісних показників різних систем керування та обрано регулятор на їх основі.

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА СИНТЕЗУ ХЛОРИСТОГО ВІНІЛУ ГІДРО-ХЛОРУВАННЯМ АЦЕТИЛЕНУ В ГАЗОВІЙ ФАЗІ

1.1 Фізичні та хімічні властивості вінілхлориду

Хлористий вініл (або хлорвініл) має газоподібну форму, злегка солодкуватий запах та являється безбарвним. Загалом він схожий на хлороформ. Хлорвініл погано піддається розчиненню у воді, хоча досить добре розчиняється у спирту, дихлоретані та хлороформі. Вінілхлорид – це сильна отрута, що може викликати у людини канцерогенну, мутагенну та тератогенну реакцію.

Основні фізичні характеристики хлористого вінілу наведено в таблиці 1.1:

Таблиця 1.1. Основні параметри хлористого вінілу

Молекулярна формула	$\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$)
Температура кипіння, °C	-13,79
Температура плавлення, °C	-154
Відносна густина (при -30 °C)	0,984
Відносна густина (при 25 °C (рідина))	0,912
Критична температура, °C	158,3
Показник заломлення (при 30 °C)	1,4142
Критична густина, г/см ³	0,38
Теплоємність газу (при 30 °C), кДж/(кг·К)	0,859
Критичний тиск, МПа	5,33
Стандартна ентропія утворення, Дж/(моль·К)	263,96
В'язкість рідини (при -30 °C), мПа·с	0,343
Стандартна ентальпія утворення, кДж/моль	-37,27
В'язкість газу (при 25 °C), мкПа·с	10,72
Поверхневий натяг (при -25 °C), мН/м	22,31
Теплоємність рідини (при -25 °C), кДж/(кг·К)	1,147
Густина за повітрям	2,18
Теплопровідність рідини (при 25 °C), Вт/(м·К)	0,137
Теплота згорання, кДж/моль	-1198,08
Теплота кипіння (при температурі кипіння), кДж/кг	332,68

Експериментально було досліджено густина хлористого вінілу в діапазоні від -13,79 до 60 °C, яка обраховується за рівнянням:

$$d = 0,9471 - 0,001746 \cdot t + 0,00000324 \cdot t^2,$$

де d – густина, г/см³; t – температура, °С.

Дослідження було проведено американськими вченими [8] і точність визначення складає 0,09%.

Ними ж було визначено зв'язок між температурою та еластичністю пари хлористого вінілу:

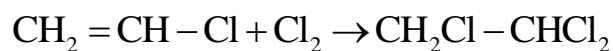
$$\lg p = 0,842 + \frac{1150,9}{T} + 1,75 \cdot \lg T - 0,002415 \cdot T,$$

де p – тиск, атм; T – температура, К.

Властивості хлорвінілу визначаються наявністю атома хлору та подвійного зв'язку, завдяки яким хлористий вініл є досить активним хімічним з'єднанням. Хлорвініл легко проходить реакції приєднання за подвійним зв'язком, де наявний атом хлору виступає в ролі електронакцепторного замісника. Такі реакції знижують властивість перебігу реакцій приєднання в реакціях електрофільного з'єднання та підвищують її для реакцій нуклеофільного з'єднання.

Реакції приєднання за подвійним зв'язком

Хлорвініл легко реагує з хлором у газоподібній та рідкій формі, при цьому утворюється 1,1,2-трихлоретан:



Реакція приєднання атома хлору також можлива за нагрівання реагентів суміші до температури понад 245 °С та присутності кисню.

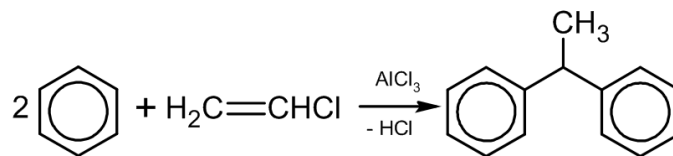
Хлорвініл може приєднати галогенводні сполуки за подвійним зв'язком відповідно до правила Марковникова. Така реакція можлива лише за наявності каталізаторів (хлориду цинку або заліза) та високій температурі. При цьому утворюється сполуки – 1,1-дигалогеналкани:



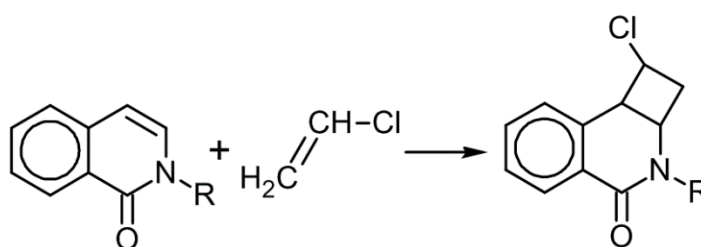
Реакція між хлористим вінілом та газоподібним фторидом водню можлива лише за підтримання тиску 1,1-1,6 МПа:



Реакція Фріделя-Крафтса дозволяє отримати сполуку 1,1-дифенілетан. Для цього хлористий вініл вступає в реакцію з бенzenом, в присутності хлориду алюмінію:



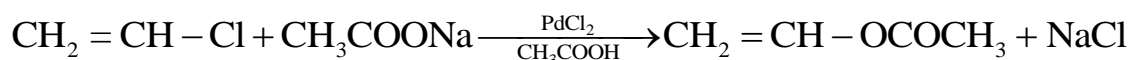
Хлорвініл може реагувати з приєднанням до 1-ізохінолону, в однойменній фотохімічній реакції:



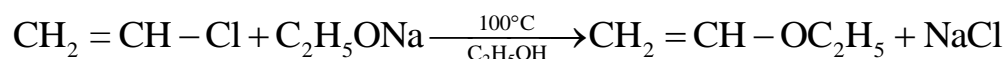
Реакції заміщення атома хлору

Хлористий вініл зазвичай не вступає в реакції заміщення, як більшість галогенвуглеводнів, тому найчастіше відбуваються реакції полімеризації чи елімінування.

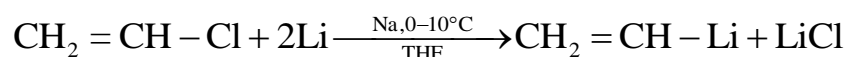
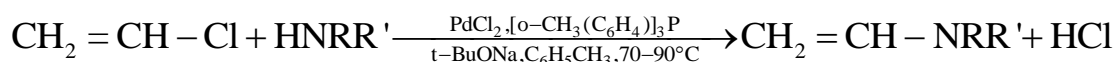
Реакція заміщення атома хлору можна виконати в присутності солей паладію. Таким чином можна отримати вінілалкоголяти та вінілові ефіри:



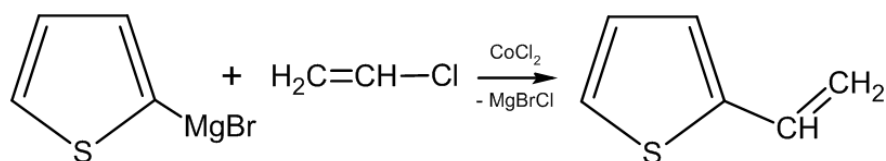
Реакція між хлорвінілом та алкоголятом натрію можлива лише за досить суворих умов – довготривалому нагріванні за температури 110 °С:



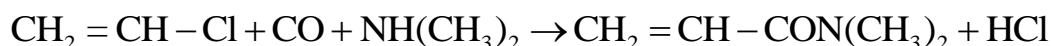
Також, в присутності паладієвого каталізатора можна провести реакцію амінування:



Реакція хлористого вінілу та 2-тієнілмагнійброміду дає можливість створити 2-вінілтіофен лише за наявності хлориду кобальту:

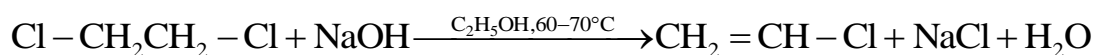


Утворити N, N-диметилакриламід можна при реакції хлористого вінілу з оксидом вуглецю, за наявності паладієвого каталізатора:

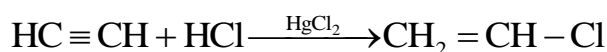


1.2 Методи отримання хлористого вінілу

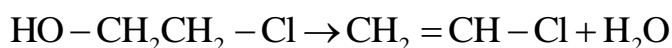
Синтезувати хлорвініл можна дегідрохлоруванням 1,2-дихлоретану або 1,1-дихлоретану, та потрібно підтримувати температуру 60-70 °С та додавати розчин гідроокису натрію та спирту:



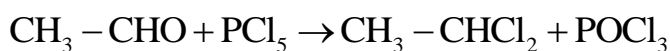
Спосіб проціджування ацетилену через розчин HCl використовують рідше:



Ще одним способом є дегідратація етиленхлоргідрину:



Отримати хлористий вініл також можна при реакції між оцтовим альдегідом та пентахлоридом фосфору:



В промисловості отримати вінілхлорид у великих масштабах можна за допомогою 3 основних способів, які існують на сьогоднішній день:

- каталітичне гідрохлорування ацетилену в газовій фазі;
- збалансований за хлором (на основі етену);
- комбінований.

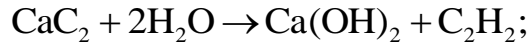
Найбільш сучасним, розповсюдженим та економічно ефективним є комбінований метод. Решта способів являються трохи застарілими, але досі широко використовуються на виробництвах, що використовують ацетилен.

Спосіб каталітичного гідрохлорування ацетилену в газовій фазі

Метод опирається на реакції отримання ацетилену з води та карбіду кальцію. Ця технологія стала першим способом отримання вінілхлориду на комерційному рівні.

Для процесу необхідно провести такі хімічні реакції:

– синтезу ацетилену:



– гідрохлорування ацетилену:

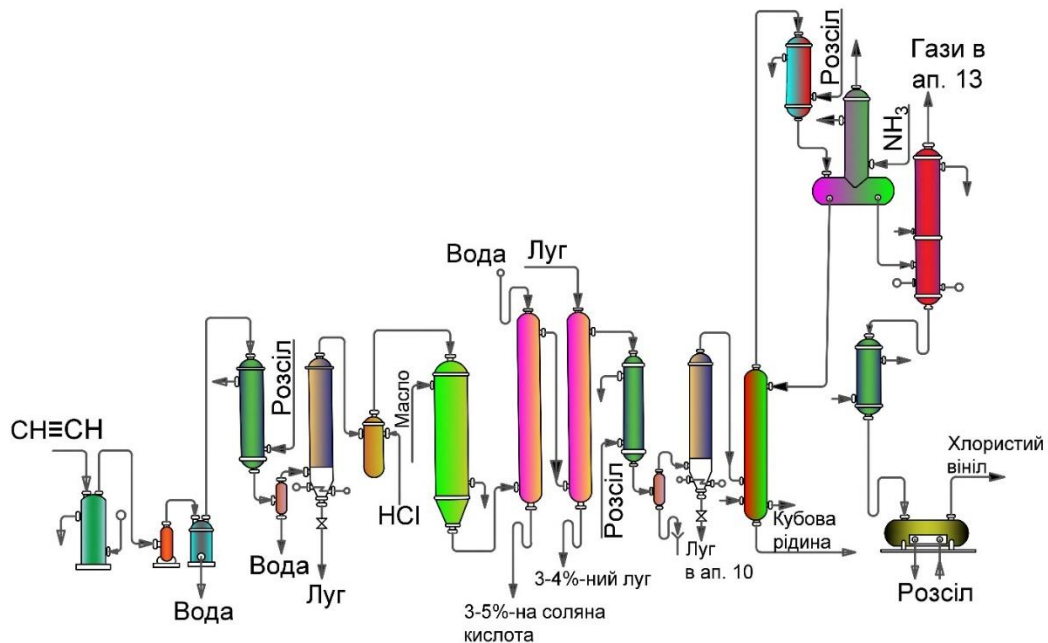
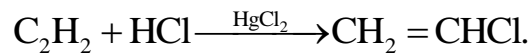


Рис. 1.1. Технологічна схема методу синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі

Очищений від фосфіну (PH_3) та аміаку (NH_3) ацетилен найвищої концентрації (97-99 %), надходить у систему за допомогою компресора, при цьому присутній надлишковий тиск 0,5 атм. Ацетилен надходить у холодильник, у якому циркулюючий у міжтрубному просторі розсіл охолоджує його до 3-5 °С. Далі надлишок вологи відділяють у сепараторі та ацетилен потрапляє в апарат, заповнений лугом, де він остаточно осушується. Після цього ацетилен надходить у змі-

шувач, в якому до нього додають сухий хлороводень. Наступним етапом є надходження газової суміші до контактного апарату, який попередньо нагрівається гарячим маслом до 110-120 °С. Апарат має трубчасту форму, а масло циркулює в міжтрубному просторі.

Синтез хлористого вінілу проходить з виділенням тепла (26 ккал/моль). Масло контактного апарату також використовується для відведення надлишку тепла, воно охолоджується у виносному холодильнику до 70 °С. Оскільки каталізатор процесу поступово зношується, то температуру всередині апарату поступово збільшують до 200 °С. Присутність вільного ацетиле в контактному апараті свідчить про необхідність заміни каталізатора на новий/свіжий.

Під час синтезу хлорвінілу на виході отримуємо контактний газ, який містить 93 % хлористого вінілу, 5 % хлористого водню і 0,5 % ацетилену, 0,3 % парів несиметричного дихлоретану і 0,3 % ацетальдегіду. Для очищення суміші газів від хлороводню, вона надходить у насадковий скруббер з вуглецевої сталі, який зрошується водою. В наступному скруббері для зрошення використовується 40 %-ний розчин лугу, в ньому із суміші газів видаляється уже діоксид вуглецю.

Після очищення лугом контактний газ надходить у холодильник, де охолоджується до -10 °С розсолем (температура розсолу становить -30 °С). В ньому відбувається виморожування більшості вологи, після чого газ потрапляє в осушувач, що заповнений твердим лугом. Розчин лугу періодично виходить з нижньої частини осушувача та надходить до скруббера для промивання контактних газів. Після осушувача контактний газ уже повністю позбавлений вологи та більшості ацетальдегіду. Для відділення дихлоретану та залишків ацетальдегіду, газ надходить до дистиляційної колони. Дистиляція відбувається при зрошенні колони рідким хлорвінілом, охолодженим до -30 °С.

Потім хлористий вініл надходить у кожухотрубний конденсатор і після нього самопливом витікає в куб апарату для виділення газу. Конденсатор охолоджується розсолем, температура якого становить -35 °С. В верхній частині апарату з хлористого вінілу виділяють розчинені у ньому ацетилен та інертні гази. Вона являє собою колону-холодильник, що охолоджується за допомогою аміаку, який випаровується при розрідженні та температури -55 °С. Основна частина

хлорвінілу надходить до відгінної колони для остаточного очищення від ацетилену, але певна його кількість все ж витікає для зрошення дистиляційної колони.

З куба колони безупинно витікає очищений рідкий хлористий вініл. На 1 т 100%-ного хлористого вінілу, який одержується описаним способом, витрачається близько 0,45 т ацетилену, 0,67 т хлористого водню і 0,2-0,5 кг сулеми. Синтез хлористого вінілу з ацетилену і хлористого водню в газовій фазі має чимало переваг (безперервність процесу, простота апаратурного оформлення, високий коефіцієнт використання вихідних сполук), проте недоліком цього процесу є відносна дорожнеча ацетилену в порівнянні з іншими вихідними вуглеводнями.

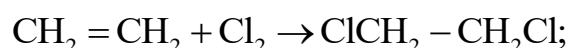
Збалансований спосіб за хлором

Метод на основі етену використовується для отримання хлористого вінілу завдяки реакції термічного розкладання дихлоретану. Для синтезу дихлоретану застосовують реакцію етену з хлором, під дією каталізатора. Результатом дегідрохлорування хлористого етилену є хлористий водень, який реагує з киснем та етеном. Реакція відбувається за наявності каталізатора міді та дає можливість отримати дихлоретан. Таким чином витрати хлору, які використовуються для хлорування етену, зводяться до мінімальних значень. Такий процес називається оксихлоруванням.

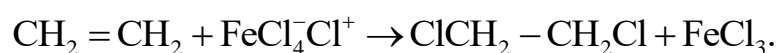
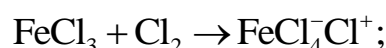
Для отримання хлористого вінілу потрібних характеристик та загального товарного вигляду використовують дистиляцію. Після цього процесу з побічних продуктів органіки отримують розчинники, або їх піддають термодеструкції і використовують в процесі повторно.

Метод реалізується на основі таких хімічних реакцій:

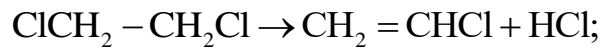
- хлорування етену:



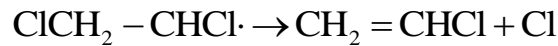
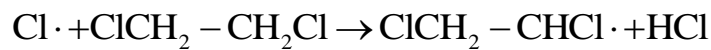
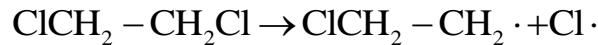
процедура етапу:



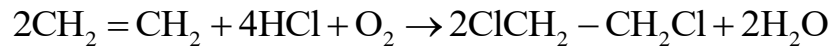
- дегідрохлорування дихлоретану під дією температури:



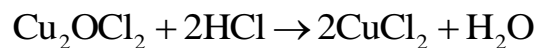
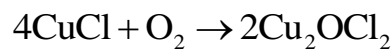
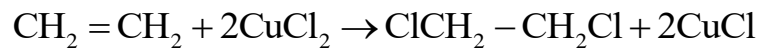
процедура етапу:



- хлорування етену під дією кисню:



процедура етапу:

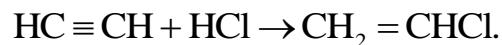
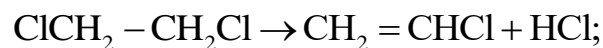
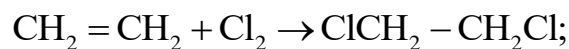


Технологія виробництва, що використовує такий метод одержання хлористого вінілу, має кількість етену, що приблизно ділиться на однакові частини між етапами прямого хлорування та хлорування під дією кисню.

Комбінований спосіб

Основна ідея методу полягає в комбінуванні реакцій гідрохлорування ацетилену та використання хлориду водню, процесу хлорування етену та подальшої деструкції дихлоретану.

Метод реалізується на основі таких хімічних реакцій:

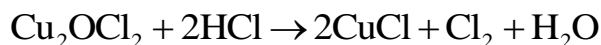
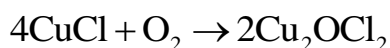
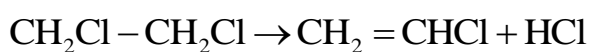
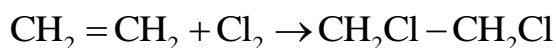
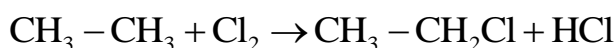


Перевагою комбінованого способу є альтернативна сполука для синтезу хлористого вінілу – замість ацетилену використовується етен. Також він дає можливість утилізувати хлорид водню, підвищивши корисність хлору.

Спосіб окисного хлорування етану

Метод синтезу хлористого вінілу з етану був винайдений іще в 60-х роках XX століття корпораціями *The Lummus Co.* і *Armstrong Cork Co.* Спосіб хлорування з киснем та наявності монохлориду міді у якості каталізатора назвали *Transcat Process*.

Метод реалізується на основі таких хімічних реакцій:



Протікання реакції відбувається за температури 445-545 °С та тиску 1 МПа.

Трохи згодом компанія *ICI* зуміла дещо вдосконалити цей процес, низивши діапазон температур та прийнявши зовсім новий каталізатор.

За ствердженням авторів проекту верхня межа температури становила 495 °С, при цьому конверсія становила: до 100% для хлору, 98,9% для кисню та майже 91% для етану. Якість вихідного хлорвінілу становила більше 90%.

Наприкінці осені 1999 року компанія *EVC* планувала будівництво великого повномасштабного виробництва у Німеччині, проте фінансування було припинено і проект закрили. Після цього про проект *Ethane-to-VCM-Process* нічого не відомо.

1.3 Аналіз запатентованих схем виробництва хлористого вінілу

Вінілхлорид входить в рейтинг 20 найбільших за масштабом продуктів нафтохімічного виробництва у світі, віддавши першість етену (124 млн т), пропілену (78 млн т), метиловому спирту (49 млн т), терефталевій кислоті (43 млн т) та бензену (41 млн т). Виробництво хлорвінілу є третім (після поліетилену й оксирану) за значимістю спрямуванням використання етену як найбільш важливої

сполуки. Світове виробництво хлоростого вінілу становило близько 35 млн т станом на 2010 рік, що складає близько 70% всіх виробничих потужностей у світі. За прогнозованими даними компанії *IHS*, нинішнє споживання хлористого вінілу повинно зростати на 4,4% щорічно.

Розглянемо деякі запатентовані технології синтезу хлористого вінілу. Для патенту РФ №2394014 характерне отримання вінілхлориду, яке включає в себе подачу газоподібного хлору та етану в область реакції хлорування етану, що розташована в нижній частині реактора піролізу, де присутні тверді частинки. Проводять реакції хлорування етану при контакті газоподібного хлору й етану з твердими частинками таким чином, що продукт реакції хлорування етану і тверді частинки піднімаються у верхню частину реактора піролізу одночасно, при цьому кокс, який утворився, осідає на твердих частинках. Реакція хлорування етану відбувається при температурі від 400-800 °С, під тиском 1-25 атм при мольному відношенні етану до газоподібного хлору 0,5-5 і часу від 0,5-30 секунд.

Реакції піролізу проводять в області реакції піролізу, яка розташована у верхній частині реактора піролізу, при контакті продукту реакції хлорування етану з твердими частинками таким чином, що продукт реакції хлорування етану і тверді частинки піднімаються одночасно, при цьому кокс, що утворюється, осідає на твердих частинках, причому реакція піролізу протікає при температурі від 300 до 800 °С, тиску 1-50 атм і часу від 0,05 до 20 секунд.

Винахід також відноситься до пристрою для отримання вінілхлориду, що включає реактор піролізу, що має область реакції хлорування етану в нижній частині та область реакції піролізу у верхній частині, сепаратор, що розділяє продукт реакції піролізу і тверді частинки, реактор регенерації, який регенерує відокремлені частинки випалюванням та, щонайменше, один модуль, по якому переміщуються тверді частинки.

Патент Великобританії №1039369 описує використання багатовалентних металів, включаючи метали з ряду лантаноїдів, у виробництві вінілхлориду з етану. Цей патент описує використання певних каталізаторів за умови, що «пара, доступний хлор і кисень використовуються в конкретних контрольованих співвідношеннях». Описана система працює при температурах в межах між 500 і 750

°C. Доступний хлор у цій технології необов'язково включає 1,2-дихлоретан. Однак даний патент не згадує, що разом з етаном потрібно подавати етилен. У ньому також немає згадки, що в процесі повинно бути задано певне мольне співвідношення етану до етилену, не описується рециркулювання етилену, а замість цього вказується лише, що етилен вступає в реакцію з утворенням полімерів або етилендихлориду.

Патент Великобританії №1492945 описує спосіб виробництва вінілхлориду з використанням лантану в каталізаторі перетворення етану у вініл на основі міді. Як описують автори, лантан присутній з метою сприятливої зміни летючості міді при підвищеній температурі, необхідної для роботи. Приклади демонструють переваги надлишку хлористого водню у відповідній реакції.

Патент Великобританії №2095242 описує спосіб для отримання монохлорованих олефінів, який сприяє приведенню у взаємодію при підвищеній температурі газоподібної суміші, що містить алкан, джерело хлору і молекулярний кисень, в присутності каталізатора, що містить металеве срібло і/або його з'єднання, і одне або декілька з'єднань марганцю, кобальту або нікелю. Як вказують автори, на каталізатор можуть подаватися суміші етану й етилену. Ніяких прикладів не наведено і конкретні переваги сумішей етан/етилен не описуються.

Патент Великобританії №2101596 описує спосіб для виробництва монохлорованих олефінів, який сприяє приведенню у взаємодію при підвищеній температурі газоподібної суміші, що містить алкан, джерело хлору і молекулярний кисень, в присутності каталізатора, що містить сполуки міді, марганцю та титану, і є придатним для використання у виробництві вінілхлориду з етану. Крім того, як описують автори, продукти реакції виділяють і використовують, як є, або рециркулюють в реактор для збільшення виходу монохлорованого олефіну. Як вказують автори, на каталізатор можуть подаватися суміші етану і етилену. Ніяких прикладів не наведено, і конкретні переваги сумішей етан/етилен не описуються.

Патент США №3658934 і патент США №3702311 описують обидва способи для виробництва вінілгалогенідів в системі з трьох реакторів, що об'єднує реактор галогендегідрування, реактор оксигалогенування і реактор дегідрогалогенування. Автори описують галогендегідрування етану з отриманням етилену для

подальшого перетворення в хлорвініл шляхом оксигалогенування з подальшим отриманням хлористого вінілу шляхом звичайного термічного крекінгу. HCl, одержуваний при операції крекінгу, повертають в реактор оксигалогенування і в реактор галогендегідрування. Як показано в останньому патенті, переваги надлишку загального хлору як у вигляді HCl, так і Cl₂, збільшує вихід бажаних продуктів.

Патент США №3644561 і патент США №3769362 тісно пов'язані зі зазначеними вище патентами і описують способи оксидегідрування етану до етилену в присутності надлишкових кількостей галогеніду водню. Патент описує каталізатор з галогеніду або міді, або заліза, додатково стабілізований за допомогою галогеніду рідкісноземельного елемента, де співвідношення галогеніду рідкісноземельного елемента до галогеніду міді або заліза є вищим ніж 1:1. Патент описує використання значного надлишку HCl по відношенню до мольної кількості введеного етану, причому HCl залишається спожитим в реакції.

Патент США №5763710 обговорює каталітичне оксихлорування етану до хлористого вінілу шляхом об'єднання етану і джерела хлору в реакторі для оксихлорування в присутності каталізатора оксихлорування (умови реакції вибираються з підтримкою надлишку HCl), відділення продуктів вінілхлориду і повторної переробки побічних продуктів в реактор.

1.4 Застосування хлористого вінілу

В сучасній промисловості майже увесь (98-99%) хлористий вініл використовується для синтезу полівінілхлориду (ПВХ). Станом на 2009 рік, сумарні світові потужності з випуску ПВХ склали 48 мільйонів тонн, при цьому його виготовлення та використання досягли значення 29.92 мільйони тонн. Завантаженість в цьому становить близько 62%.

Азія являється основним регіоном виробництва полівінілхлориду, тому що більшість виробництв знаходиться саме там. Тільки у Китаї розташовано близько 20%. Лідерами світового виробництва ПВХ є: *Formosa Plastics*, *OxyVinyls* та *Shin-Etsu*, які синтезують 2.65, 2.03 та 2.77 мільйонів тонн продукції. Найбільший відсоток виробничих потужностей полівінілхлориду у 2011 році склали:

- *Shin-Etsu* (Японія) – виробництво склало близько 3.75 млн т;
- *Formosa Plastics* (Тайвань) – виробництво склало близько 3.33 млн т;
- *Solvay* (Бельгія) – виробництво склало близько 2.65 млн т;
- *LG Chem* (Південна Корея) – виробництво склало близько 2.35 млн т;
- *Kerling* (Великобританія) – виробництво склало близько 2.04 млн т.

Обсяг виробництва у Росії за той же період склав 579.1 тисячі тонн, при цьому загальна виробнича потужність становила 634.9 тисячі тонн.

Виробництво ПВХ сьогодні можна реалізувати багатьма способами, але виділимо 4 найбільш поширені:

- спосіб синтезу, який здійснюється полімеризацією вінілхлориду повністю без води, розчинників, поверхнево-активних речовин (ПАР) та інших допоміжних компонентів;

- спосіб синтезу, який здійснюється полімеризацією в краплях емульсії, яку було отримано диспергуванням мономера у воді, де також були присутні стабілізатор емульсії та мономер-розчинного ініціатора реакції;

- спосіб синтезу полівінілхлориду, який здійснюється для отримання співполімерів, що беруть участь у створенні полімерних оболонки. Це досить нестандартний метод, і тому рідкісний;

- спосіб синтезу, який здійснюється полімеризацією вінілхлориду у воді у присутності ПАР і водорозчинних ініціаторів.

Майже 80% виробництв використовують метод полімеризації в краплях емульсії і найбільш популярними є технології:

1. *Vinnolit Suspension PVC Process.*

Спосіб винайшли та запатентували компанією *Wacker Chemie GmbH* ще в 1935 році, однією з перших засновників компанії *Vinnolit*. Із того часу постійні покращення привели до того, що *Vinnolit Suspension PVC Process* став одним із найбільш економічно ефективних у світі.

2. *Chisso PVC Process.*

Спосіб синтезу полівінілхлориду отримала японська корпорація *Chisso*, та дала йому назву *Chisso PVC Process*. Для нього характерні висока якість кінцевого продукту, низькі капіталовкладення та початкові інвестиції, технологія, що

не шкідлива для довкілля. Технологія отримала досить широке застосування, тому 20 виробництв наразі сумарно мають потужність близько 1.6 мільйонів тонн щороку.

Реакція полімеризації протікає в реакторах періодично, об'єм якого становить 170 м³. Корисною ознакою будови цього апарату є можливість відводити надлишок тепла з реакційної суміші без води, таким чином отримавши досить високу продуктивність. Ще однією особливістю методу є можливість синтезувати кінцевий продукт, мінімізувавши при цьому вміст хлорвінілу, що не прореагував, без термічного відділення газів, що дозволяє зберегти структуру полімеру.

1.5 Постановка задачі автоматизації

Для неперервного та максимально ефективного функціонування технологічного процесу синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі доцільним є контроль усіх режимів роботи процесу. Він є досить складним, тому необхідно постійно контролювати параметри процесу, для попередження будь-яких відхилень від норми. Для цього було створено систему керування процесом, в яку входять різні регулюючі та контрольно-вимірювальні прилади.

Завданням магістерської дисертації є синтез сучасної системи керування контактним апаратом у процесі синтезу хлористого вінілу та розробка схеми автоматизації для контролю процесом загалом.

Представлена система керування дозволяє отримати:

- якісний вихідний продукт шляхом усунення всіх недоліків процесу;
- стабілізація заданих режимів технологічного процесу шляхом вимірювання значень технологічних параметрів, їх обробки, візуального представлення, і подачі керуючих впливів в режимі реально часу на виконавчі механізми, як в автоматичному режимі, так і в результаті дій технолога-оператора;
- досягнення найвищого рівня надійності процесу;
- мінімальні енергозатрати на всіх етапах виробництва;
- модернізація дистанційного керування процесом на всіх його етапах;
- мінімізація виникнення аварійних ситуацій на виробництві;

- забезпечення адміністративно-технічного персоналу виробництва необхідною інформацією щодо технологічного процесу синтезу хлористого вінілу для вирішення завдань контролю, обліку, аналізу, планування й управління виробничою діяльністю.

2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ ХЛОРИСТОГО ВІНІЛУ ГІДРОХЛОРУВАННЯМ АЦЕТИЛЕНУ В ГАЗОВІЙ ФАЗІ

2.1 Аналіз основних параметрів виробництва

Проаналізувавши схему автоматизації технологічного процесу синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі (дивись Додаток 2) та її особливості, було вирішено передбачити автоматичний контроль таких параметрів:

- Концентрацію ацетилену, що входить в гідравлічний затвор 1;
- Тиск, який нагнітає в систему компресор 2;
- Температуру суміші на виході з холодильника 4;
- Вологість ацетилену, що входить в змішувач 7;
- Витрату хлористого водню, що входить в змішувач 7;
- Витрату мастила, що входить в контактний апарат 8;
- Концентрацію газової суміші, яка входить в контактний апарат 8;
- Температуру контактного газу в контактному апараті 8 (120-200 °С);
- Концентрацію контактного газу, що входить у скруббер 9;
- Концентрацію розчину лугу, що входить у скруббер 10;
- Температуру контактного газу, що входить у холодильник 11;
- Вологість газової суміші, що входить у дистиляційну колону 13;
- Рівень хлористого вінілу в дистиляційній колоні 13;
- Температуру хлористого вінілу на вході в дистиляційну колону 13;
- Температуру розсолу на вході в конденсатор 14;
- Температуру аміаку на вході в апарат 15;
- Концентрацію ацетилену на виході з колони 16;
- Рівень хлористого вінілу у відгінній колоні 16;
- Температуру в апараті 16;
- Концентрацію хлористого вінілу, який виходить зі збірника хлористого вінілу 18;

Провівши аналіз результатів, їх значення було записано у таблиця 2.1.

Таблиця 2.1. Параметри контролю виробництва

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Трубопровід, ацетилен	Концентрація	97%	Контроль, сигналізація
2	Трубопровід	Тиск	0,4...0,5 атм	Контроль, сигналізація
3	Трубопровід, ацетилен	Температура	3...5 °С	Контроль
4	Трубопровід, ацетилен	Вологість	-	Контроль
5	Трубопровід, хлористий водень	Витрата	-	Контроль, регулювання
6	Трубопровід, мастило	Витрата	-	Контроль, регулювання
7	Контактний апарат, суміш газів	Температура	120...200 °С	Контроль, регулювання
8	Трубопровід, контактний газ	Концентрація	93%	Контроль, регулювання
9	Трубопровід, луг	Концентрація	40%	Контроль
10	Холодильник, контактний газ	Температура	-10 °С	Контроль, регулювання
11	Трубопровід, контактний газ	Вологість	-	Контроль
12	Тарілчаста колона, суміш газів	Рівень	-	Контроль, сигналізація
13	Трубопровід, хлористий вініл	Температура	-30 °С	Контроль, регулювання
14	Трубопровід, розсіл	Температура	-35 °С	Контроль
15	Трубопровід, аміак	Температура	-	Контроль
16	Трубопровід, ацетилен	Концентрація	1...5%	Контроль
17	Відгінна колона, хлористий вініл	Температура	-30%	Контроль
18	Відгінна колона, хлористий вініл	Рівень	-	Контроль, сигналізація
19	Збірник, хлористий вініл	Концентрація	99%	Контроль, регулювання

2.2 Розробка схеми автоматизації

Схема автоматичного контролю за процесом синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі включає в себе ряд контурів контролю і сигналізації.

Серед контурів контролю є контури витрати, тиску, рівня, якості та температури.

Контур 1 здійснює контроль концентрації ацетилену на вході у гідравлічний затвор 1, його складовими є: вимірювач якості – газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (1А); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (1Б).

Контур 2 здійснює контроль тиску, який створює в системі компресор 2, його складовими є: вимірювач тиску – вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску (2А); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (2Б).

Контур 3 здійснює контроль температури ацетилену в трубопроводі 17 та регулювання контуру 4, його складовими є: термоперетворювач опору типу ТСПУ з уніфікованим вихідним сигналом (3А); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (3Б); контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний (3В).

Контур 5 здійснює контроль вологості хлористого водню на вході у змішувач 7, його складовими є: вимірювач якості – первинний перетворювач гігрометра автоматичного Корунд-М (5А); вимірювальний блок гігрометра автоматичного Корунд-М (5Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (5В).

Контур 6 здійснює контроль витрати хлористого водню на вході у змішувач 7 та регулювання контуру 7, його складовими є: витратомір – діафрагма камерна (6А); вихровий витратомір (6Б); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад (6В), контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний (6Г).

Контур 8 здійснює контроль витрати масла на вході у апарат 8, його складовими є: витратомір – діафрагма камерна (8А); вихровий витратомір (8Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (8В).

Контур 9 здійснює контроль температури реакційної маси всередині апарату 8 та регулювання контуру 10, його складовими є: термоелектричний перетворювач типу ТХА (9А); перетворювач нормувальний (9Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (9В), контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний (9Г).

Контур 11 здійснює контроль концентрації контактного газу на виході з апарату 8 та регулювання контуру 12, його складовими є: вимірювач якості – газоз

Контур 13 здійснює контроль концентрації лугу на вході апарат 10, його складовими є: вимірювач якості – газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (13А); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (13Б).

Контур 14 здійснює контроль температури контактного газу в апараті 11 та регулювання контуру 15, його складовими є: термoperетворювач опору типу ТСПУ з уніфікованим вихідним сигналом (14А); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (14Б); контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний (14В).

Контур 16 здійснює контроль вологості контактного газу на виході з апарату 12, його складовими є: вимірювач якості – первинний перетворювач гігрометра автоматичного Корунд-М (16А); вимірювальний блок гігрометра автоматичного Корунд-М (16Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (16В).

м

а

Контур 17 здійснює контроль рівня кубової рідини в апараті 13, його складовими є: рівнемір – первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра (17А); проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра (17Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (17В).

Контур 18 здійснює контроль температури хлористого вінілу на виході з апарату 15 та регулювання контуром 19, його складовими є: термоперетворювач опору типу ТСПУ з уніфікованим вихідним сигналом (18А); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (18Б); контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатфункціональний високопродуктивний (18В).

Контур 20 здійснює контроль температури розсолу на вході у конденсатор 14, його складовими є: термоперетворювач опору платиновий з уніфікованим сигналом (20А); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (20Б).

Контур 21 здійснює контроль температури аміаку на вході в апарат 15, його складовими є: термоперетворювач опору платиновий з уніфікованим сигналом (21А); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (21Б).

Контур 22 здійснює контроль концентрації газу на виході дистиляційної колони 16, його складовими є: вимірювач якості – газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (22А); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (22Б).

Контур 23 здійснює контроль температури розсолу у відгінній колоні 16, його складовими є: термоперетворювач опору платиновий з уніфікованим сигналом (23А); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (23Б).

Контур 24 здійснює контроль рівня хлористого вінілу у відгінній колоні 16, його складовими є: рівнемір – первинний вимірювальний перетворювач акустич-

ного рівнеміра (24А); проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра (24Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (24В).

Контур 25 здійснює контроль концентрації хлористого вінілу на виході з апарату 18 та регулювання контуром 26, його складовими є: вимірювач якості – газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (25А); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад (25Б); контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатфункціональний високопродуктивний (25В).

Контур 27 забезпечує дистанційне керування електромоторами, його складовими є: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП1), кнопку запобіжного вимикання (SA1), кнопковий блок керування (SB1, SB2), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим та червоним індикаторами (HL21, HL22).

Контур 28 забезпечує дистанційне керування електромоторами, його складовими є: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП2), кнопку запобіжного вимикання (SA2), кнопковий блок керування (SB3, SB4), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим та червоним індикаторами (HL23, HL24).

Контур 29 забезпечує дистанційне керування електромоторами, його складовими є: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП3), кнопку запобіжного вимикання (SA3), кнопковий блок керування (SB5, SB6), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим та червоним індикаторами (HL25, HL26).

Контур 30 забезпечує дистанційне керування електромоторами, його складовими є: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП4), кнопку запобіжного вимикання (SA4), кнопковий блок керування (SB7, SB8), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим та червоним індикаторами (HL27, HL28).

Контур 31 забезпечує дистанційне керування електромоторами, його складовими є: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП5), кнопку запобіжного вимикання (SA5), кнопковий блок керування (SB9, SB10), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим та червоним індикаторами (HL29, HL30).

Контур 32 забезпечує дистанційне керування електромоторами, його складовими є: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП6), кнопку запобіжного вимикання (SA6), кнопковий блок керування (SB11, S12), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим та червоним індикаторами (HL31, HL32).

Контур 33 забезпечує дистанційне керування електромоторами, його складовими є: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП7), кнопку запобіжного вимикання (SA7), кнопковий блок керування (SB13, SB14), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим та червоним індикаторами (HL33, HL34).

Контур 34 забезпечує дистанційне керування електромоторами, його складовими є: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП8), кнопку запобіжного вимикання (SA9), кнопковий блок керування (SB15, SB16), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим та червоним індикаторами (HL35, HL36).

Контур 35 забезпечує дистанційне керування електромоторами, його складовими є: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП9), кнопку запобіжного вимикання (SA9), кнопковий блок керування (SB17, SB18), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим та червоним індикаторами (HL37, HL38).

Контур 36 забезпечує дистанційне керування електромоторами, його складовими є: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП10), кнопку запобіжного вимикання (SA10), кнопковий блок керування (SB19, SB20), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим та червоним індикаторами (HL39, HL40).

Контур 37 забезпечує дистанційне керування електромоторами, його складовими є: пускач магнітний безконтактний нереверсивний (МП11), кнопку запобіжного вимикання (SA11), кнопковий блок керування (SB21, SB22), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим та червоним індикаторами (HL41, HL42).

Контур 38 здійснює контроль тиску, який створює в системі насос 1, його складовими є: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (38А), датчик-реле тиску (38Б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL43, HL44).

Контур 39 здійснює контроль тиску, який створює в системі насос 2, його складовими є: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад

з пристроєм, що має функцію сигналізації (39А), датчик-реле тиску (39Б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL45, HL46).

Контур 40 здійснює контроль тиску, який створює в системі насос 3, його складовими є: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (40А), датчик-реле тиску (40Б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL47, HL48).

Контур 41 здійснює контроль тиску, який створює в системі насос 4, його складовими є: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (41А), датчик-реле тиску (41Б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL49, HL50).

Контур 42 здійснює контроль тиску, який створює в системі насос 5, його складовими є: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (42А), датчик-реле тиску (42Б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL51, HL52).

Контур 43 здійснює контроль тиску, який створює в системі насос 6, його складовими є: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (43А), датчик-реле тиску (43Б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL53, HL54).

Контур 44 здійснює контроль тиску, який створює в системі насос 7, його складовими є: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (44А), датчик-реле тиску (44Б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL55, HL56).

Контур 45 здійснює контроль тиску, який створює в системі насос 8, його складовими є: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (45А), датчик-реле тиску (45Б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL57, HL58).

Контур 46 здійснює контроль тиску, який створює в системі насос 9, його складовими є: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (46А), датчик-реле тиску (46Б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL59, HL60).

Контур 47 здійснює контроль тиску, який створює в системі насос 10, його складовими є: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (47А), датчик-реле тиску (47Б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL61, HL62).

Контур 48 здійснює контроль тиску, який створює в системі насос 11, його складовими є: автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм, що має функцію сигналізації (48А), датчик-реле тиску (48Б), лампи сигнальні світлодіодні із жовтими індикаторами (HL63, HL64).

2.3 Розробка схеми сигналізації та аварійного захисту

Розглянемо постановку задачі сигналізації й аварійному захисту електродвигунів у схемі технологічного процесу синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі. Загалом на схемі автоматизації присутні 11 електроприводів насосів. Оскільки усі вони є ідентичними і їх підключення здійснюється за однаковою схемою, то схему принципову електричну було розроблено для 4 із них (Додаток 3).

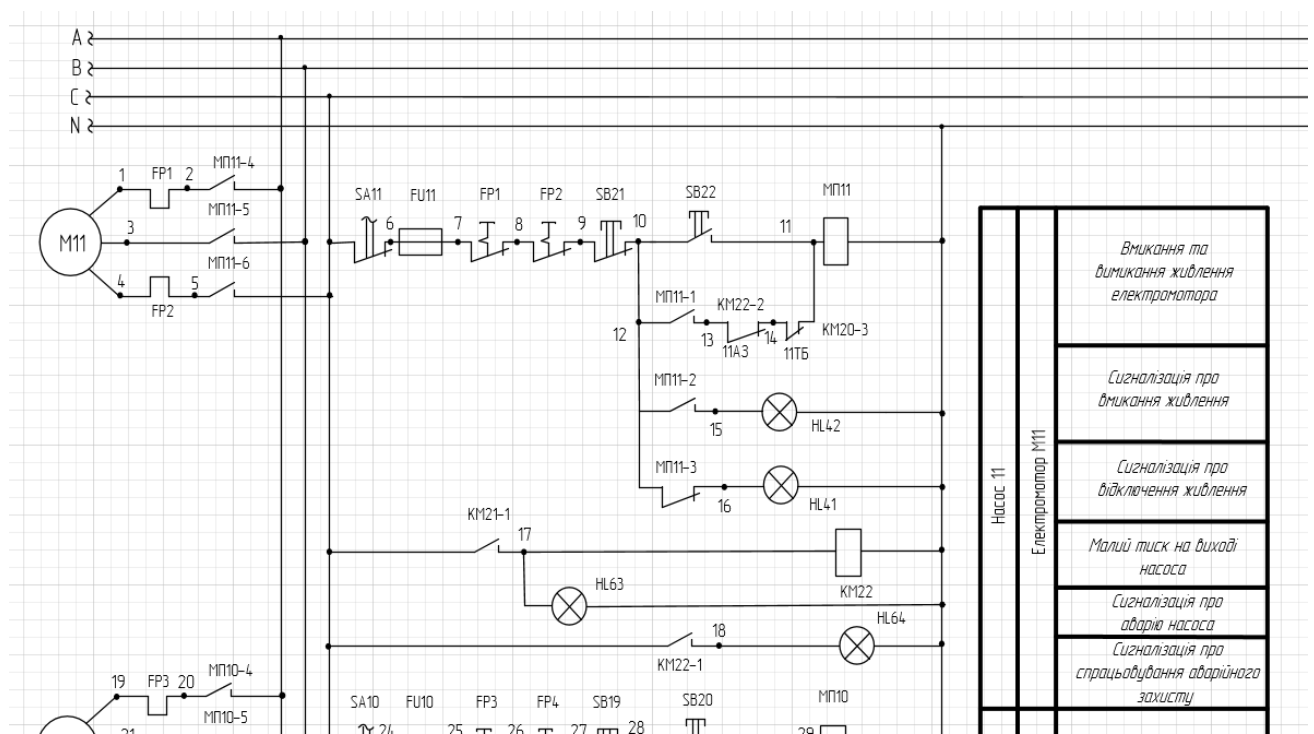


Рис. 2.1. Принципова електрична схема дистанційного керування й аварійного захисту електродвигунів

Увімкнення електродвигуна здійснюється за допомогою кнопки увімкнення, вона в свою чергу замикає нормально розімкнений контакт і таким чином подається живлення на магнітний пускач. Після цього вмикається сигналізація увімкнення магнітного пускача і замикаються три контакти живлення електродвигуна. Для захисту електродвигуна від несправної мережі використовуються термореле та плавкий запобіжник.

Сигналізація спрацьовує при досягненні максимального чи мінімального значення контрольованого параметра. При цьому замикається контакт і таким чином подається живлення для електрореле КМ22. Реле спрацьовує, внаслідок чого перемикаються його контакти – нормально замкнений розмикається і гасне зелена сигнальна лампа, а нормально розімкнутий замикається і загорається червона сигнальна лампа.

На принциповій електричній схемі зображено технологічну сигналізацію, запуск електродвигунів здійснюється за допомогою магнітних пускачів – МП11, МП10, МП9, МП8 і т. д.

Захист електродвигунів від перевантаження та короткого замикання реалізований за допомогою пристроїв – автоматичних вимикачів FP1, FP2, FP3, FP4, FP5, FP6, FP7, FP8 і т. д.

Для захисту самих магнітних пускачів від згубних властивостей мережі в схему з'єднання підключають плавкі запобіжники – FU11, FU10, FU9, FU8 і т. д.

Для вмикання живлення електродвигунів використовуються кнопки керування SB22, SB20, SB18, SB16 і т. д. Вимикання живлення електродвигунів здійснюється за допомогою кнопок вимикання – SB21, SB19, SB17, SB15 і т. д.

Для сигналізації увімкнених електродвигунів використовуються сигнальні лампи зеленого кольору – HL41, HL39, HL37, HL35 і т. д.

Для сигналізації вимкнених електродвигунів використовуються сигнальні лампи червоного кольору – HL42, HL40, HL38, HL36 і т. д.

2.4 Розробка монтажно-комутаційної схеми

Запустити електропривід насоса М11 можна за допомогою вмонтованого магнітного пускача МП11, який керується зі щита управління кнопками SB21 та

SB22 для увімкнення та вимкнення відповідно. Візуальну індикацію роботи або зупинення електромотора реалізовано за допомогою сигнальних ламп HL63 або HL64. SA11 – кнопка запобіжного відключення, що розташована безпосередньо на двигуні.

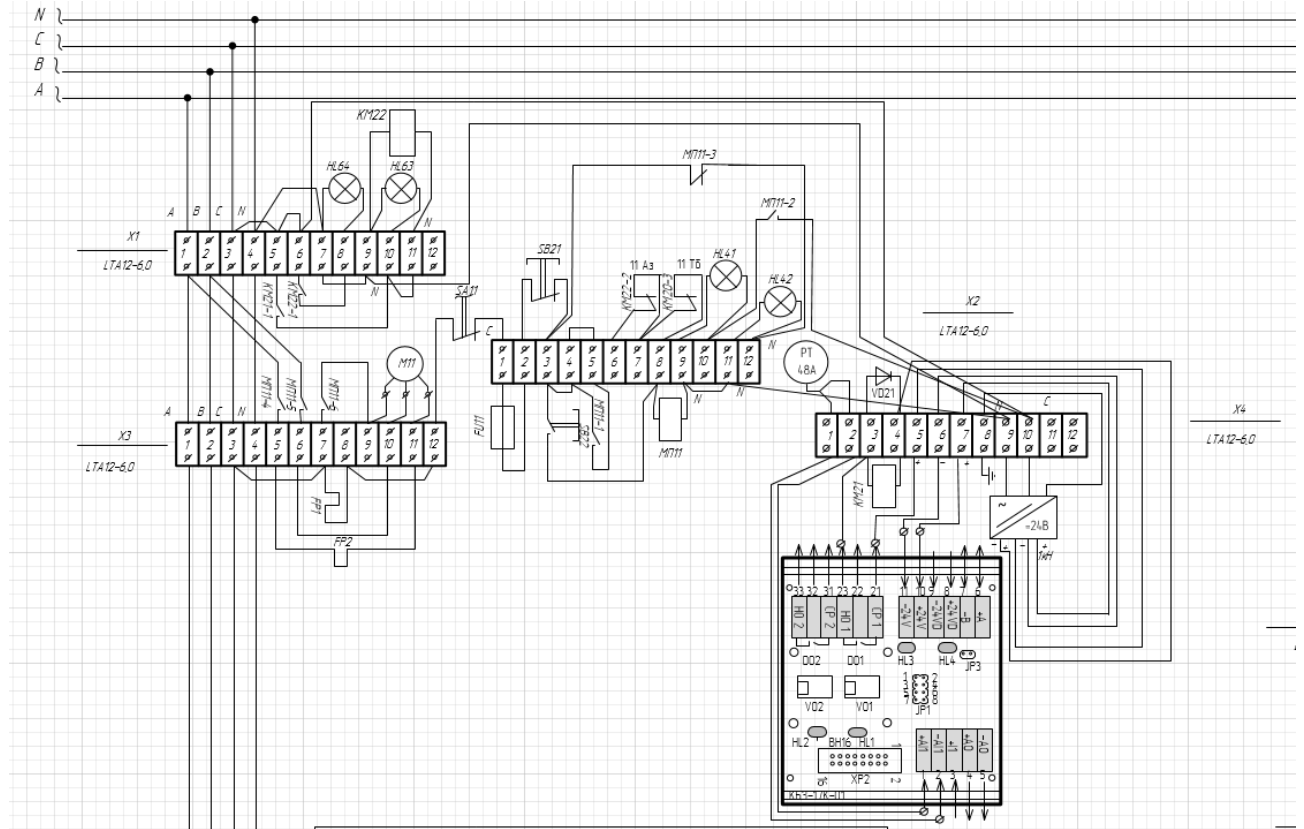


Рис. 2.2. Фрагмент схеми підключення електродвигуна насоса M11

Дистанційно керувати необхідно такими пристроями:

- електродвигун насоса M1 (SB1, SB2, SA1 на щиті управління);
- електродвигун насоса M2 (SB3, SB4, SA2 на щиті управління);
- електродвигун насоса M3 (SB5, SB6, SA3 на щиті управління);
- електродвигун насоса M4 (SB7, SB8, SA4 на щиті управління);
- електродвигун насоса M5 (SB9, SB10, SA5 на щиті управління);
- електродвигун насоса M6 (SB11, SB12, SA6 на щиті управління);
- електродвигун насоса M7 (SB13, SB14, SA7 на щиті управління);
- електродвигун насоса M8 (SB15, SB16, SA8 на щиті управління);
- електродвигун насоса M9 (SB17, SB18, SA9 на щиті управління);
- електродвигун насоса M10 (SB19, SB20, SA10 на щиті управління);
- електродвигун насоса M11 (SB21, SB22, SA11 на щиті управління).

3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНТАКТНОГО АПАРАТУ

Контактний апарат має досить важливе значення для виробництва хлористого вінілу, адже саме в ньому протікає реакція утворення хлористого вінілу. Тому було вирішено доцільним розробити якісну систему керування саме цим апаратом для досягнення високої якості кінцевого продукту.

3.1. Аналіз об'єкту керування

Реакція утворення хлористого вінілу протікає з виділенням тепла. Надлишок тепла відводиться циркулюючим у міжтрубному просторі маслом, яке охолоджується у виносному холодильнику до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

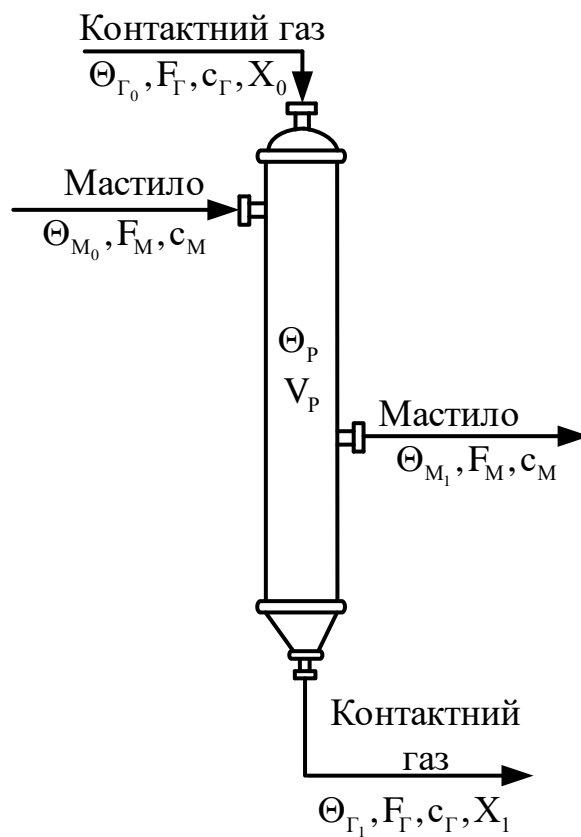


Рис 3.1. Схема контактної камери

На схемі позначені такі технологічні параметри:

$\Theta_{Г_0}, F_{Г}, c_{Г}, X_0$ – температура, витрата, теплоємність та концентрація контактної газу на вході в апарат;

$\Theta_{М_0}, F_{М}, c_{М}$ – температура, витрата та теплоємність мастила на вході;

$\Theta_{М_1}, F_{М}, c_{М}$ – температура, витрата та теплоємність мастила на виході;

$\theta_{Г_1}$, $F_{Г}$, $c_{Г}$, X_1 – температура, витрата, теплоємність та концентрація контактного газу на виході;

$\theta_{Р}$, $V_{Р}$ – температура та об'єм реакційної маси в апараті.

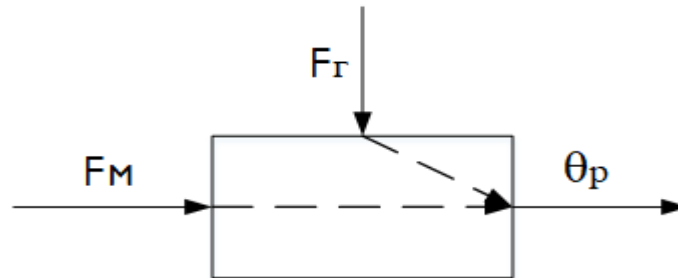


Рис.3.2. Структурно-параметрична схема каналів регулювання контактного апарату

З вище наведеної схеми випливає, що найважливішим параметром керування в процесі є температура реакційної маси всередині апарату. Це зумовлено тим, що весь процес далі відбувається лише за підтримання необхідної температури, яка дозволяє отримати газову суміш необхідної концентрації.

Керувати температурою реакційної маси можна за допомогою таких параметрів: витратою контактного газу або витратою мастила на вході в контактний апарат. Обираємо канал керування «витрата масла – температура реакційної маси».

Визначальним параметром (вихідною регульованою величиною) контактного апарату є температура всередині апарату $\theta_{Р}$.

Керуючою дією є витрата масла $F_{М}$.

Збуренням будемо вважати витрату газової суміші $F_{Г}$, так як апарат знаходиться всередині технологічної схеми виробництва і керувати цим параметром ми не зможемо.

Параметрами стану будуть температура газової суміші на виході з апарату та температуру масла на вході в апарат $\theta_{М_0}$.

При моделюванні статичного та динамічного режимів контактного апарату робимо такі припущення:

- кількість масла, яке поступило в апарат та вийшло із нього, однакова ($F_{М_0} = F_{М_1}$);

- зміна температури рідини та газу по довжині апарату носить лінійний характер;
- втрати тепла в навколишнє середовище з боку контактного апарату мізерні, тому ними можна знехтувати;
- об'єм масла V_M та контактного газу V_G в апаратах вважаємо постійним;
- тиск в апаратах постійний.

3.2. Моделювання статичного режиму

Тепловий баланс для контактних апаратів описується системою з 3 рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_M \cdot \theta_{M_0} \cdot c_M - F_M \cdot \theta_{M_1} \cdot c_M - K \cdot S \cdot \left(\theta_P + \frac{\theta_{M_1} + \theta_{M_0}}{2} \right) = 0 \\ F_G \cdot \theta_{G_0} \cdot c_G - F_G \cdot \theta_{G_1} \cdot c_G + K \cdot S \cdot \left(\theta_P + \frac{\theta_{G_1} + \theta_{G_0}}{2} \right) = 0 \\ \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda \cdot \left(\theta_P + \frac{\theta_{G_1} + \theta_{G_0} - \theta_{M_1} - \theta_{M_0}}{2} \right)}{\ln \frac{d_3}{d_6}} + F_M \cdot c_M \cdot (\theta_{M_0} - \theta_{M_1}) + F_G \cdot c_G \cdot (\theta_{G_0} - \theta_{G_1}) = 0 \end{array} \right.$$

Кожне рівняння описує тепловий баланс для 3 компонентів – перша сировина-стінка-друга сировина.

Створимо рівняння статички для каналів «витрата мастила – температура реакційної маси» та «витрата суміші газу – температура реакційної маси»:

$$\theta_P = \frac{\left(\frac{K \cdot S + 2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda}{\ln \frac{d_3}{d_6}} \right) \cdot \left(\frac{\theta_{G_1} + \theta_{G_0} - \theta_{M_1} - \theta_{M_0}}{2} \right) + 2 \cdot (F_M \cdot c_M \cdot (\theta_{M_0} - \theta_{M_1}) + F_G \cdot c_G \cdot (\theta_{G_0} - \theta_{G_1}))}{\frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda}{\ln \frac{d_3}{d_6}}}$$

Побудуємо статичні характеристики для каналу «витрата масла – температура реакційної маси» $\theta_P = f(F_M)$:

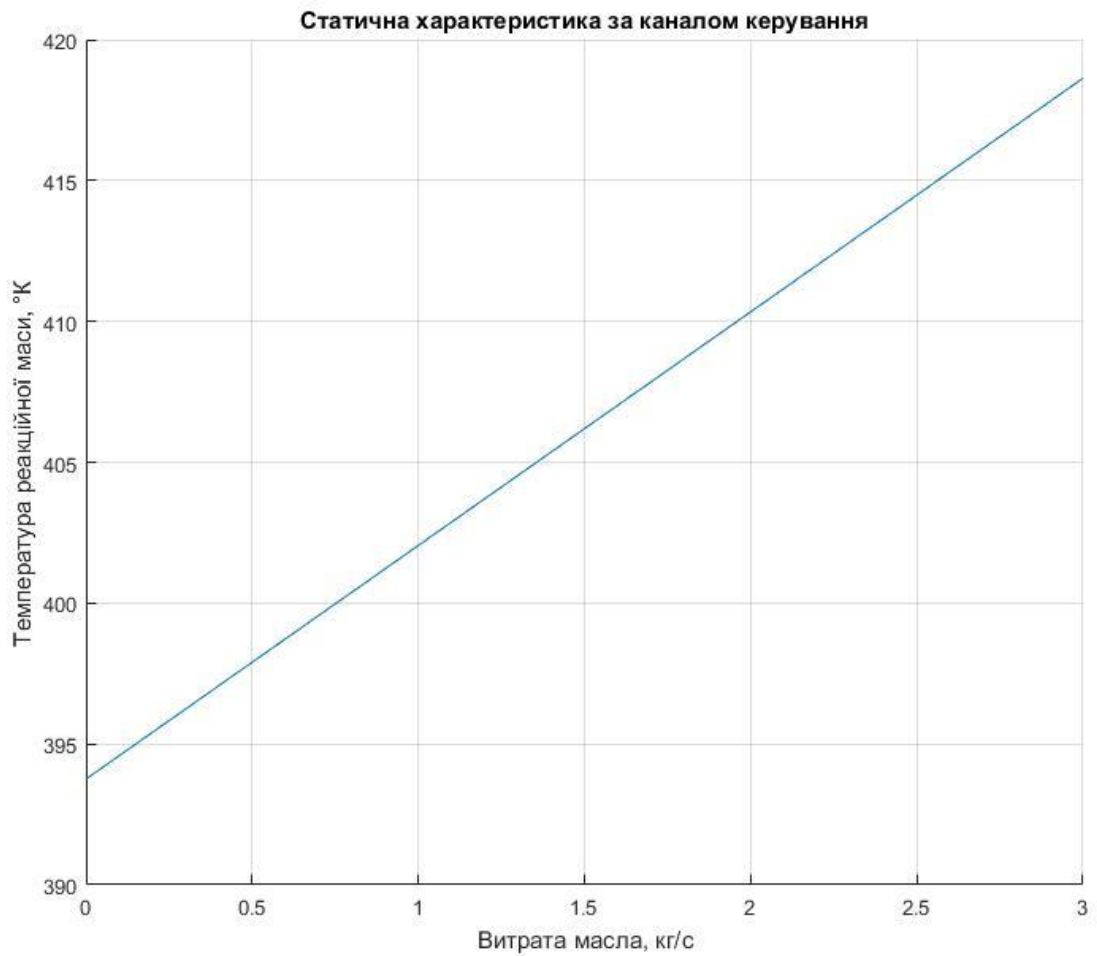


Рис. 3.3. Статична характеристика за каналом «керування-вихід»

та для каналу «витрата суміші газів – температура реакційної маси»

$$\theta_p = f(F_G):$$

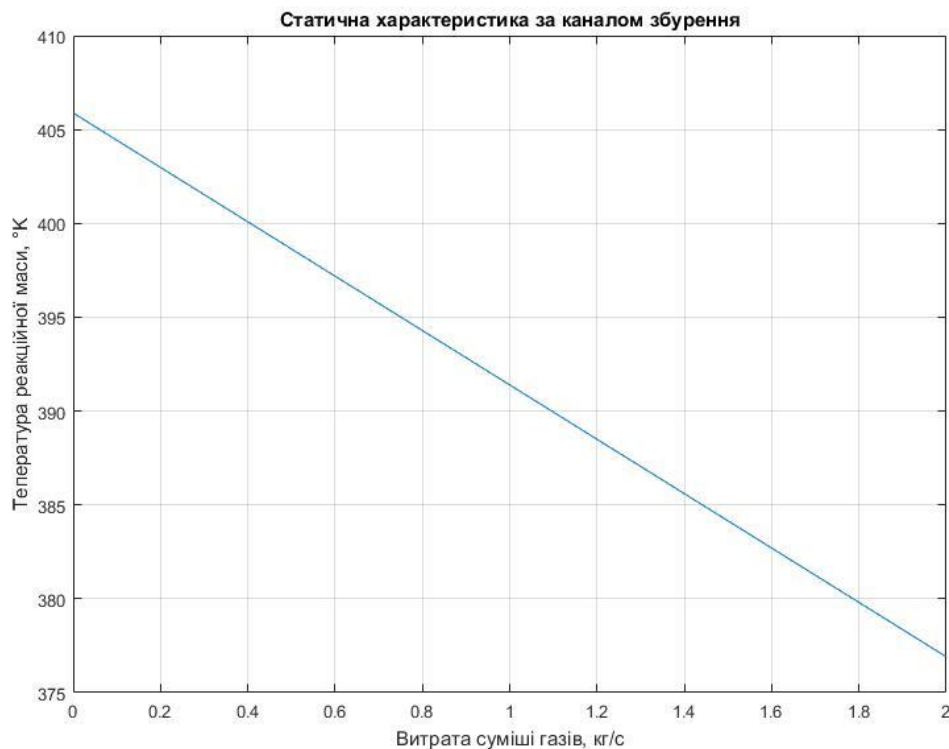


Рис. 3.4. Статична характеристика за каналом «збурення-вихід»

Для побудови графіків статичних характеристик та визначення коефіцієнтів рівнянь та передатних функцій для побудови динамічних характеристик використовуються значення параметрів, які наведені в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 Значення параметрів перебігу процесу у статичному режимі.

№ п/п	Назва параметру	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	Витрата контактного газу	F_G	кг/с	0,15
2	Витрата масла	F_M	кг/с	1,2
3	Температура контактного газу на вході в апарат	Θ_{G0}	°К	293
4	Температура контактного газу на виході з апарату	Θ_{G1}	°К	413
5	Температура масла на вході в апарат	Θ_{M0}	°К	473
6	Температура масла на виході з апарату	Θ_{M1}	°К	343
7	Теплоємність контактного газу	C_G	кДж/кг·°К	3,88
8	Теплоємність масла	C_M	кДж/кг·°К	2,05
9	Добуток коефіцієнта теплопередачі на поверхню теплопередачі	$K \cdot S$	Дж/с·°К	1258,6

10	Об'єм реакційної маси	V_P	m^3	0,22
11	Об'єм масла в апараті	V_M	m^3	0,8
12	Об'єм суміші газу в апараті	V_Γ	m^3	0,4
13	Густина масла	ρ_M	$кг / m^3$	900
14	Густина реакційної маси	ρ_P	$кг / m^3$	7,9
15	Довжина труби	L	m	2,2
16	Коефіцієнт теплопередачі алюмінію (матеріалу стінки)	λ	$Вт / m^2 \cdot ^\circ K$	227
17	Зовнішній діаметр труби	d_z	m	0,105
18	Внутрішній діаметр труби	d_v	m	0,1

3.3. Моделювання динамічного режиму

Рівняння динаміки для контактного апарату описується наступною системою рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_M \cdot \theta_{M_0} \cdot c_M - F_M \cdot \theta_{M_1} \cdot c_M - K \cdot S \cdot \left(\theta_P + \frac{\theta_{M_1} + \theta_{M_0}}{2} \right) = V_M \cdot \rho_M \cdot c_M \cdot \frac{d}{dt} \left(\frac{\theta_{M_1} + \theta_{M_0}}{2} \right) \\ F_\Gamma \cdot \theta_{\Gamma_0} \cdot c_\Gamma - F_\Gamma \cdot \theta_{\Gamma_1} \cdot c_\Gamma + K \cdot S \cdot \left(\theta_P + \frac{\theta_{\Gamma_1} + \theta_{\Gamma_0}}{2} \right) = V_\Gamma \cdot \rho_\Gamma \cdot c_\Gamma \cdot \frac{d}{dt} \left(\frac{\theta_{\Gamma_1} + \theta_{\Gamma_0}}{2} \right) \\ \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda \cdot \left(\theta_P + \frac{\theta_{\Gamma_1} + \theta_{\Gamma_0} - \theta_{M_1} - \theta_{M_0}}{2} \right)}{\ln \frac{d_z}{d_v}} + F_M \cdot c_M \cdot (\theta_{M_0} - \theta_{M_1}) + F_\Gamma \cdot c_\Gamma \cdot (\theta_{\Gamma_0} - \theta_{\Gamma_1}) = V_P \cdot \rho_P \cdot c_P \cdot \frac{d\theta_P}{dt} \end{array} \right.$$

Проведемо лінеаризацію даної системи рівнянь, провівши аналіз кожного рівняння окремо.

Змінні, які підлягають лінеаризації: $F_M, \theta_{M_0}, \theta_P, F_\Gamma, \theta_{\Gamma_1}$.

Масло:

$$\Delta F_M \cdot \theta_{M_0} \cdot c_M - \Delta F_M \cdot \theta_{M_1} \cdot c_M + F_M \cdot \Delta \theta_{M_0} \cdot c_M - K \cdot S \cdot \left(\Delta \theta_P + \frac{\theta_{M_1} + \Delta \theta_{M_0}}{2} \right) = V_M \cdot \rho_M \cdot c_M \cdot \frac{d}{dt} \left(\frac{\theta_{M_1} + \Delta \theta_{M_0}}{2} \right)$$

Перетворимо рівняння та зведемо його до загального виду:

$$T_1 \cdot \frac{d\Delta \theta_{M_0}}{dt} - \Delta \theta_{M_0} = K_{1F_M} \cdot \Delta F_M + K_{1\theta_P} \cdot \Delta \theta_P$$

Суміш газів:

$$\Delta F_{\Gamma} \cdot \theta_{\Gamma_0} \cdot c_{\Gamma} - \Delta F_{\Gamma} \cdot \theta_{\Gamma_1} \cdot c_{\Gamma} + F_{\Gamma} \cdot \Delta \theta_{\Gamma_1} \cdot c_{\Gamma} + K \cdot S \cdot \left(\Delta \theta_p + \frac{\Delta \theta_{\Gamma_1} + \theta_{\Gamma_0}}{2} \right) = V_{\Gamma} \cdot \rho_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} \cdot \frac{d}{dt} \left(\frac{\Delta \theta_{\Gamma_1} + \theta_{\Gamma_0}}{2} \right)$$

Перетворимо рівняння та зведемо його до загального виду:

$$T_2 \cdot \frac{d\Delta \theta_{\Gamma_1}}{dt} - \Delta \theta_{\Gamma_1} = K_{2F_{\Gamma}} \cdot \Delta F_{\Gamma} + K_{2\theta_p} \cdot \Delta \theta_p$$

Стінка:

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda \cdot \left(\Delta \theta_p + \frac{\Delta \theta_{\Gamma_1} + \theta_{\Gamma_0} - \theta_{M_1} - \Delta \theta_{M_0}}{2} \right)}{\ln \frac{d_3}{d_2}} + \Delta F_M \cdot c_M \cdot (\Delta \theta_{M_0} - \theta_{M_1}) + \Delta F_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} \cdot (\theta_{\Gamma_0} - \Delta \theta_{\Gamma_1}) = V_p \cdot \rho_p \cdot c_p \cdot \frac{d\Delta \theta_p}{dt}$$

Перетворимо рівняння та зведемо його до загального виду:

$$T_3 \cdot \frac{d\Delta \theta_p}{dt} - \Delta \theta_p = K_{3F_M} \cdot \Delta F_M + K_{3\theta_{M_0}} \cdot \Delta \theta_{M_0} + K_{3F_{\Gamma}} \cdot \Delta F_{\Gamma} + K_{3\theta_{\Gamma_1}} \cdot \Delta \theta_{\Gamma_1}$$

Після перетворення за Лапласом змінної часу $t \rightarrow p$, тобто

$$\Delta \theta_{M_0}(t) \rightarrow \theta_{M_0}(p)$$

$$\Delta \theta_{\Gamma_1}(t) \rightarrow \theta_{\Gamma_1}(p)$$

$$\Delta \theta_p(t) \rightarrow \theta_p(p)$$

$$\Delta F_M(t) \rightarrow F_M(p)$$

$$\Delta F_{\Gamma}(t) \rightarrow F_{\Gamma}(p)$$

система рівнянь прийме вигляд:

$$\begin{cases} (T_1 \cdot p - 1) \cdot \theta_{M_0}(p) - K_{1\theta_p} \cdot \theta_p(p) = K_{1F_M} \cdot F_M(p) \\ (T_2 \cdot p - 1) \cdot \theta_{\Gamma_1}(p) - K_{2\theta_p} \cdot \theta_p(p) = K_{2F_{\Gamma}} \cdot F_{\Gamma}(p) \\ (T_3 \cdot p - 1) \cdot \theta_p(p) - K_{3\theta_{M_0}} \cdot \theta_{M_0}(p) - K_{3\theta_{\Gamma_1}} \cdot \theta_{\Gamma_1}(p) = K_{3F_M} \cdot F_M(p) + K_{3F_{\Gamma}} \cdot F_{\Gamma}(p) \end{cases}$$

Аби отримати передавальну функцію для даної системи ми використали метод Крамера.

Детермінант системи рівнянь:

$$\nabla = \begin{vmatrix} -K_{1\theta_p} & 0 & (T_1 \cdot p - 1) \\ -K_{2\theta_p} & (T_2 \cdot p - 1) & 0 \\ (T_3 \cdot p - 1) & -K_{3\theta_{\Gamma_1}} & -K_{3\theta_{M_0}} \end{vmatrix} = K_{1\theta_p} \cdot K_{3\theta_{M_0}} \cdot (T_2 \cdot p - 1) + K_{2\theta_p} \cdot K_{3\theta_{\Gamma_1}} \cdot (T_1 \cdot p - 1) - (T_1 \cdot p - 1) \cdot (T_2 \cdot p - 1) \cdot (T_3 \cdot p - 1)$$

Вектор стовпці керуючої дії та збурення:

$$\overline{F_M} = \begin{vmatrix} K_{1F_M} \\ 0 \\ K_{3F_M} \end{vmatrix}; \quad \overline{F_\Gamma} = \begin{vmatrix} 0 \\ K_{2F_\Gamma} \\ K_{3F_\Gamma} \end{vmatrix}$$

Доповнення для керування F_M :

$$\nabla F_M = \begin{vmatrix} K_{1F_M} & 0 & (T_1 \cdot p - 1) \\ 0 & (T_2 \cdot p - 1) & 0 \\ K_{3F_M} & -K_{3\theta_{\Gamma_1}} & -K_{3\theta_{M_0}} \end{vmatrix} = -K_{3\theta_{M_0}} \cdot K_{1F_M} \cdot (T_2 \cdot p - 1) - K_{3F_M} \cdot (T_1 \cdot p - 1) \cdot (T_2 \cdot p - 1)$$

Доповнення для керування F_Γ :

$$\nabla F_\Gamma = \begin{vmatrix} 0 & 0 & (T_1 \cdot p - 1) \\ K_{2F_\Gamma} & (T_2 \cdot p - 1) & 0 \\ K_{3F_\Gamma} & -K_{3\theta_{\Gamma_1}} & -K_{3\theta_{M_0}} \end{vmatrix} = -K_{2F_\Gamma} \cdot K_{3\theta_{\Gamma_1}} \cdot (T_1 \cdot p - 1) - K_{3F_\Gamma} \cdot (T_1 \cdot p - 1) \cdot (T_2 \cdot p - 1)$$

Перехідна характеристика за каналом керування $F_M \rightarrow \theta_p$:

$$W_{F_M \rightarrow \theta_p}(p) = \frac{\theta_p(p)}{F_M(p)} = \frac{\nabla F_M}{\nabla} = \frac{-K_{3\theta_{M_0}} \cdot K_{1F_M} \cdot (T_2 \cdot p - 1) - K_{3F_M} \cdot (T_1 \cdot p - 1) \cdot (T_2 \cdot p - 1)}{K_{1\theta_p} \cdot K_{3\theta_{M_0}} \cdot (T_2 \cdot p - 1) + K_{2\theta_p} \cdot K_{3\theta_{\Gamma_1}} \cdot (T_1 \cdot p - 1) - (T_1 \cdot p - 1) \cdot (T_2 \cdot p - 1) \cdot (T_3 \cdot p - 1)}$$

Провівши аналогічні дії для каналу «збурення-вихід» отримаємо такі рівняння:

$$W_{F_\Gamma \rightarrow \theta_p}(p) = \frac{\theta_p(p)}{F_\Gamma(p)} = \frac{\nabla F_\Gamma}{\nabla} = \frac{-K_{2F_\Gamma} \cdot K_{3\theta_{\Gamma_1}} \cdot (T_1 \cdot p - 1) - K_{3F_\Gamma} \cdot (T_1 \cdot p - 1) \cdot (T_2 \cdot p - 1)}{K_{1\theta_p} \cdot K_{3\theta_{M_0}} \cdot (T_2 \cdot p - 1) + K_{2\theta_p} \cdot K_{3\theta_{\Gamma_1}} \cdot (T_1 \cdot p - 1) - (T_1 \cdot p - 1) \cdot (T_2 \cdot p - 1) \cdot (T_3 \cdot p - 1)}$$

У середовищі MatLab побудуємо перехідні характеристики за каналами керування та збурення, для цього необхідно надрукувати ось такий лістинг коду програми:

```
Vm = 0.5;
Fm = 1.2;
cm = 2050;
Tm0 = 473;
Tm1 = 343;
pm = 900;
```

```
Vg = 0.2;
Fg = 0.15;
cg = 3880;
Tg0 = 293;
Tg1 = 413;
rog = 7.9;
```

```
Vp = 0.12;
```

```

cp = cg;
pop = ppg;
dz = 0.105;
dv = 0.1;
l = 227;
L = 2.2;
Ko = 138.2853;
KS = 1258.6;

```

```

T1 = (2*Vm*pm*cm) / (2*Fm*cm + KS);
K1Fm = (2*cm*(Tm0-Tm1)) / (2*Fm*cm + KS);
K1Tp = (-2*KS) / (2*Fm*cm + KS);

```

```

T2 = (Vg*ppg*cg) / (KS - 2*Fg*cg);
K2Fg = (2*cg*(Tg0-Tg1)) / (-2*Fg*cg + KS);
K2Tp = (2*KS) / ((-2*Fg*cg) + KS);

```

```

T3 = (Vp*pop*cp*log(dz/dv)) / (2*3.14*L*1);
K3Fm = (cm*log(dz/dv)*(Tm0-Tm1)) / (2*3.14*L*1);
K3Fg = (cg*log(dz/dv)*(Tg0-Tg1)) / (2*3.14*L*1);
K3Tg1 = log(dz/dv) - ((Fg*cg*log(dz/dv)*log(dz/dv)) / 3.14*L*1);
K3Tm0 = -log(dz/dv) + ((Fm*cm*log(dz/dv)*log(dz/dv)) / 3.14*L*1);

```

```

Wk = tf([- (K3Fm*T2*T1) / 1000 ( (K3Fm*(T1+T2)) - (K3Tm0*K1Fm*T2) ) / 1000
- (K3Tm0*K1Fm-K3Fm) / 1000 - (T2/3) ], [- (T1*T2*T3) / 1000
- ((T1*T2)+(T2*T3)+(T1*T3)) / (3*T3) ((K1Tp*K3Tm0*T2)+(K2Tp*K3Tg1*T1) -
T1-T2-T3) / 1000 - ((K1Tp*K3Tm0*T2) - (K2Tp*K3Tg1*T1)+1) / (Ko*1000) ])
Wk1 = tf([80.23 5205.41 101.9], [1.107 112850 1775 12.48]);
step(Wk);

```

Після обрахування у середовищі MatLab, отримаємо такі передавальні функції:

$$W_{F_M \rightarrow \theta_P}(p) = \frac{80,23 \cdot p^2 + 5205 \cdot p + 101,9}{1,0723 \cdot p^3 + 112800 \cdot p^2 + 1775 \cdot p + 12,48};$$

$$W_{F_I \rightarrow \theta_P}(p) = \frac{-140,2 \cdot p^2 - 6,475 \cdot p - 181,9}{1,0723 \cdot p^3 + 112800 \cdot p^2 + 1775 \cdot p + 12,48}.$$

Перехідні характеристики за каналом «керування-вихід»:

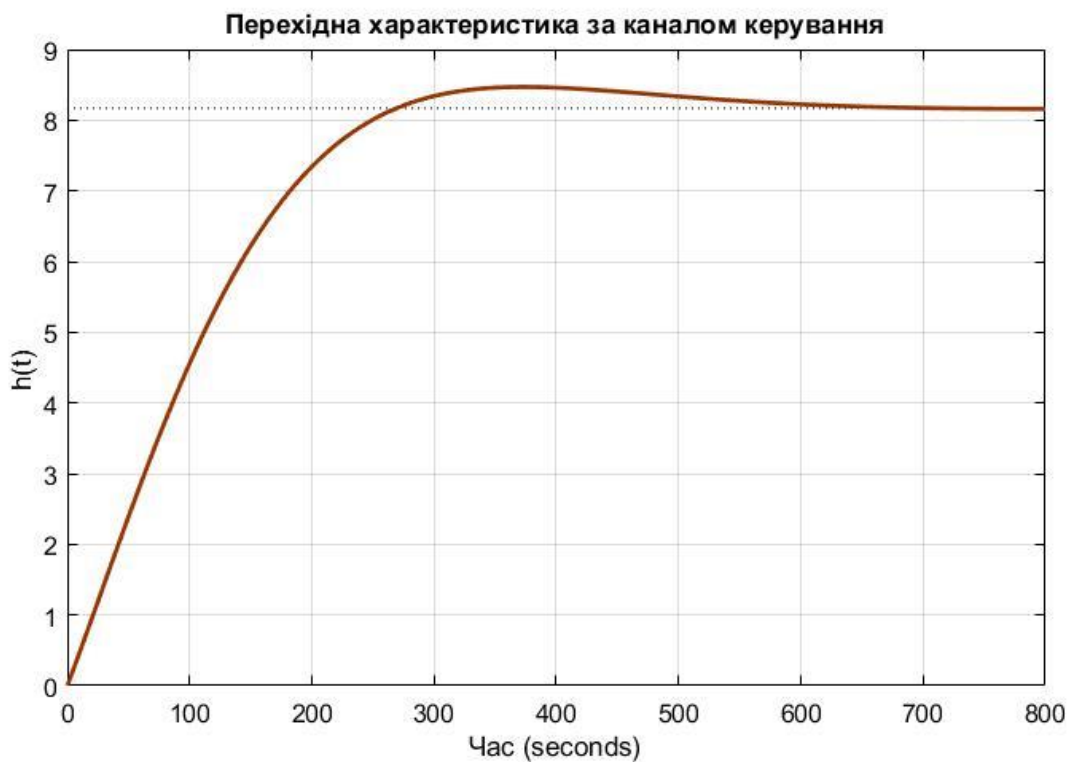


Рис. 3.5. Перехідна характеристика за каналом «керування-вихід»

та за каналом «збурення-вихід»:

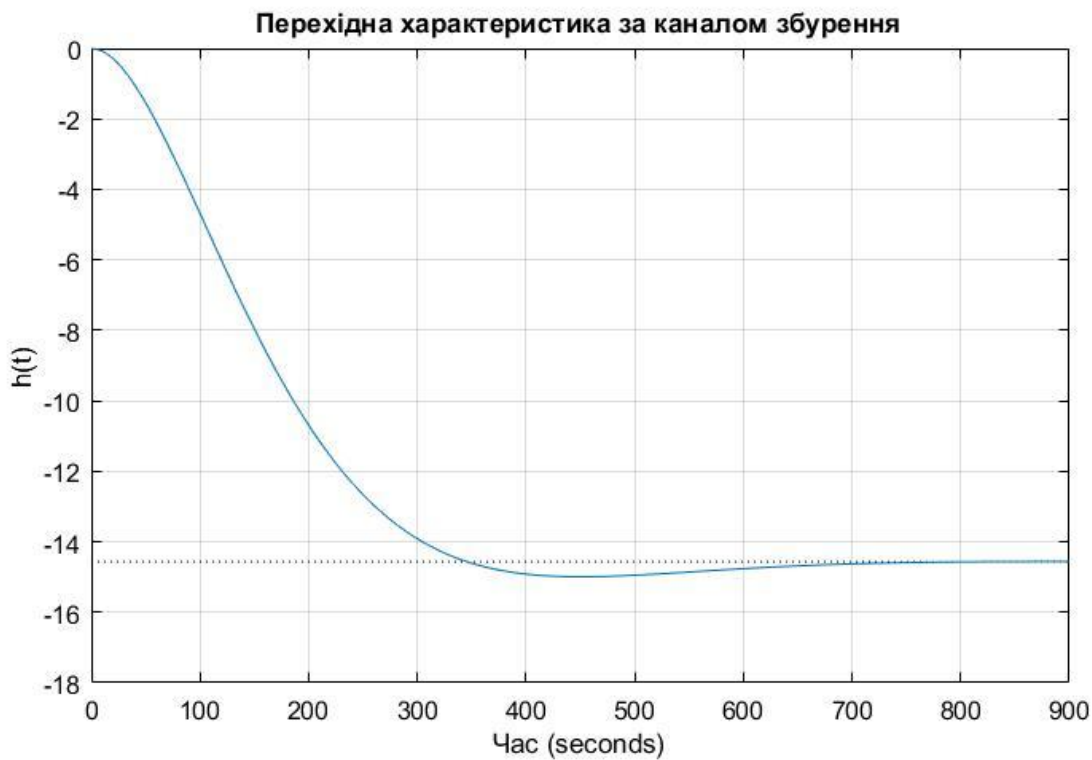


Рис. 3.6. Перехідна характеристика за каналом «збурення-вихід»

В цьому розділі було проведено розробку математичної моделі контактного апарату, як об'єкту керування. Провівши аналіз його параметрів та особливостей

режиму роботи ми побудували графіки статичних та динамічних характеристик контактного апарату. За графіком динамічних характеристик виявлено, що при збільшенні керуючої дії (витрати масла) на 1 кг/с, температура реакції маси зросте приблизно на 8.16 °К, а при збільшенні збурення (витрати масла) на таку ж величину – зменшиться на 14.5 °К.

4. СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОНТАКТНИМ АПАРАТОМ

4.1 Розрахунок та моделювання системи керування з ПІД-регулятором в Simulink

Simulink – це середовище графічно-імітаційного моделювання, яке здатне створювати динамічні моделі, використовуючи блок-діаграми. Моделі можна будувати неперервні, дискретні та гібридні.

Simulink дає змогу користуватися уже створеними архівами блоків для моделюванням електричних, механічних та гідравлічних систем, та використовувати сучасний модельно-орієнтований критерій для розробки систем керування, засобів зв'язку та приладів реального часу. Додаткові архіви розширень Simulink допускають вирішення задач від розробки ідеї моделі до діагностики, перевірки, створення коду та об'єктної реалізації.

За допомогою середовища Simulink було створено модель керування, із блоком ПІД-регулювання. У цьому блоці можна вибирати тип системи, тип регулятора, форму запису регулятора та ін.

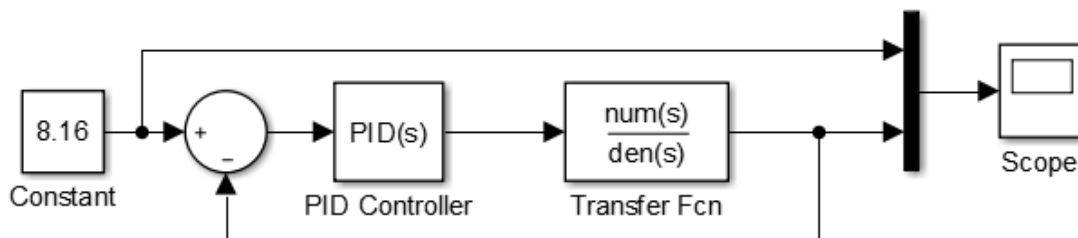


Рис. 4.1. Модель керування із блоком ПІД-регулювання

В блоці ПІД-регулятора можливо вибрати необхідні значення коефіцієнтів регулятора, тип регулятора, тип системи (дискретна чи часова), початкові умови і т. д. Також система має можливість самостійно налаштувати оптимальні значення коефіцієнтів регулятора, натиснувши кнопку «Tune».

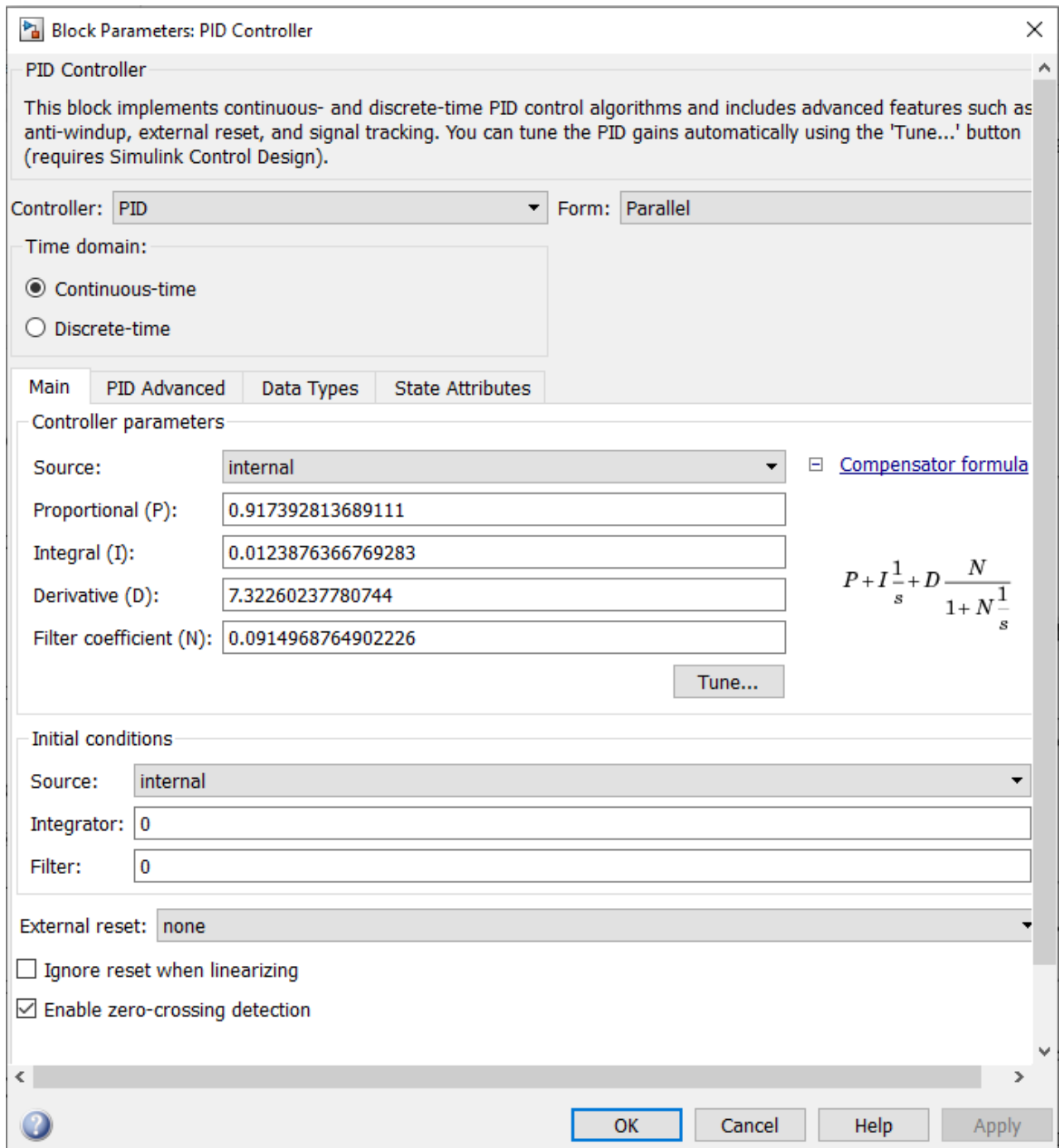


Рис. 4.2. Робоче вікно блоку ПІД-регулювання

Підібравши коректні коефіцієнти, ми можемо обрахувати їх та подати у вигляді передавальної функції:

$$W_{PID}(p) = K_p + \frac{1}{K_i \cdot p} + K_D \cdot p = 1,587 + \frac{1}{80,726 \cdot p} + 7,323 \cdot p$$

Підставивши значення коефіцієнтів K_p , K_i та K_D було побудовано перехідні характеристики системи керування з ПІД-регулятором:

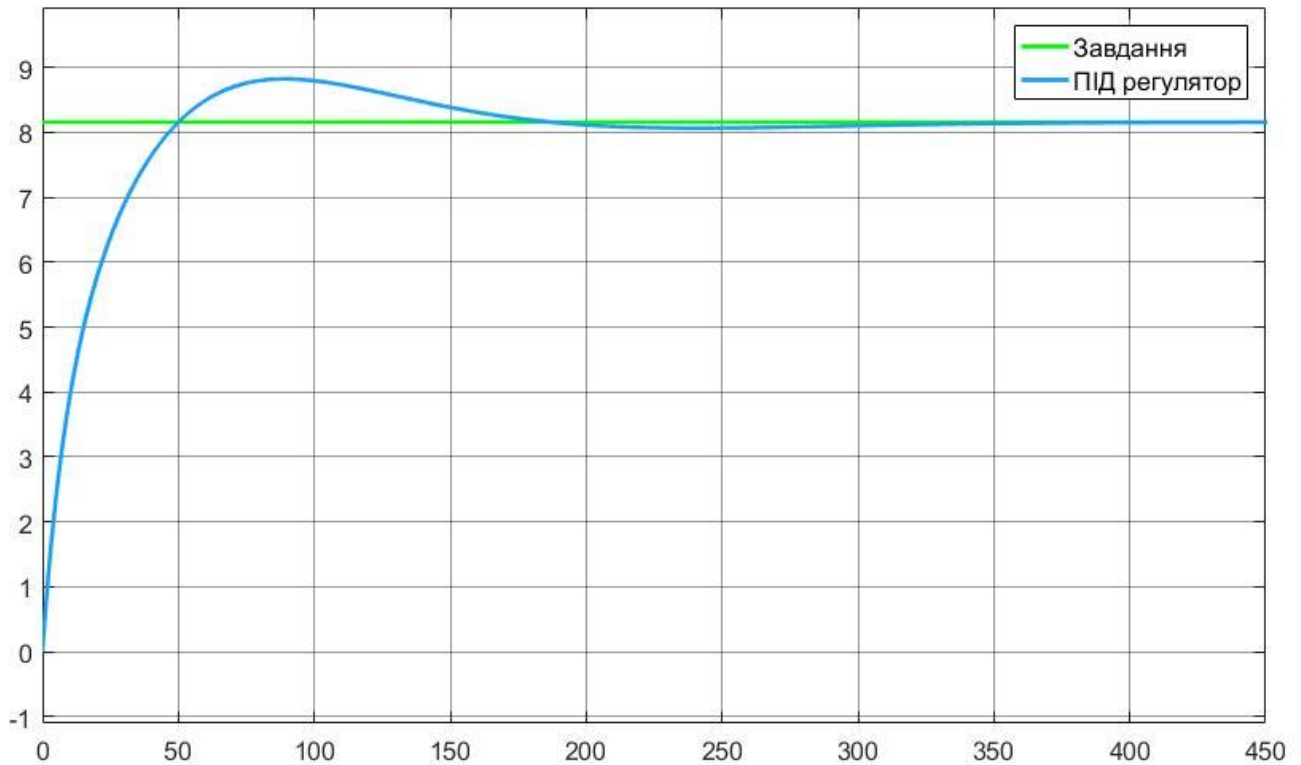


Рис. 4.3. Перехідна характеристика системи із ПІД-регулятором

4.2 Аналіз та особливості синтезу систем керування

У промисловості значна частина контурів керування технологічними процесами реалізована на основі ПІД-алгоритму регулювання. Даний спосіб керування має переваги, такі як прозорість для розуміння і простота реалізації, висока надійність. У той же час він є лінійним, а реальні об'єкти керування (ОК) в більшості випадків нелінійні. Подібна невідповідність призводить до того, що коефіцієнти регулятора, підібрані при первинному налаштуванні для конкретного режиму роботи ОК, не дозволяють отримувати схожих за якістю перехідних процесів в інших режимах. Це веде до збільшення часу на відстеження нових границь і витрати енергоносія.

Прикладом таких об'єктів є теплообмінні ОК - печі нагріву литої заготовки, дугові печі, теплообмінні реактори та ін. Зміна завдання, графіку границь, ступеню завантаження печі, зношення природного каталізатора реакції при постійних параметрах ПІД-регулятора зазвичай приводить до зниження якості регулювання і збільшення енерговитрат на ведення технологічних процесів, оскільки

для подібних ОК примусове охолодження неможливе - навіть через наявність невеликого перегулювання ОК вимагає тривалого часу на охолодження.

Для вирішення зазначеної проблеми необхідно побудова адаптивних або оптимальних систем керування технологічним процесом. Одним з найбільш прорахованих підходів до побудови оптимальних регуляторів є методика аналітичного конструювання оптимальних регуляторів (АКОР). Кінцева мета АКОР полягає в отриманні закону управління аналітичним шляхом, виходячи з пред'явлених до якості керування вимог, формалізованих у формі інтегрального критерію якості. Теорія АКОР повністю прорахована для застосування, в першу чергу, до лінійних об'єктів та квадратичним функціоналам-критеріям якості. Застосування вказаних підходів для синтезу керуючих систем для нелінійних об'єктів призводить до нелінійних крайових задач. Рішенням подібних завдань являється виконання складних обчислювальних процедур. Крім того, досить складно розв'язуваною залишається проблема підбору вагових коефіцієнтів для функціоналу оптимальності. І, що не менш важливо, не встановлюється функціональний зв'язок між реальними показниками якості керування та ваговими коефіцієнтами функціоналу оптимальності, що призводить до багаторазового повторення процедури синтезу регулятора, заснованому на знанні моделі об'єкта керування, для досягнення необхідних показників перехідних процесів. Крім того, побудова оптимального регулятора передбачає відмову від класичної структури ПД-регулятора, що, з огляду на вищесказане, підвищує складність впровадження подібних розробок на виробництві.

Таким чином, більш перспективним підходом представляється проведення оперативної адаптації параметрів існуючого ПД-регулятора, який є звичним для робітників виробництва.

Налаштування ПД-регулятора за допомогою нечіткої логіки і експертних систем (ЕС) може здійснюватися без використання моделі ОК. Зокрема, в експертних системах в базі правил зазначено на скільки відсотків слід змінити амплітудне значення того чи іншого коефіцієнта регулятора в залежності від поточної ситуації, описаної в умові конкретного правила. Проблемою подібних підходів є

відсутність механізму навчання, оскільки спочатку ступінь нелінійності ОК досить важко оцінити. У зв'язку з чим в базу правил ЕС необхідно буде вносити зміни вже в процесі роботи. У випадку з використанням нечіткої логіки, для створення програми налагодження параметрів регулятора його вхідні і вихідні змінні визначають в діапазоні $[-1; 1]$ або $[0; 1]$. Реальні ж вимірювані значення параметрів на ОК потім приводяться в дані діапазони за допомогою коефіцієнтів нормування. Такий же принцип застосовують до отримуваних з виходів програми налагодження значень K_P , K_I , K_D (їх переводять з проміжку $[0; 1]$ в діапазон, необхідний для даного ОК). Дані коефіцієнти нормування також необхідно підлаштовувати в процесі роботи.

Нейронні мережі (НМ), в свою чергу, оснащені нелінійними властивостями і здатністю до навчання (в тому числі оперативного), що надає адаптивні властивості нейромережевим системам керування. Зокрема, Сігеру Омату запропонував схему управління на основі автоналаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора K_P , K_I , K_D за допомогою НМ (рис. 4.4, де e - неузгодженість).

Однак реалізація ідей С. Омату в тому вигляді, в якому вони були викладені в його працях, не завжди дозволяє отримувати заявлені результати. Це багато в чому пов'язано з тим, що НМ, навчаючись за деякою навчальною вибіркою, не володіє в результаті відомостями про специфіку того об'єкта, яким керує (наявність обмежень, наприклад, на значення керуючого впливу; несиметричність ОК - для теплообмінників управління процесом охолодження відрізняється від процесів нагріву та ін.).

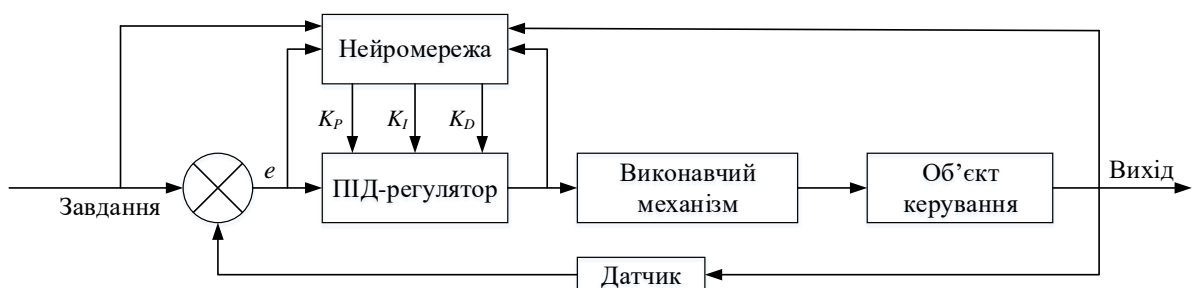


Рис. 4.4. Схема управління з нейромережевим оптимізатором параметрів регулятора

Використання схеми С. Омату знайшло відображення в працях багатьох вчених і розробників, однак кожне конкретне застосування вимагало складної

детальної настройки під конкретну задачу і об'єкт керування (зокрема - наявність нейромережевої моделі ОК).

В цілому головною перевагою НМ є можливість оперативного донавчання, в той час як специфіка роботи ОК може бути задана, наприклад, набором правил, що визначає ситуації, в яких навчання НМ доцільно. Тому в рамках даної роботи пропонується скомбінувати метод застосування НМ для корекції коефіцієнтів регулятора з базою правил ситуацій, коли необхідно проводити таке підлаштування.

4.3 Синтез наслідувального нейромережевого регулятора

Для синтезу наслідувального регулятора на основі нейромережі необхідно створити навчальну вибірку за схемою, зображеною на рисунку 4.5. У цій схемі вхідним сигналом для нейромережі будуть значення завдання і вихідні значення об'єкту керування, а вихідним сигналом – значення керування з ПІД-регулятора. Дані вхідного та вихідного сигналу запишемо у відповідні масиви *INPUT* та *OUTPUT*.

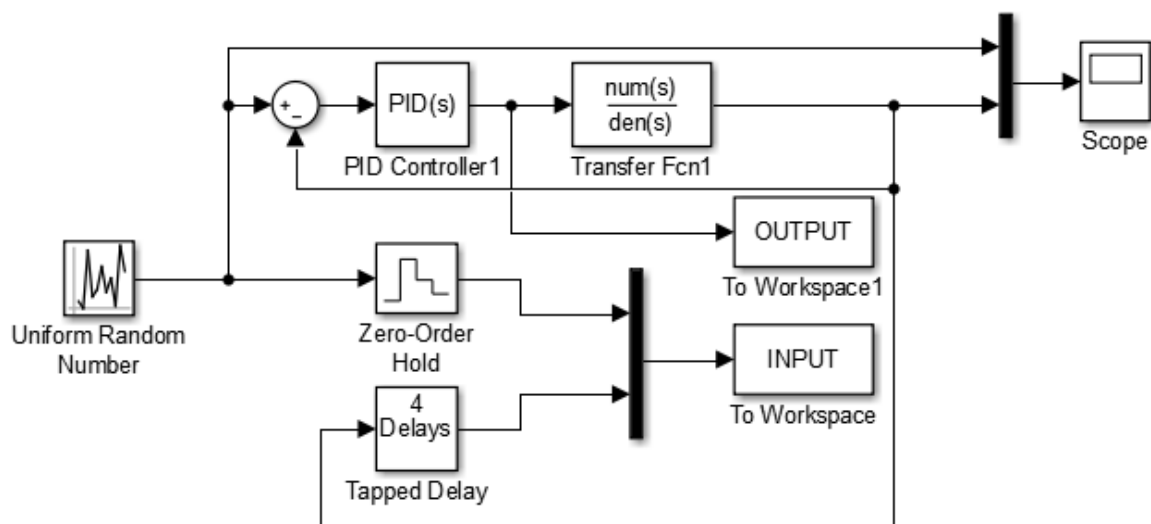


Рис. 4.5. Схема для генерування навчальної вибірки наслідувальної нейромережі

Після генерування навчальної вибірки необхідно буде створити нейромережу та «натренувати» її. Для цього необхідно буде використати встановлену

функцію *nntool* блоку *Neural Network Tool*. Після виконання функції вам буде доступне вікно ініціалізації нейронної мережі, вхідних та вихідних параметрів (Рис 4.6.).

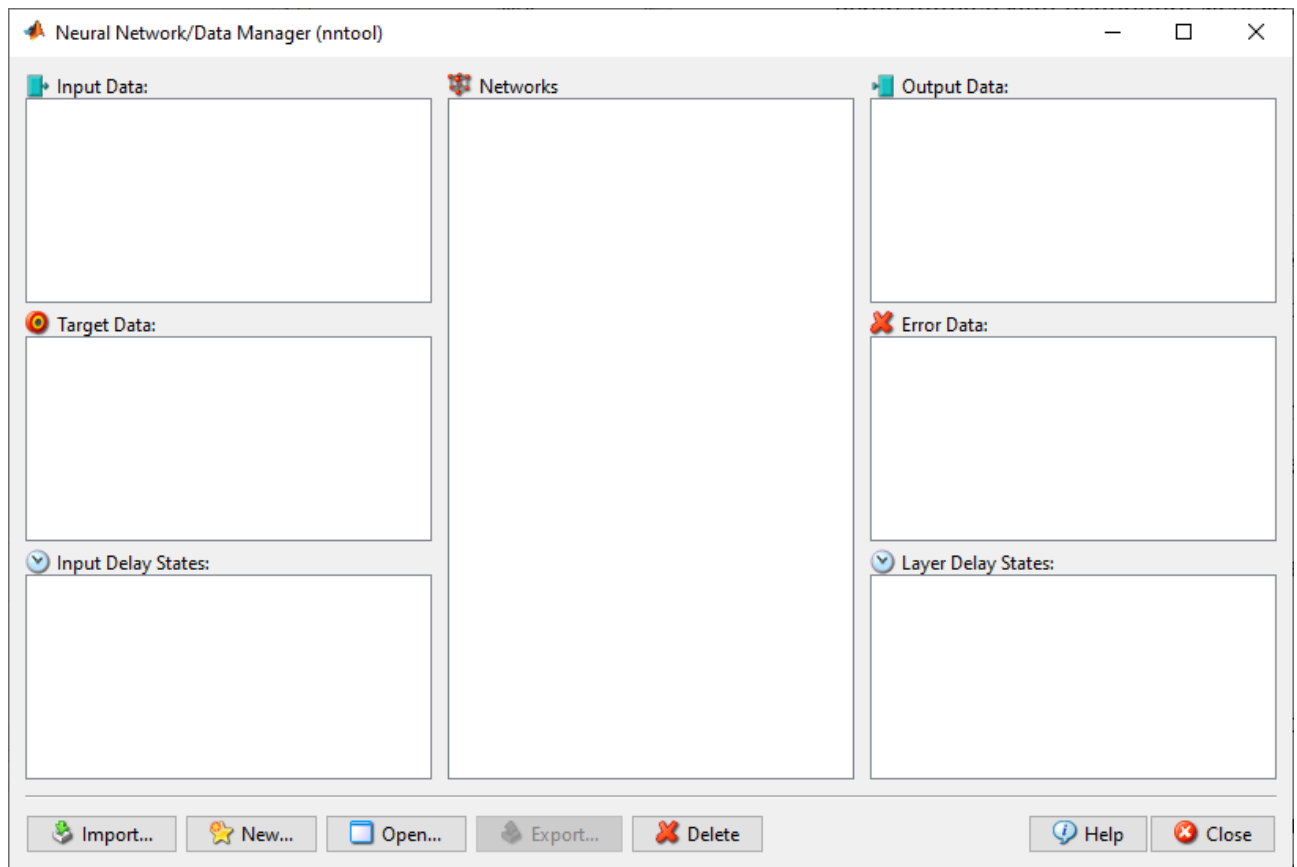


Рис. 4.6. Робоче вікно функції *nntool*

Наступним кроком було натиснення кнопки «*Import*» – з'явиться наступне вікно, в якому будуть доступні дані масивів *Input* та *Output*, записані у *Workspace*. Масиви даних спершу необхідно транспонувати, аби коректно створити нейромережу. Масив вхідних даних *Input* необхідно обрати для призначення «*Input Data*», масив вихідних значень *Output* – для «*Target Data*» (Рис 4.7.).

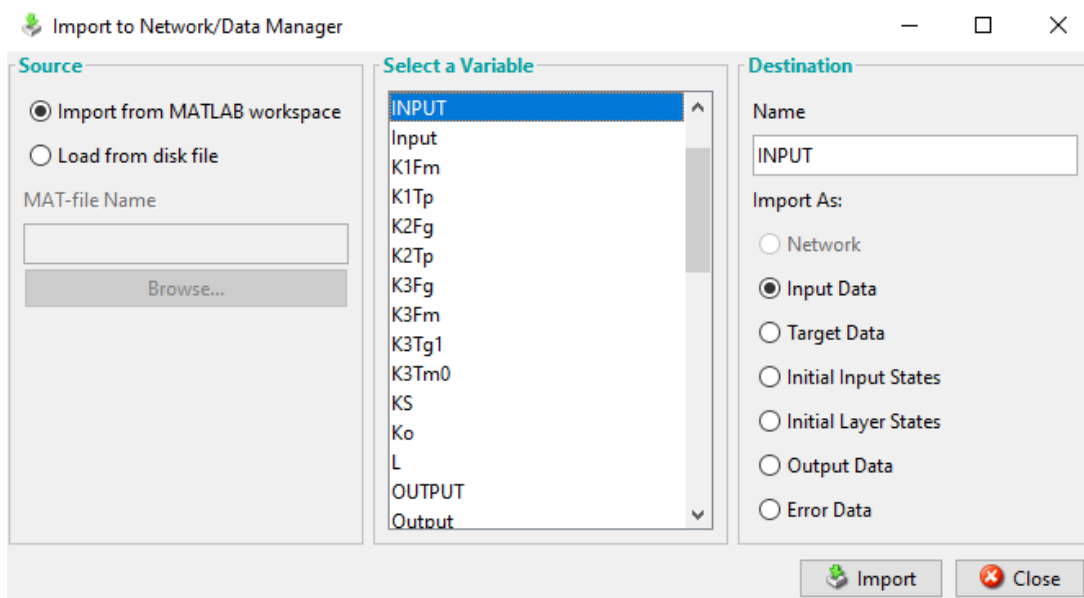


Рис. 4.7. Вікно імпорту вхідних та вихідних даних неймережі

Аби створити неймережу необхідно використати кнопку «New» - з'являється вікно, в якому ви можете обрати тип неймережі, тренувальну функцію, функцію активації, функцію налаштування нейронних шарів, кількість прихованих шарів та кількості нейронів у них (Рис 4.8.).

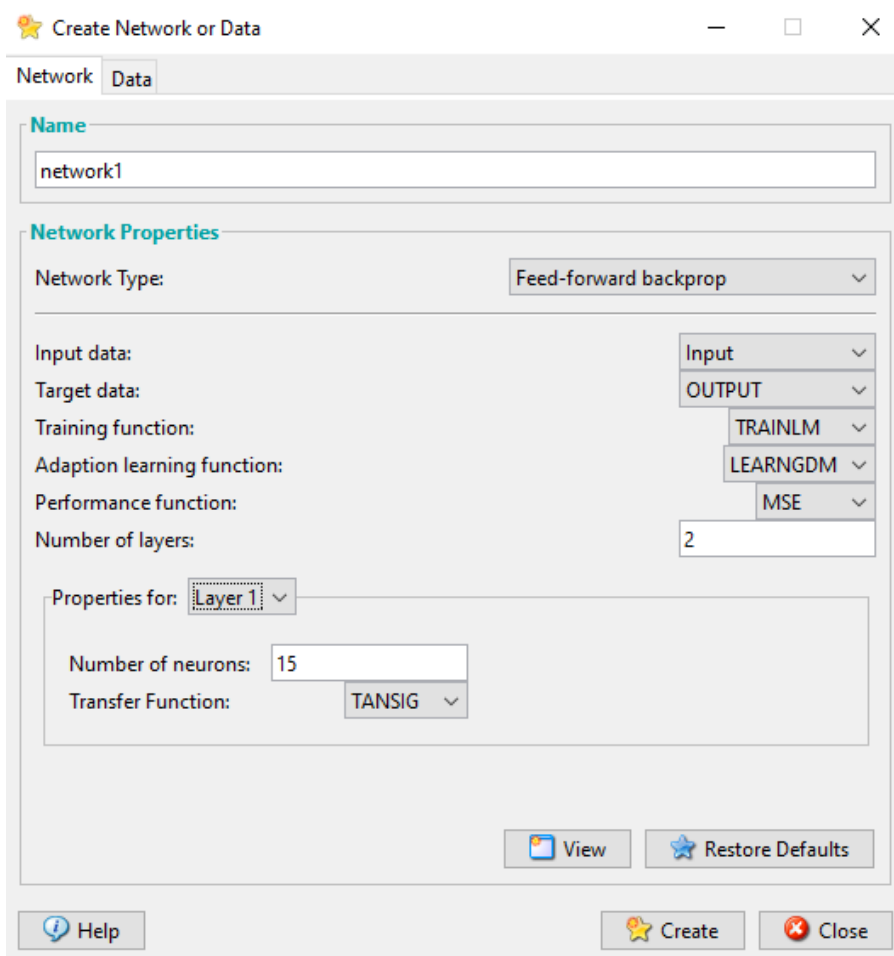


Рис. 4.8. Вікно створення неймережі та вибору її параметрів

Вибравши необхідні параметри та натиснувши кнопку «View» ми отримали загальний вигляд нашої нейромережі (Рис. 4.9.).

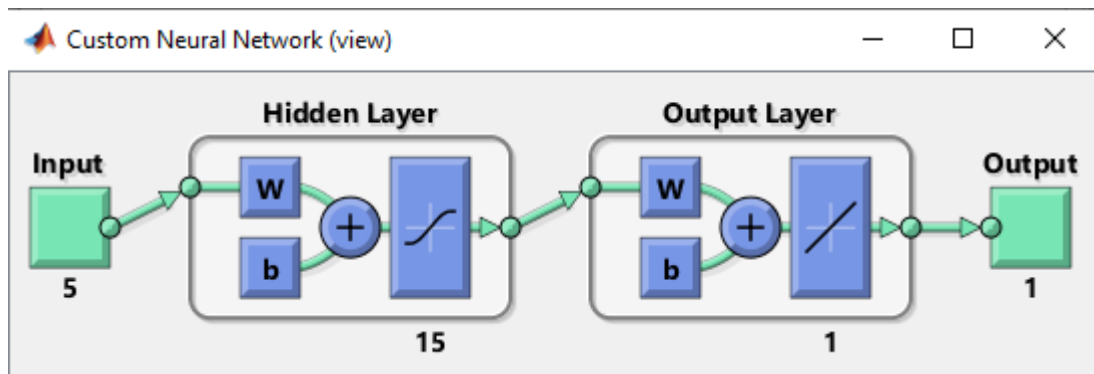


Рис. 4.9. Вигляд структури майбутньої нейромережі

Після цього створили нейромережу, натиснувши кнопку «Create». Наступним етапом було тренування нейромережі – для цього необхідно обрати створену нейромережу, та натиснути кнопку «Open». У вікні, що з'явилося, вибрали розділ «Train» - у ньому вибрали вхідні та вихідні дані нейромережі. Також у підменю «Training Process» є можливість обрати параметри тренування – кількість операцій, кількість помилок, значення градієнту і т.д. (Рис. 4.10.).

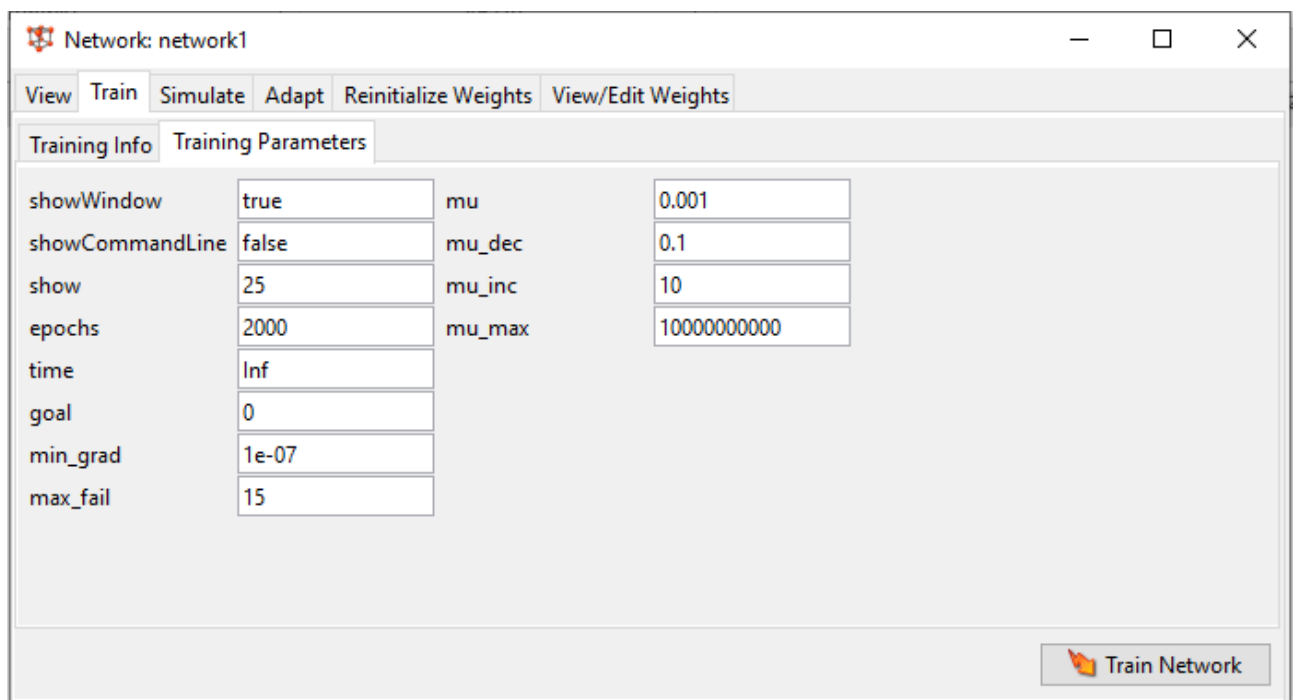


Рис. 4.10. Параметри тренування нейромережі

Після натискання кнопки «Train Network» відкривається вікно прогресу тренування (Рис. 4.11.), в якому можна спостерігати за перебігом процесу та отримати графічні характеристики зменшення похибки в залежності від номеру ітерації навчання (Рис. 4.12.), натиснувши «Performance».

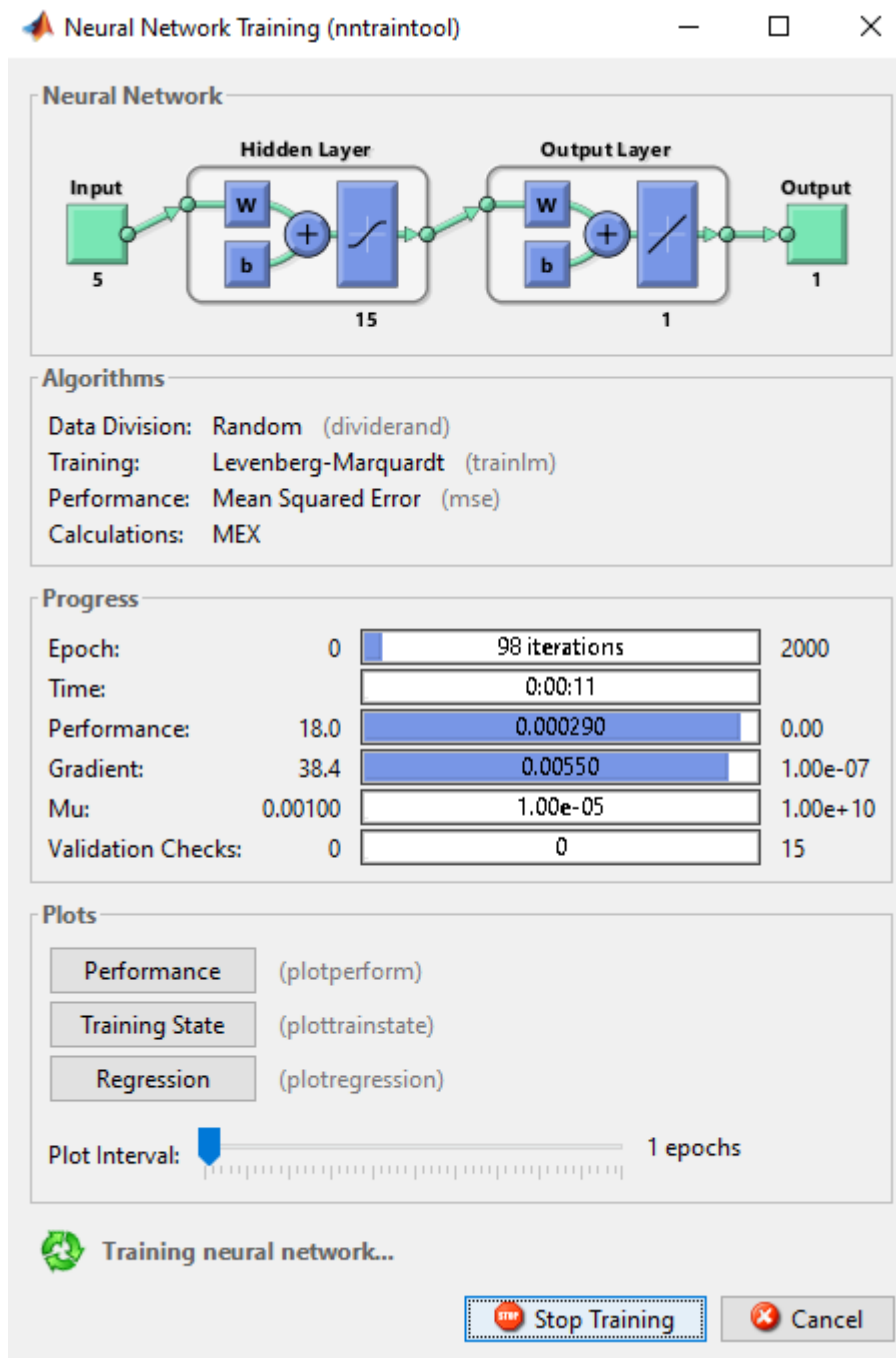


Рис. 4.11. Вікно процесу тренування нейромережі

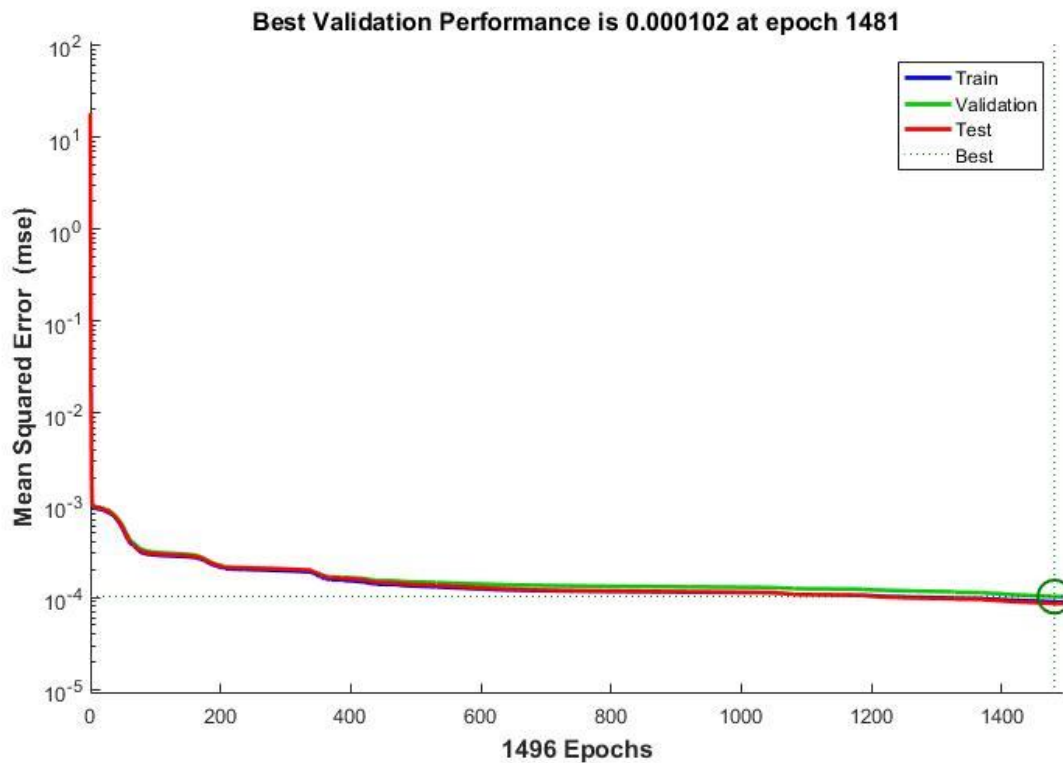


Рис. 4.12. Графік зменшення похибки вихідної величини впродовж навчання

Після закінчення тренування, ми експортували натреновану нейромережу до робочого простору *Workspace*. Її також можна зберегти окремим файлом, та завантажувати до будь-якого іншого проекту (Рис. 4.13).

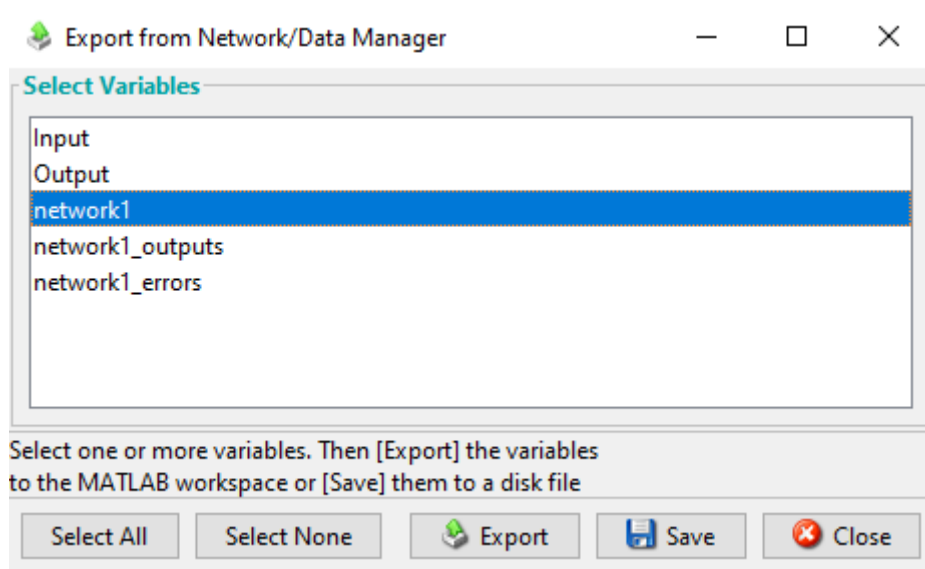


Рис. 4.13. Вікно експортування нейромережі

За допомогою функції *getsim()* ми перенесли нашу нейромережу до середовища Simulink. Необхідно створити схему керування з нейромережевим регулятором та об'єктом керування, аналогічну системі з ПД-регулятором таким чином, як на рисунку 4.14.

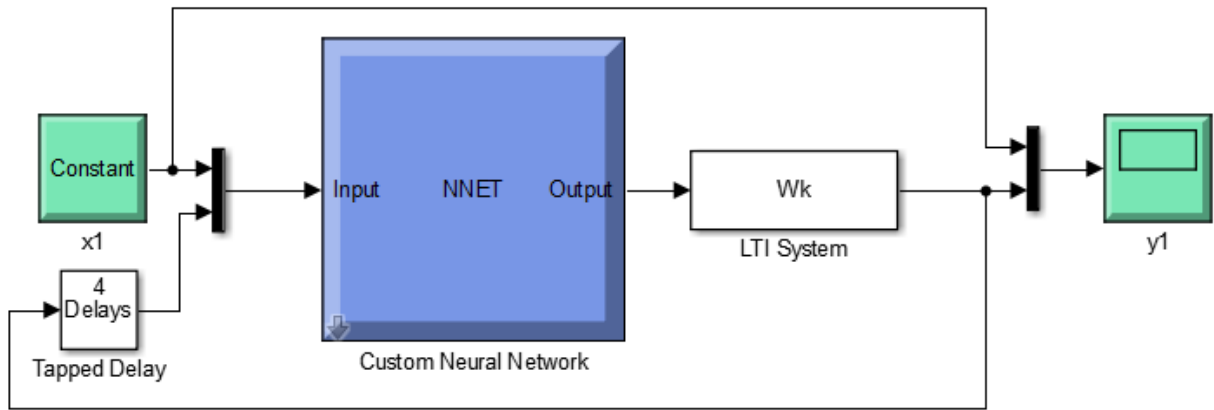


Рис. 4.14. Схема системи керування з наслідувальним нейрорегулятором

Графік перехідного процесу керування контактним апаратом з інверсним нейрорегулятором зображено на рисунку 4.15.

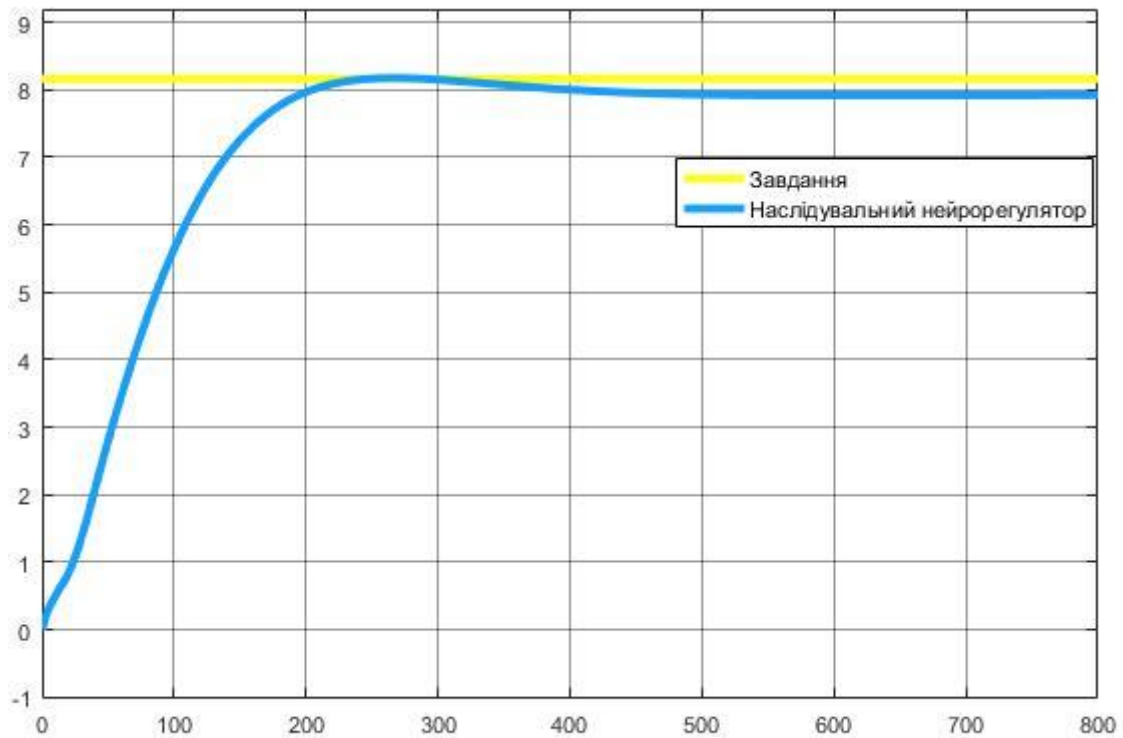


Рис. 4.15. Графік перехідного процесу керування з наслідувальним нейрорегулятором

4.4 Синтез інверсного нейромережевого регулятора

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

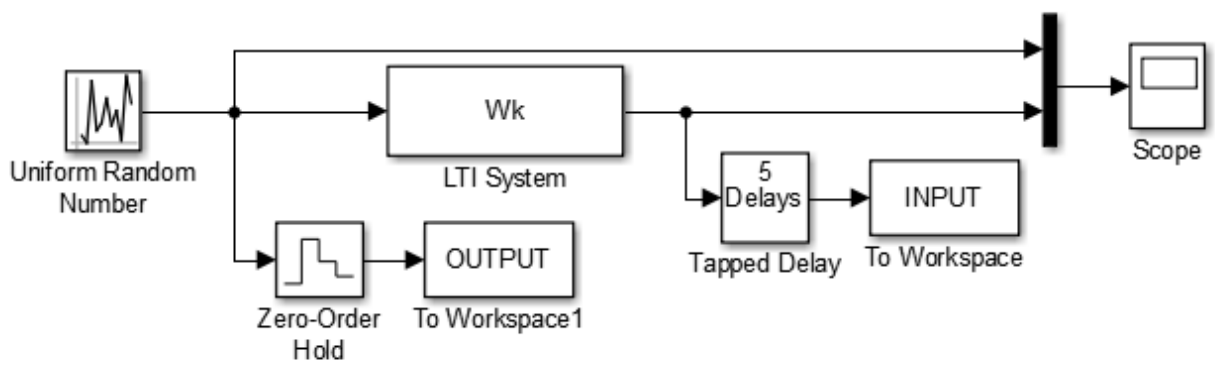


Рис. 4.16. Схема для генерування навчальної вибірки інверсної нейромережі
Провівши навчання та генерацію інверсної нейромережі аналогічно попередньому розділу, ми синтезували систему керування контактним апаратом з інверсним нейрорегулятором (Рис. 4.17.).

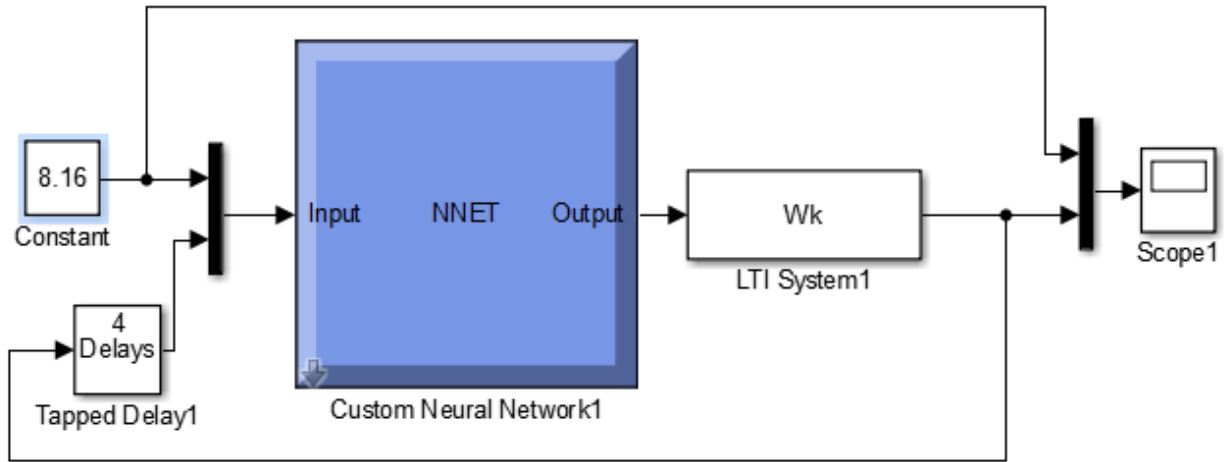


Рис. 4.17. Схема системи керування з інверсним нейрорегулятором
Графік перехідного процесу керування контактним апаратом з інверсним нейрорегулятором зображено на рисунку 4.18.

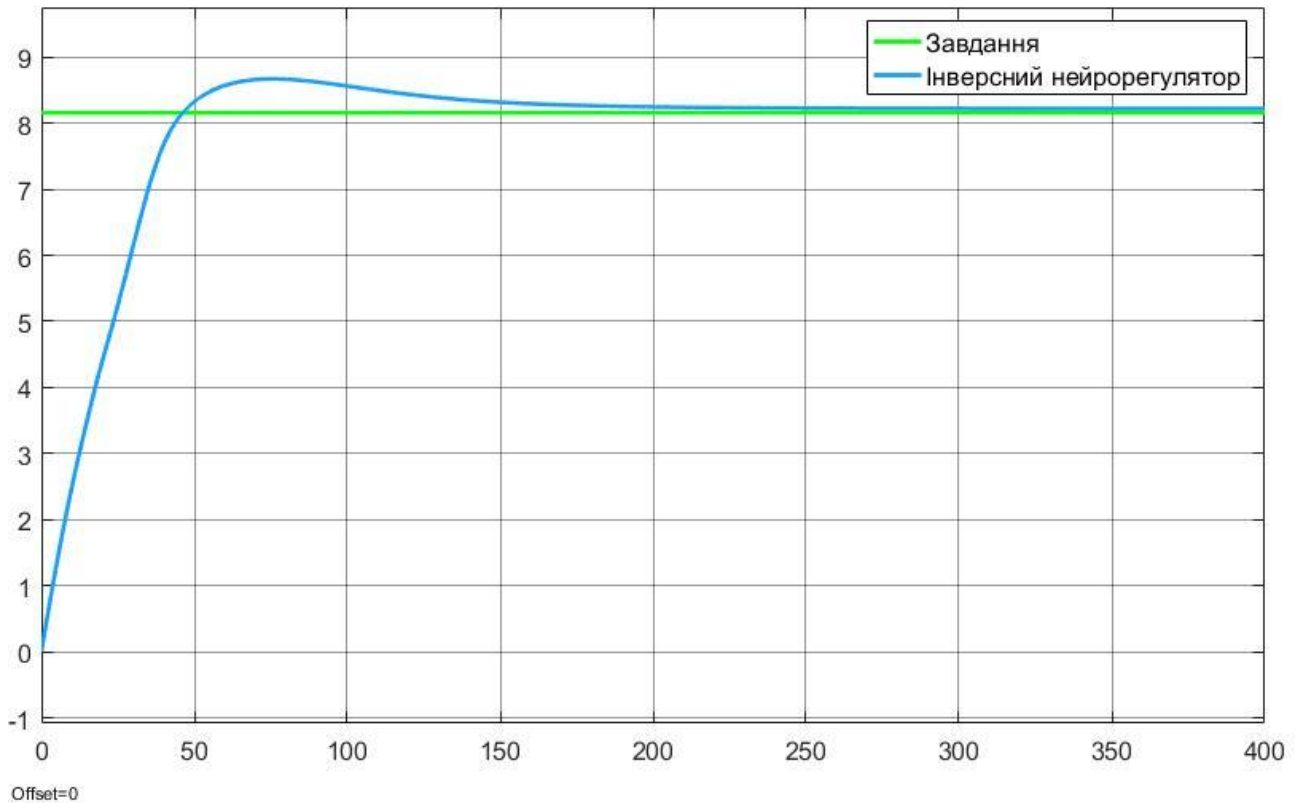


Рис. 4.18. Графік переходного процесу керування з інверсним нейрорегулятором

4.5 Аналіз показників якості системи керування

Якість системи автоматичного керування визначається виглядом переходного процесу, тобто поведінку регульованої величини після подачі вхідного збурення або керування.

Класифікувати показники якості можна на декілька груп:

- **Прямі** – визначаються безпосередньо за графіком переходної характеристики процесу;
- **Кореневі** – визначаються за коренями характеристичного полінома;
- **Частотні** – визначаються за частотними характеристиками процесу;
- **Інтегральні** – визначаються шляхом інтегрування функцій.

Оскільки способів керування системою є багато, то список прямих показників якості також досить обширний, нижче наведено деякі основні з них:

1) *стале значення вихідної величини* – характеризує значення, до якого прагнучиме система при $t \rightarrow \infty$;

2) *ступінь загасання* – характеризує швидкість затухання амплітуди коливань;

3) *час наростання* T_y – значення часу, за який система вперше досягне/перетне стале значення вихідної величини;

4) *час досягнення першого максимуму* – значення часу, за який система вперше досягне максимального значення вихідної величини.

5) *час регулювання* – мінімальне значення часу, за який регульована величина залишатиметься близькою до усталеного значення з заданою точністю $|h(t) - h_{уст}| \leq D$, де $D = 2\varepsilon$ – задана точність перехідного процесу (2-10% від сталого значення системи);

6) *перерегулювання* – значення характеризує відхилення максимального значення вихідної величини від сталого $\frac{|h_{\max} - h_{уст}|}{h_{уст}} \cdot 100$;

7) *динамічний коефіцієнт регулювання* – величина характеризує степінь впливу регулятора на процес, інакше кажучи степінь зниження динамічного відхилення в системі без регулятора та із ним;

8) *показник коливності* – при збільшенні показника коливності системи збільшується число коливань за час керування та перерегулювання.

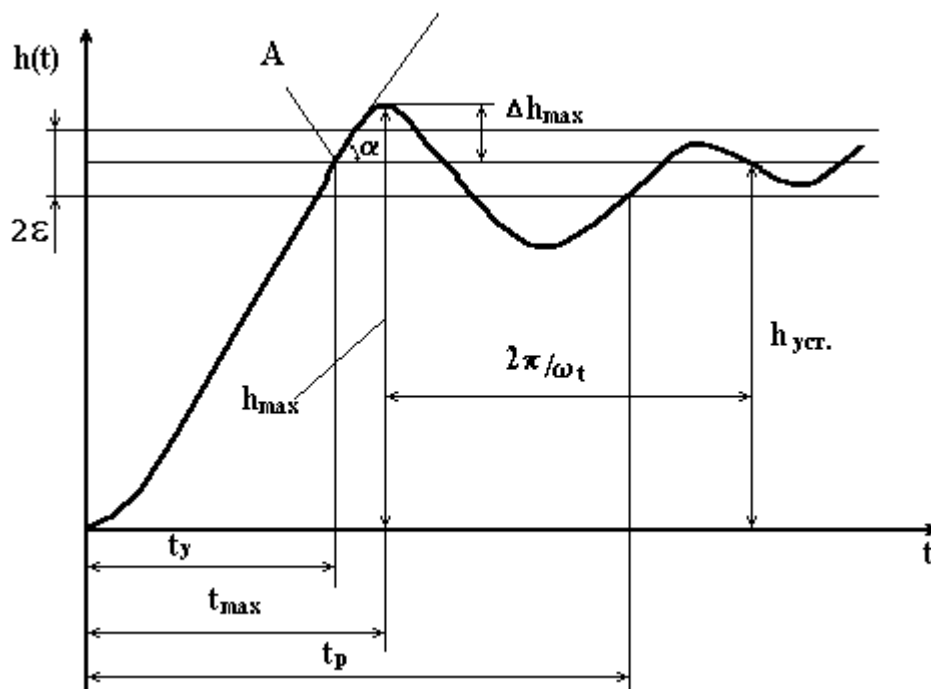


Рис. 4.19. Прямі показники якості системи автоматичного керування

4.6 Порівняння отриманих систем керування та вибір оптимального регулятора

Отримавши перехідні характеристики для систем керування з різними регуляторами, нам необхідно порівняти їх та вибрати найкращий варіант для керування контактним апаратом. 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 4.20.

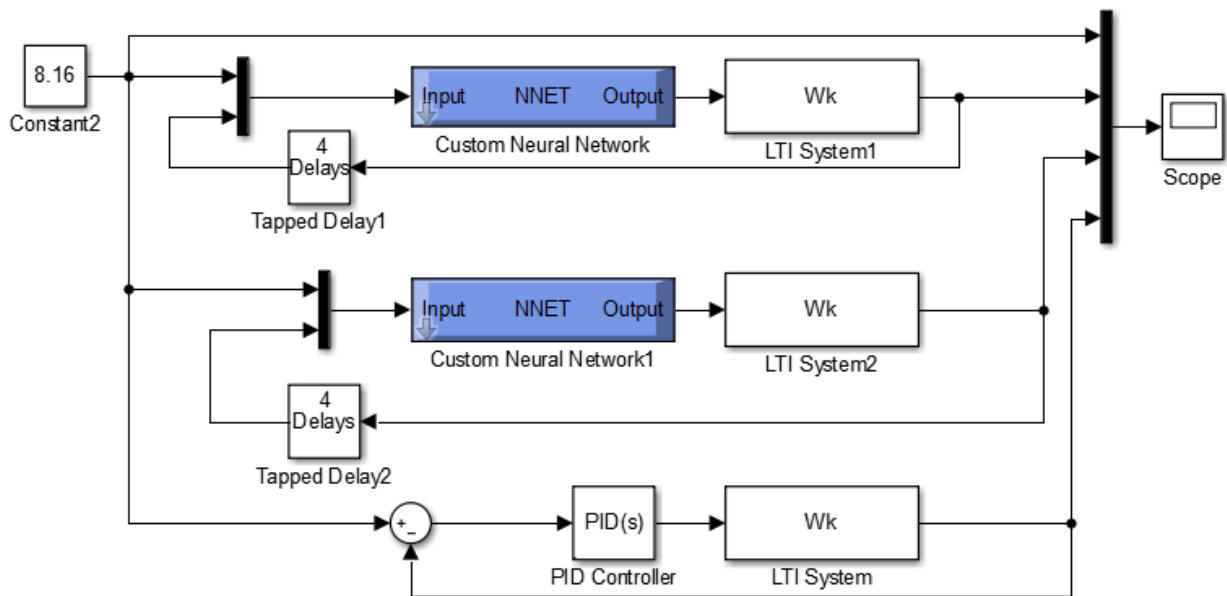


Рис. 4.20. Схема зібраних систем керування з регуляторами

Для того аби оцінити якість керування кожного регулятора, ми використаємо декілька прямих критеріїв якості, наведених вище, а саме:

- 1) час регулювання;
- 2) перегулювання;
- 3) сталі значення вихідної величини.

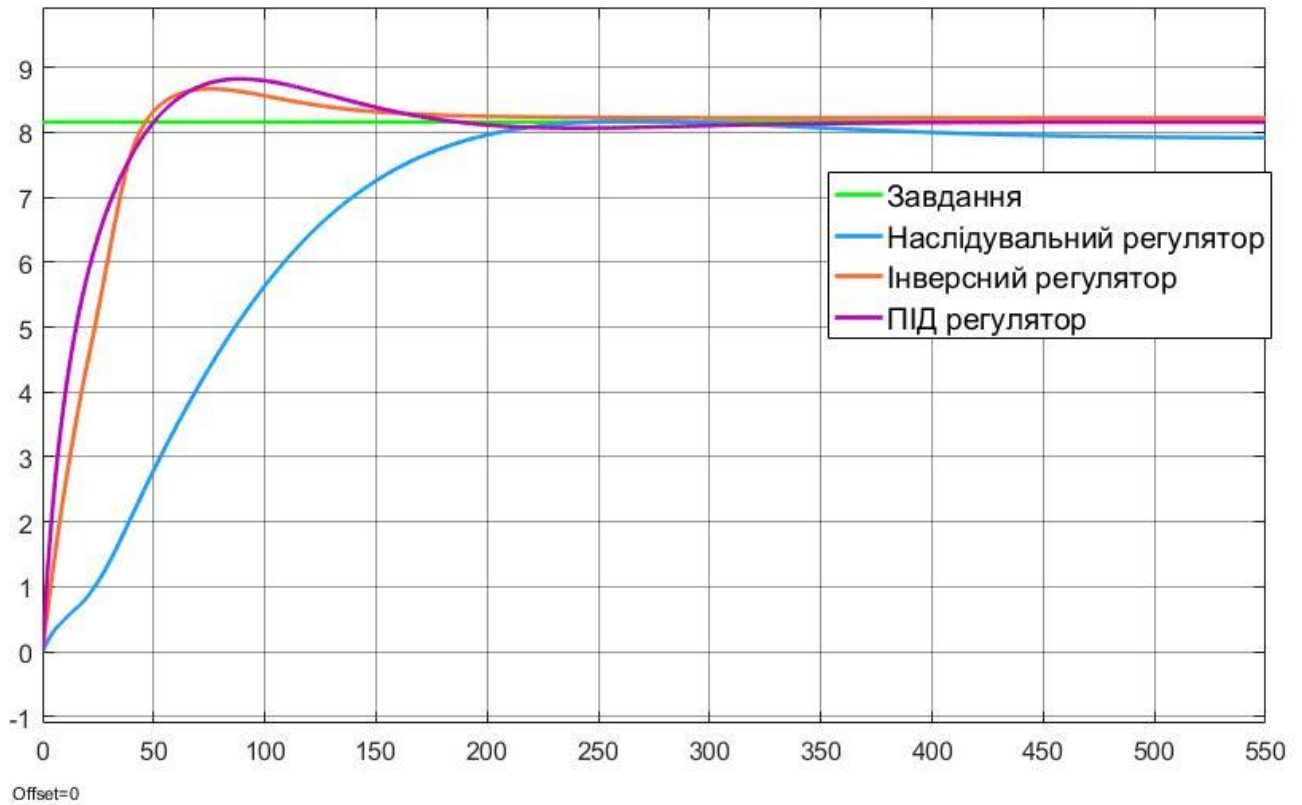


Рис. 4.21. Графік перехідних характеристик створених систем керування

На рисунку 4.21 зображено перехідні характеристики створених систем керування побудовані на єдиному графіку. Провівши розрахунки та візуальний аналіз, ми отримали значення критеріїв для кожної системи керування – ці значення наведені в таблиці 4.1.

Таблиця. 4.1. Порівняння критеріїв якості створених систем керування

Критерії якості Система керування з регулятором	Стале значення вихідної величини, од.	Перерегулювання, %	Час регулювання, с
ПІД	8,159	8,137	152
Наслідувальний	7,92	0,147	200
Інверсний	8,222	6,275	150

Проаналізувавши дані з наведеної вище таблиці, робимо висновок, що найкраще нам підходить синтезована система із інверсним нейрорегулятором. Стале значення має дуже малу похибку, а перерегулювання у 8% допускається для контактного апарату. Беручи до уваги характеристики ПІД регулятора та інверсивного нейрорегулятора можна помітити досить високу схожість, хоча значення перегулювання для другого нижче майже на 2%.

Використання наслідувального нейрорегулятора є досить не доцільним зважаючи на декілька факторів – стає значення вихідної величини відрізняється 0.2 одиниці, що матиме негативний вплив на систему керування в подальшому; за наявності майже нульового перерегулювання, час регулювання вищий у 1,67 раз ніж обраний інверсний нейрорегулятор.

5. НАЛАШТУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА

5.1 Аналіз та характеристика МІК

Мікроконтролер МІК – це проектний комплекс, за допомогою якого обирають необхідну кількість пристроїв та блоків. Вона залежить від типу вхідного сигналу та їх кількості. Мікропроцесор оснащений засобами для самотестування, які уже запрограмовано: сигналізацією щодо різних типів несправностей та їх ідентифікацією. Важливою особливістю МІК є можливість створення сучасної структури міжконтролерного зв'язку, завдяки якому кілька МІК можуть створювати єдину локальну мережу. Завдяки цій мережі контролери можуть обмінюватися інформацією, як між головним комп'ютером, так і між собою. Таким чином можна гарантувати організацію частинного аналізу даних і збільшити загальну кількість підключення вхідних та вихідних сигналів.

Розглянемо мікроконтролер МІК-51 – він має бібліотеку функціональних блоків, можливості яких дозволяють розв'язати складні задачі в галузі автоматичного керування та логіко-програмного регулювання.

Бібліотека умовно розділена на сектори:

- сектор блоків вхідних та вихідних сигналів: аналогові, дискретні, інтерфейсні, імпульсні;
- сектор блоків математичних операцій: множення, ділення, корінь квадратний, абсолютне значення (модуль), інтегрування, диференціювання з запізненням тощо;
- сектор блоків логічних операцій: логічне І, багатопоточне І, логічне АБО, багатопоточне АБО, виключне АБО, виділення фронту, тригер, регістр;
- сектор блоків керування програмою: максимум, мінімум, ковзне середнє, запізнення, екстремум, компаратор, таймер, обмеження, перемикач за номером, лічильник, одновібратор, мультівібратор, імпульсатор;
- сектор блоків керування технологічним процесом: фільтр, масштабування, кусково-лінійна функція, аналогова уставка, часова уставка, програмний задатчик, лінійна зміна параметра, таймер-сигналізатор реального часу, панель користувача, регулятори: аналоговий, каскадний, імпульсний.

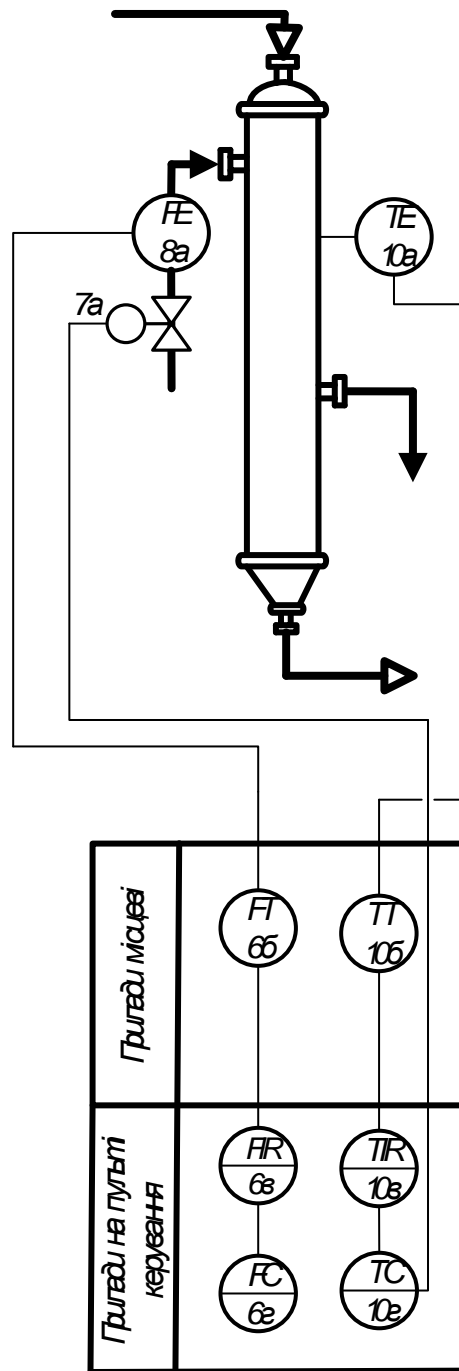


Рис. 5.1. ФСА об'єкта керування

Використавши МІК-51 для програмування коефіцієнтів регулятора, на його базі можна синтезувати систему керування контактним апаратом.

Таблиця 5.1. Технічні характеристики МІК-51

Характеристика	Значення
Вхідні аналогові сигнали	
Кількість входів	4
Тип вхідного сигналу:	
- уніфіковані	0-5мА ($R_{вх}=400 \text{ Ом}$), 0(4)-20 мА ($R_{вх}=100 \text{ Ом}$), 0-10В ($R_{вх}>25\text{кОм}$)

- напруга	0-50 мВ, 0-200 мВ, 0-1 В
- від термоперетворювачів опору	ТСП 50П, 100П, гр.21, ТСМ 50М, 100М, гр.23
- від термопар	ТХК(L), ТХА(К), ТПП(S), ТПР(В), ТВР (А), ТЖК(Ј), ТХКн(Е)
Період зміни	не перевищує 0,1 сек
Гальванічна ізоляція	групова, входи гальванічно ізолювані від інших входів
Основна зведена похибка перетворення	$\pm 0,2\%$
Вхідні дискретні сигнали	
Кількість входів	не перевищує 35
Сигнал логічного "0" – стан ВИКЛЮЧЕНО, логічної "1" – стан ВКЛЮЧЕНО	0-7В 19-32В
Вхідний струм (споживання на вході)	≤ 10 мА
Гальванічна ізоляція	групова розв'язка
Вихідні аналогові сигнали	
Кількість виходів	не перевищує 4
Тип вихідного сигналу	0-5 мА ($R_H \leq 2$ кОм), 0(4)-20 мА ($R_H \leq 500$ Ом), 0-10В ($R_H \geq 2$ кОм)
Основна зведена формування вихідного сигналу	
- АО1	$\pm 0,2\%$
- АО2	$\pm 0,4\%$
Вихідні дискретні сигнали	
Кількість виходів	не перевищує 37
Тип виходу:	
- транзистор ОК	не перевищує 100мА, 40В
- механічне реле (перемикаючий контакт)	не перевищує 8А, 220В
- твердотільне реле	до 60В, 1.0ААС/ADC
Гальванічна ізоляція	групова
Індикація	
Точність індикації	$\pm 0,01\%$

Кількість розрядів цифрового індикатора	4
Висота цифр світлодіодних індикаторів	10 мм
Послідовний інтерфейс RS-485	
Тип каналу	Асинхронний напівдуплексний (отримання і передача йдуть по одній парі проводів з розділенням за часом)
Кількість приймачів	32
Максимальна кількість вузлів у мережі	250 з врахуванням магістральних підсилювачів
Вид кабелю	екранована вита пара
Найбільша довжина лінії в межах одного сегмента мережі	1200 метрів
Число активних приймачів	1
Протокол зв'язку	Modbus режим RTU
Електричні характеристики	
Напруга живлення:	
- змінний струм	~220 (+22 –33)В, (50 ± 1) Гц
- постійний струм	24 В
Споживана потужність:	не перевищує 13 ВА
Струм споживання при живленні 24В:	не перевищує 350 мА
Каркас. Експлуатації умови	
Тип каркасу	Корпус для зануленого щитового монтажу, IP30
Розміри лицьової рамки	96x96 мм
Глибина монтажу	не перевищує 189 мм
Отвір на панелі	(92 ^{+0,8})x(92 ^{+0,8}) мм
Маса блоку	Не перевищує 1,0 кг
Температура довкілля	від -40 °С до +70 °С
Атмосферний тиск	від 85 до 106,7 кПа
Вібрація з частотою/амплітудою	до 60Гц / до 0,1мм

5.2 Програмування коефіцієнтів регулятора

Запрограмувати мікроконтролер можна за допомогою клавіш лицьової панелі або використавши програмний інтерфейс, який являє собою особливе програмне забезпечення – візуальний редактор *Alfa*. Пристрій використовує мову програмування функціональних блочних діаграм *Function Block Diagram* (FBD). Вона дозволяє операторові використовувати механізм об'єктного візуального програмування. Такий спосіб програмування виконаний згідно з вимогами стандартів Міжнародної Електротехнічної Комісії (МЕК) ІЕС 1131-3.

Редактор *Alfa* містить вмонтований налагоджувач програм, систему логічного контролю за станом програми, можливість створення документації програм, друку документації, відображення програми у вигляді таблиці та ін.

У редакторі АЛЬФА-2 використано блок ПІД-регулятора PID_R (90), блок обмежень аналогового сигналу та блоки вхідного та вихідного аналогового сигналу.

PID_R (90) – аналоговий ПІД-регулятор з розширеною схемою перемикання між режимами РУЧ/АВТ/КАС. Функціональний блок призначений для побудови контурів ПІД-регулювання з використанням аналогових виконавчих механізмів.

Блок виконує ПІД-алгоритм обробки вхідного сигналу. Коефіцієнти П-, І- та Д- можуть бути задані або вимкнені в залежності від необхідності. Це дозволяє конфігурувати регулятори різної архітектури – П-, І-, ІІ-, ПД- та ПІД-регулятори.

У таблиці 5. 2 наведено параметри, які містить функціональний блок PID_R (90):

Таблиця 5.2. Параметри блоку

Входи - параметри - виходи			Призначення
№	Позначення	Діапазон значень	
Входи			
01	eMAN	0 / 1	Режим роботи – РУ
02	eLOC	0 / 1	Режим роботи – ЛУ
03	eCAS	0 / 1	Режим роботи – КУ
04	PV	Дійсне	Вхід регулятора

Параметри			
01	nDISP	1 - 9	Номер дисплея
02	nDIR	0 / 1	Напрямок дії регулятора (0-зворотний, 1-прямий)
03	nSTR	0 / 1	Структура регулятора (0-паралельний, 1-змішаний)
04	nTYPE	0, 1, 2	Тип регулятора (0 – ПІД; 1,2 – не викор.)
05	dCAS_E n	1, 2	Розширення роботи в режимі КУ: 0 - каскадний режим роботи заборонений незалежно від значення параметра 08 nMODE і сигналу на вході 03 eCAS; 1 - каскадний режим роботи дозволений.
06	nCONV	0, 1, 2, 3, 4, 5	$y=x$ $y=\sqrt{X}$ $y=\log X$ $y=e^X$ $y=x^2$ $y=1/x$
07	dTRK	0 / 1	Команда установки на виході регулятора безпечного значення впливу (параметр 21 TRK_VAL)
08	nMODE	0, 1, 2	Режим роботи (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	TI	Час	Час інтегрування регулятора
10	TD	Час	Час диференціювання регулятора
11	KP	Дійсне	Коефіцієнт підсилення регулятора
12	SP	Дійсне	Завдання регулятора
13	SP_EXT ERN	Дійсне	Зовнішнє завдання регулятора
14	OUT	Дійсне	Вихід регулятора 0–100%
15	PV_RAN GE	Дійсне	Діапазон зміни регульованого параметра
16	SP_H	Дійсне	Обмеження завдання (верхнє)
17	SP_L	Дійсне	Обмеження завдання (нижнє)
18	SP_RAT E	Дійсне	Швидкість зміни завдання, тех. од. / хв.
19	OUT_H	Дійсне	Обмеження виходу регулятора (верхнє)
20	OUT_L	Дійсне	Обмеження виходу регулятора (нижнє)

21	TRK_VAL	Дійсне	Значення безпечного впливу
22	DEV_MAX	Дійсне	Уставки сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки
23	DEV_MIN	Дійсне	
24	DEV_HYS	Дійсне	Гістерезис сигналізації параметра
25	FF_VAL	Дійсне	Попередження керуючого впливу регулятора
26	FF_GAIN	Дійсне	Коефіцієнт підсилення попередження
27	FF_H	Дійсне	Обмеження попередження (верхнє)
28	FF_L	Дійсне	Обмеження попередження (нижнє)
29	COR_VAL	Дійсне	Вхід ланки корекції регульованого параметра регулятора
30	COR_GAIN	Дійсне	Коефіцієнт підсилення сигналу корекції
31	COR_H	Дійсне	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
32	COR_L	Дійсне	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
33	FB	Дійсне	Не використовується
Виходи			
01	dMAN	0 / 1	1 – регулятор знаходиться в режимі РУ
02	dLOC	0 / 1	1 – регулятор знаходиться в режимі ЛУ
03	dCAS	0 / 1	1 - регулятор знаходиться в режимі КУ
04	dMAX	0 / 1	Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MAX
05	dMIN	0 / 1	Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MIN
06	OUT	Дійсне	Аналоговий вихід регулятора
07	DELTA	Дійсне	Похибка регулятора в% вхідного параметра
08	SP	Дійсне	Завдання регулятора

Для того щоб запрограмувати контролер потрібно за допомогою блоків аналогової уставки та аналогового входу подати сигнал для завдання регулятора,

вихідного сигналу, а також використавши знайдені коефіцієнти регулятора, записати їх у відповідні параметри блоку. Потім вихідний сигнал подати для побудови графіка, або спостерігати результат на лицьовій панелі контролера.

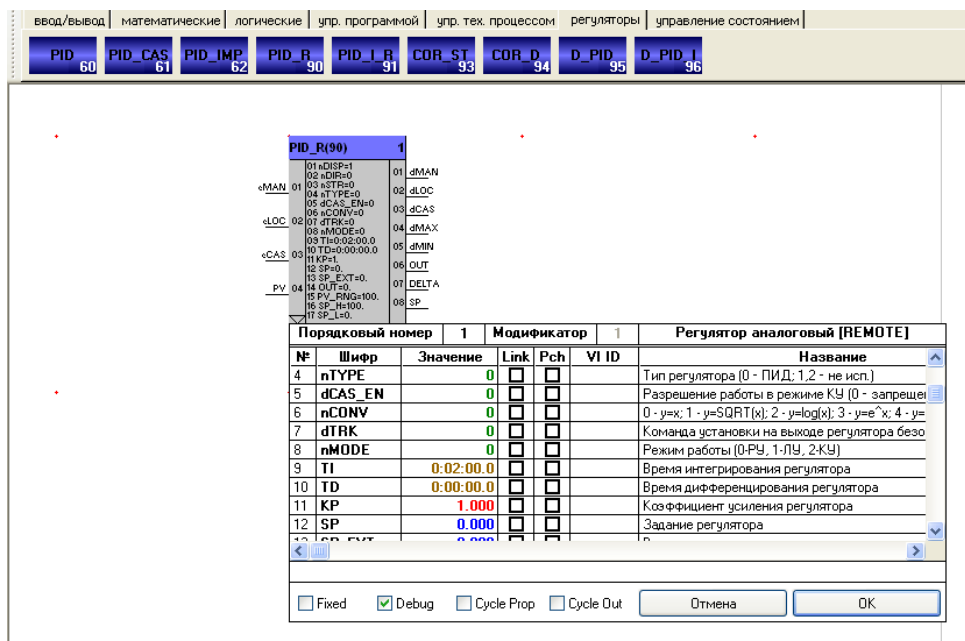


Рис.5.2. Рабочее окно програми АЛЬФА-2

6. Створення стартап-проекту

Основна ідея проекту – створення математичної програми, котра буде збирати ключові показники на різних етапах виробництва і додатково сигналізувати про мінімальні відхилення з метою отримання вихідного продукту потрібної концентрації.

Математична програма буде виконувати такі задачі:

- збір та реєстрація значень ключових показників на виробництві;
- побудова діаграм по зібраних показниках з прогнозом їх подальшого розвитку;
- реєстрація точок, які виходять за допустимі межі та можуть спричинити брак кінцевого продукту.

Основною цільовою аудиторією для наших систем керування є державні та приватні підприємства харчової, хімічної та металургійної промисловості.

Основна конкурентна перевага

Ми пропонуємо програму з максимально універсальними функціями та властивостями.

Ціль програми: широке використання програми у різних галузях промисловості, зокрема хімічній, металургійній та харчовій. Можливість застосування стартапу у інших виробництвах.

Бюджет: 1000 \$ в місяць (приблизний термін на написання програми 3 місяці). Де шукати фінансування: інвестиції від підприємств та приватних підприємців, які зацікавлені в використанні цієї програми.

Конкурентні переваги: розробниками програми є саме ті спеціалісти, які започаткували цю технологію. Ми розробники і виконавці.

Команда

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

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 його якість. Саме тому уся наша діяльність спрямована на дослідницькі заходи покращення та уточнення розробки для подальшого її впровадження на реальні підприємства.

Асортимент товарів та послуг

На даному етапі товаром, що ми пропонуємо, є програма контролю ключових показників на виробництві. Також ми пропонуємо послуги по впровадженню, обслуговуванню та супроводу цих систем..

Корпоративні стандарти

Краще витратити більше часу, але отримати якісний продукт.

Люди і взаємодія важливіше процесів та інструментів.

Гарно працюючий продукт важливіший за вичерпну документацію.

Готовність до змін важливіша за дотримання вихідного плану.

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. Основними обмеженнями є молодість та поки невідоме ім'я нашої фірми для пошуку необхідних ресурсів, яких не вистачає. Також важливим є обмеженість фінансових ресурсів на початку розробок.

Короткий опис товару, якому присвячено аналіз маркетингового середовища.

Товаром, якому присвячено аналіз маркетингового середовища виступає прикладна програма збору та прогнозування ключових показників виробництва.

Ринкова історія товару

На ринку України наше ПП є поки єдиною компанією з розробки математичних програм у сфері хімічної, металургійної та харчової промисловості.

Визначення етапу життєвого циклу товару

Сучасні системи автоматизованого управління як товар в нашій країні на даний момент знаходиться на стадії зрілості. Рівень продажів стабілізувався, темпи приросту максимально сповільнюються. Досягнутий пік продажів, що забезпечує стабільний дохід за рахунок сформованої споживчої бази. Для підвищення прибутку у цій галузі необхідне збільшення інвестицій для збереження рівня продажів, необхідна жорстка цінова боротьба - зниження цін і акції. Але найголовніше - це необхідність нових досліджень і розробок для стимулювання нової стадії зростання товару.

Динаміка розвитку галузі:

Економічні та соціальні тенденції ринку

В часи переходу суспільства до інформаційного складаються сприятливі умови до створення та розвитку інновацій на виробничому ринку, все це обумовлює зростання попиту на сучасні засоби автоматизації;

Промислове виробництво багатьох країн стрімко розвивається, виникає великий попит нових, технічно складних засобів автоматизації, що дозволяють вирішувати серйозні системні завдання. Це свідчить про те, що попит на все більш досконалі системи автоматичного управління буде зростати;

Зростання цін на енергоносії, на оплату найманої праці викликає необхідність економії, а, отже, і застосування максимального рівня автоматизації, тому що саме автоматизація процесів дозволяє створити режим реальної економії.

Характеристики ринку

Основними споживчими сегментами на ринку промислової автоматизації є енергетика, нафтовидобувна галузь, вугільна промисловість, хімічна, нафтохімічна, харчова промисловість, галузь будівництва.

Досвід великих компаній на цьому ринку показує, що важливо мати можливість користуватися різними каналами розподілу – починаючи від прямого маркетингового каналу (без посередників), закінчуючи складними схемами, що

включають окрім оптових та роздрібних посередників, також і функціональних. Але, на даному етапі, наша компанія розглядає для себе найпростішу схему каналів розподілу, оскільки на стадії первинного виробництва і впровадження товару дуже важливим є його супровід та технічна підтримка, що не може бути забезпечене посередниками.

Конкуренція на ринку промислової автоматизації суттєва, але основними конкурентними перевагами інших підприємств є відоме ім'я та великі обсяги виробництва, а нашою – новий підхід, та «близькість» до споживача.

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 молодій, невідомій 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. Виробничі та складські потужності: поки обмежуються факультетськими лабораторіями. В подальшому залежать від фінансових ресурсів та міри поширення нашого проекту.

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. Трудові: команда ентузіастів. В подальшому планується поповнити склад проектувальників та досвідчених інженерів для створення та обслуговування систем, а також організаційного персоналу для ведення документації та справ підприємства.

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

7. Правові – усі правові та інформаційні ресурси в мережі Інтернет

Таблиця 6.1 – 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 складної ситуації в країні
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	Поступовий фізичний знос устаткування		Внесення змін до фінансового плану компанії; пошук нових інвесторів
Інноваційність технології	Втрата потенційних клієнтів-консерваторів	Співпраця з клієнтами, орієнтованими на оновлене виробництво	Пошук клієнтів-новаторів Спроби приваблювати консерваторів доведеньям якості
Невідоме «ім'я» підприємства	Відсутність негативного досвіду	Недовірливе ставлення потенційних клієнтів	Використання різноманітних способів просування, створення презентацій, перевірка дійсної якості товару

Таблиця 6.2 – 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 продуктивності праці
5	Нові інвестори для компанії
6	Пошук клієнтів-новаторів
7	Способи просування, різноманітні презентацій компанії та товару

Аналіз зовнішнього маркетингового середовища

Таблиця 6.3 – 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 хімічної та харчової промисловості в Стратегії сталого розвитку України	Отримання державних інвестицій для впровадження технології		Пошуки каналів зв'язку з потрібними державними установами для отримання інвестицій

Спрямованість України до Європи	Розширення ринку збуту товару	Витіснення вітчизняного товару закордонним	Підведення товару компанії до вимог та стандартів Європейського середовища
---------------------------------	-------------------------------	--	--

Таблиця 6.4 – Підсумкова таблиця факторів економічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Світова економічна криза		Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів	Пошук шляхів здешевлення товару без компенсування цього за рахунок його якості
Падіння рівню промислового виробництва в країні		Мала кількість місць впровадження технології	Пошук закордонних клієнтів
Економічний потенціал країни		Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем	Вивід товару на закордонні ринки

Таблиця 6.5 – Підсумкова таблиця факторів науково-технічного середовища

Фактори	Вплив фактору	
---------	---------------	--

	Можливості	Загрози	Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
Інтенсивний розвиток науково-технічного прогресу	Для того, щоб бути конкурентоспроможним, підприємству необхідно відповідати все більш зростаючим вимогам до технології та обладнання.		Спостереження та впровадження технологій, що йдуть в ногу з часом
Поява нових інноваційних технологій керування та виробництва		Поява нових конкурентів	Постійний розвиток та вдосконалення товару, орієнтація на постійних клієнтів

Таблиця 6.6 – 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 6.7 – Підсумкова таблиця факторів соціокультурного середовища

Фактори	Вплив фактору	
---------	---------------	--

	Можливості	Загрози	Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
Консервативний менталітет українських клієнтів		Вибір перевірених технологій перевірених виробників замість інноваційних	Демонстрація на практиці переважання якості товару за рахунок його новизни
Людський фактор, що виражається у бажанні позбавитися від зайвої роботи	Перевага над конкурентами за рівнем автоматизації, зниженням кількості людської праці		Вдосконалення елементів системи для зниження рівня людської праці

Таблиця 6.8 – Підсумкова таблиця факторів природного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Використання енергозберігаючих та екологічно-безпечних технологій	Перевага над конкурентним товаром за рахунок енергоефективності, екологічної безпеки		Пошук шляхів доведення та представлення переваг товару компанії над конкурентами

Аналіз факторів мікроркетингового середовища

Таблиця 6.9 – 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 іміджем компанії
Орієнтація споживачів на певну торговельну марку		Втрата потенційно важливих клієнтів	Робота над іміджем компанії, підтвердження якості товару

Таблиця 6.10 – 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 пропонованих систем	Робота над адаптивністю систем для впровадження на різні типи, види та рівні виробництва

Таблиця 6.11 – Підсумкова таблиця впливу постачальників

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Зменшення кількості можливих постачальників		Втрата постійних постачальників	Наявність зв'язків з різними постачальниками, що можуть бути взаємозамінні

в умовах кризи			
----------------	--	--	--

Таблиця 6.12 – 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 6.13 – Формулювання управлінської проблеми

SWOT-аналіз

Сильні сторони	Слабкі сторони
- Високий інтелектуальний потенціал компанії	- Невідоме «ім'я» підприємства - Недостатній рівень фінансування

<ul style="list-style-type: none"> - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом - Адаптованість продукту на суміжні ринки - Можливість виходу на закордонний ринок 	<ul style="list-style-type: none"> - Висока конкуренція на ринку - Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, енергоефективності, екологічної безпеки.... - Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності - Подолання конкуренції за рахунок унікального дизайну систем - Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок 	<ul style="list-style-type: none"> - Поява інноваційного промислового обладнання, що не потребує впровадження пропонованих систем - Витіснення конкурентами компанії з ринку - Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів - Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем - Витіснення вітчизняного товару закордонним

Управлінська проблема:

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

Таблиця 6.14 – 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-консерваторів, що звикли тільки до ГОСТу	Подолання конкуренції посиленням на європейські стандарти якості
2. Пошуки каналів зв'язку з потрібними державними установами для отримання інвестицій	Втрата додаткових інвесторів, що не матимуть бажання ділити прибуток з державою	Впровадження технології на державний рівень та вищі
3. Пошук клієнтів-новаторів		Розширення клієнтської бази
4. Демонстрація на практиці переважання якості товару за рахунок його інноваційності		Зміна ставлення до інновацій, розширення меж потенціальних клієнтів
5. Вдосконалення елементів системи для зниження рівня людської праці	Зменшення кількості робочих місць на виробництвах-клієнтах	Збільшення рівню прибутку для виробництв-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 адаптивністю систем для впровадження на різні типи, види та рівні виробництва	Велика витрата часу, ресурсів	Можливість розширити ринок для продажу
---	-------------------------------	--

Конкурентний аналіз

Таблиця 6.15. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції:	Чиста конкуренція. Немає компаній які повністю завоювали ринок у цій області, суперництво між компаніями мало впливає на загальну ситуацію на ринку.	Конкуренство зазвичай з потенційними клієнтами коли ми пропонуємо використати кращу та багатofункціональнішу технологію.
2. Рівень конкурентної боротьби: Локальна/національна	Локальна боротьба. В основному кожна фірма розробляє маленьку програму під своє виробництво.	Підвищення функціональності програми.
3. За галузевою ознакою: внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева ознака. Програма використовується в конкретному виробництві (хімічна, металургійна та харчова промисловість).	Охоплення більшої кількості заданості всередині підприємства.

4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Товарно-видова конкуренція. Ідентичність структури програми виключається	Пропонується прикладна програма що відрізняється від вже створених.
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	Немарочна. Спеціальної марки програма немає.	Адаптація під інші виробництва призводить іноді до зміни функцій програми.

Таблиця 6.16. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Відсутні	Підприємств а-клієнти	Відсутні	Виробництва хімічної та харчової промисловості	Програми вузької функціональності

Висновки:	Відсутні	В ринок увійти можливо при достатній аргументації якості товару	Оскільки прикладна програма це інтелектуальний продукт, постачальники ми виступають розробники	Презентація потенційним клієнтам нового багатofункціонального товару	Пропонування використання широко застосованого товару замість малофункціональних.
-----------	----------	---	--	--	---

Таблиця 6.17. 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 робастного алгоритму для керування дуже рідко застосовується у цьому напрямку
3.	Енерго- та ресурсозбереження	Завдяки підвищенню точності керування підвищується ефективність процесу. Це дозволяє отримувати більше якісного продукту з меншою витратою ресурсів
4.	Адаптованість продукту на суміжні ринки	Використання систем ідентифікації та керування такого виду можна адаптувати під різні галузі виробництва

Таблиця 6.18. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін стартапу ПП

№ п/п	Фактор конкуренто-спроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ПП						
			-3	-2	-1	0	+ 1	+2	+3
1.	Наявність нових конкурентів	7			X				
2.	Наявність взаємозамінних товарів	16						X	
3.	Конкуренція між існуючими компаніями	9				X			

Таблиця 6.19. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є «першопрохідцем»?	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 6.20. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільово-	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-	Вибір асоціацій, які мають

	вої аудиторії		проекту	сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	1. Аргументована ціна. 2. Супроводження товару 3. Необхідна якість	Стратегія диференціації	1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Можливість економити на ресурсах 3. Програми лояльності за тривалі контракти 4. Супровід товару	1. Висока якість та надійність. 2. Тривалі контракти. 3. Програми лояльності.

Таблиця 6.21 – 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 програми керування у різних галузях	Збільшення чистого прибутку. Покращення якості продукту	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом - Адаптованість продукту суміжні ринки - Підвищення продуктивності процесу та якості товару

Таблиця 6.22 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Клієнти хочуть на власні очі бачити систему та її тестування перед закупівлею, потребують доставки, впровадження, консультацій, супроводу	Гарантія Тестування Допомога введення у експлуатацію	Нульовий рівень. Наша компанія сама проектує системи. До споживача доходить програма з усіма необхідними компонентами.	Власна система збуту і домовленість про подальшу співпрацю

Таблиця 6.23 – 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 як онлайн (сайти, соц.мережі) так	Якість залежить від ціни;	Ефективна демонстра-	Офіційний стиль. Наочна демонс-

	спілкування, бажано спеціалізоване	і офлайн (зустрічі, телефонні розмови, виставки тощо). Друкована продукція (каталоги, спецвидання). Документальне оформлення домовленостей	Тривале партнерство = лояльні ціни; Вчасно, ефективно і економічно.	ція переваг продукції залежно від напрямку зацікавленості клієнта	трація даних (розрахунки, графіки, діаграми). Призначення зустрічей.
--	------------------------------------	--	---	---	--

ВИСНОВКИ

В магістерській дисертації було розглянуто процес синтезу хлористого вінілу гідрохлоруванням ацетилену в газовій фазі.

Одним з основних технологічних апаратів являється контактний апарат. Було запропоновано математичну модель контактного апарату та синтезовано й обрано оптимальну систему керування. Зображено входи і виходи в апарат, класифікацію параметрів об'єкта і побудовано динамічні та статичні характеристики апарату за каналами керування та збурення.

На основі математичної моделі та динамічних характеристик було синтезовано 3 системи керування – з ПДД-регулятором, наслідувальним та інверсним нейрорегуляторами. За обраними критеріями якості обрано оптимальний контур керування – система із інверсним нейрорегулятором. Наслідувальний нейрорегулятор показав суттєві недоліки у керуванні контактним апаратом, а ПДД-регулятор поступився швидкодією.

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*.

Список використаної літератури

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. Dana L. I., Burdick J. N., Jenkins A. C. [Some Physical Properties of Vinyl Chloride](#) (англ.) // Journal of the American Chemical Society. — 1927. — Vol. 49, no. 11. — P. 2801—2806.
9. Сигеру Омату, Нейроуправление и его приложения / Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф – М.: ИПРЖР, 2000. – 272 с. – ISBN: 5-93108-006-6.
10. Хайкин Саймон Нейронные сети: полный курс, 2е издание / Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006.
11. Кубрак А.І., Жученко А.І., Кваско М.З. Комп'ютерне моделювання та ідентифікація автоматичних систем. – К., “Політехніка”, 2004.
12. Коржик М.В. Моделювання об'єктів та систем керування засобами MatLab / Навч. посібн. для студентів вищих навч. закл. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016.

13. Голубятников В.А, Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в химической промышленности. – М.: Химия, 1985.
14. Wikipedia – вільна енциклопедія.
15. 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.

Специфікація устаткування, виробів та матеріалів

Додаток 1

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Завод-виробник	Кількість, од.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Устаткування та прилади								
2а 38а 39а 40а 41а 42а 43а 44а 45а 46а 47а 48а	Тиск	Ацетилен		Трубопровід 17	Вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску, $P_{\max} = 1$ МПа, температура $5...50$ °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ, $I_{\text{вих}} = 0...5$ мА	«Сапфир-22ДИ», мод.2150	ВО «Геофізприлад», м. Івано-Франківськ	12 од.
		Вода		Трубопровід 1				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Кислота		Трубопровід 13				
		Мастило		Трубопровід 14				
		Вода		Трубопровід 1				
		Луг		Трубопровід 12				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		Розсіл		Трубопровід 28				
		26						

Зм		№ докум.	Підпис	Дата

МД ЛА91мп.13.00.000

Арк.

98

386 396 406 416 426 436 446 456 466 476 486				Пульт керування	Датчик-реле тиску РД-301, діапазони налаштування: 0,001...0,01 МПа (похибка спрацьовування $\pm 0,0006$ МПа); 0,02...1 МПа ($\pm 0,001$ МПа); температура довкілля (-30)...50 °С; відносна вологість 95 ± 3 % за температури 35 °С; комутаційний струм – постійний, напругою 27 В, величина – до 150 мА	РД-301	ЗАТ НВП «Спецелектрохим-автоматика», м. Воронеж	11 од.
17а	Рівень	Кубова рідина	Дистиляційна колона 13	Відгінна колона 16	Первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, температура контролюваного середовища (-40)...80 °С, температура навколишнього до АП повітря (-30)...50 °С, діапазон вимірювання 0...6,0 м; граничнодопустима основна похибка $\pm 1,5$ %	АП-91	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса	2 од.
24а	Рівень	Хлористий вініл						
176 246			Місцевий	Проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, $I_{\text{вих}} = 0...5$ (4...20) мА	ППИ-5Н	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса	2 од.	
17в 24в			Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250ДД	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	2 од.	

Зм		№ докум.	Підпис	Дата

МД ЛА91мп. 13.00.000

Арк.

99

6а	Витрата	Хлористий водень		Трубопровід 12	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа, внутрішній діаметр трубопроводів 125 мм	ДКС 0,6-125	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ	2 од.
8а	Витрата	Мастило		Трубопровід 14				
6б 8б				Місцевий	Вихровий витратомір, вимірювані середовища: рідина, газ, пара; $D_y = 25 \dots 200$ мм, абс. тиск вимірюваного середовища до 4 МПа, температура $-(-50) \dots 250$ °С, граничнодопустима основна похибка для рідини $\pm 1,0$ %, для пари та газу $\pm 1,5$ %; вихідні сигнали: струмовий 4...20 мА; частотно-імпульсний 0...10 кГц; цифровий – на основі HART-протоколу	Метран-390	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	2 од.
6в 8в				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад {з пристроєм сигналізації} {з вбудованим ПД-регулятором}; вхідні сигнали: 0...10 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П ($W_{100}=1,385; 1,391$), 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн (в комплекті з НП-П10); вихідні сигнали: $I_{вих} = 4 \dots 20$ мА, $P_{вих} = 20 \dots 100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	2 од.

Зм		№ докум.	Підпис	Дата

МД ЛА91мп. 13.00.000

Арк.

100

6г				Пульт керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканальний багатофункціональний високопродуктивний. Вхідні сигнали: від ТП з НСХ <i>L, K, S, B, A, J, E</i> від ТО з НСХ 50М, 100М, 50П, 100П, Pt50, Pt100; уніфіковані аналогові сигнали постійного струму 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20мА. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МІК-51	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛТ»», м. Івано-Франківськ	1 од.
3а	Температура	Ацетилен	3...5°C	Трубопровід 17	Термоперетворювач опору платиновий з уніфікованим сигналом, діапазон вимірювання (-50)...50 °С, $P_{max} = 50$ МПа, довжина монтажної частини 200...1250 мм, захисна арматура – сталь 12Х18Н10Т, основна похибка 0,7%, вихідний сигнал 4...20 мА.	ТСПУ-0289	НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк	6 од.
14а	Температура	Контактний газ	-10 °С	Холодильник 11				
18а	Температура	Хлористий вініл	-30 °С	Трубопровід 30				
20а	Температура	Розсіл	-35 °С	Трубопровід 28				
21а	Температура	Аміак		Трубопровід 11				
23а	Температура	Розсіл	-30 °С	Відгінна колона 16				

Зм		№ докум.	Підпис	Дата

МД ЛА91мп. 13.00.000

Арк.

101

9а	Температура	Контактний газ	90...200 °С	Контактний апарат 8	Термоелектричний перетворювач, НСХ К, діапазон вимірювання (-50)...1050 °С, захисна арматура – сталь ХН45Ю, довжина монтажної частини 320...2500 мм; діаметр захисної арматури 16 мм; $P_y = 1,6$ МПа; інерційність 50 с; клас допуску 2	ТХА-706-02	НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк	1 од.
206 216 236				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М, клас точності 0.5.	ДИСК-250ДД	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	3 од.
36 146 186 9в				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад {з пристроєм сигналізації} {з вбудованим ПД-регулятором}; вхідні сигнали: 0...10 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П ($W_{100}=1,385; 1,391$), 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн (в комплекті з НП-П10); вихідні сигнали: $I_{вих} = 4...20$ мА, $P_{вих} = 20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	4 од.

Зм		№ докум.	Підпис	Дата

МД ЛА91мп. 13.00.000

Арк.

102

96				Пульт керування	Перетворювач нормувальний, вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА, а також від ТП НСХ В, К, L, S, R та ТО НСХ 50П, 100П, 50М, 100М; клас точності 0,4 (0,5) – залежно від діапазону вимірювання ТП, ТО; $I_{\text{вих}} = 0...5$ (4...20 мА), $U_{\text{вих}} = 0...10$ В; цифровий інтерфейс RS-485	П282	НВО «Електротермія», м.Луцьк	1 од.
3в 14в 18в 9г				Пульт керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний. Вхідні сигнали: від ТП з НСХ L, K, S, B, A, J, E від ТО з НСХ 50М, 100М, 50П, 100П, Pt50, Pt100; уніфіковані аналогові сигнали постійного струму 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МІК-51	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛТ»», м. Івано-Франківськ	4 од.
1а	Концентрація	Ацетилен	97%	Трубопровід 17	Газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу; діапазон вимірювання 0,0001...100 об. д. %, довжина пробовідбірника 200...3500 мм, температура: контрольованого середовища до 1500 °С, довкілля – (-50)...80 °С, вихідні сигнали: аналогові – 0...5 мА або 4...20	КГО	ФДУП «Смоленское ПО «Аналитприбор»», м. Смоленськ	5 од.
11а	Концентрація	Контактний газ	93%	Трубопровід 29				
13а	Концентрація	Луг	40%	Трубопровід 13				

Зм		№ докум.	Підпис	Дата

МД ЛА91мп.13.00.000

Арк.

103

22a	Концентрація	Суміш газів	1...5%	Трубопровід 31	мА; дискретні; цифрові – інтерфейс RS-484, RS-232, Ethernet; радіоканал.			
25a	Концентрація	Хлористий вініл	99%	Трубопровід 30				
5a	Вологість	Ацетилен		Трубопровід 17	Первинний перетворювач гігрометра автоматичного Корунд-М, діапазон вимірювання 30...80 %	Корунд-М-1	НВО «Химвавтоматика», м. Іркутськ	2 од.
16a	Вологість	Контактний газ		Трубопровід 29				
5б 16б				Місцевий	Вимірювальний блок гігрометра автоматичного Корунд-М, діапазон вимірювання 30...80 %, $I_{\text{вих}} = 0...5$ мА	Корунд-М-2	НВО «Химвавтоматика», м. Іркутськ	2 од.
5в 16в 16 13б 22б				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250ДД	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	5 од.
11б 25б				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад {з пристроєм сигналізації} {з вбудованим ПД-регулятором}; вхідні сигнали: 0...10 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П ($W_{100}=1,385; 1,391$), 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн (в комплекті з НП-П10); вихідні сигнали: $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА, $P_{\text{вих}} =$	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	2 од.

Зм		№ докум.	Підпис	Дата

МД ЛА91мп. 13.00.000

Арк.

104

					20...100 кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485			
11в 25в				Пульт керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканалний багатофункціональний високопродуктивний. Вхідні сигнали: від ТП з НСХ <i>L, K, S, B, A, J, E</i> від ТО з НСХ 50М, 100М, 50П, 100П, Pt50, Pt100; уніфіковані аналогові сигнали постійного струму 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20мА. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МІК-51	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛТ»», м. Івано-Франківськ	
Електроапарати								
HL21 HL23 HL25 HL27 HL29 HL31 HL33 HL35 HL37 HL39 HL41				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із зеленим індикатором («ПУСК»), $U_{жив} = 220 \text{ В}$, 50/60 Гц, $d = 27 \text{ мм}$, сила світла 20 мКд	СКЛІ-11-3-2-220	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва	11 од.

Зм		№ докум.	Підпис	Дата

МД ЛА91мп. 13.00.000

Арк.

105

HL22 HL24 HL26 HL28 HL30 HL32 HL34 HL36 HL38 HL40 HL42				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із червоним індикатором («СТОП»), $U_{жив} = 220 \text{ В}$, 50/60 Гц, $d = 27 \text{ мм}$, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-К-2- 220	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва	11 од.
HL1 HL2 HL3 HL4 HL5 HL43 HL44 HL45 HL46 HL47 HL48 HL49 HL50 HL51 HL52 HL53 HL54 HL55 HL56 HL57 HL58 HL59 HL60				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із жовтим індикатором $U_{жив} = 220 \text{ В}$, мКд	СКЛ-11-Ж- 2-220	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва	25 од.

Зм		№ докум.	Підпис	Дата

МД ЛА91мп. 13.00.000

Арк.

106

HL61 HL62 HL63 HL64								
SB1 SB2 SB3 SB4 SB5 SB6 SB7 SB8 SB9 SB10 SB11 SB12 SB13 SB14 SB15 SB16 SB17 SB18 SB19 SB20 SB21 SB22				Щит керування	Пост управління кнопковий, кількість елементів управління – 2; номінальна напруга ізоляції (за змінного струму частотою 50/60 Гц) 660 В, номінальний тепловий струм 10 А; температура довкілля від (-40) °С до 40 °С, відносна вологість повітря 98 %, комутаційна зносостійкість 1 000 000 циклів	ПКУ 15-21-131 УЗ	ЗАТ «Проме-нергоавтоматика», м. Київ	22 од.
МП1 МП2 МП3 МП4 МП5 МП6 МП7				Місцевий	Магнітний пускач безконтактний (на семісторах), НЕ реверсивний, для керування електричними виконавчими механізмами, у приводі яких використано трифазні електродвигуни; температура довкілля (-10)...50 °С, відносна вологість до 80 %; керувальний сигнал $U_{вх} = 24$	ПМ-12	ВО «Електроприбор», м. Чебоксари	11 од.

Зм		№ докум.	Підпис	Дата

МД ЛА91мп. 13.00.000

Арк.

107

МП8 МП9 МП10 МП11					$\pm 6 \text{ В}, U_{\text{жив}} = 380 \text{ В}, 50/60 \text{ Гц}, W_{\text{жив}} = 10 \text{ В}\cdot\text{А}$			
SA1 SA2 SA3 SA4 SA5 SA6 SA7 SA8 SA9 SA10 SA11				Місцевий	Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50/60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номінальний тепловий струм – 10 А	КМЕ-5111 УЗ	ТОВ «Кам'янець-Подільський електромеханічний завод» м. Кам'янець-Подільський	11 од.
Виконавчі механізми								
3г 6д 9д 11г 14г 18г 25г				Місцевий	М е х а н і	М Э О	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан	7 од.

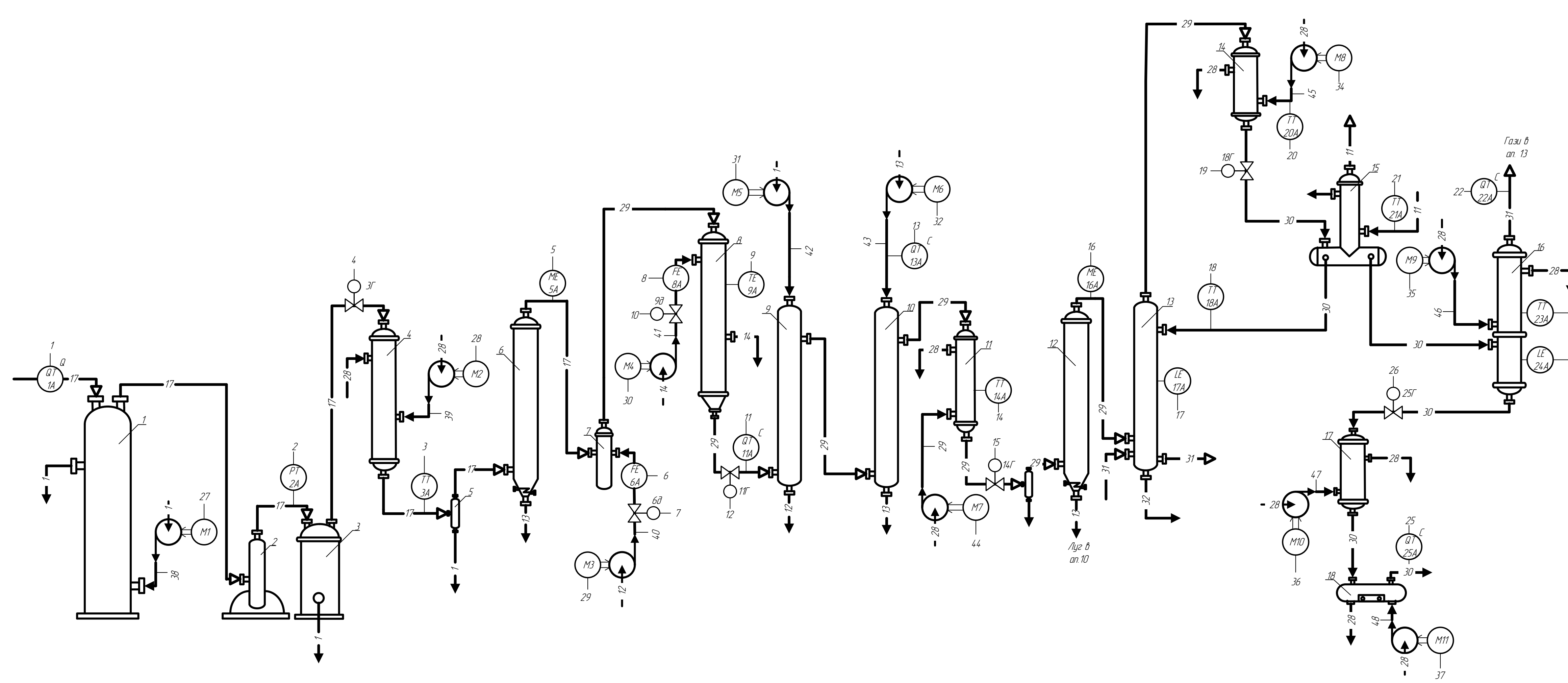
Зм		№ докум.	Підпис	Дата

МД ЛА91мп.13.00.000

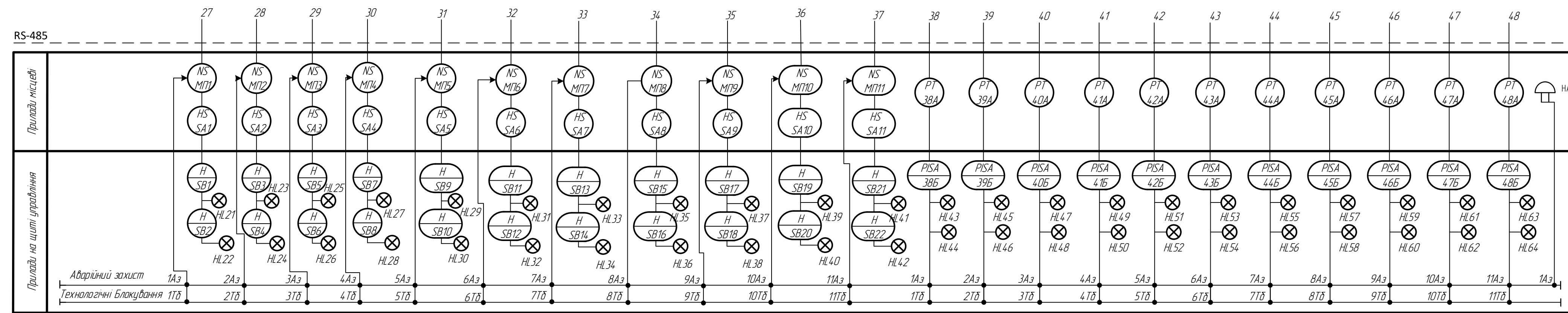
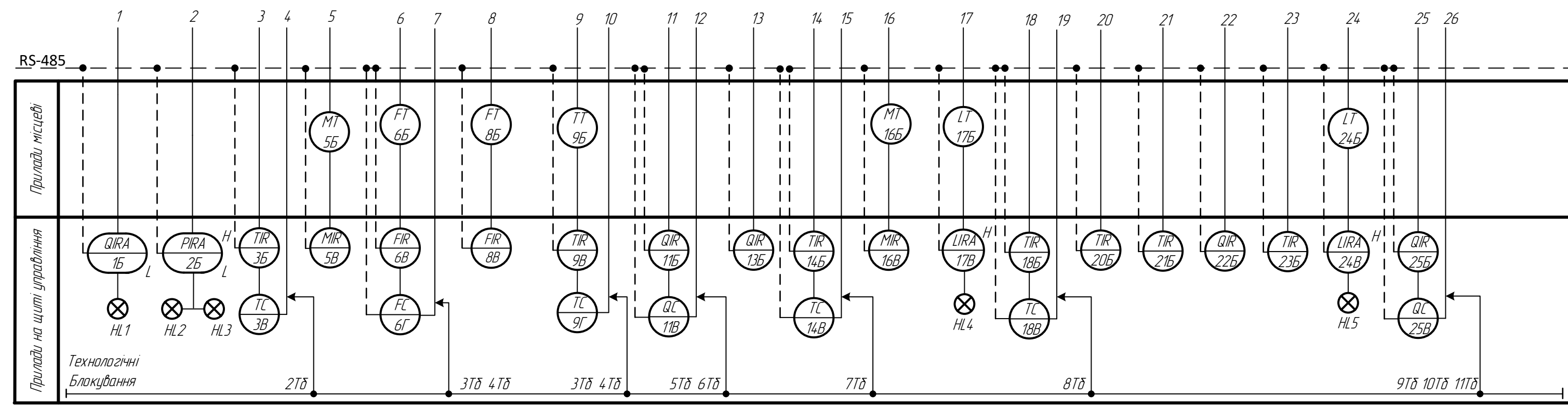
Арк.

108

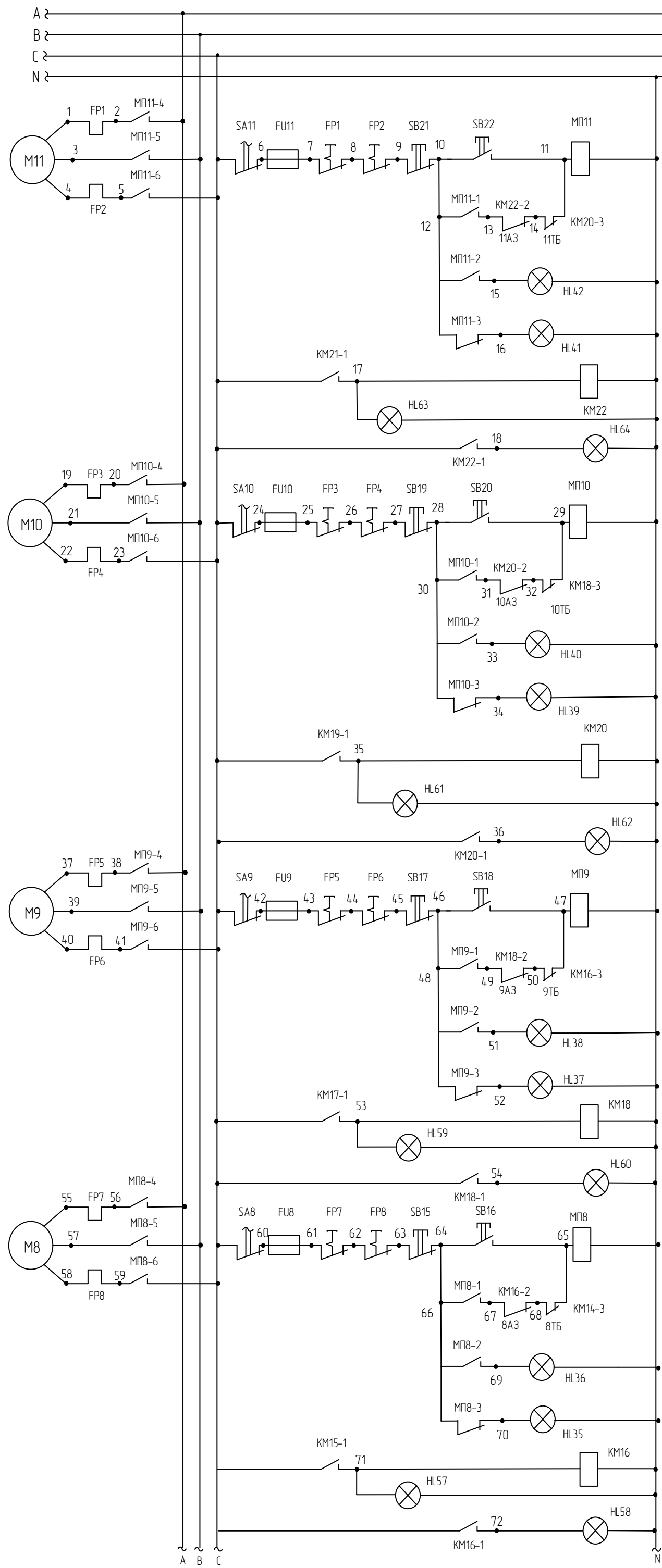
Позначення	Найменування технологічного устаткування	К-сть
1	Гідравлічний затвор	1
2	Ротарний водокольцевий компресор	1
3	Водовідільник	1
4, 11, 17	Холодильник	3
5	Сепаратор	1
6, 12	Апарат для осушки	2
7	Змишувач	1
8	Контактний апарат	1
9, 10	Скрудер	2
13	Дистляційна колона	1
14	Конденсатор	1
15	Апарат для виділення газу	1
16	Відгінна колона	1
18	Збірник хлористого внілу	1



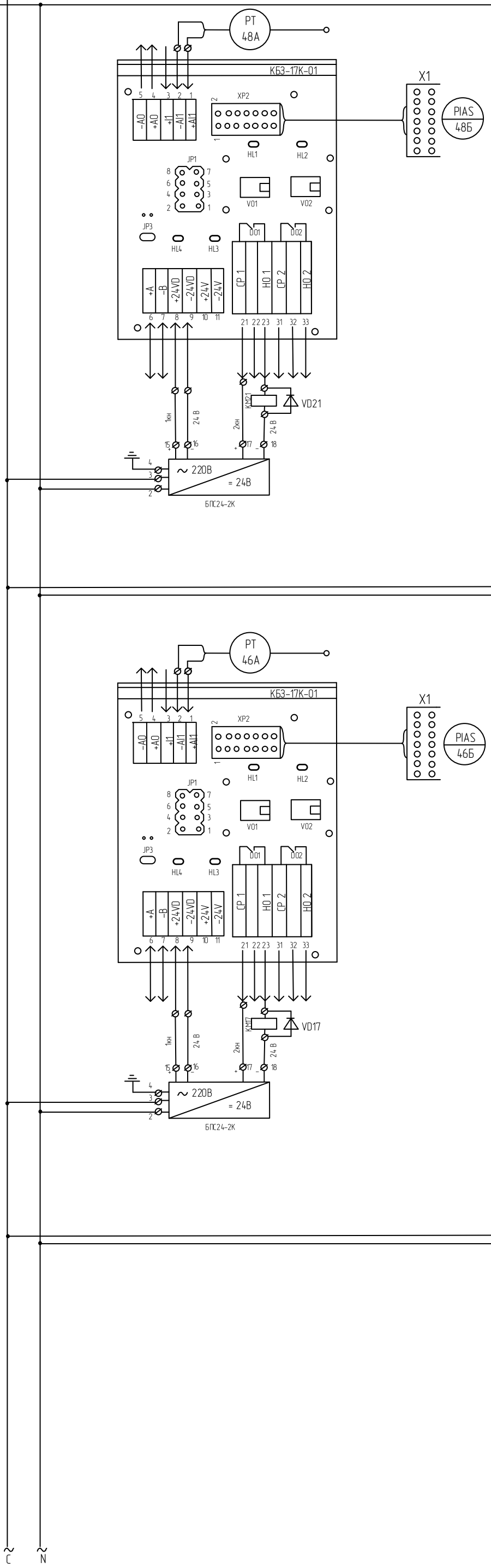
Нумерація трубопроводів
 28 – розсіл;
 29 – контактний газ;
 30 – хлористий вніл;
 31 – суміш газів;
 32 – кубова рідина



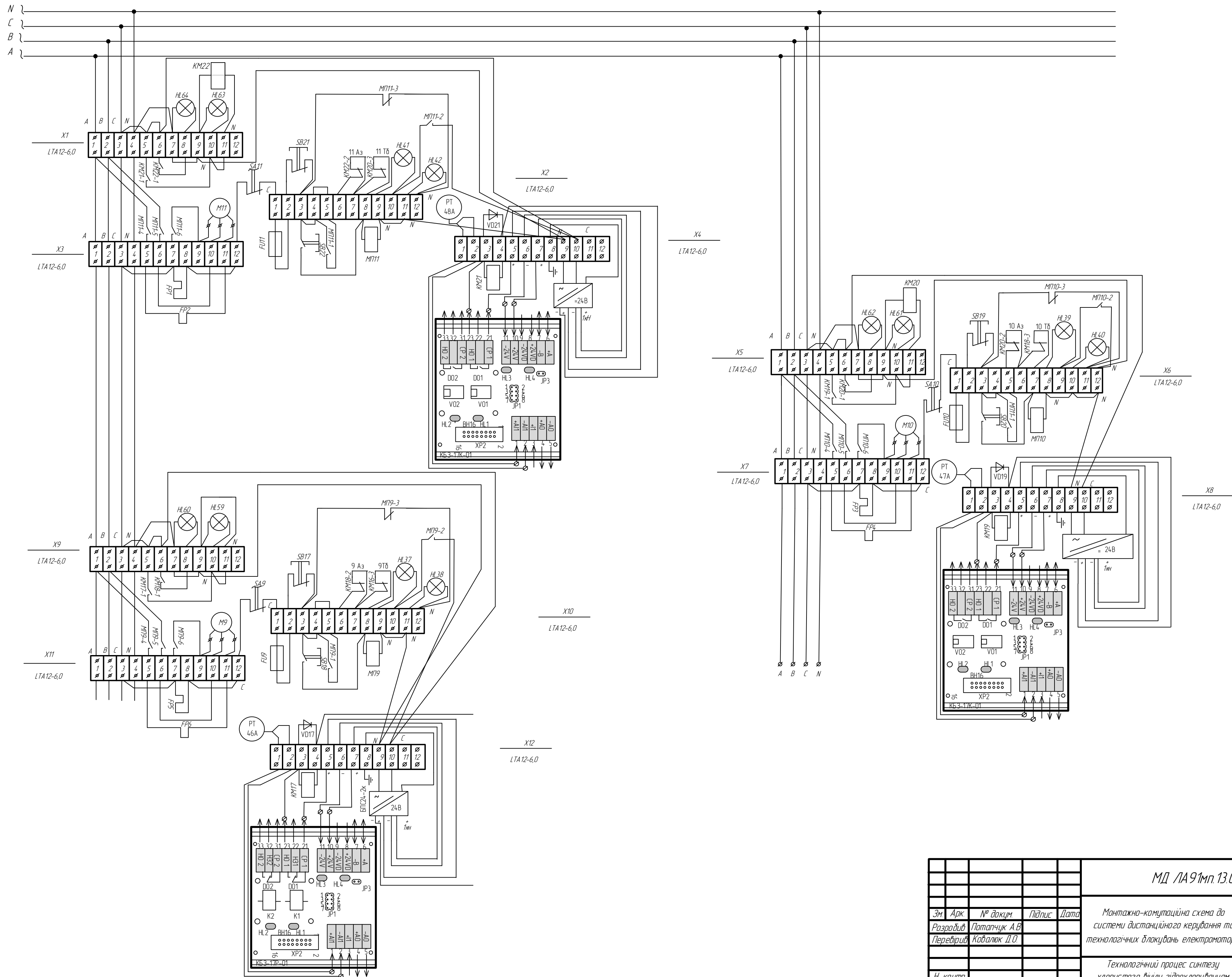
МД ЛА91м 13.01000 СхА			
Зм. Арх.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Поправив	Схема автоматизації	
Перевірив	Коваленко Д.О.	Архив	Архив
Н. контр.	Жученко О.А.	Технологічний процес синтезу хлористого внілу гідролуванням ацетилену в газодійній фазі	
Затверд.		КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ, група ЛА-91м	



Насос 11 Електроапарат М11	Вмикання та вимикання живлення електромотора
	Сигналізація про вмикання живлення
	Сигналізація про відключення живлення
	Малий тиск на виході насоса
	Сигналізація про аварію насоса Сигналізація про спрацювання аварійного захисту
Насос 10 Електроапарат М10	Вмикання та вимикання живлення електромотора
	Сигналізація про вмикання живлення
	Сигналізація про відключення живлення
	Малий тиск на виході насоса
	Сигналізація про аварію насоса Сигналізація про спрацювання аварійного захисту
Насос 9 Електроапарат М9	Вмикання та вимикання живлення електромотора
	Сигналізація про вмикання живлення
	Сигналізація про відключення живлення
	Малий тиск на виході насоса Сигналізація про аварію насоса
	Сигналізація про спрацювання аварійного захисту
Насос 8 Електроапарат М8	Вмикання та вимикання живлення електромотора
	Сигналізація про вмикання живлення
	Сигналізація про відключення живлення
	Малий тиск на виході насоса Сигналізація про аварію насоса
	Сигналізація про спрацювання аварійного захисту



МД ЛА91м.13.02.000 СхЕ								
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Принципова електрична схема дистанційного керування, аварійного захисту та технологічних блокувань електродвигунів	Літер.	Маса	Масштаб
Розробив	Попатчук А.В.					Аркш.		
Перевірив	Кабалюк Д.О.					Аркш.		
Технологічний процес синтезу хлористого внілу гідролізуванням ацетилену в газовій фазі					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ, група ЛА-91м			
Н. контр.	Затверд.	Жученко О.А.						



МД ЛА91м.13.03.000 СхМ

				Літер	Маса	Масштаб
Эм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Монтажно-комутаційна схема до системи дистанційного керування та технологічних блокувань електромоторів		
Разробив	Потайчук А.В.					
Перевірив	Ковалюк Д.О.					
				Аркцш	Аркцшв	
				Технологічний процес синтезу хлористого внілу гідрохлоридом ацетилену в газовій фазі		
Н. контр.				КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ, група ЛА-91м		
Затверд.	Жученко О.А.					