

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

Кафедра автоматизації хімічних виробництв
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ А.І.Жученко
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” _____ 2018р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва)

на тему: Автоматизація технологічного процесу виробництва сульфокислот

Виконав: студент 2 курсу, групи ЛА-з71мп _____
(шифр групи)

Чиб Михайло Володимирович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник ст. викл. Жураковський Я. Ю. _____
(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 – 2018 року

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

Інженерно-хімічний факультет

(повна назва)

Кафедра автоматизації хімічних виробництв

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.І.Жученко
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Чиб Михайлу Володимировичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Автоматизація технологічного процесу виробництва сульфокислот _____,

науковий керівник дисертації ст.викл. Жураковський Ярослав Юрійович _____,
(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 екстрактор _____

4. Вихідні дані система керування, що забезпечує задані часові показники якості процесу керування, автоматичний контроль таких параметрів: витрата прісної води, що надходить в екстрактори E1 та E2; концентрація товарного контакту на виході з екстракторів E1 та E2; а також технологічна сигналізація таких параметрів: концентрація товарного контакту на виході з екстракторів E1 та E2; тиск у трубопроводі подачі пару у теплообмінник T1;

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Виконати аналіз технологічного процесу виробництва сульфокислот та розробити схему автоматизації; розробити математичну модель екстрактора, як об'єкта керування

концентрацією сульфурованої оливи; дослідити системи керування концентрацією сульфурованої оливи на виході з екстрактора _____

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Схема автоматизації технологічного процесу; принципова електрична схема дистанційного керування і аварійного захисту та технологічного блокування електродвигунів; принципова електрична схема технологічних блокувань та технологічної сигналізації контрольованих параметрів; плакати

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації*

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

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Опис технологічного процесу	15.11.2018	
2	Розробка креслень	19.11.2018	
3	Створення нечіткої системи керування	25.11.2018	
4	Моделювання об'єкта	15.11.2018	
5	Синтез системи керування	20.11.2018	
6	Програмні засоби автоматизації	1.12.2018	
7	Розробка стартап проекту	5.12.2018	

Студент _____
(підпис)

Чеб М.В. _____
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації _____
(підпис)

Жураковський Я.Ю. _____
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

Реферат

Дипломний проект на тему "Автоматизація технологічного процесу виробництва сульфокислот" містить пояснювальну записку об'ємом у 90 сторінок, 2 листа креслень форматом А1, одне креслення формату А2 та плакатів.

Пояснювальна записка містить 25 рисунків, 7 таблиць, 1 додаток і 11 літературних джерел.

У розділах пояснювальної записки виконаний аналіз технологічного стану виробництва, запроектовано автоматичну систему керування, розроблена математична модель статичного й динамічного режимів роботи об'єкта керування. Виконано синтез дискретної системи керування. Час перехідного процесу в системі з регулятором становить 1000 с, що майже в 3 рази менше, ніж у об'єкті без регулятора.

Під час виконання дипломного проекту були використані методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та математичного моделювання.

За результатами роботи опубліковано тези на міжнародній конференції. Основні результати можуть бути використані для попередньої оцінки параметрів налаштування реальних систем керування та в якості дидактичних матеріалів курсів «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів», «Проектування систем управління», «Автоматизація хімічних виробництв» та «Теорія автоматичного керування»

Ключові слова: сульфидування, автоматизація, екстрактор, товарний контакт, технологічний процес, схема автоматизації, контроль та регулювання, сигналізація та блокування, об'єкт керування, передатна функція, перехідна характеристика, синтез регулятора, техніка безпеки.

Abstract

The project entitled "Automation of technological process of sulfonic acid production" contains an explanatory note on 90 pages, 2 sheets of A1 format drawings, one A2 drawing, and 5 posters.

The explanatory note contains 25 figures, 7 tables, 1 appendix and 11 references.

On the sections of explanatory note is given the analysis of the technological state of production, was designed automatic control system, developed a mathematical model of static and dynamic modes of the object control. Was presented the synthesis of the discrete control system. The transition process in the system with regulator is 1000 seconds, which is almost 3 times less than in the object without the regulator.

When doing graduation project used methods of automatic control theory, reliability theory and mathematical modeling.

The result of the project was published theses in the international conferences. The main results can be used to estimate the actual configuration settings and of control systems and as teaching materials exchange of Course "Identification and modeling of technological objects", "Design of Control Systems", "Automation of Chemical Productions" and "Theory of Automatic Control."

Keywords: sulfonation, automation, extractor, contact of the product, technological process, piping and instrumentation diagram, monitoring and control, alarm and lock, control object, transfer function, transient response, a synthesis of a regulator, safety at work.

Зміст

Перелік скорочень та умовних позначень	8
ВСТУП	9
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФОКИСЛОТ	10
1.1. Теоретичні основи процесу виробництва сульфокислот	10
1.2. Аналіз технологічної схеми виробництва сульфокислот, як об'єкта автоматизації	13
1.3. Аналіз фізико-хімічних основ процесу з точки зору автоматичного контролю виробництва	15
2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФОКИСЛОТ	19
2.1 Автоматизація як невід'ємна частина виробництва	19
2.2. Розробка схеми автоматизації процесу виробництва сульфокислот	19
2.2.1. Автоматичний контроль та регулювання	19
2.2.3. Сигналізація, блокування, захист	21
2.2.4. Дистанційне керування живленням електродвигунів	23
2.3. Опис принципово електричної схеми дистанційного керування і аварійного захисту та технологічного блокування електродвигунів	24
2.3.1. Принципова електрична схема дистанційного керування живленням електродвигунів.....	24
2.3.2. Система аварійного захисту електромоторів у насосів	26
2.3.3. Опис схеми схема з'єднань та підключення	28
3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСТРАКТОРА.....	30
3.1. Характеристика основного об'єкта	30
3.2. Модель статичного режиму об'єкта.....	32

3.3. Представлення екстрактора передатними функціями.....	33
4. СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	35
4.1. Розробка структурної схеми автоматичної системи.....	35
4.2. Перехідний процес в замкненій системі із ПІ-регулятором за алгоритмом Даліна	36
4.3. Перехідний процес в замкненій системі із ПІ-регулятором за алгоритмом запронованим компанією “МІКРОЛ”	37
4.4. Перехідний процес розширеного об’єкта керування	39
4.4.1. Дослідження властивостей об’єкта.....	41
4.4.2. Розрахунок аналогового регулятора	43
4.4.3. Налаштування системи керування методом Ціглера-Нікельса	47
4.4.4. Налаштування системи керування методом перехідного режиму	49
5. СТВОРЕННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	52
5.1. Обґрунтування для створення нечіткої системи керування, визначення її структури	52
5.2. Вибір та опис лінгвістичних змінних.....	52
6. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	70
6.1. За допомогою мови Auto Lisp побудова апаратів, що входять у схему автоматизації	70
6.2. Програмування навчальної програми C++	71
6.3. Створення імітаційної моделі в LabVIEW.....	74
7. СТАРТАП ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВИХ ПЛЯШОК НА ПЛИТКУ	77
ВИСНОВКИ	79
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА	80

Перелік скорочень та умовних позначень

V – об'єм, м³;

p – тиск, МПа;

S – товщина, м;

ρ – густина, кг/м³;

W – швидкість, м/с;

F – площа поверхні, м²;

Q – масові витрати, кг/с;

c – концентрація, %;

T_{11} – стала часу, с;

T_3 – стала часу задана, с;

ОК – об'єкт керування;

ДСАК – дискретна система автоматичного керування;

АСК – автоматизована система керування

ПІ-регулятор – пропорційно-інтегральний регулятор

ВСТУП

Темою даного дипломного проекту є «Автоматизація технологічного процесу виробництва сульфокислот».

Актуальність теми визначається тим, що висока миюча здатність контакту дозволяє замінювати їм алізаринове масло в текстильному виробництві: гідролітична дія контакту на крохмаль дає можливість використовувати його для приготування апретур і робить його цінним миючим засобом для миття шовку і вовни, що руйнуються лугами. Застосовується контакт і в промисловості пластмас, зокрема при виготовленні карболіту - твердого продукту конденсації фенолів з формаліном (карболіт - цінний ізоляційний матеріал, може слугувати замінником ебоніту).

Новизною даного дипломного проекту являється розробка схеми автоматизації процесу виробництва сульфокислот. Для цього в проекті застосовано нове устаткування та нові технічні засоби автоматизації, що відповідають вимогам точності та економічності. Також для оптимальної і якісної роботи системи обрані такі параметри регуляторів, які забезпечують задані показники якості системи.

Дуже важливо розробити схему автоматизації, яка б забезпечила дотримання оптимальних технологічних вимог виробництва та продукції, знизила вплив людського фактору на якість продукції та забезпечить високий рівень безпеки виробництва.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФОКИСЛОТ

1.1. Теоретичні основи процесу виробництва сульфокислот

Сульфокислоти - продукт обробки нафтових дистилатів сірчаною кислотою. У молекулі сульфокислоти є сульфо-група SO_2OH і вуглеводневий радикал, зазвичай ароматичний.

Застосування сульфокислот в народному господарстві дуже широке. Технічна суміш нафтових сульфокислот отримала назву контакт Петрова. Контакт Петрова використовується для розщеплення жирів, при обробці шкір, в текстильній промисловості в якості миючого засобу, у виробництві пластмас, присадок до мастил.

Сировиною для виробництва контакту Петрова слугують гасово-газойлеві фракції, що містять від 20 до 40% ароматичних вуглеводнів, так як саме ароматичні вуглеводні найбільш легко сульфуються з утворенням сульфокислот. Як завжди, при сульфуванні нафтопродуктів утворюється два шари: верхній - кисла олива, нижній - кислий гудрон. Високомолекулярні ароматичні сульфокислоти, які і є цільовим продуктом процесу, добре розчиняються в кислій оливі, а тоді, після поділу кислої оливи і кислого гудрону, екстрагуються з кислої оливи прісною водою.

Сульфуруючим агентом для ароматичних вуглеводнів зазвичай застосовується газоподібний сірчаний ангідрид.

Нафтові сульфокислоти отримують при обробці нафтопродуктів димлячою сірчаною кислотою. Найбільш поширені кислоти, отримані при сульфуванні легких нафтових дистилатів - гасових і дизельних.

Під час сульфування цих продуктів димлячою сірчаною кислотою або сірчанним ангідридом утворені сульфокислоти вилучають водою з сульфованих дистилатів. Водну витяжку сульфокислот випарюють глухим

паром, одночасно видаляючи масло, що зібралось зверху.

Отриманий таким чином продукт містить близько 50% сульфокислот і близько 10-15% мінеральної оливи і випускається в продаж під назвою контакту. Він представляє собою малов'язку рідину коричневого кольору, яка флуоресцює у відбитому світлі.

Цінність контакту визначається вмістом чистих сульфокислот (зазвичай не менше 50-55%) і малим вмістом сірчаної кислоти.

Залежно від сульфуючого дистиляту контакти, що випускають у продаж мають назву газойлевих або гасових. Газойлевий контакт містить більш високомолекулярні сульфокислоти.

Сульфокислоти та їх лужні солі добре розчинні у воді і мають мильний характер. Вони добре піняться, мають надзвичайно високу миючу дію і добре та міцно емульгують у воді мінеральні оливи і жири. Солі лужно-земельних металів у воді мало розчинні. Солі важких металів сульфокислот практично в воді не розчиняються. Як чисті сульфокислоти, так і контакт є дуже цінним технічним продуктом. Контакт успішно застосовують в жировій промисловості при каталітичному розщепленні жирів, чим і обумовлено його назву.

Для розщеплення 95% жирів досить 1% контакту, діючого при наявності сірчаної кислоти. Для розщеплення застосовують газойлевий контакт з розщеплювальною здатністю не менше 91% і молекулярною вагою не менше 290.

Висока миюча здатність контакту дозволяє замінювати їм алізаринове масло в текстильному виробництві: гідролітична дія контакту на крохмаль дає можливість використовувати його для приготування апретур і робить його цінним миючим засобом для миття шовку і вовни, що руйнуються лугами. Застосовується контакт і в промисловості пластмас, зокрема при виготовленні карболіту - твердого продукту конденсації фенолів з формаліном (карболіт - цінний ізоляційний матеріал, може слугувати замінником ебоніту).

Чорний контакт: сульфокислоти можуть бути вилучені і з кислого гудрону, отриманого після очищення нафтопродуктів. Виділений продукт називається

чорним контактом. Чорний контакт може замінити звичайний контакт при знежирюванні малоцінних матеріалів.

Нейтралізований і збагачений шляхом знесмолювання газойлем або соляровим маслом чорний контакт слугує деемульгатором при лужному очищенні масел і для деемульсації нафти.

Утилізація кислих гудронів. При очищенні сірчаною кислотою палевних дистилатів, дистильованої і залишкової оливи, а також при отриманні сульфокислот у вигляді відходів виробництва утворюються кислі гудрони, які складаються з продуктів реакції, вільної сірчаної кислоти і деякої кількості неомильних компонентів.

Шляхи утилізації кислих гудронів різні. Кислий гудрон, отриманий при сульфуруванні гасу, використовується для виробництва грубого миючого засобу - пасти РАС. Ця паста застосовується для миття апаратури, підлог і т. п.

При обробці кислих гудронів водою отримують два шари: нижній, що складається з сірчаної кислоти міцністю 30-75%, і верхній, який містить органічну смолисту частину. Слабка сірчана кислота застосовується у виробництві мінеральних добрив та будівельних матеріалів, правда, дуже обмежено. Залишкову смолу змішують з мазутом і спалюють.

При наявності на НПЗ сірчано-кислотного виробництва доцільно застосовувати метод термічного розщеплення кислого гудрону. У піч для спалювання сірководню на установці отримання сірчаної кислоти подається кислий гудрон з вмістом 71-85% кислоти. Органічні домішки згоряють майже повністю і не впливають на якість одержуваної сірчаної кислоти.

З кислого гудрону можна також отримувати бітуми. Процес проводиться в реакторі із пристроєм, і полягає в обробці кислого гудрону водяною парою, водою і повітрям. В результаті більш легкі олівові складові зосереджуються у верхній частині апарату, кислота осідає в нижній частині, смолисто-асфальтовані речовини - посередині. Більш легка олива видаляється випаровуванням. Залишок промивається водою і переганяється з перегрітою водяною парою до отримання

бітуму необхідної консистенції. Бітум, отриманий з кислого гудрону, в чистому вигляді не застосовується [1].

1.2. Аналіз технологічної схеми виробництва сульфокислот, як об'єкта автоматизації

Сульфокислоти виходять обробкою нафтових дистилятів олеумом, газоподібним сірчанам ангідридом або – рідким сірчанам ангідридом в суміші з сірчастим ангідридом. Сульфокислоти (наприклад, контакт Петрова) знаходять широке застосування в багатьох галузях народного господарства.

Високі миючі властивості і хороша змочувальна здатність роблять можливим їх використання в текстильній промисловості; здатність натрієвих солей не дисоціювати в слабких розчинах дозволяє застосовувати їх для обробки шкір. Сульфокислоти використовують як флотореагент в гірничорудній промисловості, при виробництві пластмас, при розщепленні жирів і т. д.

У нафтовій промисловості з сульфокислот готують миючі присадки до мастил та деемульгатори для розбивки нафтових емульсій (нейтралізований чорний контакт - НЧК).

Для приготування сульфокислот підбирають сировину, найбільш багату ароматичними вуглеводнями, так як в реакцію з сірчанам ангідридом вступають (або сульфують) в першу чергу вуглеводні цього гомологічного ряду.

Зневоднений гасовий або газойлевий дистилят, відстояний від води, насосом *H1* подають у сульфуратор *C1*. Для перемішування продукту в сульфуратори *C1* та *C2* під невисоким тиском насосом *H2* нагнітається повітря, де дистилят обробляється газо-повітряною сумішшю, що містить 7-8% газоподібного сірчаного ангідриду. У результаті реакції сульфуровування утворюються сульфокислоти, які частково розчиняються в оливі, а частково разом з побічними продуктами реакції переходять в кислий гудрон, що осідає в конусах сульфураторів. Сульфурована олива з сульфуратора *C1* самопливом

перетікає в сульфуратор *C2*. Температура процесу сульфурування 40-60 °С; тривалість сульфурування 4-6 год. З сульфуратора *C2* продукт самопливом перетікає у відстійники *B1*, *B2*, *B3*, де відбувається додаткове відділення кислого гудрону (чорного контакту).

Вихідна з відстійника *B3* олива з розчиненими в ньому сульфокислотами підігрівається до 65-70 ° С в теплообміннику типу «труба в трубі» *T1* і проходить послідовно екстрактори *E1* та *E2*, в які насосом *H3* подається прісна вода.

Сульфуровану оливу пропускають через шар води, в результаті чого містившиися в ній сульфоокислоти переходять у водний розчин (розчин контакту), який відкачується насосом *Н4*, а позбавлена сульфоокислот олива з другого екстрактора частково подається знову на сульфуровання, а частково ж надходить в мішалку *ПІ* для нейтралізації розчином лугу. Виділившиися при цьому натрієві солі сульфоокислот з мішалки *ПІ* відводяться на установку з виробництва деемульгатора НЧК, а нейтралізована олива насосом *Н5* відкачується в ємність.

Технологічна схема безперервного процесу сульфуровування зображена на рис. 1.1.

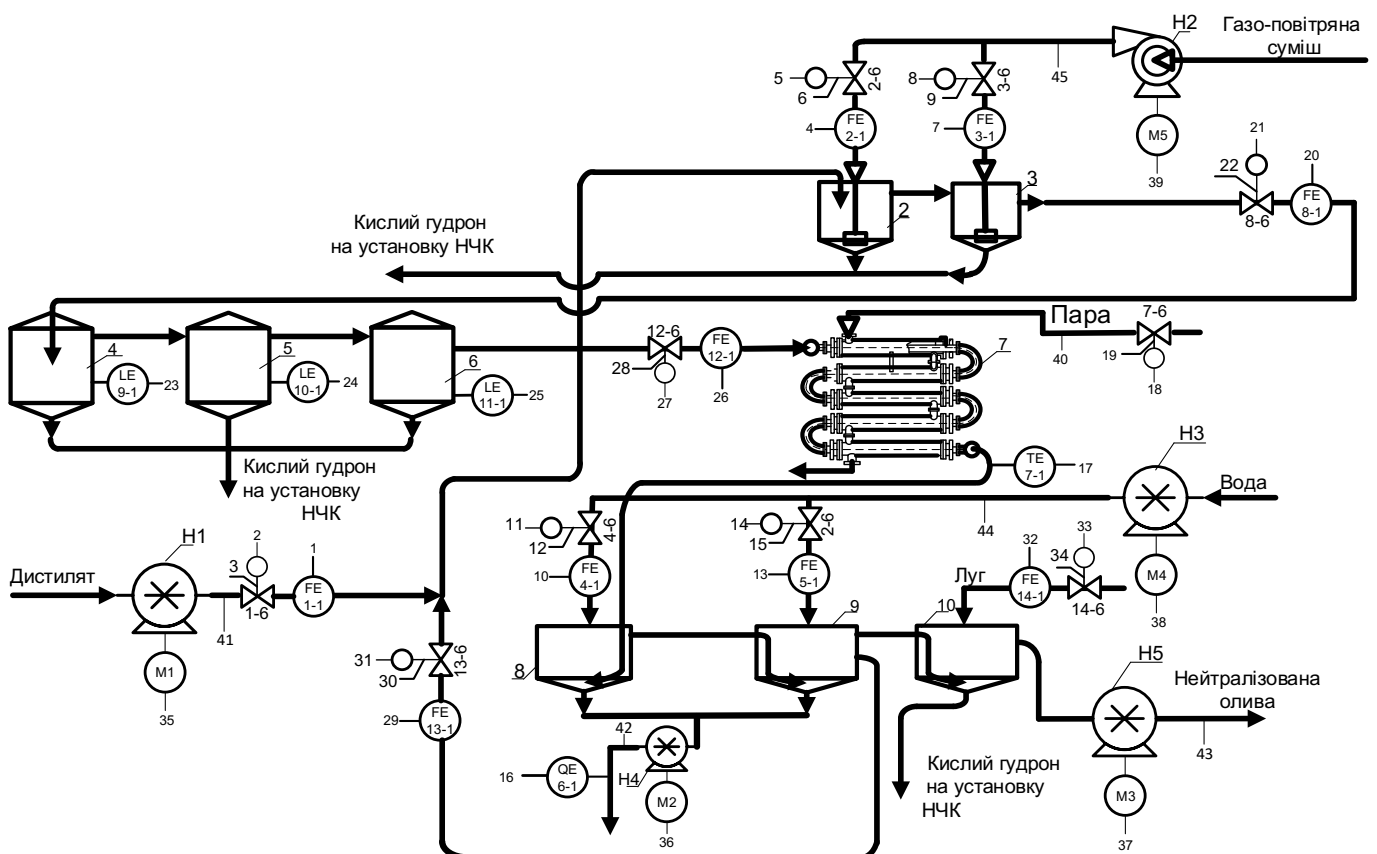


Рисунок 1.1. Технологічна схема виробництва сульфокислот

H1, H2, H3, H4, H5 – насоси; *C1, C2* – сульфуратори; *B1, B2, B3* – відстійники; *T1* – теплообмінник типу “труба у трубі”; *E1, E2* – екстрактори; *III* – мішалка

Основна апаратура при отриманні сульфокислот - мішалки і відстійники з конічними днищами. Для захисту апаратури від корозії застосовуються неметалеві захисні покриття: діабазова плитка, фаоліт.

При сульфуванні нафтових фракцій, як вказувалося вище, поряд з високомолекулярними сульфокислотами, розчинними в нафтопродукті і даючими після екстрагування контакт, виходять також більш низькомолекулярні сульфокислоти, що розчиняються в сірчаній кислоті і, що переходя в кислий гудрон.

Кислий гудрон, отриманий при сульфуванні нафтопродуктів, називається чорним контактом; він містить близько 70% сульфокислот, 20% вільної сірчаної кислоти і близько 10% неоміляючих компонентів. Чорний контакт використовується в основному для виробництва деємульгатора НЧК, для чого кислий гудрон звільняється від надлишку сірчаної кислоти шляхом промивання його водою і нейтралізації вапняним молоком, аміаком або їдким натром. Отриманий деємульгатор містить 25% солей сульфокислот і застосовується для розбивки нафтових емульсій. Найбільш ефективним деємульгатором вважається кальцієвий, менш ефективним - аміачний і натрієвий.

Кислий гудрон, отриманий при сульфуванні гасу, використовується для вироблення миючого засобу ДС-РАС, що застосовується для миття апаратури, дерев'яних і кахельних підлог, прання грубих тканин та ін [2].

1.3. Аналіз фізико-хімічних основ процесу з точки зору автоматичного контролю виробництва

На підставі здійсненого аналізу особливостей технологічного процесу виробництва сульфокислот слід передбачити автоматичний контроль таких параметрів [3]:

- витрату дистилляту, що надходить у сульфуратори *C1* та *C2*;
- витрату газо-повітряної суміші, що надходить у сульфуратори *C1* та *C2*;
- витрату прісної води, що надходить в екстрактори *E1* та *E2*;
- концентрацію товарного контакту на виході з екстракторів *E1* та *E2*;
- температуру сульфурованої оливи на виході з теплообмінника *T1*;
- витрату сульфурованої оливи на виході із сульфуратора *C2*;
- рівень сульфурованої оливи у відстійниках *B1*, *B2*, *B3*;
- витрату сульфурованої оливи на виході із відстійника *B3*;
- витрату сульфурованої оливи на виході із екстрактора *E2*, яка подається на повторне сульфуровування у сульфуратор *C1*;
- витрату луку, що надходить у мішалку *M1*;
- тиск у трубопроводі подачі пару у теплообмінник *T1*;
- тиск, що вимірюється після насосу *H1*, *H2*, *H3*, *H4*, *H5*;

А також технологічну сигналізацію таких параметрів:

- концентрацію товарного контакту на виході з екстракторів *E1* та *E2*;
- тиск у трубопроводі подачі пару у теплообмінник *T1*;
- тиск, що вимірюється після насосу *H1*, *H2*, *H3*, *H4*, *H5*;
- рівень сульфурованої оливи у відстійниках *B1*, *B2*, *B3*;

Параметри контролю та сигналізації наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Параметри контролю виробництва

№ Конт.	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми техноло- гічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
------------	---	--	--	--

1	2	3	4	5
1.	Трубопровід після насосу <i>H1</i>	Витрата	—	Контроль, регулювання
2.	Трубопровід після насосу <i>H2</i>	Витрата	—	Контроль, регулювання
3.	Трубопровід після насосу <i>H3</i>	Витрата	—	Контроль, регулювання
4.	Трубопровід на виході з екстракторів <i>E1</i> та <i>E2</i>	Концентрація	—	Контроль, сигналізація

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4	5
5.	Трубопровід після теплообмінника <i>T1</i>	Температура	—	Контроль
6.	Трубопровід після сульфуратора <i>C2</i>	Витрата	—	Контроль, регулювання
7.	Відстійник <i>B1</i>	Рівень	—	Контроль, регулювання, сигналізація
8.	Відстійник <i>B2</i>	Рівень	—	Контроль, сигналізація
9.	Відстійник <i>B3</i>	Рівень	—	Контроль, сигналізація
10.	Трубопровід після відстійника <i>B3</i>	Витрата	—	Контроль, регулювання
11.	Трубопровід на виході з екстрактора <i>E2</i>	Витрата	—	Контроль, регулювання
12.	Трубопровід на вході у мішалку <i>M1</i>	Витрата	—	Контроль, регулювання
13.	Трубопровід подачі пару у теплообмінник <i>T1</i>	Тиск	—	Контроль, сигналізація

14.	Трубопровід після насосу <i>H1</i>	Тиск	—	Контроль, сигналізація
15.	Трубопровід після насосу <i>H2</i>	Тиск	—	Контроль, сигналізація
16.	Трубопровід після насосу <i>H3</i>	Тиск	—	Контроль, сигналізація
17.	Трубопровід після насосу <i>H4</i>	Тиск	—	Контроль, сигналізація
18.	Трубопровід після насосу <i>H5</i>	Тиск	—	Контроль, сигналізація

2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФОКИСЛОТ

2.1 Автоматизація як невід’ємна частина виробництва

Автоматизація виробничих процесів - один з найважливіших напрямків технічного прогресу всіх галузей народного господарства нашої країни. У цей час засоби автоматики широко використовуються в різних сферах діяльності людини.

Автоматизацією називається галузь науки й техніки, що охоплює теорію й принципи побудови систем керування, а також сукупність технічних засобів для їхньої реалізації. Під автоматизацією мається на увазі комплекс організаційно-технічних заходів, що приводить до зменшення або повного виключення участі людини в здійсненні виробничого процесу.

2.2. Розробка схеми автоматизації процесу виробництва сульфокислот

2.2.1. Автоматичний контроль та регулювання

Для технологічного процесу виробництва ректифікації алкілату, розроблена схема автоматизації – дивись схему № *ЛА371МП.22.ДП.00.001 СхФ*.

Контроль та регулювання витрати дистилляту на вході у сульфуратор *С1*. Позиція *1А* – електромагнітний витратомір. Позиція *1Б* – блок передачі сигналу на відстань. Позиція *1В* – мікропроцесорний регулятор. Позиція *1Г* – блок ручного управління. Позиція *1Д* – електро-пневматичний перетворювач. Позиція *1Е* – пневматичний регулювальний клапан. Позиція *1Ж* – датчик положення клапану.

Контроль та регулювання витрати газо-повітряної суміші на вході у сульфуратор *С1* та *С2*. Позиція *2А*, *3А* – електромагнітний витратомір. Позиція

2Б, 3Б – блок передачі сигналу на відстань. Позиція 2В, 3В – мікропроцесорний регулятор. Позиція 2Г, 3Г – блок ручного управління. Позиція 2Д, 3Д – електро-пневматичний перетворювач. Позиція 2Е, 3Е – пневматичний регулювальний клапан. Позиція 2Ж, 3Ж – датчик положення клапану.

Контроль та регулювання витрати прісної води на вході в екстрактори Е1 та Е2. Позиція 4А, 5А – електромагнітний витратомір. Позиція 4Б, 5Б – блок передачі сигналу на відстань. Позиція 4В, 5В – мікропроцесорний регулятор. Позиція 4Г – блок ручного управління. Позиція 4Д – електро-пневматичний перетворювач. Позиція 4Е – пневматичний регулювальний клапан. Позиція 4Ж – датчик положення клапану.

Контроль та сигналізація якості товарного контакту (чорного контакту) на виході з екстракторів Е1 та Е2. Позиція 6А – вимірювач-перетворювач ПП-10-1. Позиція 6Б – блок нормування сигналу перетворювачем ПП-10-1. Позиція 6В – мікропроцесорний регулятор ПП-10-2. Позиція 6Г – блок ручного управління. Позиція 6Д – електро-пневматичний перетворювач. Позиція 6Е – пневматичний регулювальний клапан. Позиція 6Ж – датчик положення клапану.

Контроль та регулювання температури сульфурованої оливи на виході з теплообмінника типу “труба у трубі” Т1. Позиція 7А – термоперетворювач опору. Позиція 7Б – нормувальний перетворювач. Позиція 7В – мікропроцесорний регулятор. Позиція 7Г – блок ручного управління. Позиція 7Д – регулювальний клапан. Позиція 7Е – датчик положення клапану.

Контроль та регулювання витрати сульфурованої оливи на виході з сульфуратора С2. Позиція 8А – електромагнітний витратомір. Позиція 8Б – блок передачі сигналу на відстань. Позиція 8В – мікропроцесорний регулятор. Позиція 8Г – блок ручного управління. Позиція 8Д – регулювальний клапан. Позиція 8Е – датчик положення клапану.

Контроль та регулювання рівня сульфурованої оливи у відстійнику В1. Позиція 9А – рівнемір радарний. Позиція 9Б – автоматичний показувальний

реєструвальний ДИСК 250М. Позиція 9В – мікропроцесорний регулятор із сигналізацією.

Контроль та регулювання рівня сульфурованої оливи у відстійнику В2. Позиція 10А – рівнемір радарний. Позиція 10Б – автоматичний показувальний реєструвальний ДИСК 250М. Позиція 10В – мікропроцесорний регулятор із сигналізацією.

Контроль та регулювання рівня сульфурованої оливи у відстійнику В3. Позиція 11А – рівнемір радарний. Позиція 11Б – автоматичний показувальний реєструвальний ДИСК 250М. Позиція 11В – мікропроцесорний регулятор із сигналізацією.

Контроль та регулювання витрати сульфурованої оливи на виході з відстійника В3. Позиція 12А – електромагнітний витратомір. Позиція 12Б – блок передачі сигналу на відстань. Позиція 12В – мікропроцесорний регулятор. Позиція 12Г – блок ручного управління. Позиція 12Д – регулювальний клапан. Позиція 12Е – датчик положення клапану.

Контроль та регулювання витрати сульфурованої оливи на виході із екстрактора Е2, яка подається на повторне сульфурування у сульфуратор С1. Позиція 13А – електромагнітний витратомір. Позиція 13Б – блок передачі сигналу на відстань. Позиція 13В – мікропроцесорний регулятор. Позиція 13Г – блок ручного управління. Позиція 13Д – регулювальний клапан. Позиція 13Е – датчик положення клапану.

Контроль та регулювання витрати луку на вході у мішалку М1. Позиція 14А – електромагнітний витратомір. Позиція 14Б – блок передачі сигналу на відстань. Позиція 14В – мікропроцесорний регулятор. Позиція 14Г – блок ручного управління. Позиція 14Д – регулювальний клапан. Позиція 14Е – датчик положення клапану [4].

2.2.3. Сигналізація, блокування, захист

Сигналізація, блокування і захист являються надзвичайно важливими елементами а схемі автоматизації, адже захищають обладнання від поломок внаслідок збоїв у процесі виробництва продукції, а також повідомляють оператору про відхилення від технологічного регламенту параметрів, які впливають на якість продукції, що випускається, тому цим системам (сигналізації, блокування і захисту) варто приділити значну увагу.

У схемі автоматизації реалізовано такі контури сигналізації:

- Роботи і зупинки електричних двигунів *M1* (поз.35), *M2* (поз. 36), *M3* (поз. 37), *M4*(поз. 38), *M5* (поз. 39), що мають сигнальні лампочки *HL3-HL12*, одна з яких (зеленого кольору) сигналізує про роботу двигуна, а інша (червоного кольору) про його зупинку;

- Сигналізацію верхньої та нижньої межі якості *pH* товарного контакту на виході з екстракторів *E1*, *E2*, сигналізацію рівня сульфурованої оливи у відстійнику *B1*, сигналізацію тиску у трубопроводі подачі пару у теплообмінник типу труба у трубі *T1* (*HL1*, *HL2*, *HL13*, *HL14*)

Система блокувань у процесі реалізована для того, щоб зупинити процес в разі поломки якогось обладнання, для того, щоб забезпечити вихід якісного продукту і подальшу дієздатність технологічного обладнання. В схемі блокування реалізовано таким чином:

- Після кожного насосу встановлено вимірювач тиску, якщо значення тиску занадто низьке, це може свідчити про зупинку, в такому випадку спрацьовують технологічні блокування, які зупиняють електродвигуни, що приводять в дію ці насоси. Це технологічні блокування *1Tб*, *2Tб*, *3Tб*, *4Tб*, *5Tб* для моторів *M1*, *M2*, *M3*, *M4*, *M5* відповідно.

Захист реалізовано для того, щоб запобігти поломці обладнання внаслідок збоїв у роботі. Електричний захист реалізований таким чином:

- Для кожного електродвигуна насосу реалізовано аварійний захист, який спрацьовує, коли тиск після насосу падає, що дозволяє зберегти робочим обладнання. Це механічний захист у вигляді шпонки і електричний, що реалізується впливом на магнітний пускач двигуна.

2.2.4. Дистанційне керування живленням електродвигунів

Вмикання живлення електромотора *M1* відцентрового насосу на трубопроводі подачі дистилляту виконується при допомозі нормально розімкнутого контакту кнопки «ПУСК» (поз. *SB2*). При натисканні даної кнопки подається струм на електромагніт магнітного пускача *KM1* і виникає замикання контактів пускача, через які подається силове живлення на електромотор *M1*. Також при натисканні кнопки *SB2* вмикається сигнальна лампочка *HL4* зеленого кольору, яка вказує на подачу живлення до електромотора *M1*.

Вимикання живлення електромотора *M1* виконується при допомозі нормально замкнутого контакту кнопки «СТОП» (поз. *SB1*). При натисканні даної кнопки роз'єднується ланцюг для струму на електромагніт магнітного пускача *KM1* і виникає розмикання контактів пускача, через які подавалось силове живлення на електромотор *M1*. Також при натисканні кнопки *SB1* вмикається сигнальна лампочка *HL3* червоного кольору, яка вказує на виключення живлення електромотора *M1*.

Кнопка *SB3* має назву «СТОП», а *SB4* має назву «ПУСК» і вони при допомозі магнітного пускача *KM2* забезпечують вимикання та вмикання живлення електромотора *M2*.

Вмикання живлення електромотора *M3* відцентрового насосу на трубопроводі потоку нейтралізованої оливи виконується при допомозі нормально розімкнутого контакту кнопки «ПУСК» (поз. *SB6*). При натисканні даної кнопки подається струм на електромагніт магнітного пускача *KM3* і

виникає замикання контактів пускача, через які подається силове живлення на електромотор *M3*. Також при натисканні кнопки *SB6* вмикається сигнальна лампочка *HL8* зеленого кольору, яка вказує на подачу живлення до електромотора *M3*.

Вимикання живлення електромотора *M3* виконується при допомозі нормально замкненого контакту кнопки «СТОП» (поз. *SB5*). При натисканні даної кнопки роз'єднується ланцюг для струму на електромагніт магнітного пускача *KM3* і виникає розмикання контактів пускача, через які подавалось силове живлення на електромотор *M3*. Також при натисканні кнопки *SB5* вмикається сигнальна лампочка *HL7* червоного кольору, яка вказує на вимкнення живлення електромотора *M3*.

Для решти електромоторів вмикання та вимикання живлення відбувається аналогічно до *M1*, *M3*.

У контурах для дистанційного керування електромоторами *M1*, *M2*, *M3*, *M4* та *M5* використовуються вимикачі *SA1*, *SA2*, *SA3*, *SA4* та *SA5* при допомозі, яких відключаються від живлення відповідно магнітні пускачі *KM1*, *KM2*, *KM3*, *KM4* та *KM5* для проведення ремонтних робіт з електромоторами або з насосами чи змішувачем.

2.3. Опис принципово електричної схеми дистанційного керування і аварійного захисту та технологічного блокування електродвигунів

2.3.1. Принципова електрична схема дистанційного керування живленням електродвигунів

Для функціональної схеми *ЛАЗ71МП.22.ДП.00.001 СхФ* розроблена принципова електрична схема дистанційного керування вмиканням та вимиканням живлення електромоторів з автоматичними вимикачами струму, позначеними, а також плавкими запобіжниками позначеними.

Вмикання живлення електромотора *M5* відцентрового насосу згідно схеми ЛАЗ71МП.22.ДП.00.002 СхЕ на трубопроводі подачі газо-повітряної суміші виконується при допомозі нормально розімкнутого контакту кнопки «ПУСК» (поз. *SB10*). При натисканні даної кнопки подається струм на електромагніт магнітного пускача *KM5*, який спрацьовує і у результаті цього у пускача виникає замикання контактів *KM5.4*, *KM5.5*, та *KM5.6*, через які подається струм трьохфазного живлення на електромотор *M5*.

Також при натисканні кнопки *SB10* одночасно замикається контакт *KM5.1*, а контакт *KM5.2* розмикається, що викликає відключення сигнальної лампочки *HL11* та одночасно за допомогою контакту *KM5.3* вмикається сигнальна лампочка *HL12* зеленого кольору, яка вказує на подачу живлення до електромотора *M5*. Після відпускання кнопки *SB10* струм до магнітного пускача *KM5* подається через замкнений контакт *KM5.2*, який підключається паралельно з кнопкою *SB10*. Контакти *KM5.1* та *KM5.3* у конструкції магнітного пускача *KM5* є нормально розімкнутими контактами.

Також на схемі ЛАЗ71МП.22.ДП.00.002 СхЕ показано контакт *KM5.2*, який у конструкції магнітного пускача *KM5* є нормально замкненим контактом. Зображення контактів *KM5.1*, *KM5.3* та *KM5.2* показані на схемі у відповідності з правилом № 1 з побудування принципової електричної схеми, вказаним вище по тексту.

У принциповій електричній схемі ЛАЗ71МП.22.ДП.00.002 СхЕ контакти *KM5.1* та *KM5.3*, а також *KM5.4*, *KM5.5* та *KM5.6* одночасно замикаються у момент натискання кнопки *SB10* і далі залишаються замкненими після відпускання кнопки *SB10*. Контакти *KM5.2* та *KM5.3* одночасно розмикаються у момент натискання кнопки *SB10* і далі залишаються розімкненими після відпускання кнопки *SB10*.

Вимикання живлення електромотора *M5* виконується при допомозі нормально замкненого контакту кнопки «СТОП» (поз. *SB9*). При натисканні даної кнопки роз'єднується ланцюг через контакт *KM5.1* для струму на

електромагніт магнітного пускача *KM5*, що викликає його відключення і одночасно розмикання контактів магнітного пускача *KM5.4*, *KM5.5*, та *KM5.6*, через які передбачається подавання трьохфазного живлення до електромотора *M1*. Одночасно з цим розмикається і контакт *KM5.1*, який підключено паралельно з кнопкою *SB10* і також розмикається контакт *KM5.3*, що у результаті буде відключати струм на сигнальну лампочку *HL12*. При натисканні і відпусканні кнопки *SB9* також буде замикатися контакт *KM5.2* і вмикатися сигнальна лампочка *HL11* червоного кольору, яка буде вказувати на відключення живлення електромотора *M5*.

Для електродвигунів *M1*, *M2*, *M3* та *M4* принципово електричні схеми розроблені аналогічно до *M5*.

2.3.2. Система аварійного захисту електромоторів у насосів

Для розуміння створюваних принципових схем у подальшому по тексті спочатку сформулюємо постановку таких задач для аварійного захисту:

- 1). Необхідно розробити функціональну схему до системи аварійного захисту електромоторів *M1*, *M2*, *M3*, *M4* та *M5* у насосів хімічного реактора.
- 2). Згідно створеної функціональної схеми системи аварійного захисту електромоторів потрібно розробити принципову електричну схему до системи аварійного захисту електромоторів *M1*, *M2*, *M3*, *M4* та *M5*.

Для збереження робочого стану електромотора при аварійній зупинці відцентрового насосу повинна існувати і спрацьовувати система автоматичного аварійного захисту за рахунок швидкого вимикання живлення [5].

Система аварійного захисту електромотора повинна автоматично визначати аварійну зупинку насосу і вимикати живлення, тобто впливати на ланцюг живлення електромагніту відповідного магнітного пускача електромотору.

При падінні тиску у вихідному трубопроводі насосу повинна реагувати і спрацьовувати принципова електрична схема системи аварійного захисту електромотора.

Принципова електрична схема системи автоматичного аварійного захисту електромотора може спрацьовувати за рахунок контролю тиску у трубопроводі на виході насосу та за рахунок налаштування блоку сигналізації у приладу, який вимірює, показує тиск і формує дискретний сигнал для відключення ланцюга живлення відповідного магнітного пускача електромотора.

Пристрій *PT* (поз.20А) вимірює (контролює) тиск у трубопроводі на виході відцентрового насосу і формує вихідний струмовий сигнал (4...20 mA) який подається на вхід приладу *PIAS*(поз. 20Б). У якості приладу (поз. 20Б) будемо розглядати використання мікропроцесорного технологічного індикатора ІТМ-11 МІКРОЛ. Цей прилад буде показувати значення робочого тиску на виході насосу, а блок сигналізації приладу сигналізувати падіння значення тиску і одночасно формувати дискретний сигнал у 24V постійного струму для електромагнітного реле (поз. *K13*). Через контакт реле *K13.1* буде вмикатися живлення сигнальної лампочки *HL23*, яка буде вказувати, що виникла аварія насосу. Другий контакт реле *K13.2* буде використовуватися для подачі живлення 220V змінного струму на електромагнітне реле *K14* і на контакт *K14.1* через який буде вмикатися живлення для сигнальної лампочки *HL24*, яка буде вказувати про спрацьовування системи аварійного захисту електромотора і виконання функції по аварійному захисту 5Аз. Функція по аварійному захисту 5Аз буде виконуватися за допомогою нормально замкненого контакту *K14.2*, який потрібно послідовно підключити до контакту *KM5.1*. Контакт *K14.2* буде відключати живлення електромагніту магнітного пускача *KM5* за допомогою розмикання ланцюга живлення. При відключенні живлення електромагніту магнітного пускача *KM5* контакти магнітного пускача *KM5.4*, *KM5.5* та *KM5.6* відповідно стануть розімкнутими, тобто електромотор *M5* зупиниться.

Принципова електрична схема *ЛА371МП.22.ДП.00.002 СхЕ* розроблена з урахуванням, що в якості приладу *PLAS*(поз. *1Б*) буде використовуватись мікропроцесорний прилад ІТМ-11 МІКРОЛ, який має плату клемно-блочних з'єднань *КБЗ-17-К01* МІКРОЛ до якої за допомогою шлейфу підключається корпус приладу з дисплеями та центральним мікропроцесором. До плати *КБЗ-17-К01* подається живлення 24 V постійного струму від двоканального блока живлення *БПС24-2К* МІКРОЛ. При аварійній зупинці відцентрового насосу блок сигналізації приладу ІТМ-11 буде визначати, що знизився тиск на виході насосу і формувати для системи аварійного захисту електромотора *М5* дискретний струмовий сигнал за допомогою електронного реле *VO1* та контакту *DO1*, розташованих на платі *КБЗ-17-К01*. При спрацьовуванні реле *VO1* та контакту *DO1* буде спрацьовувати електромагнітне реле *K13* і контакт *K13.1* підключить струм від лінії живлення 220 V до ланцюгу живлення електромагнітного реле *K14* і в результаті цього спрацює контакт *K12.2* (розімкнеться), який таким чином виконає функцію аварійного захисту *5Аз*, тобто автоматично відключить ланцюг живлення магнітного пускача *КМ5*.

Аналогічним чином можна розроблено принципову електричну схему системи аварійного захисту для електромоторів *М1*, *М2*, *М3* та *М4* на основі іншого мікропроцесорного приладу ІТМ-11 МІКРОЛ.

2.3.3. Опис схеми схема з'єднань та підключення

Схема з'єднання зовнішніх проводок – це комбінована схема, на якій зображені електричні та трубні зв'язки між приладами та засобами автоматизації, встановлених на технологічному обладнанні, поза щитами та на щитах, а також підключення проводок до приладів та щитів.

На кресленні *ЛА371мп.08.ДП.00.007 С3* зображена схема з'єднання зовнішніх проводок. Дана схема розроблена за вимогами ГОСТ 2.702-75, ГОСТ 2.709-89, ГОСТ 2.710-81 та ГОСТ 2.721-74.

У верхній частині знаходиться таблиця із найменуванням параметру та місцем відбору імпульсу, а також позиція приладу, згідно специфікації на прилади і засоби автоматизації, у нижній частині – аналогічна таблиця для виконавчого механізму. Далі зображені первинні прилади (вимірювачі тиску, витрати та температури), виконавчий механізм та кабелі, що з'єднують їх із щитом керування.

Термометри опору підключені к кабелям типу КВВГ4*1,0 з одним резервним провідником, довжини кабелів розраховані відповідно до плану розташування обладнання. Підключення до щита відбувається опосередковано через клемну колодку КСК-8.

3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСТРАКТОРА

3.1. Характеристика основного об'єкта

Об'єктом моделювання обираємо екстрактор, який на схемі знаходиться під номером *E2* і розглядаємо канал керування концентрацією товарного контакту (чорного контакту).

Об'єктом керування (ОК) є екстрактор. Він змішує сульфуровану оливу з обіговою водою (ОВ) для отримання водного розчину (розчину товарного контакту) – маси низької концентрації (МНК).

Схематична конструкція екстрактора наведена на рисунку 3.1.

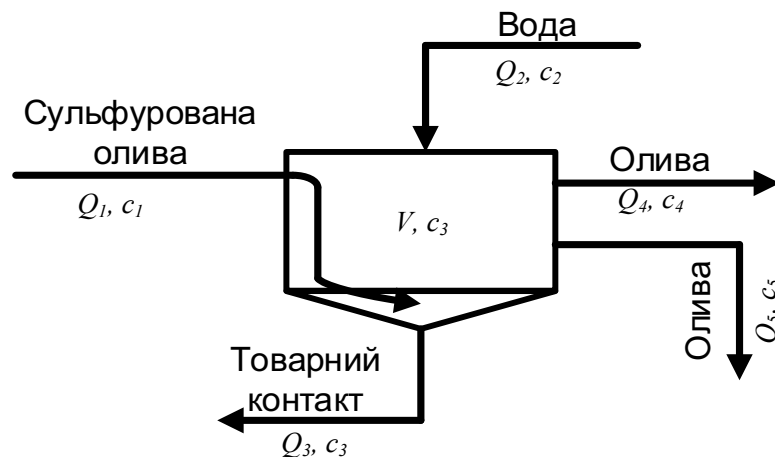


Рис. 3.1 – Схематична конструкція екстрактора

Рівняння матеріального балансу екстрактора *E2* має вигляд:

$$V \frac{dc_3}{dt} + Q_3 c_3 = Q_1 c_1 + Q_2 c_2, \quad (3.1)$$

де V – об'єм екстрактора;

Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 і Q_5 – витрати сульфокислот в сульфурованій оливі, прісної води, товарного контакту та оливи;

c_1, c_2, c_3, c_4 і c_5 – концентрація сульфокислот в сульфурованій оливі, прісної води, товарного контакту та оливи.

Оскільки олива є проміжним носієм, то Q_4, Q_5 та c_4, c_5 в рівняння матеріального балансу за концентрацією сульфокислот не входять.

Диференціальне рівняння (3.1) можна подати і так:

$$\frac{V}{Q_3} \cdot \frac{dc_3}{dt} + c_3 = \frac{c_2}{Q_3} Q_2 + \frac{c_1}{Q_3} Q_1$$

або

$$T_{11} \frac{dy}{dt} + y(t) = k_{11}u(t) + k_{12}f(t), \quad (3.2)$$

де $T_{11} = \frac{V}{Q_3}$ – стала часу екстрактора, с;

$k_{11} = \frac{c_2}{Q_3}$ – коефіцієнт підсилення каналу керування 11, $\frac{\%}{\text{м}^3 / \text{с}}$;

$k_{12} = \frac{c_1}{Q_3}$ – коефіцієнт підсилення каналу збурення 12, $\frac{\%}{\text{м}^3 / \text{с}}$;

$y = c_3$ – вихідна змінна екстрактора;

$U = Q_2$ – керувальна дія;

$f = c_1$ – збурювальна дія.

Оскільки транспортного запізнювання в об'єкті немає, то $\tau = 0$, а диференціальне рівняння (3.2) необхідно записати так:

$$T_{11} \frac{dy}{dt} + y(t) = k_{11}[(U(t - \tau))] + k_{12}f(t). \quad (3.3)$$

3.2. Модель статичного режиму об'єкта

Таблиця 3. 1 Основні режимні параметри об'єкта керування

Позначення та одиниці вимірювання	Значення	Опис
$V, \text{м}^3$	500	Об'єм екстрактора
$Q_1, \text{м}^3/\text{с}$	0,3	Витрата сульфурованої оливи на вході
$Q_2, \text{м}^3/\text{с}$	0,1	Витрата води на вході
$c_1, \%$	0,85	Концентрація сульфокислот в сульфурованій оливі
$c_2, \%$	0,05	Концентрація води
$c_3, \%$	0,55	Концентрація сульфокислот в товарному контакті

Витрата товарного контакту:

$$Q_3 = (Q_1 \cdot c_1 + Q_2 \cdot c_2) / c_3$$

Концентрація товарного контакту:

$$c_3(Q_2) = (Q_1 \cdot c_1 + Q_2 \cdot c_2) / Q_3$$

На рисунку 3.2 зображена статична характеристика об'єкта за каналом керування.

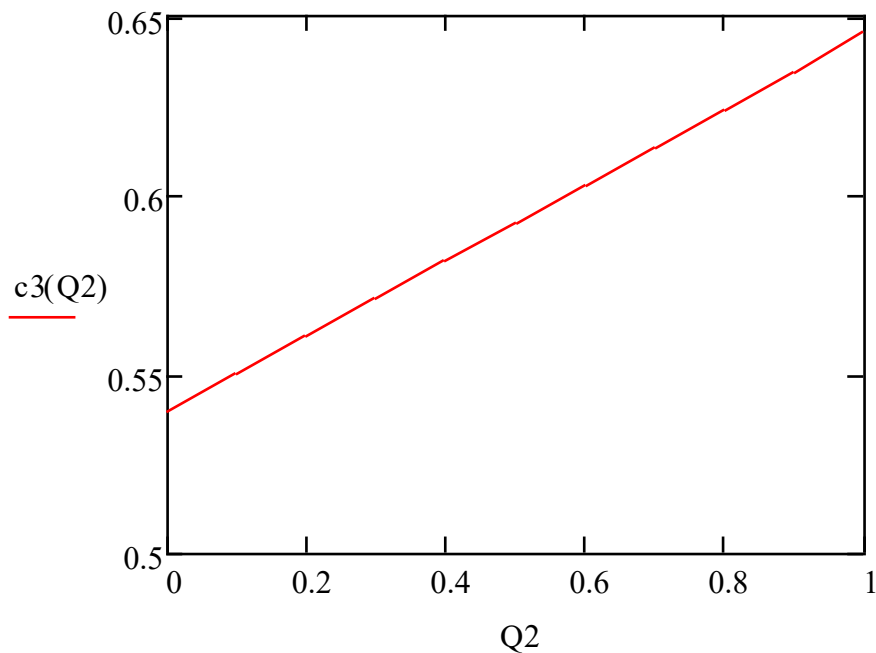


Рисунок 3.2 – Статична характеристика об'єкта за каналом керування

3.3. Представлення екстрактора передатними функціями

На підставі передатних функцій наведених у Додатку 2 можна побудувати відповідну структурну схему розглядуваного екстрактора (рис.3.4).

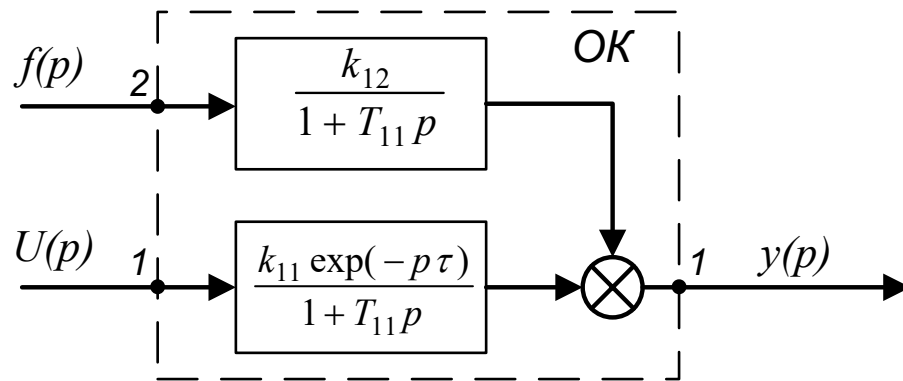


Рис. 3.4 – Структурна схема екстрактора (аналоговий варіант)

Аналіз структурної схеми екстрактора, наведеної на рис. 4 показує, що у разі зміни керувальної дії $U(t)$ концентрація товарного контакту $y(t)$ змінюється не миттєво, а тільки через деякий час τ , який названо транспортним запізнюванням у каналі керування 11.

У разі зміни збурювальної дії $f(t)$ концентрація товарного контакту $y(t)$ змінюється у відповідності зі зміною цієї збурювальної дії, оскільки в каналі збурення 21 немає транспортного запізнювання.

На підставі системи дискретних передатних функцій (3.12) побудовано структурну схему екстрактора у дискретному варіанті (рис.3.5).

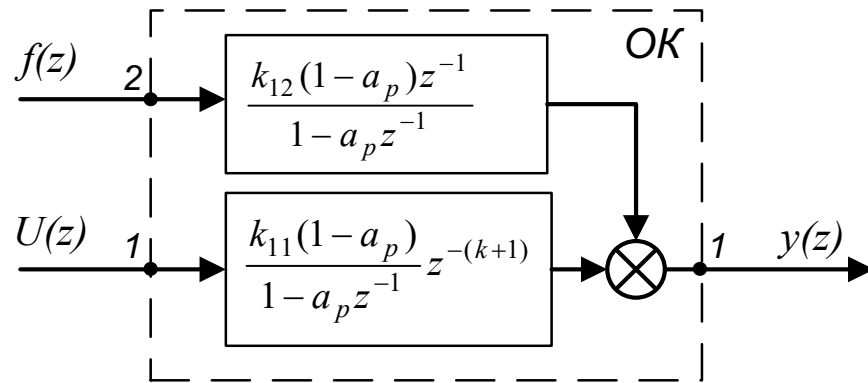


Рис. 3.5 – Структурна схема екстрактора (дискретний варіант)

Аналіз наведеної структурної схеми свідчить, що у разі, скажімо, збільшення концентрації сульфурованої оливи ($f = c_1$) збільшується і концентрація товарного контакту ($y(t) = c_3$). Якщо збільшується витрата води Q_2 , то при сталій концентрації води c_2 змінюється і концентрація товарного контакту c_3 .

4. СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

4.1. Розробка структурної схеми автоматичної системи

Для розроблення структурної схеми ДСАР і К КВС потрібно скористатися системою дискретних передатних функцій (3.12). Тоді структурна схема цієї системи буде мати вигляд, зображений на рис.4.1.

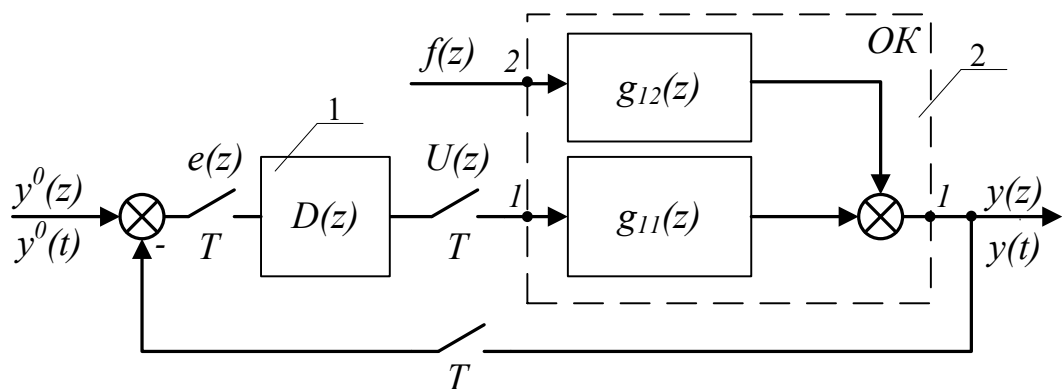


Рис. 4.1 – Структурна схема дискретної системи автоматичного регулювання і керування концентрацією товарного контакту:

1 – дискретний регулятор, 2 – екстрактор

Вихідна змінна системи $y(t)$ змінюється від дії на ОК збурювальної дії $f(t)$. З метою ліквідації дії цієї збурювальної дії вихідна змінна системи порівнюється із її заданим значенням $y^0(t)$, і одержаний сигнал розузгодження $e(t)$ подається на дискретний регулятор 1, який своєю керувальною дією $u(t)$ впливає на екстрактор 2.

Розрахунок передатної функції дискретного регулятора концентрації товарного контакту, розрахунок графіку перехідного процесу зміни концентрації товарного контакту у екстракторі при керувальній дії та розрахунок графіку перехідного процесу в автоматичній системі при зміні задавальної дії наведено у Додатку 2.

4.2. Перехідний процес в замкненій системі із ПІ-регулятором за алгоритмом Даліна

Імпульсну передатну функцію цифрового регулятора Даліна за допомогою формул перетворення [7] перераховуємо у дискретний аналог ПІ-регулятора, який має імпульсну передатну функцію

$$W_{pi}(z) = K_{pi} \cdot \left[1 + \frac{T}{T_{i_pi} \cdot (1 - z^{-1})} \right],$$

де

$$T_{i_dalin} = \frac{T}{e^{\frac{T}{T_{11}}} - 1},$$

$$K_{r_dalin} = \frac{1 - e^{\frac{-T}{T_3}}}{k_{11} \cdot (e^{\frac{T}{T_{11}}} - 1) \cdot \left[1 + k \cdot (1 - e^{\frac{-T}{T_3}}) \right]}$$

– стала часу та коефіцієнт підсилення регулятора.

Підставимо числові значення

$$T_{i_dalin} = 984.772$$

$$K_{r_dalin} = 24.37$$

$$T_{i_pi} = T_{i_dalin}$$

$$K_{pi} = K_{r_dalin}$$

Передатна функція замкненої системи із ПІ-регулятором:

$$W_{zs_pi}(z) = \frac{W_{pi}(z) \cdot g_{11}(z)}{1 + W_{pi}(z) \cdot g_{11}(z)}.$$

Перехідна функція у вигляді зображення:

$$Y_{zs_pi}(z) = W_{zs_pi}(z) \cdot \frac{z}{z-1}.$$

Побудуємо графік перехідного процесу в замкненій системі із ПІ-регулятором за алгоритмом Даліна у разі стрибкоподібної зміни задавальної дії (рис. 4.4).

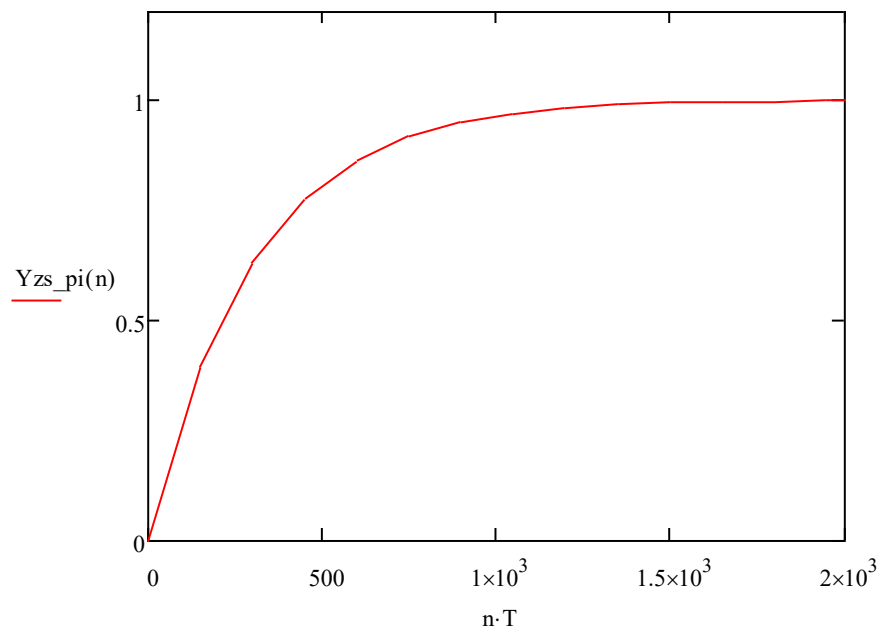


Рис. 4.4 – Перехідний процес в замкненій системі із ПІ-регулятором за алгоритмом Даліна

Аналіз графіку перехідної функції замкнутої системи із ПІ-регулятором за алгоритмом Даліна свідчить про відповідність графіків перехідних процесів у замкненій системі з регулятором Даліна та цифровим ПІ-регулятором.

4.3. Перехідний процес в замкненій системі із ПІ-регулятором за алгоритмом запронованим компанією “МІКРОЛ”

Оскільки перехідна функція об’єкта керування задана виразом

$$g_{11}(z) = \frac{k_{11}(1-a_p)}{1-a_p z^{-1}} z^{-(k+1)},$$

то параметри керування можуть бути визначені згідно встановлених у довідниках рекомендацій.

Компанією “МІКРОЛ” запропоновані наступні імперичні формули для налаштування ПІ-регулятора [8]:

$$T_{i_pi} = 3.33 \cdot T_{11}, \quad K_{pi} = 0.9 \cdot \frac{T_{11}}{2 \cdot k_{11}}, \quad (4.14)$$

$$W_{pi}(z) = K_{pi} \cdot \left[1 + \frac{T}{T_{i_pi} \cdot (1-z^{-1})} \right].$$

Побудуємо графік перехідного процесу в замкненій системі із ПІ-регулятором з налаштуваннями за формулами (4.14) (рис. 4.5).

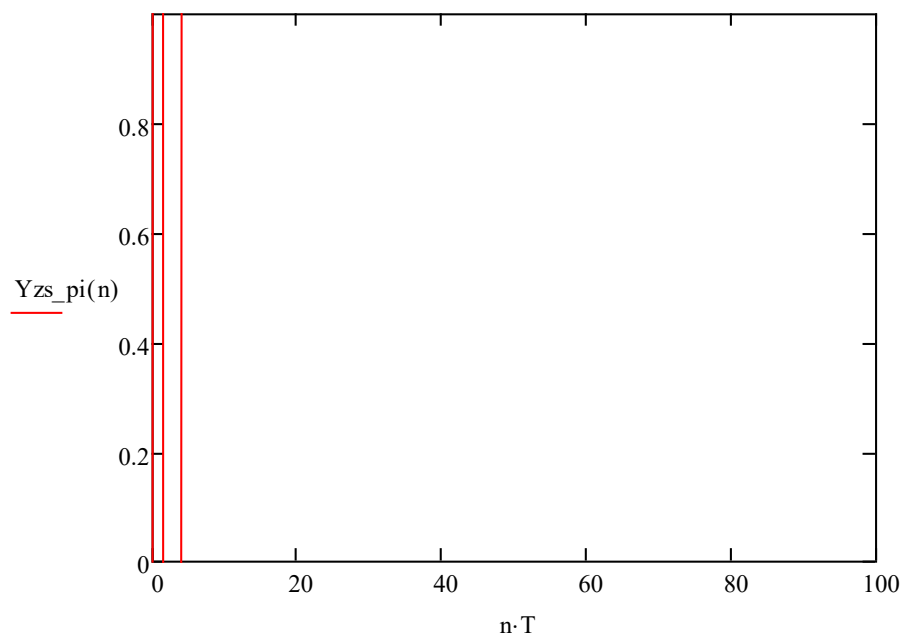


Рис. 4.5 – Перехідний процес в замкненій системі із ПІ-регулятором за алгоритмом запронованим компанією “МІКРОЛ”

Аналіз графіку перехідної функції замкнутої системи із ПІ-регулятором за алгоритмом запронованим компанією “МІКРОЛ”, свідчить, що даний алгоритм

налаштувань регулятора для ОК не може бути застосований, оскільки система є нестійкою [12].

4.4. Перехідний процес розширеного об'єкта керування

Передатні функції вимірювача та виконавчого механізму:

$$W_{\text{ВМ}} = \frac{1}{(100 \cdot p + 1)}, \quad W_{\text{ВМ}} = \frac{1}{(20 \cdot p + 1)}, \quad (4.15)$$

маємо передатну функцію розширеного об'єкта керування:

$$W_k = W_{\text{кер}} \cdot W_{\text{ВМ}} \cdot W_{\text{ВМ}} = \frac{1.798}{(1058 \cdot p + 1)} \cdot \frac{1}{(100 \cdot p + 1)} \cdot \frac{1}{(20 \cdot p + 1)}$$

Отже, маємо аперіодичну ланку 3-го порядку.

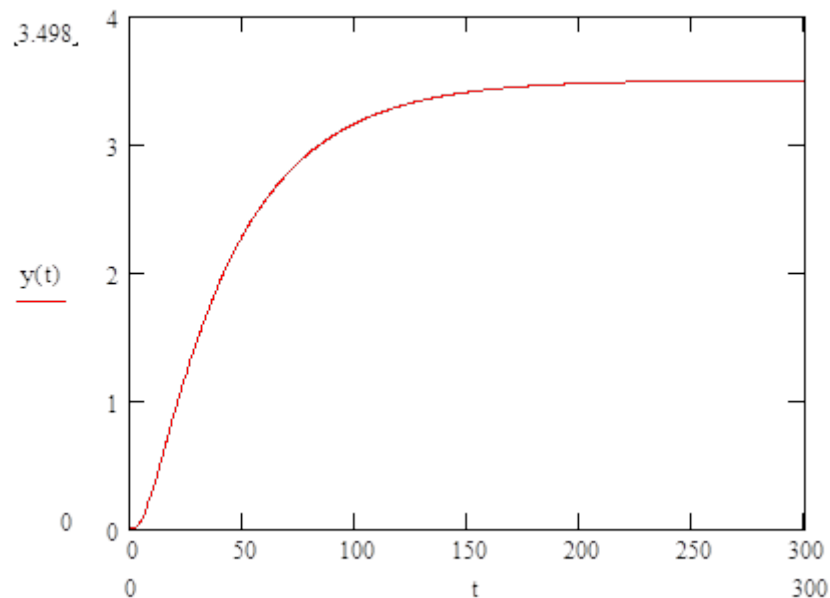


Рис.4.6 - Перехідна характеристика розширеного об'єкта керування

Порівнявши графіки перехідних характеристик розширеного об'єкта керування та ОК, можна зробити висновок про незначний вплив вимірювача та виконавчого механізму на динаміку ОК.

Розглядаємо структурну схему системи керування, до якої належать вимірювач рівня, після якого сигнал поступає до перетворювача, потім після порівняння у суматорі значення виміряного рівня (L) і завдання (L_3), сигнал різниці подається на регулятор. З регулятора сигнал передається на виконуючий

механізм ВМ, який впливає на об'єкт керування ОК змінюючи витрату рідини на вході (рис.4.7).

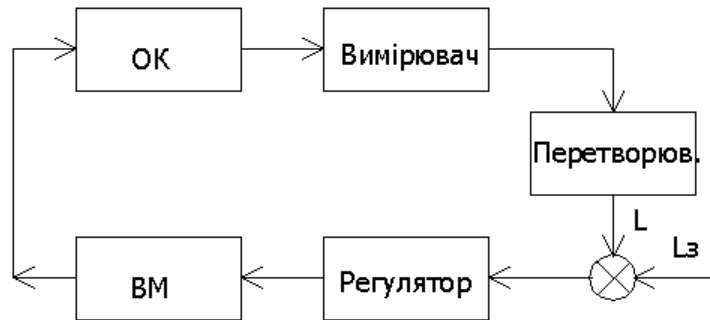


Рис.4.7 - Структурна схема системи керування

Передатна функція ОК:

$$W_{об}(p) = \frac{H(p)}{F(p)} = \frac{k_1}{T \cdot p + 1}, \text{ де } T = 1058; k_1 = 0.106.$$

Передатна функція вимірювача:

$$W_{вим}(p) = \frac{1}{T_{вим}p + 1}, \text{ де } T_{вим} = 20.$$

Передатна функція перетворювача:

$$W_{пер}(p) = \frac{1}{T_{пер}p + 1}, \text{ де } T_{пер} = 10$$

Передатна функція регулятора:

$$W_{pi}(p) := K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right)$$

Передатна функція виконавчого механізму:

$$W_{ВМ}(p) = \frac{1}{T_{ВМ}p + 1}, \text{ де } T_{ВМ} = 100$$

Оскільки стала часу перетворювача та вимірювача на порядок менша за сталі часу об'єкта та виконуючого механізму, то при синтезі системи керування передатні функції перетворювача та вимірювача не враховуємо.

Передатна функція розширеного об'єкта керування буде

$$W_{POK}(p) = \frac{k_1}{(Tp+1)(T_{BM}p+1)}. \quad (4.16)$$

4.4.1. Дослідження властивостей об'єкта

Частотна передатна функція об'єкта отримана заміною оператора p на $j\omega$ з передатної функції в часовій області

$$\underline{Wob}(\omega) := \frac{Kob \cdot e^{-(j \cdot \omega) \cdot \tau} \cdot (1 - T1 \cdot j \cdot \omega - T2 \cdot j \cdot \omega - T1 \cdot T2 \cdot \omega^2)}{(1 + T1^2 \cdot \omega^2) \cdot (1 + T2^2 \cdot \omega^2)} \quad (4.17)$$

з урахуванням формули Ейлера:

$$e^{-j \cdot \omega \cdot t} := \cos(\omega \cdot t) - j \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (4.18)$$

приймає вигляд:

$$\begin{aligned} \underline{Wob}(\omega) := & Kob \cdot \frac{-\sin(\omega \cdot \tau) - \cos(\omega \cdot \tau) \cdot T1 \cdot \omega - \cos(\omega \cdot \tau) \cdot T2 \cdot \omega + \sin(\omega \cdot \tau) \cdot T1 \cdot T2 \cdot \omega^2}{1 + T2^2 \cdot \omega^2 + T1^2 \cdot \omega^2 + T1^2 \cdot \omega^4 \cdot T2^2} \cdot j \dots \\ & + Kob \cdot \frac{\cos(\omega \cdot \tau) - \sin(\omega \cdot \tau) \cdot T1 \cdot \omega - \sin(\omega \cdot \tau) \cdot T2 \cdot \omega - \cos(\omega \cdot \tau) \cdot T1 \cdot T2 \cdot \omega^2}{1 + T2^2 \cdot \omega^2 + T1^2 \cdot \omega^2 + T1^2 \cdot \omega^4 \cdot T2^2}, \end{aligned} \quad (4.19)$$

$$W(\omega) := Re(\omega) + j * Im(\omega), \quad (4.20)$$

Виділивши дійсну та уявну частини $Re(\omega)$ та $Im(\omega)$ відповідно, можемо побудувати АФХ об'єкта (рис 4.8).

Частотну характеристику об'єкта можна отримати з (5.5) і врахувавши:

$$\underline{A}(\omega) := \sqrt{Re(\omega)^2 + Im(\omega)^2} \quad (4.21)$$

Амплітудно-частотна характеристика представлена на рис 4.9.

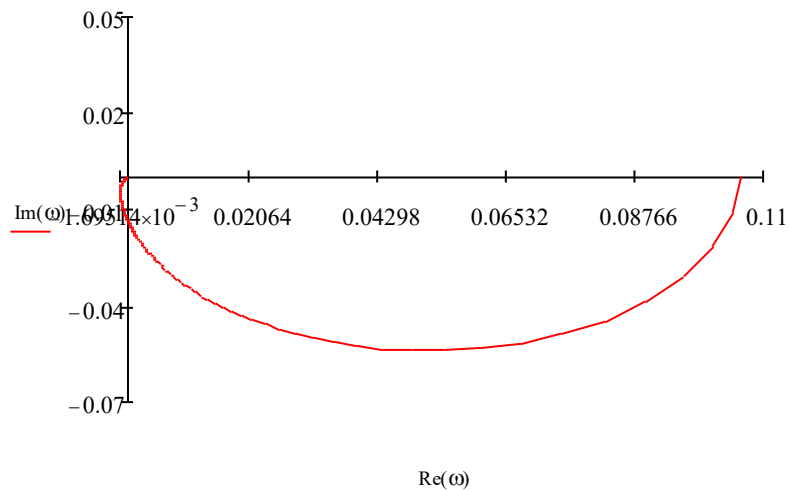


Рис. 4.8 – АФХ об'єкту

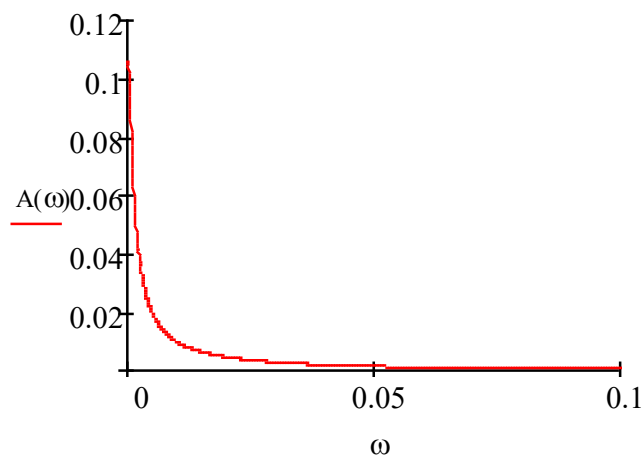


Рис. 4.9 – АЧХ об'єкту

За амплітудно-частотною характеристикою знаходимо частоту зрізу як частоту, при якій АЧХ приймає значення 5% від свого максимального значення:

$$A(0) = 0.106$$

$$0.05 \cdot A(0) = 5.3 \cdot 10^{-3}$$

Тоді частота зрізу буде дорівнювати:

$$\omega = 1.7785^{-2}, \text{ рад/с}$$

Період дискретизації знаходимо за формулою:

$$T := \frac{\pi}{\omega c}$$

Отримане $T = 176.64 \text{ с}$, округлимо до 170 с .

Налаштування замкненої системи здійснюємо за заданим показником коливності M .

Виходячи з вимог щодо точності (необхідності усунення статичної похибки) та швидкодії (наявність пропорційної складової в регуляторі, що забезпечить хоч не точне, проте швидке регулювання) виберемо ПІ регулятор.

Показник коливальності M являє собою відношення максимуму амплітудно-частотної характеристики замкненої системи до її значення при частоті $\omega=0$:

$$M = \frac{\max(A_{zs}(\omega))}{A_{zs}(0)}$$

Заданий показник коливності системи $M=1.2$.

4.4.2. Розрахунок аналогового регулятора

Структурна схема системи зображена на рис. 4.10.

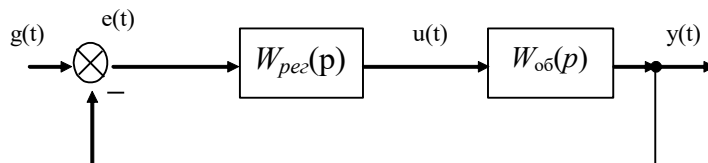


Рис. 4.10 – Структурна схема системи з аналоговим регулятором

Передатна функція аналогового ПІ регулятора:

$$W_{pi}(p) := K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right)$$

Передатна функція розімкнутої системи:

$$W_{rs}(p) := \frac{K_{ob} \cdot e^{-p \cdot \tau}}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)} \cdot \left[K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right) \right]$$

Передатна функція розімкнутої системи в частотній області:

$$\underline{W}_{rs}(\omega) := \frac{K_{ob} \cdot e^{-j \cdot \omega \cdot \tau}}{(T1 \cdot j \cdot \omega + 1) \cdot (T2 \cdot j \cdot \omega + 1)} \cdot \left[K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot j \cdot \omega} \right) \right] \quad (4.22)$$

Рівняння М-кола у вигляді параметричної функції для побудови на графіку АФХ розімкненої системи матимуть вигляд :

$$(\text{Imrs}(\omega) + C)^2 + \text{Rers}(\omega)^2 = R^2,$$

$$\underline{C} := \frac{M^2}{M^2 - 1}, \quad \underline{R} := \frac{M}{M^2 - 1},$$

де C - координата центру M -кола, R - радіус M -кола, $\text{Imrs}(\omega)$ – уявно-частотна характеристика, $\text{Rers}(\omega)$ – дійсно-частотна характеристика.

Значення оптимальних параметрів настройки регулятора (за максимумом відношення K_p/T_i), які забезпечують заданий показник коливності (АФХ розімкненої системи дотикається M -кола) при мінімізації лінійного інтегрального показника якості. Отримаємо:

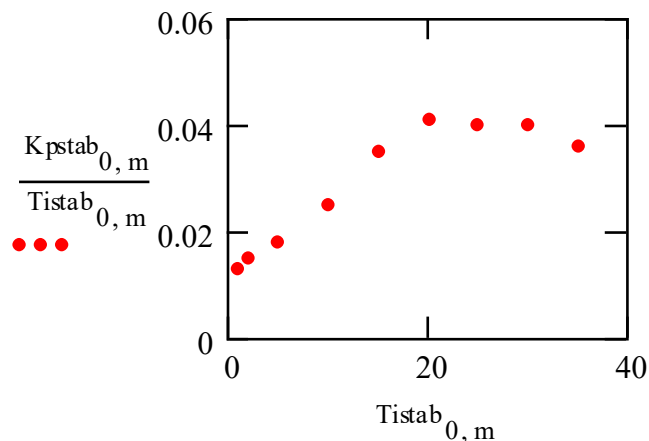


Рис. 4.11 – Графік залежності K_p/T_i від T_i

Кращий серед розглянутих варіантів налаштування відповідає значенням параметрів налаштування регулятора $K_p = 280$, $T_i = 200$.

АФХ розімкненої системи з цими параметрами та M -коло зображені на рис. 4.12.

Враховуючи рівняння (4.22) для розімкнутої системи частотна передатна функція для замкнутої системи матиме вигляд :

$$W_{zs}(\omega) := \frac{W_{rs}(\omega)}{1 + W_{rs}(\omega)}.$$

Амплітудно-частотна характеристика в замкненій системі розраховується за (4.20) та (4.21) її графік зображено на рис 4.13.

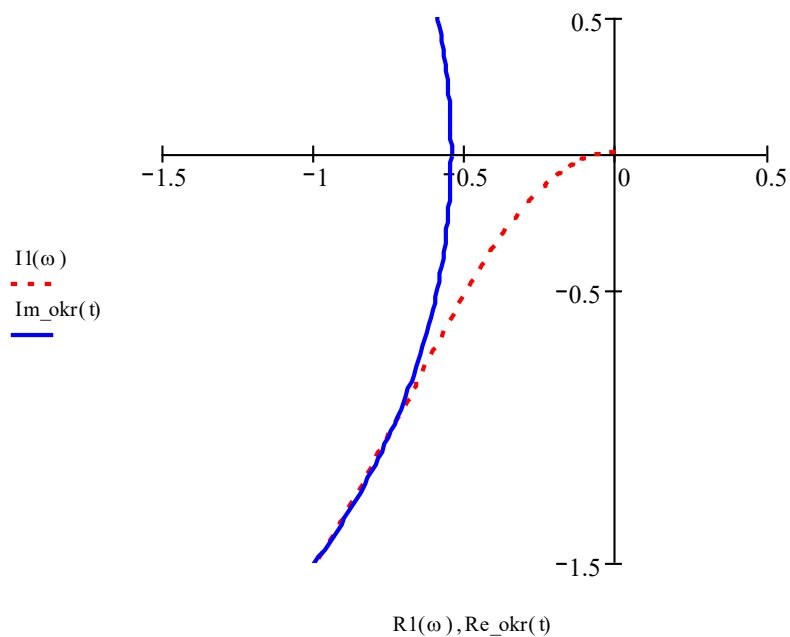


Рис. 4.12 – АФХ розімкненої аналогової системи з ПІ-регулятором

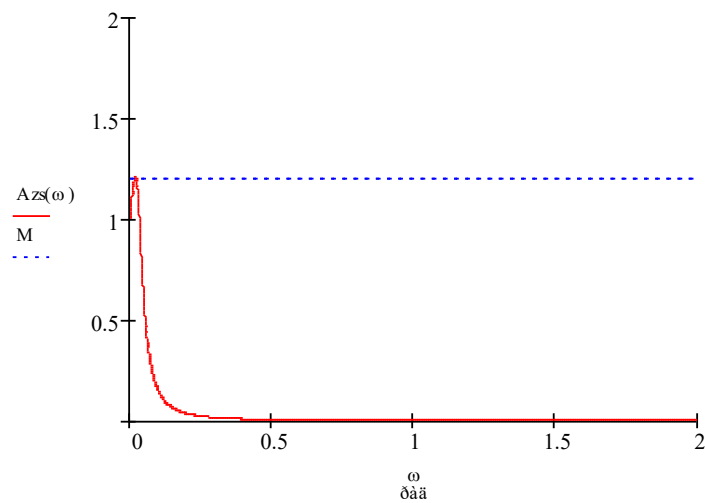


Рис. 4.13 – АЧХ замкненої аналогової системи

За допомогою програми на ЕОМ розраховуємо зворотнє перетворення за Лапласом (перехідну характеристику)

$$W_{zs}(p) := \frac{W_{rs}(p)}{(1 + W_{rs}(p))}$$

$$Y(p) := \frac{\frac{K_{ob}}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)} \cdot \left[K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right) \right]}{1 + \frac{K_{ob}}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)} \cdot \left[K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right) \right]} \cdot \frac{1}{p}$$

Графік перехідного процесу зображений на рис 4.14.

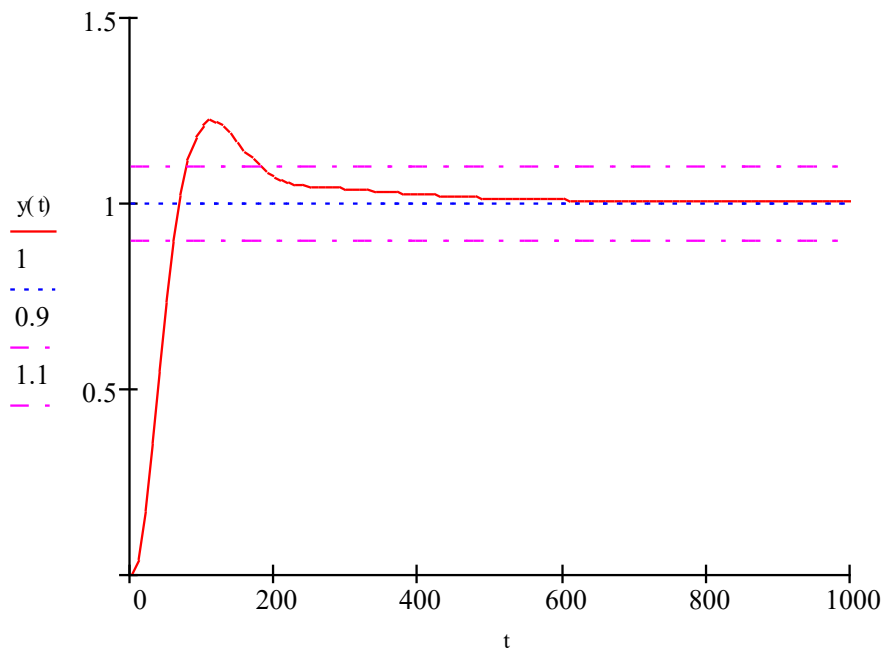


Рис. 4.14 – Перехідна характеристика замкненої аналогової системи з ПІ-регулятором

Отриманий перехідний процес має наступні прямі показники якості:

Час регулювання $t_{reg}=210 \text{ c}$

Час зростання перехідного процесу $t_{zrost}=95 \text{ c}$

Час досягнення першого максимуму $t_{max1}=115 \text{ c}$

Перерегулювання

$$\sigma := \frac{y_{max1} - y_{ust}}{y_{ust}} \cdot 100, \%$$

$$\sigma=19.2 \%$$

4.4.3. Налаштування системи керування методом Ціглера-Нікельса

Згідно цього методу замкнену систему керування із П-регулятором виводять на межу стійкості поступово збільшуючи коефіцієнт підсилення регулятора k_p . Для отриманого коливного режиму визначають критичне значення коефіцієнта підсилення регулятора K_{KP} та критичний період коливань T_{KP} , що встановився. За визначеними параметрами K_{KP} та T_{KP} розраховують оптимальні параметри настройки регулятора користуючись залежностями:

- для П-регулятора: $K_{OPT}=0,55 K_{KP}$;

- для ПІ-регулятора: $K_{OPT}=0,35 K_{KP}$;

Метод Ціглера-Нікольса досить простий для розрахунку, дозволяє забезпечити у системі керування необхідний запас стійкості, але не гарантує екстремального значення інтегрального критерію якості.

$$k_I=0.106 \quad T_I=1058$$

$$Wob(p) = \frac{k_I}{T_I \cdot p + 1} \quad (4.23)$$

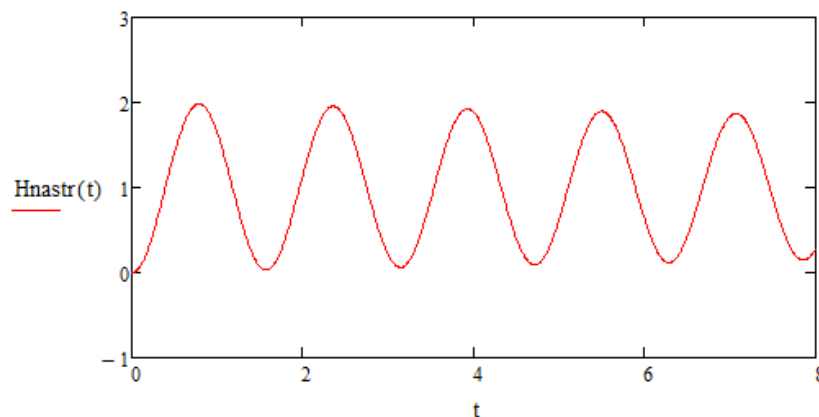


Рис.4.15 - Перехідна характеристика замкненої коливної системи

Розрахуємо оптимальні параметри настройки П-регулятора.

$$K_{reg_nastr}=54$$

$$W_{regNastr}=K_{reg_nastr}$$

$$T_{ikr}=20\text{-критичний час;}$$

$$W_{regP} = K_{regP};$$

$$W_{zspP}(p) = \frac{W_{ob}(p) * W_{regP}}{1 + W_{ob}(p) * W_{regP}} \quad (4.24)$$

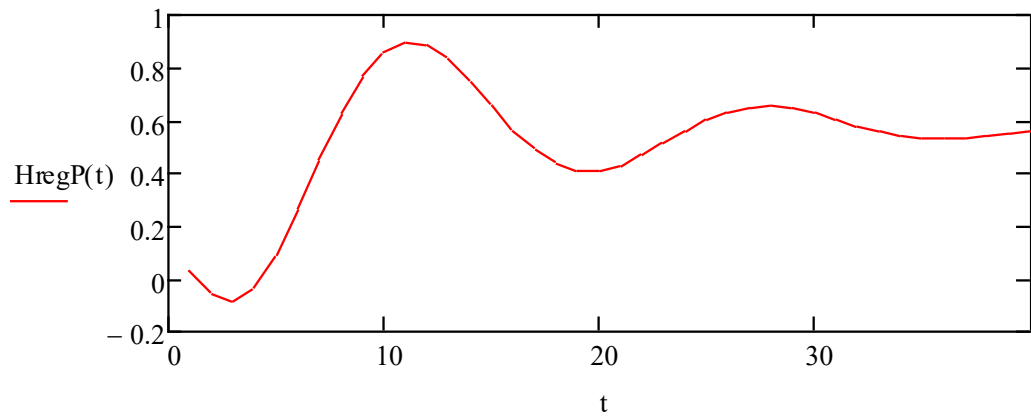


Рис.4.16 - Перехідна характеристика замкненої коливної системи з П-регулятором.

Розрахуємо оптимальні параметри ПІ-регулятора:

$$K_{reg_pi} = 0,35 * K_{reg_nast}$$

$$T_{i_opt} = 1,25 * T_{ikr}$$

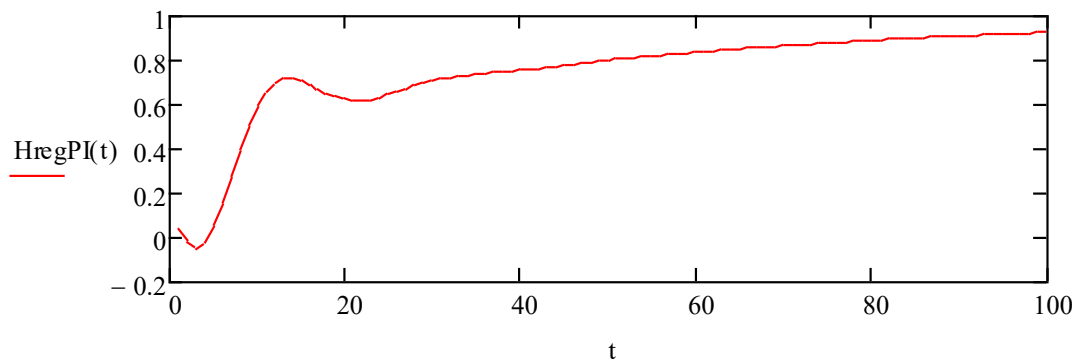


Рис.4.17 - Перехідна характеристика замкненої коливної системи з ПІ-регулятором

З отриманих графіків для замкненої коливної системи з використанням П та ПІ регуляторів можна побачити, що найкращим для використання у практиці є ПІ-регулятор, оскільки він забезпечує задовільну якість регулювання: достатньо малий час виходу на сталий режим і невелику чуттєвість до збурень, а також у налаштуванні з ПІ-регулятором немає статичної похибки.

4.4.4. Налаштування системи керування методом перехідного режиму

У практичній діяльності для налаштування систем регулювання, як правило, використовують наближені методи розрахунку параметрів регулятора. Такий підхід дозволяє досить швидко, без проведення складних попередніх досліджень розв'язати задачу вибору властивостей регулятора згідно до прийнятого критерію керування та в залежності від властивостей ОК. Для наближеної оцінки динамічних властивостей використовують спрощені математичні моделі ОК у вигляді передаточних функцій.

Отримано та використовується багато евристичних правил щодо настройки параметрів регулятора: один із них - метод перехідного режиму. Згідно даного методу параметри настройки регулятора визначаються із величин, що характеризують ОК.

Розрахуємо параметри настройок П-, ПІ- та ПІД-регуляторів за таблицями 3, 4:

Таблиця 3. Оптимальні значення настройки регуляторів для ОК першого порядку із запізнюванням за рекомендацією Московського теплотехнічного інституту.

Закон регулювання	Параметри настройки	Відносне запізнювання ОК		
		$\frac{\tau_{об}}{T_{об}} < 0.2$	$0.2 < \frac{\tau_{об}}{T_{об}} < 1.5$	$\frac{\tau_{об}}{T_{об}} > 1.5$
П	K_P	$\frac{1}{K_{об}\tau_{об}}$	$\frac{\tau_{об}/T_{об} + 0.7}{2.6K_{об}(\tau_{об}/T_{об} - 0.08)}$	$\frac{1}{2K_{об}}$
		$\frac{1}{1.1K_{об}\tau_{об}}$	$\frac{\tau_{об}/T_{об} + 0.6}{2.6K_{об}(\tau_{об}/T_{об} - 0.08)}$	$\frac{1}{2K_{об}}$
ПІ	T_I	$3.3\tau_{об}$	$\frac{0.8T_{об}}{\tau_{об}}$	$0.6\tau_{об}$
		$\frac{1}{0.8K_{об}\tau_{об}}$	$\frac{\tau_{об}/T_{об} + 1.5}{3.7K_{об}(\tau_{об}/T_{об} - 0.13)}$	$\frac{1}{1.7K_{об}}$
ПІД	K_P	$\frac{1}{0.8K_{об}\tau_{об}}$	$\frac{\tau_{об}/T_{об} + 1.5}{3.7K_{об}(\tau_{об}/T_{об} - 0.13)}$	$\frac{1}{1.7K_{об}}$
	T_I	$2.5\tau_{об}$	$T_{об}$	$0.7\tau_{об}$
	T_D^*	$0.15T_I$	$0.15T_I$	$0.15T_I$

Таблиця 4. Оптимальні значення настройки регуляторів для ОК першого порядку із запізнюванням.

Закон регулювання	Параметри настройки	Оптимальний перехідний процес із 20%-им пере регулюванням
		Статичний ОК
I	Кр	$\frac{1}{1.7K_{об}T_{об}}$
П	Кр	$\frac{0.7T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$
ПІ	Кр	$\frac{0.7T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$
	T _I	$0.7T_{об}$
ПІД	Кр	$\frac{1.2T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$
	T _I	$2\tau_{об}$
	T _Д	$0.4\tau_{об}$

За допомогою отриманих перехідних процесів у системі регулювання із передаточною функцією та П-, ПІ- та ПІД-регуляторів були побудовані серії графіків:

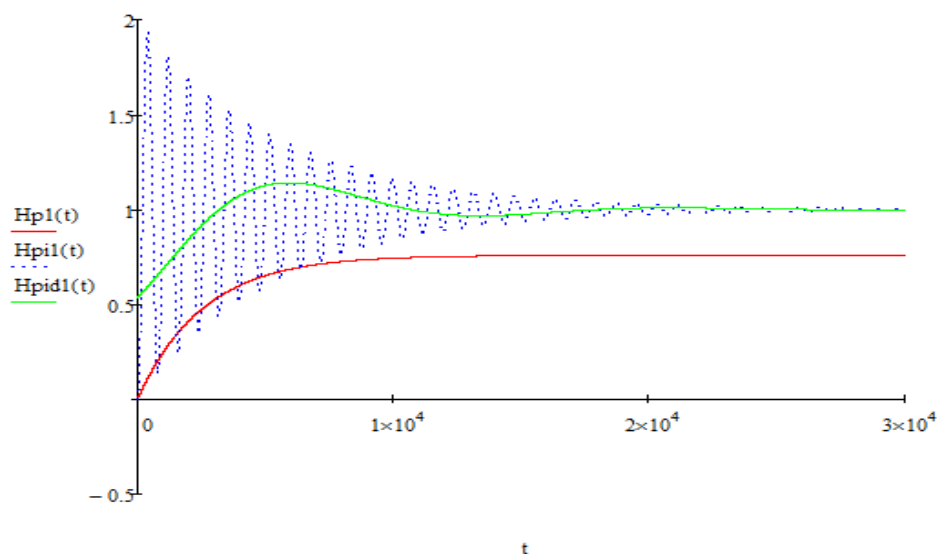


Рис. 4.18 - Перехідні процеси у системі регулювання із передаточною функцією та П-, ПІ- та ПІД-регуляторами (за значеннями настройки регуляторів із таблиці 3).

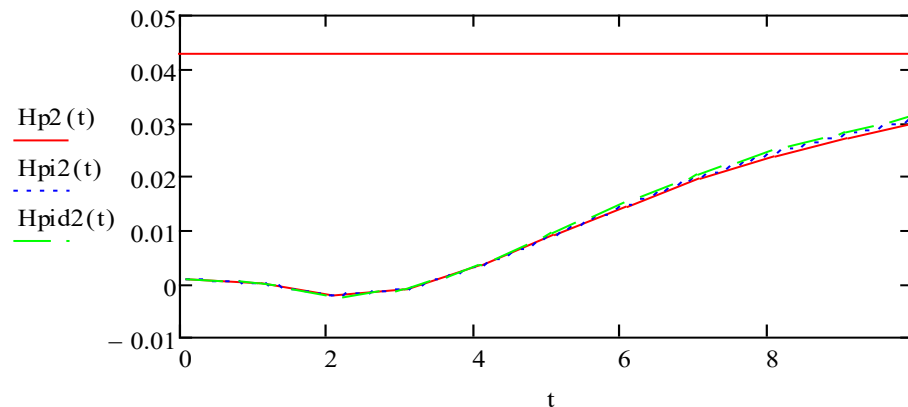


Рис. 4.19 - Перехідні процеси у системі регулювання із передаточною функцією та П-, ПІ-, ПІД-регуляторами (за значеннями настройки регуляторів із таблиці 4).

Із графіків можна побачити, що пропорційна складова виробляє сигнал, який протидіє відхиленню регульованої величини в даний момент часу. Інтегральна складова накопичує результуюче значення, усуваючи, таким чином, недолік П-регулятора – наявність статичної помилки. ПІД-регулятор володіє Д-складовою, яка як би прогнозує відхилення від завдання і стежить за швидкістю відхилення, тому є найшвидшою в даному алгоритмі. По суті, це є перевагою і недоліком одночасно [10].

5. СТВОРЕННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

5.1. Обґрунтування для створення нечіткої системи керування, визначення її структури

Оскільки процес виробництва сульфокислот, а саме виділення з сульфурованої оливи сульфокислот є досить складним з точки зору математичного опису системи, що розглядається, тому доцільно використати експертні системи для реалізації керування даним процесом. В якості експертної системи обираємо нечітку систему керування.

5.2. Вибір та опис лінгвістичних змінних

Взявши за основу достовірні експертні дані, можна вважати вихідною лінгвістичною змінною температуру сульфурованої оливи як основний параметр якісного проведення процесу.

В якості вхідних лінгвістичних змінних приймається витрата пари на вході в теплообмінник так як ці параметри мають визначальний вплив на перебіг процесу.

Опишемо ці змінні:

- Температура сульфурованої оливи (T_C);
- Витрата пари (F_{B1}).

Опишемо терми та їх функції належності відповідних лінгвістичних змінних.

Універсум для лінгвістичної змінної T_C : 295-305K;

Терми лінгвістичної змінної T_C можна подати так:

- «Дуже низька».
- «Низька».
- «Нормальна».

- «Висока».
- «Дуже висока».

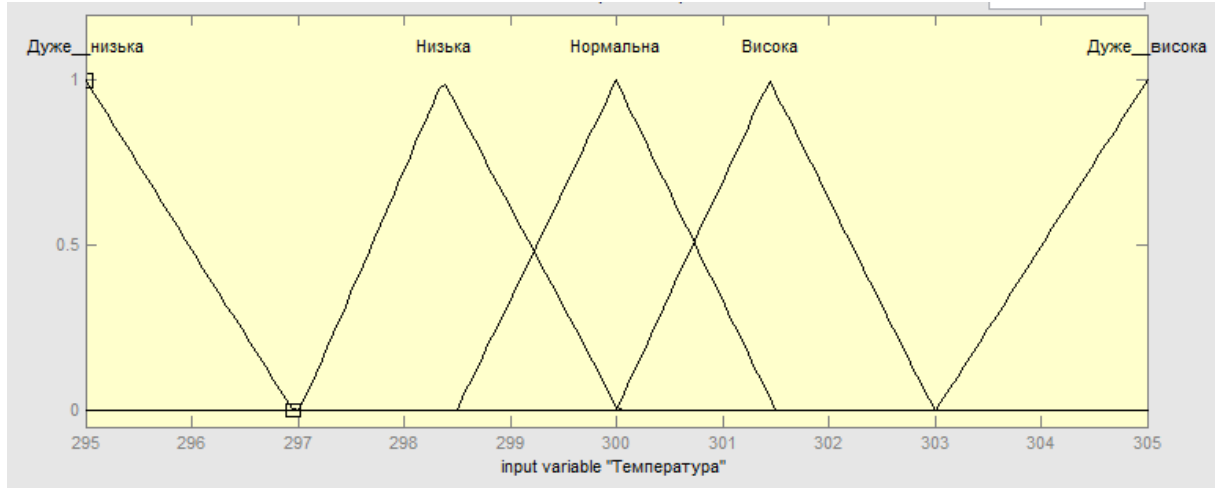


Рис. 5.2.1 – Графіки функцій належності лінгвістичної змінної T_C

Універсум для лінгвістичної змінної F_{B1} : 610-660 м³/Год ;

Терми лінгвістичної змінної F_{B1} можна подати так:

- «Дуже низька».
- «Низька».
- «Оптимальна».
- «Висока».
- «Дуже висока».

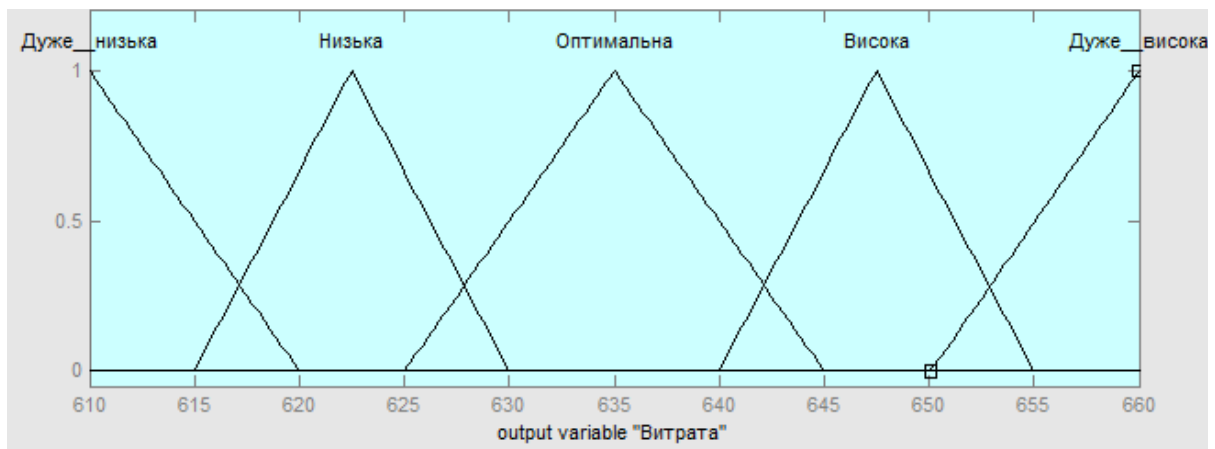


Рис. 5.2.2 – Графіки функцій належності лінгвістичної змінної F_{B1}

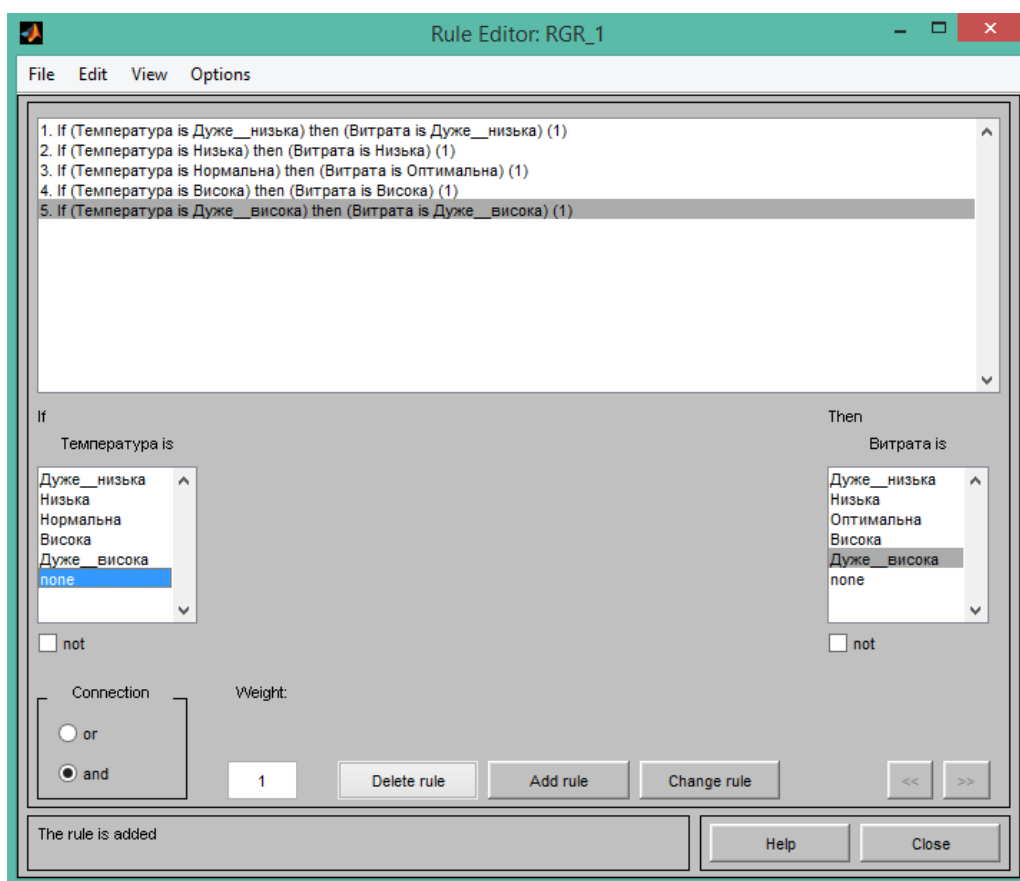


Рис. 5.2.3 – Вікно редактора правил продукції після їх визначення у середовищі *Matlab*

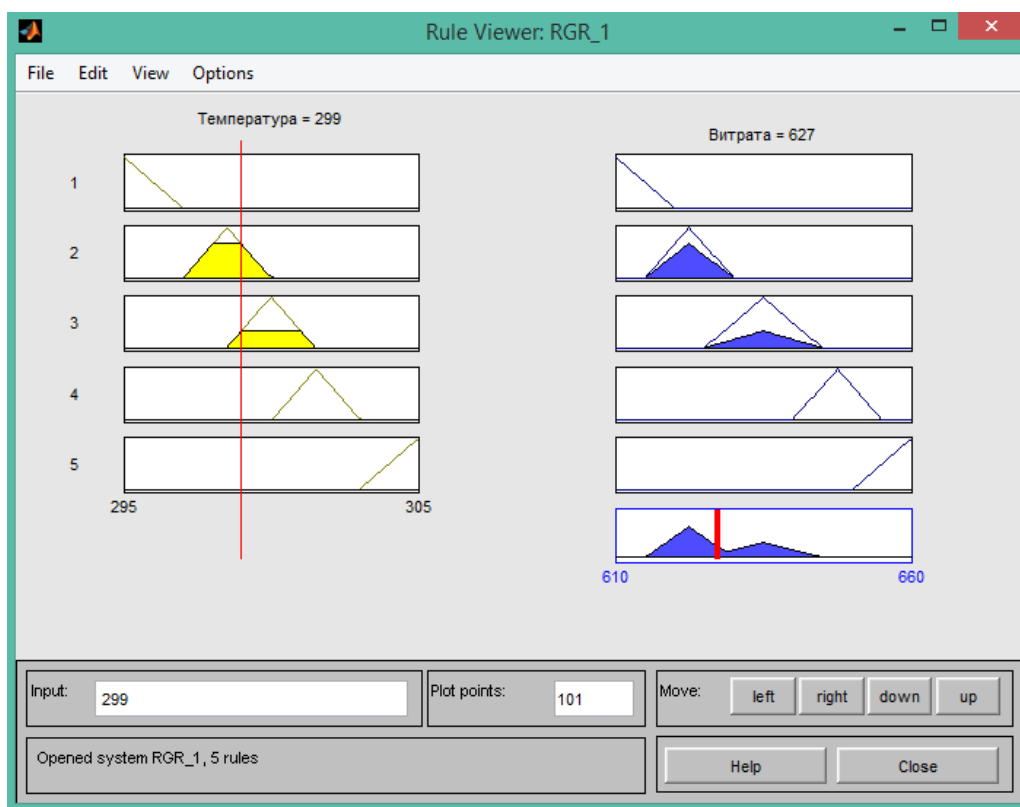


Рис. 5.2.4 – Вікно перегляду результату використання правил продукції у середовищі *Matlab*

Сформулюємо правила для нечіткої системи керування:

ЯКЩО Температура «Дуже низька», ТО Витрата пари «Дуже низька».

ЯКЩО Температура «Низька», ТО Витрата пари «Низька».

ЯКЩО Температура «Нормальна», ТО Витрата пари «Оптимальна».

ЯКЩО Температура «Висока», ТО Витрата пари «Висока».

ЯКЩО Температура «Дуже висока», ТО Витрата пари «Дуже висока».

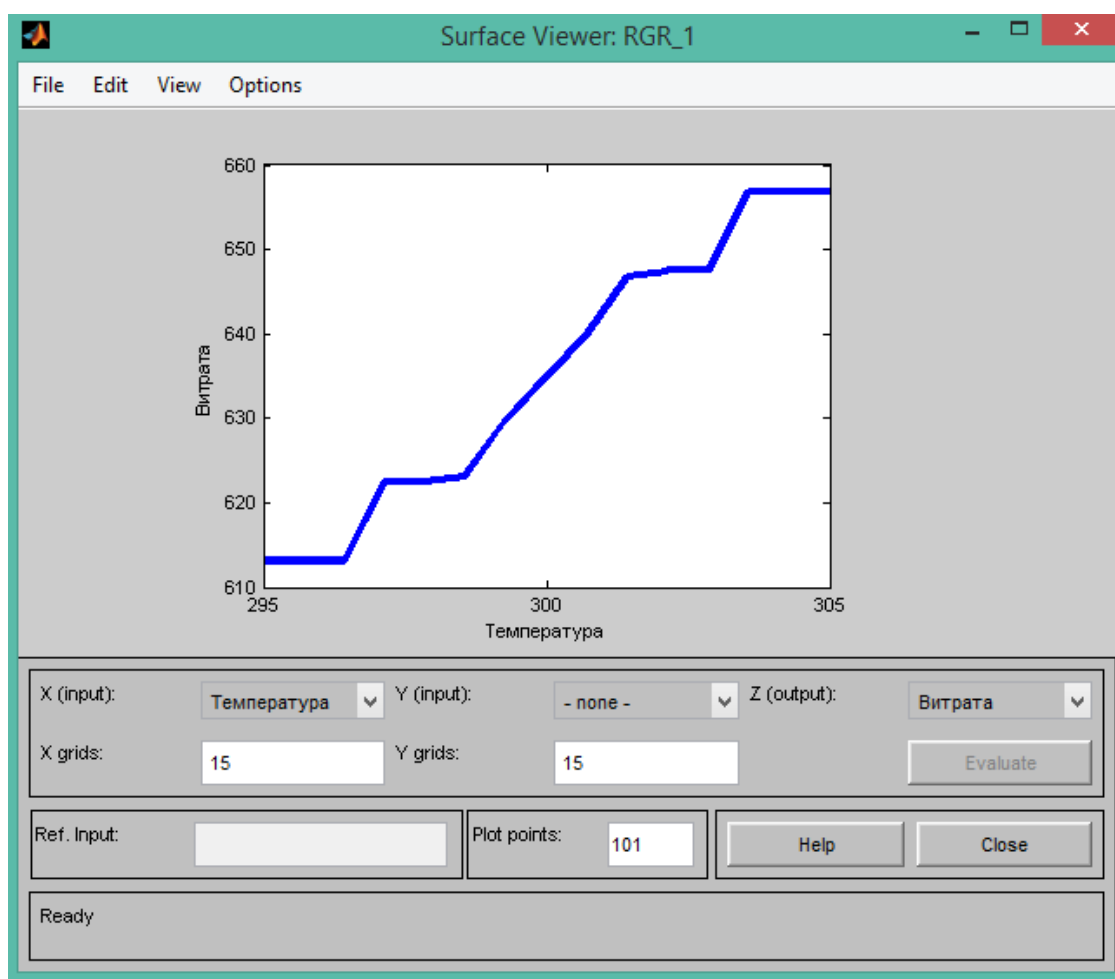


Рис. 5.2.5 – Вікно перегляду поверхні нечіткого висновку у середовищі *Matlab*

5.3. Результати реалізації нечіткої системи керування засобами MathCad

Функція належності для терму T_c «Дуже низька» описана наступним чином:

$$\mu_{\text{Дуже низька}}(T_{\text{н}}) := \begin{cases} 1 & \text{if } T_{\text{н}} < 295 \\ \frac{297 - T_{\text{н}}}{297 - 295} & \text{if } 295 \leq T_{\text{н}} < 297 \\ 0 & \text{if } T_{\text{н}} \geq 297 \end{cases}$$

На рис. 5.3.1. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Дуже низька», що визначена з множини значень температури на виході з теплообмінника T_c .

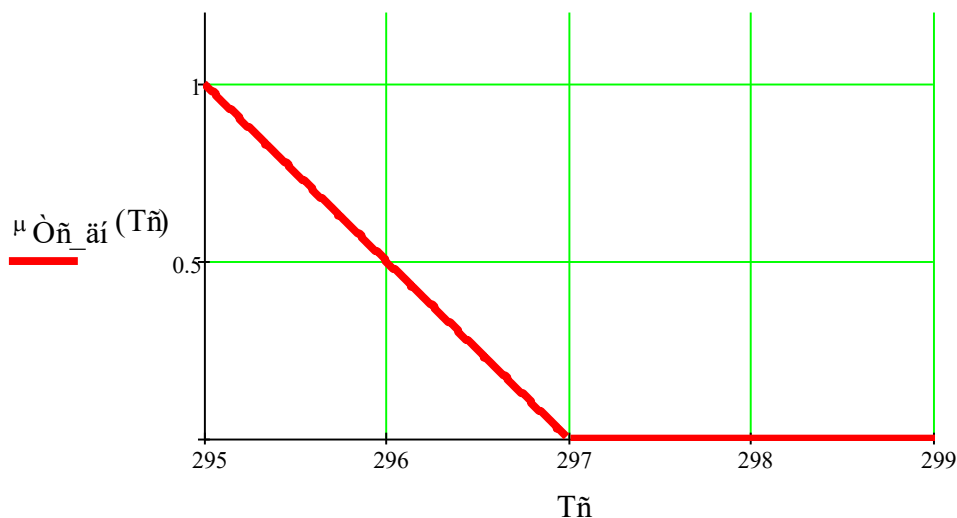


Рис. 5.3.1 – Функція належності для нечіткої підмножини «Дуже низька», що визначена з множини значень температури на виході з теплообмінника T_c
 Функція належності для терму T_c «Низька» описана наступним чином:

$$\mu_{T\tilde{n}_i}(T\tilde{n}) := \begin{cases} 0 & \text{if } T\tilde{n} < 297 \\ \frac{T\tilde{n} - 297}{298.5 - 297} & \text{if } 297 \leq T\tilde{n} < 298.5 \\ \frac{300 - T\tilde{n}}{300 - 298.5} & \text{if } 298.5 \leq T\tilde{n} \leq 300 \\ 0 & \text{if } T\tilde{n} > 300 \end{cases}$$

На рис. 5.3.2. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Низька», що визначена з множини значень температури на виході з теплообмінника T_c .

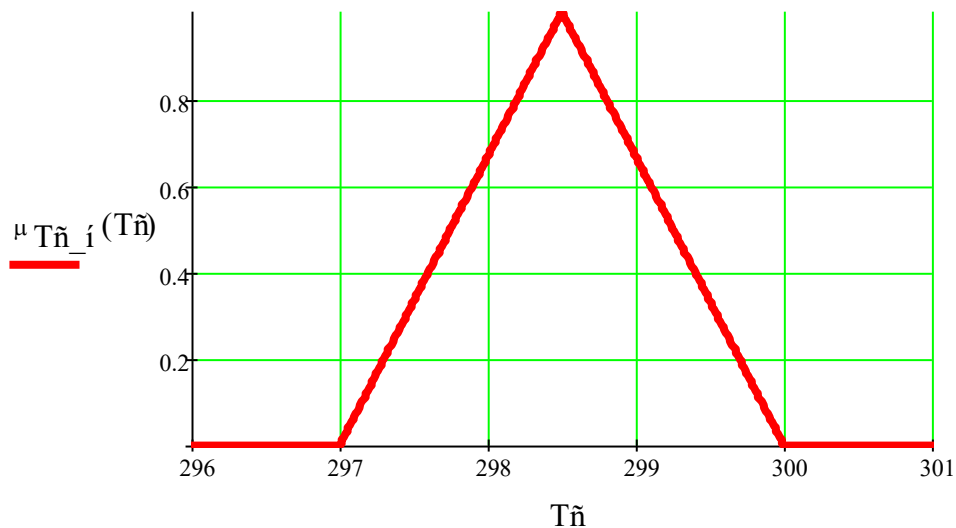
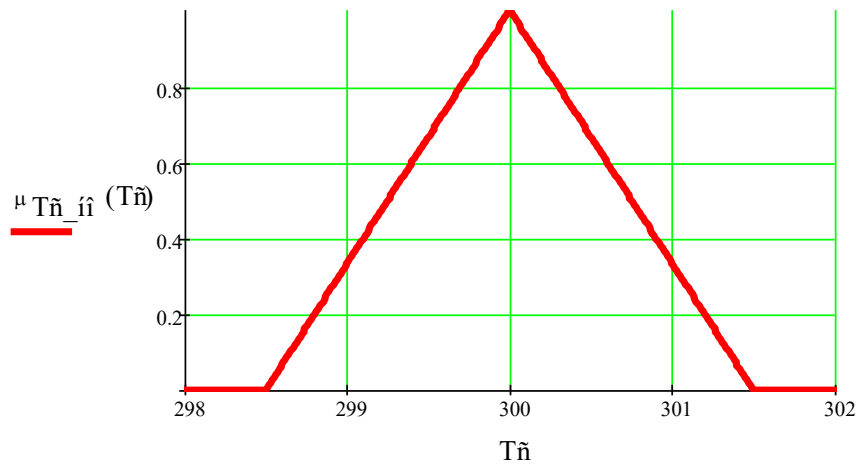


Рис. 5.3.2 – Функція належності для нечіткої підмножини «Низька», що визначена з множини значень температури на виході з теплообмінника T_c
Функція належності для терму T_c «Нормальна» описана наступним

чином:

$$\mu_{T\tilde{n}_i}(T\tilde{n}) := \begin{cases} 0 & \text{if } T\tilde{n} < 298.5 \\ \frac{T\tilde{n} - 298.5}{300 - 298.5} & \text{if } 298.5 \leq T\tilde{n} < 300 \\ \frac{301.5 - T\tilde{n}}{301.5 - 300} & \text{if } 300 \leq T\tilde{n} \leq 301.5 \\ 0 & \text{if } T\tilde{n} > 301.5 \end{cases}$$



На рис. 5.3.5. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Нормальна», що визначена з множини значень температури на виході з теплообмінника T_c .

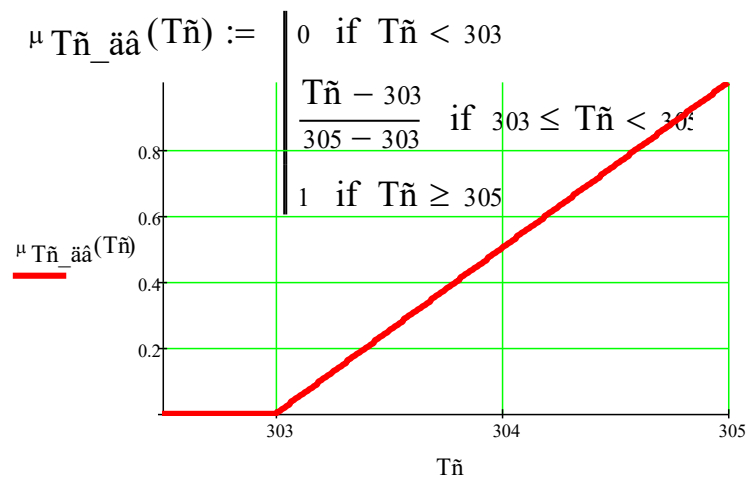
Рис. 5.3.3 – Функція належності для нечіткої підмножини «Нормальна», що визначена з множини значень температури на виході з теплообмінника T_c

Функція належності для терму T_c «Висока» описана наступним чином:

$$\mu_{T\tilde{n}_{\hat{a}}}(T\tilde{n}) := \begin{cases} 0 & \text{if } T\tilde{n} < 300 \\ \frac{T\tilde{n} - 300}{301.5 - 300} & \text{if } 300 \leq T\tilde{n} < 303 \\ \frac{303 - T\tilde{n}}{303 - 301.5} & \text{if } 301.5 \leq T\tilde{n} \leq 303 \\ 0 & \text{if } T\tilde{n} > 303 \end{cases}$$

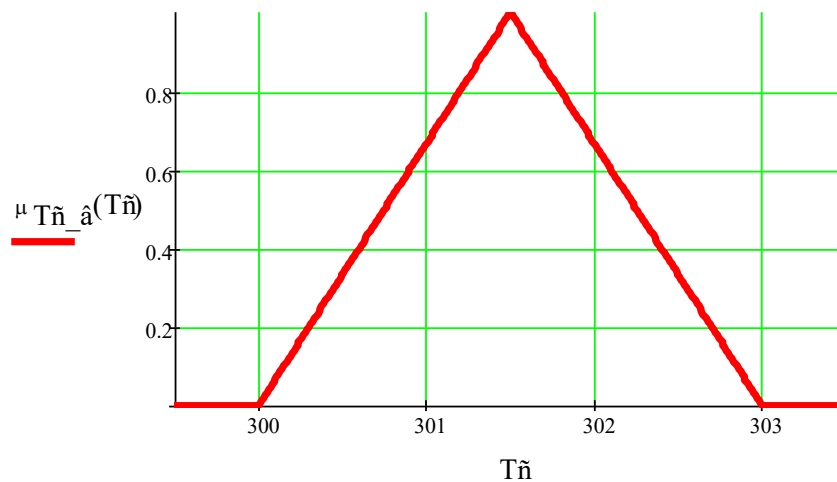
На рис. 5.3.4. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Висока», що визначена з множини значень температури на виході з теплообмінника T_c .

Рис. 5.3.4 – Функція належності для нечіткої підмножини «Висока», що визначена з множини значень температури на виході з теплообмінника T_c
Функція належності для терму T_c «Дуже висока» описана наступним чином:



На рис. 5.3.5. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Дуже висока», що визначена з множини значень температури на виході з теплообмінника T_c .

Рис. 5.3.5 – Функція належності для нечіткої підмножини «Дуже висока», що



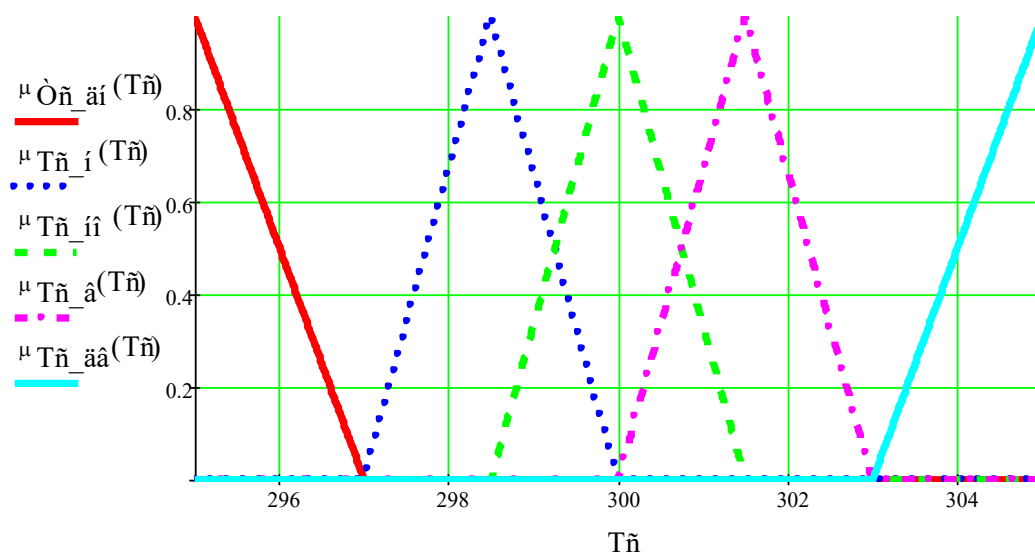
визначена з множини значень температури на виході з теплообмінника T_c

На рис.5.3.6 зображено графіки усіх функції належності керованої змінної температура на виході з теплообмінника T_c .

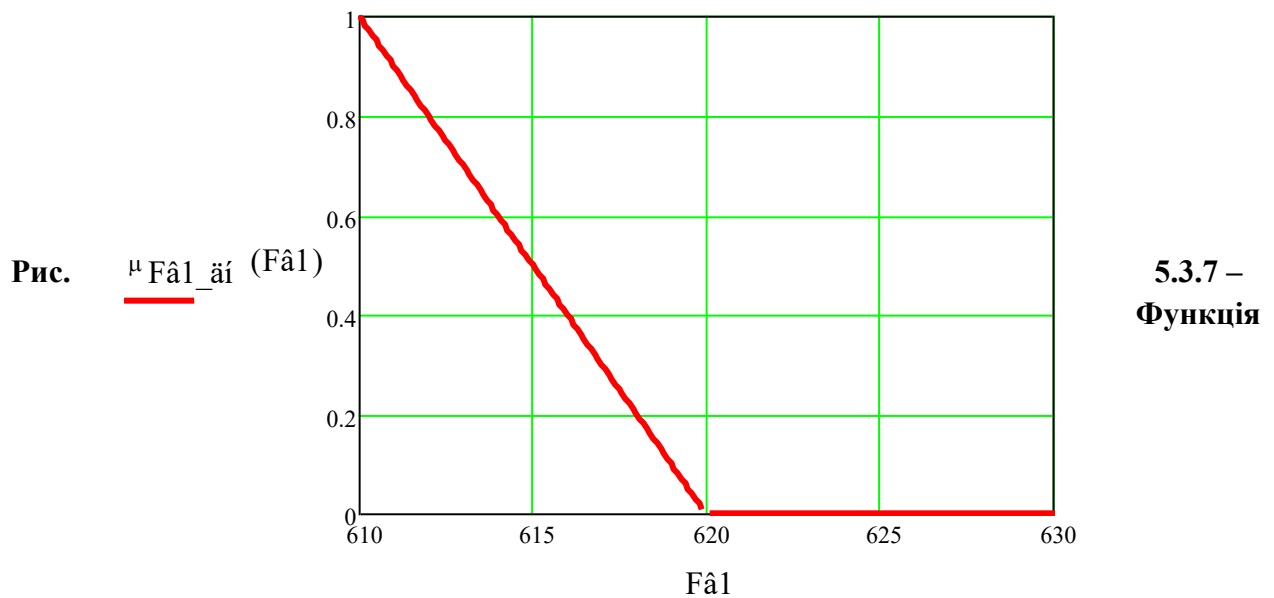
Рис. 5.3.6 – Графіки усіх функції належності керованої змінної температура на виході з теплообмінника T_c

Функція належності для терму F_{B1} «Дуже низька» описана наступним чином:

$$\mu_{F\hat{a}1_äí}(F\hat{a}1) := \begin{cases} 1 & \text{if } F\hat{a}1 < 610 \\ \frac{620 - F\hat{a}1}{620 - 610} & \text{if } 610 \leq F\hat{a}1 < 620 \\ 0 & \text{if } F\hat{a}1 > 620 \end{cases}$$



На рис. 5.3.7. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Дуже низька», що визначена з множини значень витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1} .



належності для нечіткої підмножини «Дуже низька», що визначена з множини значень витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1}

Функція належності для терму F_{B1} «Низька» описана наступним чином:

$$\mu_{F_{B1_н}}(F_{B1}) := \begin{cases} 0 & \text{if } F_{B1} < 615 \\ \frac{F_{B1} - 615}{622.5 - 615} & \text{if } 615 \leq F_{B1} < 622.5 \\ \frac{630 - F_{B1}}{630 - 622.5} & \text{if } 622.5 \leq F_{B1} \leq 630 \\ 0 & \text{if } F_{B1} > 630 \end{cases}$$

На рис. 5.3.8. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Низька», що визначена з множини значень витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1} .

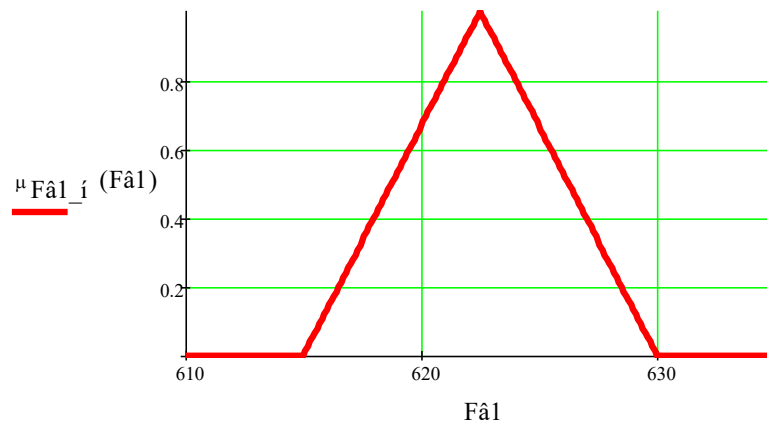


Рис. 5.3.8 – Функція належності для нечіткої підмножини «Низька», що визначена з множини значень витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1}

Функція належності для терму F_{B1} «Оптимальна» описана наступним чином:

$$\mu_{F_{\hat{A}1_ii}}(F_{\hat{A}1}) := \begin{cases} 0 & \text{if } F_{\hat{A}1} < 625 \\ \frac{F_{\hat{A}1} - 625}{635 - 625} & \text{if } 625 \leq F_{\hat{A}1} < 635 \\ \frac{645 - F_{\hat{A}1}}{645 - 635} & \text{if } 635 \leq F_{\hat{A}1} \leq 645 \\ 0 & \text{if } F_{\hat{A}1} > 645 \end{cases}$$

На рис. 5.3.9. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Оптимальна», що визначена з множини значень витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1} .

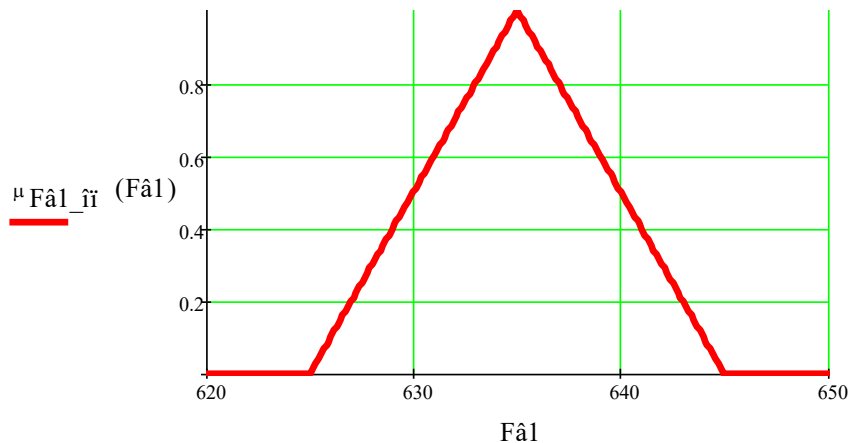


Рис. 5.3.9 – Функція належності для нечіткої підмножини «Оптимальна», що визначена з множини значень витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1}

Функція належності для терму F_{B1} «**Висока**» описана наступним чином:

$$\mu_{F_{\hat{A}1}}(F_{\hat{A}1}) := \begin{cases} 0 & \text{if } F_{\hat{A}1} < 640 \\ \frac{F_{\hat{A}1} - 640}{647.5 - 640} & \text{if } 640 \leq F_{\hat{A}1} < 647.5 \\ \frac{655 - F_{\hat{A}1}}{655 - 647.5} & \text{if } 647.5 \leq F_{\hat{A}1} \leq 655 \\ 0 & \text{if } F_{\hat{A}1} > 655 \end{cases}$$

На рис. 5.3.10. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «**Висока**», що визначена з множини значень витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1} .

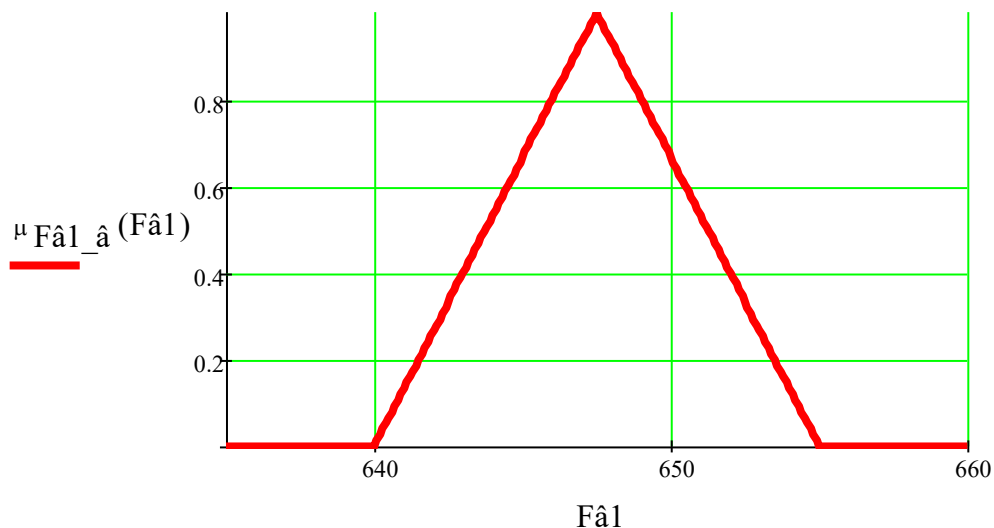


Рис. 5.3.10 – Функція належності для нечіткої підмножини «Висока», що визначена з множини значень витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1}

Функція належності для терму F_{B1} «**Дуже висока**» описана наступним чином:

$$\mu_{F_{\hat{A}1}}(F_{\hat{A}1}) := \begin{cases} 0 & \text{if } F_{\hat{A}1} < 650 \\ \frac{F_{\hat{A}1} - 650}{660 - 650} & \text{if } 650 \leq F_{\hat{A}1} < 660 \\ 1 & \text{if } F_{\hat{A}1} \geq 660 \end{cases}$$

На рис. 5.3.11 зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «**Дуже висока**», що визначена з множини значень витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1} .

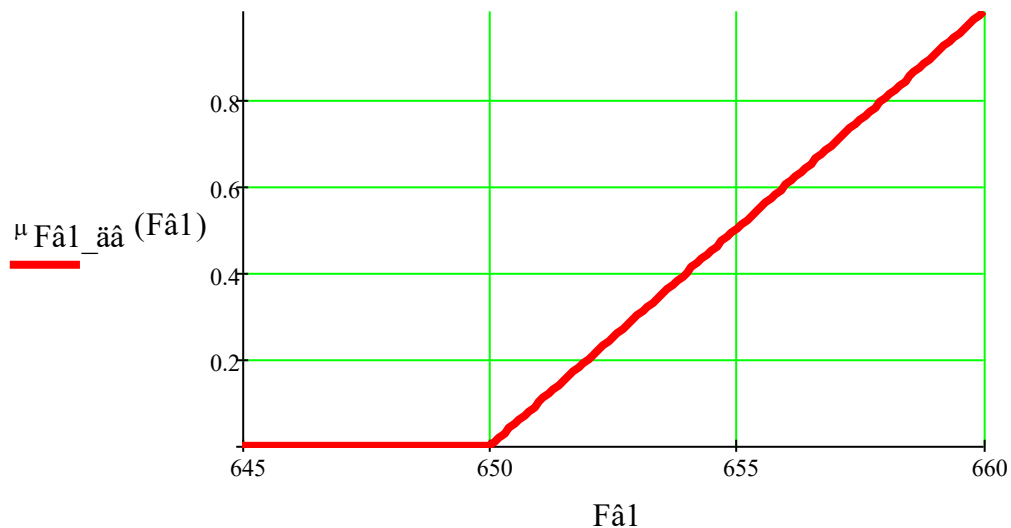


Рис. 5.3.11 – Функція належності для нечіткої підмножини «Дуже висока», що визначена з множини значень витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1}

На рис. 5.3.12 зображено графіки усіх функції належності керованої змінної витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1} .

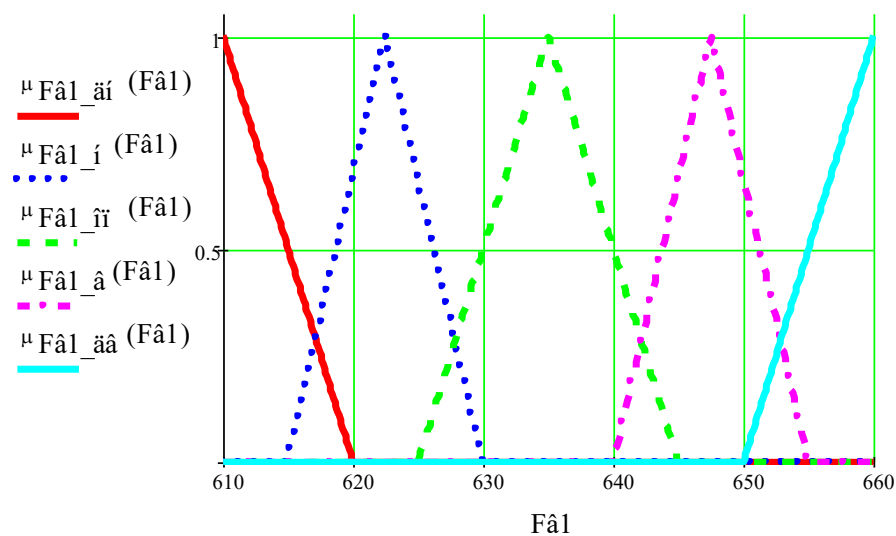


Рис. 5.3.12 – Графіки усіх функції належності керованої змінної витрати холодної води на вході в теплообмінник F_{B1}

5.4. Розрахунок керувальної змінної системи управління за різними алгоритмами

Припустимо, що температура на виході з теплообмінника T_c рівна 299K. Знайдемо ступінь входження цього значення у кожен терм лінгвістичної змінної «Температура на виході з теплообмінника»:

- Для терму «дуже низька» ступінь входження:

- $$T_{\tilde{n}_{\tilde{a}i}} := \mu_{\tilde{O}_{\tilde{n}_{\tilde{a}i}}(299)} \rightarrow 0$$
- Для терму «**низька**» ступінь входження:
- $$T_{\tilde{n}_{\tilde{i}}} := \mu_{T_{\tilde{n}_{\tilde{i}}}(299)} \text{ float}, 2 \rightarrow 0.6$$
- Для терму «**нормальна**» ступінь входження:
- $$T_{\tilde{n}_{\tilde{ii}}} := \mu_{T_{\tilde{n}_{\tilde{ii}}}(299)} \text{ float}, 2 \rightarrow 0.3$$
- Для терму «**висока**» ступінь входження:
- $$T_{\tilde{n}_{\tilde{a}}} := \mu_{T_{\tilde{n}_{\tilde{a}}}(299)} \text{ float}, 2 \rightarrow 0.4$$
- Для терму «**дуже висока**» ступінь входження:
- $$T_{\tilde{n}_{\tilde{aa}}} := \mu_{T_{\tilde{n}_{\tilde{aa}}}(299)} \rightarrow 0$$

Урахування ступенів входження у ліві частини правил потребує модифікації правих частин правил. Для цього використаємо метод добутку:

$$\mu_{\tilde{a}i}_{\tilde{a}}(F\hat{a}1) := \mu_{F\hat{a}1}_{\tilde{a}i}(F\hat{a}1) \cdot T_{\tilde{n}_{\tilde{a}i}}$$

$$\mu_{\tilde{i}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1) := \mu_{F\hat{a}1}_{\tilde{i}}(F\hat{a}1) \cdot T_{\tilde{n}_{\tilde{i}}}$$

$$\mu_{\tilde{ii}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1) := \mu_{F\hat{a}1}_{\tilde{ii}}(F\hat{a}1) \cdot T_{\tilde{n}_{\tilde{ii}}}$$

$$\mu_{\tilde{a}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1) := \mu_{F\hat{a}1}_{\tilde{a}}(F\hat{a}1) \cdot T_{\tilde{n}_{\tilde{a}}}$$

$$\mu_{\tilde{aa}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1) := \mu_{F\hat{a}1}_{\tilde{aa}}(F\hat{a}1) \cdot T_{\tilde{n}_{\tilde{aa}}}$$

Для врахування дії усіх існуючих правил, тобто для виконання суперпозиції використаємо метод об'єднання. На Рис. 5.4.1 показані результати суперпозиції нечітких множин методом об'єднання з модифікацією правил методом добутку.

$$\mu_1(F\hat{a}1) := \max(\mu_{\tilde{a}i}_{\tilde{a}}(F\hat{a}1), \mu_{\tilde{i}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1), \mu_{\tilde{ii}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1), \mu_{\tilde{a}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1), \mu_{\tilde{aa}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1))$$

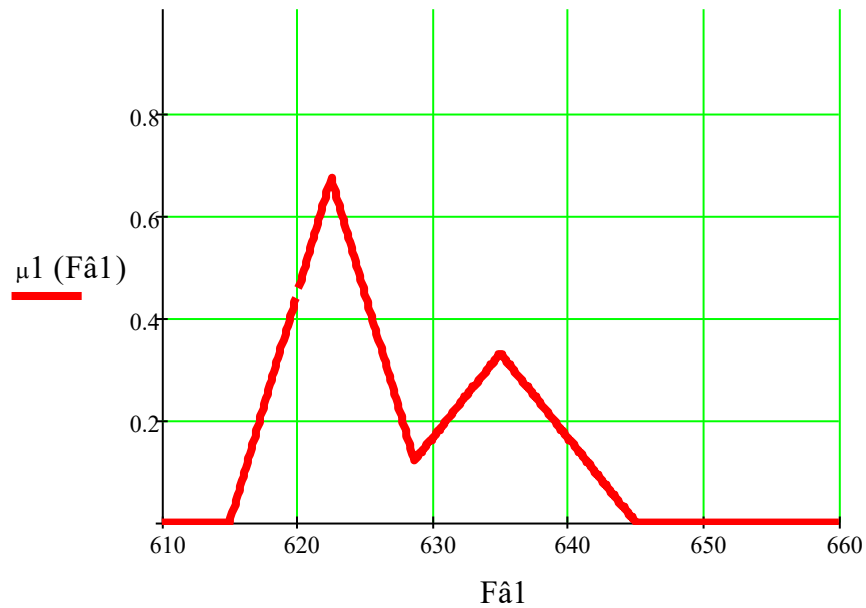


Рис. 5.4.1 – Результати суперпозиції нечітких множин методом об'єднання з модифікацією правил методом добутку

Тепер застосуємо інший метод суперпозиції, а саме метод підсумовування. На рис. 5.4.2. зображено результати суперпозиції нечітких множин методом підсумовування з модифікацією правил методом добутку.

$$\mu_2(F\hat{a}1) := \mu_{\hat{a}1_a}(F\hat{a}1) + \mu_{\hat{a}2_a}(F\hat{a}1) + \mu_{\hat{a}3_a}(F\hat{a}1) + \mu_{\hat{a}4_a}(F\hat{a}1) + \mu_{\hat{a}5_a}(F\hat{a}1)$$

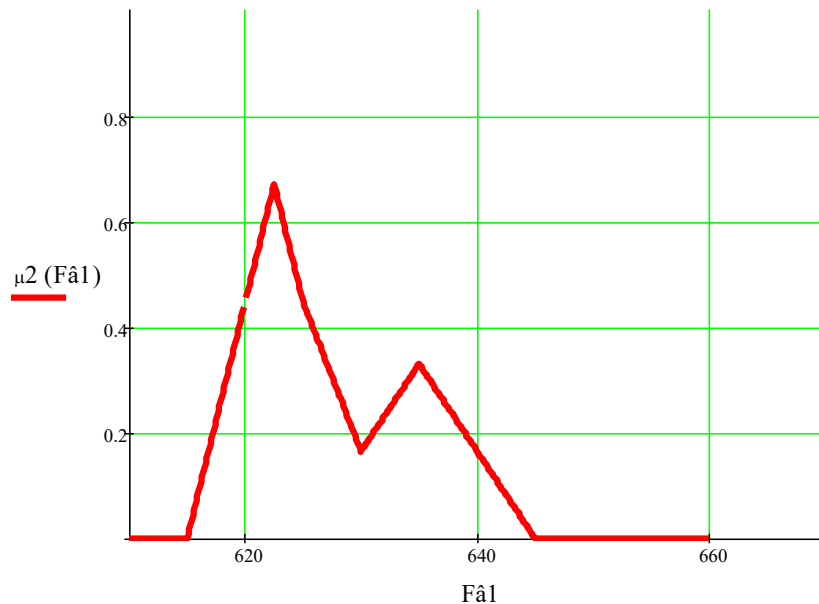


Рис. 5.4.2 – Результати суперпозиції нечітких множин методом об'єднання з модифікацією правил методом підсумовування

Застосуємо інший метод модифікації правих частин, а саме метод мінімуму:

$$\mu_{\tilde{a}_1}(\hat{F}1) := \begin{cases} \mu_{\hat{F}1_{\tilde{a}_1}}(\hat{F}1) & \text{if } \mu_{\hat{F}1_{\tilde{a}_1}}(\hat{F}1) \leq T_{\tilde{a}_1} \\ T_{\tilde{a}_1} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{b}_1}(\hat{F}1) := \begin{cases} \mu_{\hat{F}1_{\tilde{b}_1}}(\hat{F}1) & \text{if } \mu_{\hat{F}1_{\tilde{b}_1}}(\hat{F}1) \leq T_{\tilde{b}_1} \\ T_{\tilde{b}_1} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{c}_1}(\hat{F}1) := \begin{cases} \mu_{\hat{F}1_{\tilde{c}_1}}(\hat{F}1) & \text{if } \mu_{\hat{F}1_{\tilde{c}_1}}(\hat{F}1) \leq T_{\tilde{c}_1} \\ T_{\tilde{c}_1} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{d}_1}(\hat{F}1) := \begin{cases} \mu_{\hat{F}1_{\tilde{d}_1}}(\hat{F}1) & \text{if } \mu_{\hat{F}1_{\tilde{d}_1}}(\hat{F}1) \leq T_{\tilde{d}_1} \\ T_{\tilde{d}_1} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{e}_1}(\hat{F}1) := \begin{cases} \mu_{\hat{F}1_{\tilde{e}_1}}(\hat{F}1) & \text{if } \mu_{\hat{F}1_{\tilde{e}_1}}(\hat{F}1) \leq T_{\tilde{e}_1} \\ T_{\tilde{e}_1} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Для врахування дії усіх існуючих правил, тобто для виконання суперпозиції використаємо метод об'єднання. На Рис. 5.4.3 показані результати суперпозиції нечітких множин методом об'єднання з модифікацією правил методом мінімуму.

$$\mu_3(\hat{F}1) := \max(\mu_{\tilde{a}_1}(\hat{F}1), \mu_{\tilde{b}_1}(\hat{F}1), \mu_{\tilde{c}_1}(\hat{F}1), \mu_{\tilde{d}_1}(\hat{F}1), \mu_{\tilde{e}_1}(\hat{F}1))$$

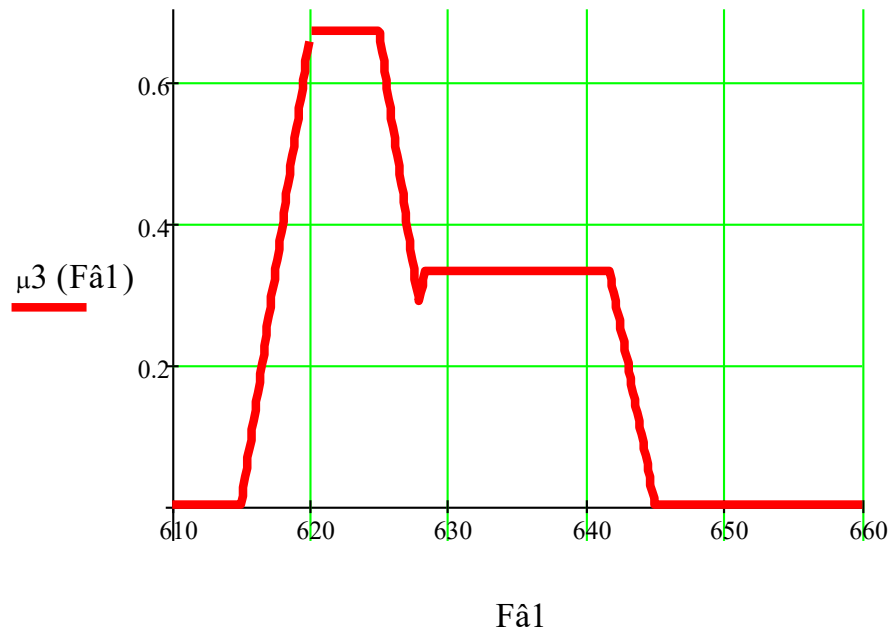


Рис. 5.4.3 – Результати суперпозиції нечітких множин методом об'єднання з модифікацією правил методом мінімуму

Тепер застосуємо інший метод суперпозиції, а саме метод підсумовування. На рис. 5.4.4. зображено результати суперпозиції нечітких множин методом підсумовування з модифікацією правил методом мінімуму.

$$\mu_4(F\hat{a}1) := \mu_{\ddot{a}1_1}(F\hat{a}1) + \mu_{\acute{1}_1}(F\hat{a}1) + \mu_{\ddot{1}_1}(F\hat{a}1) + \mu_{\hat{a}_1}(F\hat{a}1) + \mu_{\ddot{a}\hat{a}_1}(F\hat{a}1)$$

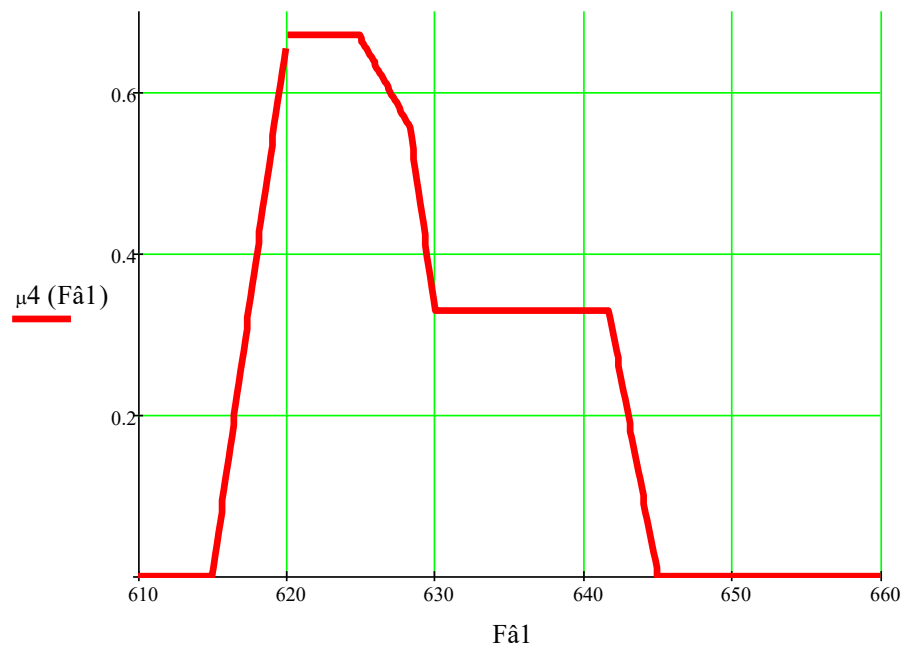


Рис. 5.4.4 – Результати суперпозиції нечітких множин методом підсумовування з модифікацією правил методом мінімуму

Для визначення конкретного значення керувального впливу, визначають точку, яка є центром фігури, обмеженою контурами узагальненої функції належності. Значення, яке відповідає цьому центру – це значення керувального впливу. Визначимо даний керувальний вплив за допомогою метода центра ваги фігури для усіх застосованих методів:

$$y_1 := \frac{\int_{610}^{660} \hat{F}a1 \cdot \mu_1(\hat{F}a1) d\hat{F}a1}{\int_{610}^{660} \mu_1(\hat{F}a1) d\hat{F}a1}$$

$$y_1 = 627.439$$

$$y_2 := \frac{\int_{610}^{660} \hat{F}a1 \cdot \mu_2(\hat{F}a1) d\hat{F}a1}{\int_{610}^{660} \mu_2(\hat{F}a1) d\hat{F}a1}$$

$$y_2 = 627.455$$

$$y_3 := \frac{\int_{610}^{660} \hat{F}a1 \cdot \mu_3(\hat{F}a1) d\hat{F}a1}{\int_{610}^{660} \mu_3(\hat{F}a1) d\hat{F}a1}$$

$$y_3 = 631.631$$

$$y_4 := \frac{\int_{610}^{660} \hat{F}a1 \cdot \mu_4(\hat{F}a1) d\hat{F}a1}{\int_{610}^{660} \mu_4(\hat{F}a1) d\hat{F}a1}$$

$$y_4 = 628.147$$

6. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

6.1. За допомогою мови Auto Lisp побудова апаратів, що входять у схему автоматизації

Розглянемо побудову апарату сульфуратора *С1*, що входить у схему автоматизації технологічного процесу виробництва сульфокислот.

Підготовка креслення полягає в розробці ескіза креслення деталі, на якому вказуються усі параметри, що визначають геометрію деталі.

Кількість параметрів, що задаються, має бути мінімальною, але достатньою для повного опису геометричної форми деталі. З цих параметрів визначаються основні параметри і допоміжні [10].

Побудова апарату відбувається наступним чином: програма спочатку просить користувача вказати початкову точку *p1*, далі потрібно ввести висоту прямокутника *a1* і натиснути клавішу ENTER. Оскільки решта параметрів взаємозалежні, то їх розрахунок відбувається за наступними формулами залежно від вказаної висоти:

$$a2 = a1 * 1.25 \text{ – ширина прямокутника;}$$

$$x = a2 / 2 \text{ – центр прямокутника;}$$

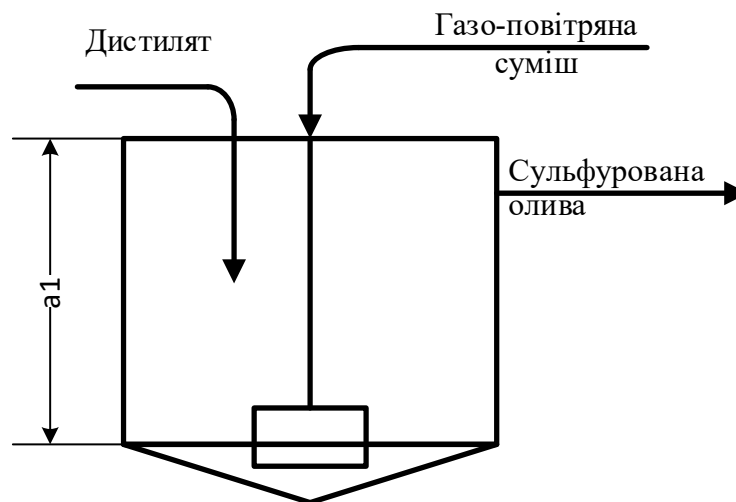


Рис.6.1. – Креслення апарату, що параметризується

Лістинг програми креслення, що параметризується наведено у *Додатку 3*.

6.2. Програмування навчальної програми C++

Розроблено прикладну програму “Автоматизація технологічного процесу виробництва сульфокислот”, яка демонструє технологічну схему процесу виробництва сульфокислот і її опис. Також виводиться інформація про продукти. У програмі є можливість проглянути схему, опис і графіки зміни технологічних параметрів для сульфуратора і теплообмінника типу «труба в трубі». Також розміщена інформація про використану літературу і пункт «про програму». Програма має демо-ролик з демонструванням роботи контура регулювання технологічного об’єкту керування. В програмі є схема автоматизації процесу з можливістю управління апаратами. Апарати мають схему автоматизації, схему і опис контуру регулювання, демонстраційну роботу контура [11].

Загальна структура меню команд навчальної програми C++ :

- ❖ Технологія
 - Мнемосхема
 - Опис процесу
 - Продукція
- ❖ Апарати
 - Теплообмінник типу «труба в трубі»
 - Конструкція
 - Опис
 - Параметри
 - Сульфатор
 - Конструкція
 - Опис
 - Параметри
- ❖ Управління ХТП
 - Автоматизація виробництва сульфокислот

- Управління теплообмінником
 - Схема автоматизації
 - Схема і опис контуру регулювання
 - Демонстрація роботи контуру регулювання
- Управління сульфуратором
 - Схема автоматизації
 - Схема і опис контуру регулювання
 - Специфікація на ТЗА
 - Робота контуру технологічної сигналізації (деморолик)
- Управління електромотором
 - Деморолик дистанційного керування вмикання/вимикання живлення
 - Деморолик аварійного захисту
 - Монтажнокомутаційна схема
- Технологічне блокування
 - Схема
 - Опис технологічних блокувань
 - Деморолик технологічних блокувань
- Електромагнітне реле
 - Конструкція та технічні характеристики
 - Динамічні властивості реле
 - Прискорення роботи реле
- ❖ Інформація
 - Про програму
 - Література
- ❖ Вихід

Програма призначена для використання у навчальному процесі, для більшаглядної демонстрації та розуміння студентами принципу роботи контурів схеми автоматизації технологічного процесу виробництва сульфокислот, принципово електричної схеми дистанційного керування вмик/вимик. живленням електромоторів. Також програма може використовуватися для ознайомлення із технологічним процесом у режимі презентації. Результати роботи зображені на рис.6.2 та рис.6.3.

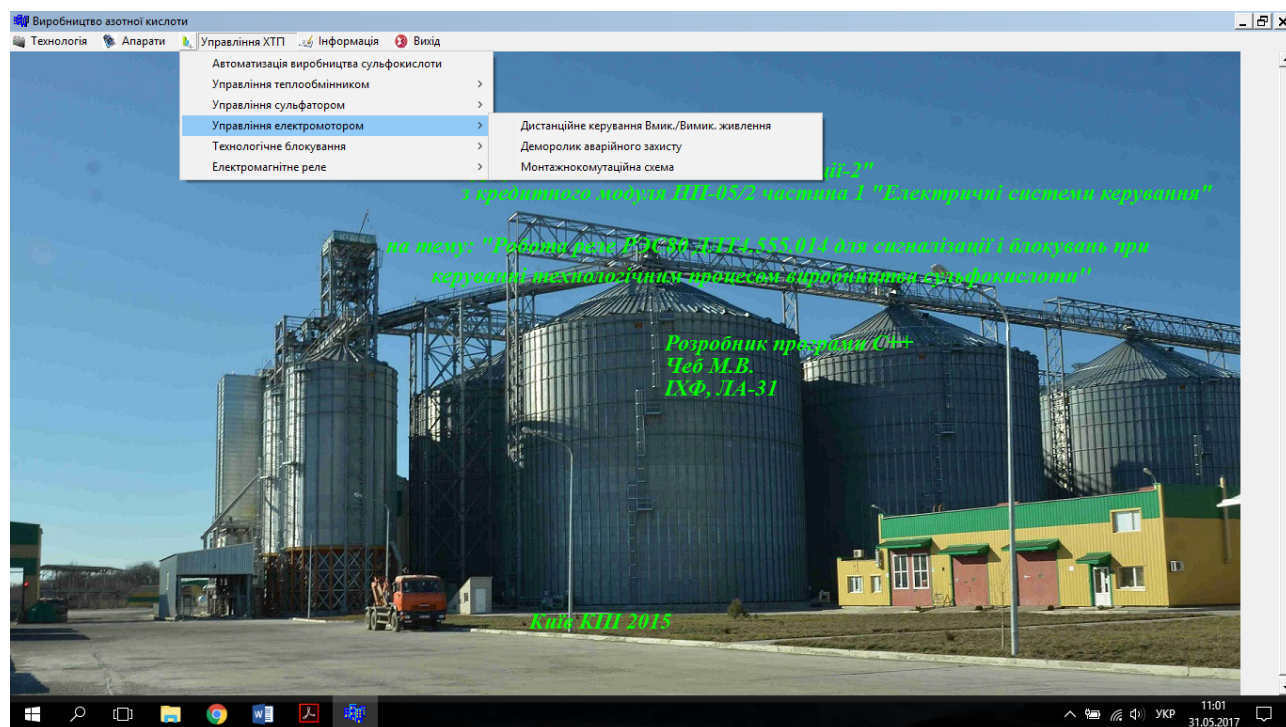


Рис.6.2. – Заставка прикладної навчальної програми C++

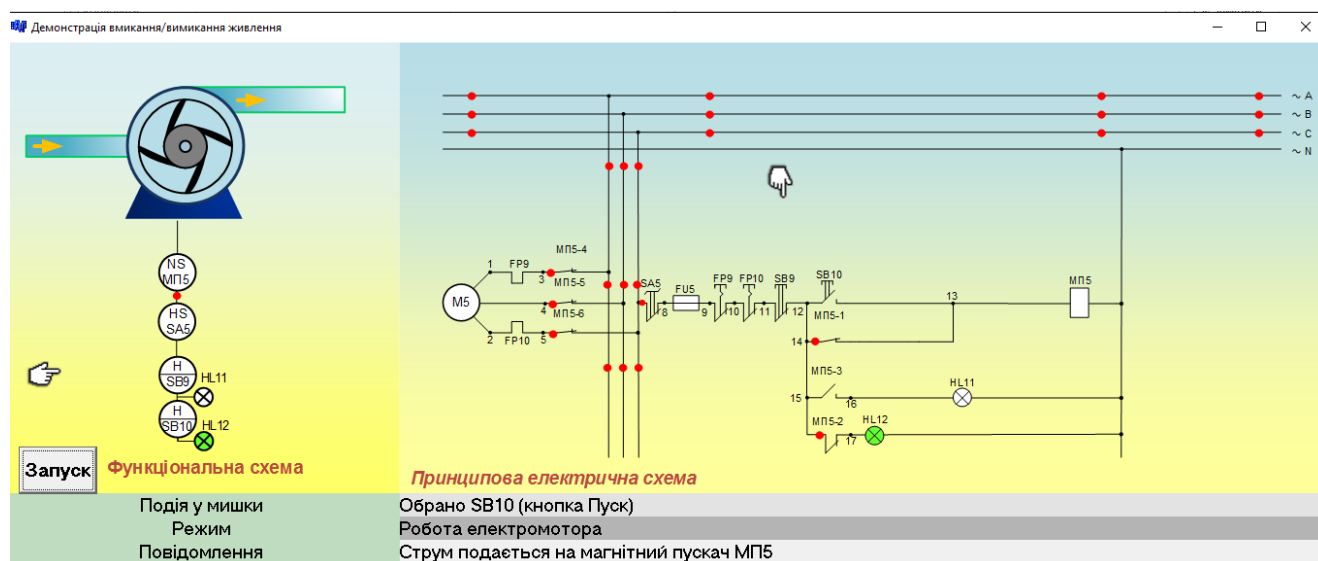


Рис.6.3. – Робота демонстраційного ролику вмикання та вимикання живлення

6.3. Створення імітаційної моделі в LabVIEW

Принципову схему екстрактора як об'єкту керування концентрацією зображено на рис. 6.4.

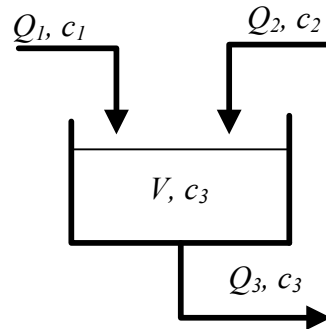


Рис. 6.4 – Принципова схема екстрактора як об'єкт керування концентрацією сульфурованої оливи

Рівняння матеріального балансу екстрактора та інші вихідні дані до об'єкта наведено у розділі 3.1 (Характеристика об'єкта керування).

$$T_{11} \frac{dy}{dt} + y(t) = k_{11}u(t) + k_{12}f(t), \quad (6.2)$$

Запишемо (6.2) в дискретній формі, тобто замість dt використаємо припущення Δt ; dy є припущенням параметру y , тобто

$$dy = \Delta y = y_i - y_{i-1},$$

де i та $i-1$ є індексами параметру y в i -й та $i-1$ -й момент часу. Таким чином рівняння (6.2) можна подати в такий дискретній формі

$$T_{11} \frac{y_i - y_{i-1}}{\Delta t} + y_i = k_{11}u + k_{12}f \quad (6.3)$$

Виконаємо перетворення для того, щоб виразити y_i , тобто значення параметру об'єкта на поточний момент часу, через інші змінні.

$$T_{11}(y_i - y_{i-1}) + y_i \Delta t = k_{11} u \Delta t + k_{12} f \Delta t$$

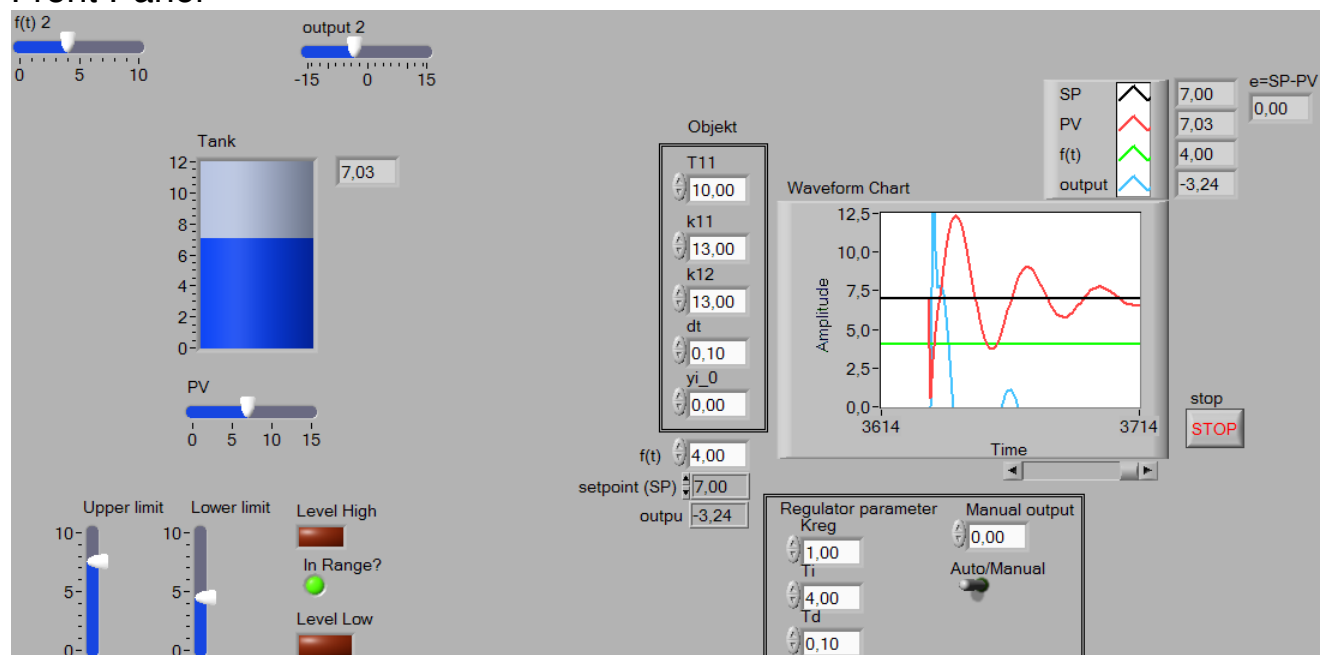
$$y_i(T_{11} + \Delta t) = k_{11} u \Delta t + k_{12} f \Delta t + y_{i-1} T_{11}$$

$$y_i = \frac{k_{11} u \Delta t + k_{12} f \Delta t + y_{i-1} T_{11}}{T_{11} + \Delta t} \quad (6.4)$$

Функцію (6.4) можна запрограмувати в системі LabVIEW. Для цього використаємо структуру While і Formula Node. Для передачі даних про стан параметру y на попередній ітерації, тобто значення y_{i-1} , використано зсувовий регістр Shift register (рис. 6.2). Значенню параметру y_i відповідає змінна « y_i », значенню y_{i-1} відповідає змінна « y_{i-1} ». Початкове значення параметру y_i задано елементом керування « y_{i_0} » [13].

Результати створення імітаційної моделі наведено на рис 6.5. Процес розроблення програми наведено у Додатку 3.

Front Panel



Block Diagram

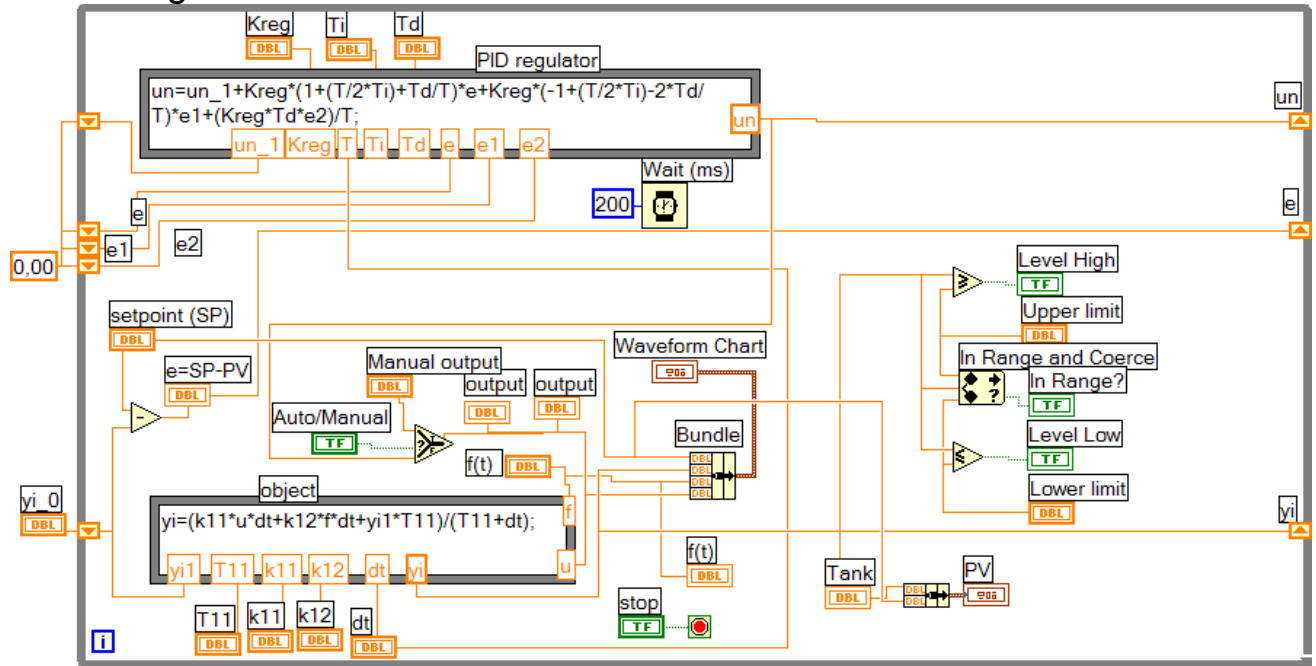


Рис.6.5 - Імітаційна модель

7. СТАРТАП ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВИХ ПЛЯШОК НА ПЛИТКУ

Пластикові пляшки становлять майже третину всього обсягу сміття, за підрахунками екологів. В цих пляшках продається величезний перелік напоїв, починаючи від мінеральної води і закінчуючи пивом або молоком. Дуже рідко цей матеріал застосовують для переробки, тому я пропоную побудувати виробництво тротуарної плитки з пластикових пляшок.

Сировина закуповується у підприємств, що спеціалізуються на утилізації полімерних відходів. В процесі переробки пляшки переходять у стан поліефірних смол. Для очищення сировини використовуємо термічний реактор, після цього додаються вторинні полімери. Виробництво нового матеріалу для виготовлення плитки не дає токсичних відходів. Шкідливі випаровування в плитці також відсутні, готову продукцію можна повторно переробляти.

Користь проекту для екології планети величезна.

Можна створити конкурентний продукт, який дуже зацікавить представників будівельного ринку. Дуже привабливі і експлуатаційні характеристики і ціна, і естетичні властивості нової плитки.

«Скорочуються витрати і час робіт – у порівнянні зі стандартними видами плитки ця укладається швидше в 6 разів.»

Плитка володіє високою міцністю, легше скла або кераміки на 66%. Експлуатаційні характеристики оздоблювального матеріалу дозволяють використовувати його і для внутрішнього, і для зовнішнього оздоблення. Легкість матеріалу значно спрощує транспортування і процес укладання.

Цільовою аудиторією є будівельний ринок. Монетизація відбуватиметься за рахунок великої кількості дешевої сировини та реалізації якісної продукції, що також збереже екологію.

Продукт матиме доступну ціну для споживачів як низькими так і з високими доходами. Конкурентами є виробники плитки з інших матеріалів.

Плитка з пластикових пляшок, матиме чудову якість, укладатиметься у декілька разів швидше бетонної, тротуарна плитка з пластикових пляшок

відрізняється високим рівнем міцності. Крім цього, її завжди можна легко демонтувати і замінити на нову без серйозних фінансових вкладень. А в якості сировини для виготовлення цього будматеріалу знадобляться тільки полімер, пісок і барвник. Також перевагою є дешевизна продукції та збереження екології.

Для запуску виробництва необхідно 25-30 тис. доларів. В цю суму входять витрати на: дробарку полімерів, термошнекозмішувальну машину, пресувальні форми, з/п персоналу, електроенергію, рекламу продукції, пункт збору пластикових відходів та обслуговування машин. Гроші планую брати із власних збережень та залучення зовнішніх інвесторів.

Основними учасниками кожної аналізованої частини глобального ринка за наступними характеристиками є:

- розмір підприємства,
- структура представленого асортименту товарів і послуг (ширина та глибина);
- як зазначені конкурентні переваги
- що являє собою збутова система (які представлені канали розподілення)
- як окреслити політику просування, які елементи застосовуються частіше (рекламні банери, акції, участь у виставках, чати, т.ін.).

На території України основними конкурентами є 2 підприємства, які займаються переробкою пет-пляшок. Інші фірми пропонують продукт з іншої сировини. На західному ринку є 5 підприємств, які не є конкурентами оскільки розповсюджують продукт у межах свого регіону.

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті бакалавра проведений аналіз технологічної схеми виробництва сульфокислот, наведена характеристики основних стадій виробництва та опис використаної сировини і продуктів. Основними апаратами процесу є сульфуратори, відстійники, теплообмінник, екстрактори, мішалка та насоси. Було розроблено схему автоматизації, виділено основні параметри, які впливають на якість вихідного продукту, а також технологічні параметри що підлягають контролю. Розроблені наступні креслення: схема автоматизації, принципова електрична схема з дистанційного керування і аварійного захисту та технологічних блокувань електричних двигунів, принципова електрична схема технологічних блокувань та технологічної сигналізації контрольованих параметрів. Основним технологічним апаратом є екстрактор.

Для даного апарату розроблена математична модель статичного та динамічного режимів роботи, виконані розрахунки статичних та динамічних характеристик за каналом керування.

На основі математичної моделі зроблений синтез системи керування з регулятором Даліна, дискретним ПІ-регулятором за алгоритмом Даліна та ПІ-регулятором за алгоритмом запронованим компанією “МІКРОЛ”. Розрахунки виконано у програмі Mathcad. У результаті аналізу пропонується використовувати дискретний ПІ-регулятор за алгоритмом Даліна, який забезпечує аперіодичний перехідний процес у системі із часом регулювання 1000 с, що відповідає завданню на проектування.

Розроблено розрахунок надійності фрагменту схеми. Розроблено прикладну програму “Автоматизація технологічного процесу виробництва сульфокислот”, яка демонструє технологічну схему процесу виробництва сульфокислот, її опис і може бути використана у навчальному процесі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. **Эрих В. Н.** Химия и технология нефти и газа [Текст] : учебное пособие / В. Н. Эрих, М. Г. Расина, М. Г. Рудин. – 2-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1977.– 424 с. : ил.– Библиогр. : с. 390 – 393. – 2000 пр.
2. **Иванова Л. В.** Технология переработки нефти и газа [Текст] : учебное пособие / Л. В. Иванова, М. И. Корнеев, В. Н. Юзбашев. – М.: Химия, 1966. – 419 с. : ил.– Библиогр.: с. 363 – 365. – 1500 пр.
3. **Чеб М. В.** Автоматизація технологічного процесу виробництва сульфокислот [Текст] / М. В. Чеб, Я. Ю. Жураковський // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології: Тези доповідей Четвертої науково-практичної конференції студентів; Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 23 квітня 2017 р. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 44 с. : іл. – Бібліогр.: в кінці тез. – С. 19–20.
4. **Кваско М. З.** Проектування систем керування: навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології»/ М. З. Кваско, Я. Ю. Жураковський, А. І. Жученко, В. В. Миленський – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 342 с.
5. **Ковалевський В. М.** Методичні вказівки до практичних занять з кредитного модуля «Електричні системи керування» навчальної дисципліни “ Технічні засоби автоматизації – 2” для студентів напрямку підготовки “ Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології ” по спеціалізації «Автоматизація хіміко-технологічних процесів і виробництв» [Текст] / Укладач, В. М. Ковалевський, // – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 60 с. : ил.– Библиогр.: с. 26 – 31.
6. **Лукінюк М. В.** Технологічні вимірювання та прилади [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с. : іл. – Біблігр.: с. 427-428. – 200 пр. –ISBN 978-966-622-247-6. Гриф МОН України.
7. **Жураковський Я. Ю.** Автоматизація виробничих процесів–2. Автоматизовані системи управління технологічними процесами: Метод. вказівки до практичних занять для студентів спеціальності „Обладнання лісового комплексу” / Уклад. М. С. Піргач, Я. Ю. Жураковський – К.: НТУУ „КПІ”, 2015. – 78 С.
8. Преобразователь-регулятор потенциометрический микропроцессорный ПП-10 [Текст] : руководство по эксплуатации ПП-10 : розробник і виробник підприємство «МІКРОЛ». – Івано-Франківськ, 2011. – 78 с. – 1000 пр.

9. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Текст]: учеб. пособие. для студ. высш. учеб. закл. / А. А.Лашинский, А. Р.Толчинский, Л., «Машиностроение», 2013. – 752 стр. : ил. – Библиогр.: с.415. – ISBN 978-5-91872-013-4.

10. Кубрак А. И. Определение передаточных функций элементов автоматических систем [Текст] : монография / А. И. Кубрак, А. И. Жученко. – К.: НТУУ «КПИ», 2006. – 261 с.: рис. – Библиогр.: с. 256–258. – 200 пр.

11. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: техно-логічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. техно-логії» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Біблігр.: с. 230-231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2. Гриф МОН України.

12. Чеб М. В. Автоматизація процесу виробництва сульфокислот [Текст] / М.В. Чеб, Я.Ю. Жураковський // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології: Дипломний проект; Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 5 червня 2017 р. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017.– 78 с. : іл. – Бібліогр.: в кінці ДП. – С. 19–56.

13. Жураковський Я. Ю. Комп'ютерно-інтегровані технологічні комплекси – 2. Основи теорії інформації та кодування: Метод. вказівки до викон. лабор. робіт для студ. напр. „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології” / Уклад.: Я. Ю. Жураковський. – К. : НТУУ ”КПІ“, 2014. – 47 с.