БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.АКП-65.00.00.000 ПЗ

Група АКП-23-2К

Максим Урманов

2025

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет автоматизації та енергетики
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Урманов Максим Тимурович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 662.769.2:661.183.2:681.5
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка системи автоматизації десорбційної колони оливоабсорбційної установки
(назва роботи)

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(назва освітньої програми)

174 - «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва спеціальності)

Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Нормоконтроль
доцент О.В. Кучмистенко
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент
доцент І.І. Чигур
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Здобувач освітнього ступеня
АКП-23-2К М.Т. Урманов
(шифр групи) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Науковий керівник
асистент Л.І. Лагойда
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри
доцент А.І. Лагойда
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківськ - 2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет автоматизації та енергетики

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Спеціальність 174 - «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АКІТ

_____.
«____» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Урманов Максим Тимурович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації десорбційної колони оливоабсорбційної установки

керівник роботи Лагойда Людмила Іванівна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «____» _____20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи 13.06.2025

3. Вихідні дані до роботи Технологічна схема об'єкту, параметри проходження процесу, стандарти, каталоги, методичні вказівки

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз оливоабсорбційного процесу з точки зору об'єкта автоматичного контролю та керування. 2 Математичне моделювання а також ідентифікація об'єкта керування. 3 Синтез структури системи автоматичного керування. 4 Розвиток САК на основі інтелектуальних технологій. 5 Розробка проектної документації на САК. Висновки. Перелік посилань на джерела

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Лист 1 - Функціональна схема автоматизації - БР.АКП-65.00.00.001;
Лист 2 - Результати експерименту - БР.АКП-65.00.00.002;
Лист 3 - Аналіз і синтез одноконтурної АСК - БР.АКП-65.00.00.003;
Лист 4 - Аналіз і синтез каскадної АСК - БР.АКП-65.00.00.004;
Лист 5 - Структурна схема АСК - БР.АКП-65.00.00.005;
Лист 6 - Загальний вигляд щита керування - БР.АКП-65.00.00.006.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 06.11.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз оливоабсорбційного процесу з		
	точки зору об’єкта автоматичного		
	контролю та керування	10.06.2025	
2	Математичне моделювання а також		
	ідентифікація об’єкта керування	11.06.2025	
3	Синтез структури системи		
	автоматичного керування	12.06.2025	
4	Розвиток САК на основі		
	інтелектуальних технологій	13.06.2025	
5	Розробка проектної документації на		
	САК	13.06.2025	

Студент _____ М.Т. Урманов
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ Л.І. Лагойда
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота містить: 75 сторінок друкованого тексту, 24 рисунки, 13 таблиць, 10 переліків посилань на джерела і 3 додатки.

Тема: розробка системи автоматизації десорбційної колони оливоабсорбційної установки.

Об’єкт дослідження: оливоабсорбційна установка (десорбційна колона).

Мета проекту: здійснення удосконалення системи автоматизації десорбційної колони оливоабсорбційної установки.

Методи дослідження: проведення експериментального моделювання автоматичної системи керування десорбційною колоною оливоабсорбційної установки.

Результати бакалаврської роботи: виконано аналіз технологічного процесу десорбції оливоабсорбційної установки, а зокрема регенерації абсорбенту, дивлячись із точки зору автоматизації процесу, виконано аналіз існуючих технологій керування об’єктом автоматизації.

Користуючись даними активного експерименту визначено передавальну функцію об’єкта керування за каналом регулювання «%РО - витрата теплоносія» та «%РО - температура низу десорбера», здійснено вибір регуляторів та розраховано їхні оптимальні параметри налаштування, виконано розрахунок одноконтурної а також каскадної систем автоматичного керування, визначено їхні показники якості та досліджено системи на стійкість.

Ключові слова: одноконтурна АСК, каскадна АСК, десорбційна колона, оливоабсорбційна колона, процес, налаштування регулятора.

ABSTRACT

The bachelor thesis contains: 75 pages of printed text, 24 figures, 13 tables, 10 lists of references to sources and 3 appendices.

Topic: development of the automation system of the desorption column of the oil absorption plant.

Object of research: oil absorption plant (desorption column).

The purpose of the project: improvement of the automation system of the desorption column of the oil absorption plant.

Research methods: experimental modeling of the automatic control system of the desorption column of the oil absorption plant.

The results of the bachelor's work: the analysis of the technological process of desorption of the oil absorption plant, and in particular the regeneration of the absorbent, from the point of view of process automation, the analysis of existing control technologies of the automation object was performed.

Using the data of the active experiment, the transfer function of the control object on the control channel "% RO - coolant flow" and "% RO - desorber bottom temperature" was determined, controllers were selected and their optimal settings were calculated, single-circuit and cascade automatic control systems were calculated, their quality indicators are determined and systems for stability are investigated.

Keywords: single-circuit ASK, cascade ASK, desorption column, oil absorption column, process, regulator settings.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ..... 9

ВСТУП..... 10

1 АНАЛІЗ ОЛИВОАБСОРБЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ З ТОЧКИ ЗОРУ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ..... 11

1.1 Призначення установки оливної абсорбції та суть процесу десорбції..... 11

1.2 Характеристика сировини і одержуваних продуктів..... 12

1.3 Аналіз технологічної схеми оливоабсорбційної установки як об'єкта автоматизації..... 16

1.4 Характеристики задіяного технологічного обладнання..... 19

1.5 Вибір, а також обґрунтування параметрів контролю і регулювання при десорбції..... 19

1.5.1 Тиск в десорбері..... 20

1.5.2 Температура в десорбері..... 21

1.5.3 Рівень абсорбента в десорбері К-3..... 22

1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу..... 22

Висновки до розділу..... 23

2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ А ТАКОЖ ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ..... 25

2.1 Дослідження об'єкта керування..... 25

2.2 Основні показники якості, а також критерії оптимальності системи автоматичного керування..... 26

2.3 Експериментальне дослідження динаміки керованого об'єкта..... 27

2.3.1 Підготовка та планування експерименту, а також виявлення вхідних і вихідних змінних..... 27

2.3.2 Обробка результатів експерименту..... 29
Висновки до розділу..... 35
3 СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ..... 36
3.1 Визначення оптимальних параметрів налаштування регуляторів для одноконтурної АСК..... 36
3.2 Визначення оптимальних параметрів налаштування регуляторів для каскадної АСК..... 37
3.3 Дослідження скійкості одноконтурної АСК..... 40
3.4 Дослідження скійкості каскадної АСК..... 41
3.5 Оцінка якісних характеристик досліджуваних систем керування за перехідними характеристиками..... 42
Висновки до розділу..... 43
4 РОЗВИТОК САК НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ..... 44
Висновки до розділу..... 51
5 РОЗРОБКА ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК..... 52
5.1 Розробка структурної схеми ієрархічної системи керування..... 52
5.2 Вибір технічних засобів автоматизації процесу десорбції..... 53
5.2.1 Вибір регуляторів..... 53
5.2.2 Вибір мікропроцесорних індикаторів технологічного процесу..... 55
5.2.3 Вибір давачів..... 57
5.2.3.1 Витрата..... 57
5.2.3.2 Температура..... 59
5.2.3.3 Рівень..... 60
5.2.3.4 Тиск..... 62
5.2.4 Вибір виконавчого механізму..... 64
5.3 Технічна реалізація системи автоматизації..... 64
5.3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації..... 64

5.3.2 Розробка креслення загального виду щита керування..... 65
Висновки до розділу..... 66
ВИСНОВКИ..... 67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА..... 68
ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АСК ТП - автоматична система керування технологічним процесом.

ВМ - виконавчий механізм.

КО - керований об’єкт.

САК - система автоматичного керування.

РО - регулюючий орган.

ТП - технологічний процес.

ТЗА - технічні засоби автоматизації.

ТА - теплообмінний апарат.

ФСА - функціональна схема автоматизації.

ВСТУП

З метою організованого освоєння ще не освоєних нафтових родовищ у структурі нафтогазової промисловості створені уніфіковані технологічні схеми призначені для збору, транспортування, а також підготовки нафти, газу та води. Дані схеми являються універсальними і відповідно забезпечують обладнання будь-яких родовищ з ураховуючи їх енергетичних та фізико-хімічних властивостей, а також кліматичних і інших специфічних умов.

В бакалаврській роботі головним завданням являється систематизація, а також закріплення та розширення знань, розвиток навичок стосовно розробки проектів автоматизації технологічних процесів, котрі повинні забезпечувати високі техніко-економічні показники. Завдання, які вирішуються у роботі, тісно зв'язані із наявними актуальними питаннями розробки та вдосконалення систем автоматичного керування, засобів отримання, обробки та відображення інформації на працюючих, а також проектованих промислових підприємствах. В процесі проектування використовуються результати останніх досягнень у науці та техніці.

Наведена робота виконаний на оливоабсорбційній установці Долинського ГПЗ. Працююча система автоматичного керування забезпечує в загальному стабілізацію наявних матеріальних потоків, а також теплових режимів установки, але її недоліком є те, що більшість засобів автоматизації розміщені у місцевих щитах та передбачають напівавтоматичний режим ведення технологічного процесу, при котрому можливі деякі промахи у керуванні через суб'єктивні фактори, що відповідно знижує якість регенерованого абсорбенту, а відповідно і продуктивність установки. Отож є актуальною розробка системи автоматичного керування технологічним процесом на базі використання сучасної мікропроцесорної техніки, а також новітніх технологій подачі інформації оператору. Тому тема бакалаврської роботи являється своєчасною, важливою а отже актуальною для виробництва і промисловості загалом.

1 АНАЛІЗ ОЛИВОАБСОРБЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ З ТОЧКИ ЗОРУ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ

1.1 Призначення установки оливної абсорбції та суть процесу десорбції

Оливоабсорбційна установка являє собою комплекс теплообмінних апаратів, ректифікаційних колон, ємностей, технологічних печей, насосів.

Головним призначенням даної установки являється відбензинення нафтового газу з метою одержання продукції з даного газу, а саме:

- відбензиненого сухого газу, котрий подається у систему магістральних газопроводів з метою комунально-побутового споживання;

- стабільного газового бензину, котрий являється сировиною для хімічних виробництв та компонентом для автомобільних бензинів;

- зріджених газів котрий служать паливом для об'єктів комунально-побутового споживання.

Абсорбція являє собою технологічний процес вибіркового поглинання необхідних компонентів газової суміші певним рідким поглиначем (абсорбентом), а відповідно технологічний процес вивільнення деякого газового компоненту із рідкої фази являє собою процес десорбції. У випадку підвищення температури та зниження тиску у системі відбудеться збільшення парціального тиску парів розчинених компонентів у задіяній рідкій фазі, а також відбувається технологічний процес переходу розчинених компонентів в парову (газову) фазу.

Абсорбція та десорбція являються масообмінними процесами, котрі створюють собою основу абсорбційного розділення нафтових, а також природних газів. Абсорбційний спосіб розділення вуглеводневих газів застосовується у промисловості з метою отримання газового бензину, а також рідких газів (пропан-бутанова суміш).

У зазначених абсорбційних процесах беруть активну участь дві фази тобто рідка і газова та відбувається перехід речовини із одного стану у інший. В процесі виробництва абсорбції піддають не деякі окремі гази, а певні газові суміші,

складові котрих можуть поглинатися цим поглиначем у великих кількостях. Такі складові мають назву абсорбуючих компонентів, чи просто компонентів, а відповідно непоглинуті частинки являються інертними газами.

Процеси десорбції характеризуються своєю статикою і кінематикою. Статика процесу десорбції, а саме деяка рівновага між присутньою рідкою і газовою фазами, встановлює певний стан, який встановлюється в процесі довгого контакту фаз. Певна рівновага між присутніми фазами визначається наявними термодинамічними властивостями компонентів та абсорбента та залежить від поточного стану однієї із фаз, а також температури і тиску. Кінематика десорбції, а саме швидкість процесу теплообміну є рушійною силою даного процесу, певними властивостями абсорбенту, компоненту і інертного газу, та деяким способом контакту фаз. Рушійна сила у десорберах зазвичай змінюється за їх довжиною та відповідно залежить від деякого характеру взаємного руху фаз (прямотік, перехресний тік, протитік тощо). У таких випадках можливе виконання неперервного чи періодичного контактів. У десорберах, які мають неперервний контакт характер потоку руху фаз у загальному не змінюється по довжині апарату, а певна зміна рушійної сили відбувається неперервно. Десорбер, який має ступінчатий контакт складається з декількох ступенів, які послідовно з’єднані по газу та рідині. В процесі переходу із ступеня у ступінь відбувається стрибкоподібна зміна деякої рушійної сили.

В реальності проведення процесу абсорбції може відбуватися у один час з десорбцією. У випадку не проведення процесу десорбції абсорбент використовується тільки один раз. У випадку проведення процесу десорбції абсорбент використовується багаторазово. Умови, які необхідні для десорбції являються протилежними для умов, які потрібні для процесу абсорбції.

1.2 Характеристика сировини і одержуваних продуктів

Для даної установки сировиною являється нафтовий супутній газ, котрий попередньо проходить осушення.

Характеристики такого газу відповідно до вимог стандарту наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристики осушеного газу

Склад газу	Хімічний склад газу
Пропан-бутан і більш високі вуглеводні	≤ 2 %
Сірководень (H_2S), мл/м^3	-
Етан (C_2H_6)	≤ 4 %
Вуглекислий газ (CO_2)	≤ 1 %
Азот (N_2)	≤ 2 %
Метан (CH_4)	≤ 92 %
Кисень (O_2)	-
Механічні домішки	≤ 5 %
Крапка роси: - за вуглеводнями - за водою	 ≤ -5°С при 4 МПа ≥ - 10°С при 4 МПа
Смоли	-

Технологічними продуктами оливоабсорційної установки являються:

- зріджені вуглеводневі гази;
- газ відбензинений;
- бензин газовий.

У якості реагентів та матеріалів на оливоабсорбційній установці використовується гасова фракція. Такі зріджені вуглеводневі гази як вуглеводні C_3 - C_4 являються токсичними, за ступенем свого впливу на організм людини та відповідно відносяться до 4 класу.

У низьких і не достатньо провітрюваних місцях можуть накопичуватися пари зріджених вуглеводневих газів, тому що густина таких парів являється більшою за густину повітря.

Зріджені вуглеводневі гази (при тиску 0,1 МПа та при температурі у межах від 15 до 200 °С) у випадку концентрації парів 4 - 10% у поєднанні із повітрям утворюють вибухонебезпечні суміші.

При тиску 0,1 МПа температура самозаймання у повітрі складає:

- для нормального бутану – 405,0 °С;

- для ізобутану - 462 °С;

- для пропану - 466 °С.

У перерахунку на вуглець гранично допустима концентрація вуглеводнів у повітрі робочої зони становить:

- ненасичених - 100 мг/м^3;

- насичених - 300 мг/м^3.

Фізико-хімічні показники пропан - бутанової фракція (зріджені вуглеводневі гази (ЗВГ)) повинні відповідати вимогам, які зазначені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Характеристики зрідженого вуглеводневого газу

Назва показника	Значення показника
Надлишковий тиск насичених парів, МПа: - за мінус 20 ºС, не менше - за плюс 45 ºС, не більше	 0,2 1,6
Масова частка компонента, %: - сума бутанів та бутиленів, не більше - сума пропану та пропілену - сума етану, етилену та метану	 60 не нормується не нормується
Вміст води	відсутність
Об’ємна частина рідкого залишку за температури +20 ºС (не більше), %	0,6
Вміст лугу	відсутність
Масова частка меркаптанової сірки і сірководню (не більше), % з урахуванням сірководню (не більше), %	 0,013 0,003

У таблиці 1.3 наведені фізико-хімічні властивості бензину, який виходить з установки.

Таблиця 1.3 - Фізико-хімічні властивості бензину, який виходить з установки

Назва показника	Значення показника
Об'ємна частка залишку в колбі (не більше), %	1,5
Фракційний склад по кипінню: - початок кипіння, °С (не нижче) - кінець кипіння, °С (не вище)	 30 185
Густина при температурі 20 °С (не більше), кг/м^3	760
Фактичних вміст смол (не більше), мг/100 см^3 бензину	5,0
Об'ємна частка залишку і втрат (не більше), %	4,0
Масова частка сірки (не більше), %	0,05
Тиск насичених парів (не більше), кПа	120
Вміст води та механічних домішок	відсутні
Колір	безбарвний, прозорий
Випробування на мідній пластинці	витримує

У таблиці 1.4 наведені фізико-хімічні властивості відбензиненого газу, який отримується на установці.

Таблиця 1.4 - Фізико-хімічні властивості відбензиненого газу, який отримується на установці

Назва показника	Значення показника
Масова концентрація сірководню (не більше), г/м^3	0,02
Теплота згоряння нижча (не менше), МДж/м^3 (при +20 °С та 101,325 кПа)	26
Об'ємна частка кисню (не більше), %	5,0
Масова концентрація меркаптанової сірки (не більше), г/м^3	0,036

Продовження таблиці 1.4

Назва показника	Значення показника
Інертність запаху газу за об'ємної частки 1% у повітрі (не менше), бал	3,0
Маса наявнихмеханічних домішок у 1 м^3 (не більше)	0,001

На установці у якості абсорбенту використовується гасова фракцію, яка має інтервалом кипіння 150 - 280 °С та молярну масу 150 кг/кмоль.

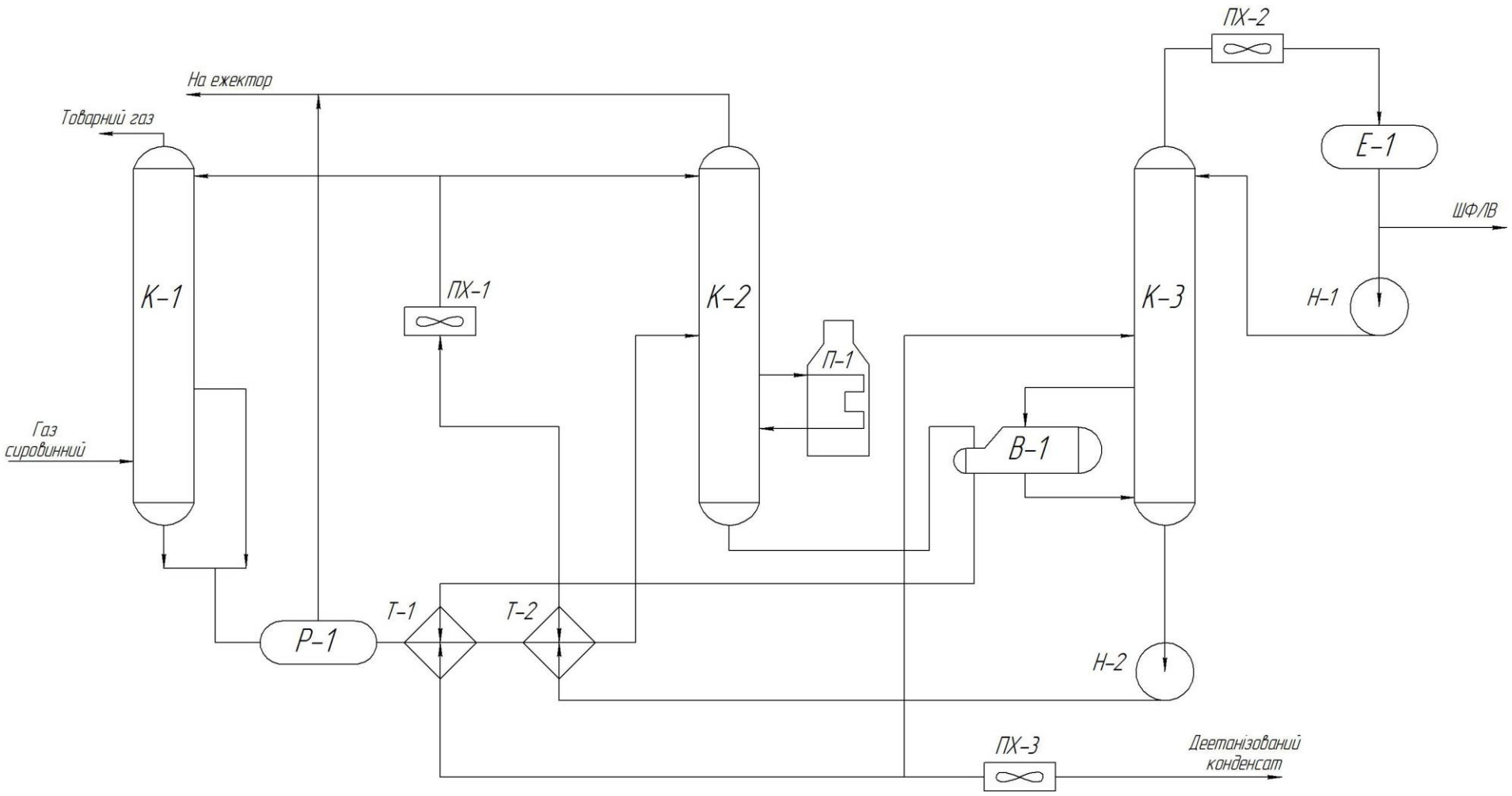
1.3 Аналіз технологічної схеми оливоабсорбційної установки як об'єкта автоматизації

Технологічна схема оливоабсорбційної установки зображена на рисунку 1.1.

Газ, який являється сировиною установки поступає у нижню частину абсорбера К-1. Колона К-1 складається із нижньої та верхньої абсорбційно-сепараційних секцій, котрі відділених напівглухою тарілкою. Абсорбент, у якості котрого застосовується гасова фракція із інтервалом кипіння в межах 150 – 280 °С та з молекулярною масою близько 150 кг/кмоль подається на верхню тарілку колони К-1. Значення питомої витрати абсорбенту рівне 0,4 кг/м^3.

З глухої тарілки абсорбера К-1 відводиться насичений абсорбент, який змішується із конденсатом, який випав у секції сепарації апарату К-1. Даний абсорбент дроселюється до тиску 2,5 МПа та поступає у дегазатор Р-1. На ежектор подаються гази вивітрювання із Р-1, а наявний частково дегазований абсорбент направляється у деетанізатор К-2 спочатку пройшовши наявні рекуперативні теплообмінники Т-1 та Т-2. У деетанізатор К-2 на верхню тарілку подається абсорбент, загальна витрата котрого становить біля третини від загальної кількості абсорбенту, котрий подається у абсорбер К-1. Газами вивітрювання змішуються з газами деетанізації у Р-1 та одним потоком направляються на ежектор.

Деетанізований насичений абсорбент відводиться з низу колони К-2 та дроселюється до тиску 0,42 МПа. Потік проходить рекуперативний теплообмінник Т-1 та надходить у стабілізатор К-3.



К-3 - десорбер; К-2 - деетанізатор; К-1 - абсорбер; Т-1, Т-2 - рекуперативні теплообмінники;П-1 - піч; Р-1 - дегазатор; В-1 - випарник; ПХ-1 - ПХ-3 - повітряні холодильники; Н-1, Н-2 – насоси; Е-1 - рефлюксна місткість

Рисунок 1.1 - Принципова технологічна схема оливоабсорбційної установки

Температура нижньої частини деетанізатора К-2 підтримується у необхідних межах за допомогою печі П-1.

Певна кількість деетанізованого абсорбенту у вигляді цільового продукту відводиться із даної установки через задіяний повітряний холодильник ПХ-3 з метою подальшої переробки та вилучення із нього деякої кількості широкої фракції легких вуглеводнів (ШФЛВ) яка являється цільовим продуктом. Саме такий метод виведення із установки деякої частини деетанізованого конденсату виключає насичення у циркулюючому абсорбенті важких фракції, а також механічних домішок.

У нижній частині колони підтримується температура в межах 240 - 260 °С за допомогою підігрівання регенерованого абсорбенту, який відбирається із нижньої частини колони і направляється у випарник В-1. В випарнику В-1 із даного регенерованого абсорбенту відпарюються наявні легкі вуглеводні та в вигляді парової фази повертаються назад у десорбер, а потім подаються під нижню тарілку. Значення температури верха колони коливається у межах 70 - 100 °С та регулюється подачею деякої кількості зрошення насосом Н-1 на саму верхню тарілку десорбера.

Значення тиску у десорбері коливається у межах 0,9 - 1,1 МПа. ШФЛВ одержують як верхній продукт колони К-3. Охолодження даної фракції відбувається у повітряному холодильнику ПХ-2 з якої направляється у ємність Е-1. Із ємності Е-1 певна частина зрідженої фракції направляється на подальше розподілення на технологічну установку газофракціонування, а деяка частина повертається назад у колону К-3 у якості орошення. Величина рівня у ємності Е-1 підтримують у межах від 0,300 до 0,950 м.

За допомогою насосу Н-2 знизу колони виводиться регенерований абсорбент який пройшовши послідовно рекуперативний теплообмінник Т-2 та апарат повітряного охолоджування ПХ-1 з встановленою температурою 19 °С (літній режим) надходить як зрошення у абсорбер К-1, а також деетанізатор К-2.

Відповідно до цих даних кількість виходу пропану та бутану у ШФЛВ

складає відповідно 47,88 та 87,76 %.

1.4 Характеристики задіяного технологічного обладнання

Характеристики задіяного технологічного обладнання установки представлені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Характеристики задіяного технологічного обладнання

Позначення на схемі обладнання	Загальна назва обладнання	Характеристика
Т-1,2	Теплообмінник	$L = 3{,}69$ м, $P = 2{,}5$ МПа, $F = 10$ м^2
Р-1	Дегазатор	$L = 3{,}4$ м, $V = 2{,}2$ м^3, $D = 1{,}024$ м, $P = 1{,}6$ МПа
К-2	Деетанізатор	$P = 1{,}8$ МПа, $H = 22{,}2$ м, $D = 1{,}2$ м
К-1	Абсорбер	$P = 6{,}1$ МПа, $H = 10{,}77$ м, $D = 1{,}6$ м
К-3	Десорбер	$P = 1{,}3$ МПа, $H = 14{,}582$ м, $D = 1$ м, $V = 10{,}75$ м^3, $n = 30$ шт
П-1	Піч	$F = 458{,}5$ м^2, $Q = 19144 - 22238$ кДж/год, $T = 380$ °С, $P = 2{,}18$ МПа, $H = 8{,}975$ м
ПХ-1,2,3	Повітряний холодильник	$P = 1{,}6$ МПа, $F = 37{,}5$ м^2
В-1	Випарник	$L = 8{,}8$ м, $P = 2{,}5$ МПа, $F = 224$ м^2, $D = 1{,}6$ м
Е-1	Рефлюксна ємність	$V = 12{,}5$ м^3, $P = 4{,}0$ МПа, $D = 1{,}6$ м, $L = 7{,}06$ м

1.5 Вибір, а також обґрунтування параметрів контролю і регулювання при десорбції

Системою автоматичного управління здійснюватиметься повний контроль та управління за роботою десорбера. На апараті встановлені безпосередньо місцеві прилади, а також датчики вимірювання технологічних параметрів. Необхідні для

проходження технологічного процесу регулятори встановлені у шафах. У таблиці 1.6 представлені основні технологічні параметри регулювання для десорбера оливоабсорбційної установки.

Таблиця 1.6 – Характеристики параметрів контролю та регулювання

Найменування параметра	Межі зміни параметрів	Одиниці вимірювання параметрів	Номер позиції на ФСА
Витрата теплоносія в випарник В-1	60500	кг/год	3
Тиск в десорбері К-3	0,90-1,10	МПа	9
Рівень у колоні К-3	0,10	м	6
Витрата сировини К-3	70710	кг/год	1
Температура верху колони К-3	70-100	°С	8
Температура сировини в К-3	250-260	°С	2
Вихід регенерованого абсорбенту	67497	кг/год	-
Температура низу колони К-3	240-260	°С	5
Рівень в ємності Е-1	0,30-0,95	м	11
Витрата зрошення	3300	кг/год	13

1.5.1 Тиск в десорбері

Збільшення тиску у десорбері покращує технологічний процес десорбції, оскільки покращується процес дифузії молекул поглинаючим компонентом (легкими вуглеводнями) із абсорбента. Абсорбент, який уже деетанізований поступає в колону за тиску 0,42 МПа. Завдяки випаровуванню у випарнику В-1 та відповідно вивільненню із абсорбента легких вуглеводнів, котрі піднімаються в верхню частину колони в вигляді парогазової суміші, тиск у колоні послідовно зростає, оскільки важливим фактором являється втримання тиску у межах 0,9 МПа - 1,1 МПа. Саме за такого тиску здійснюється найкраще вивільнення вуглеводнів із

абсорбента. Збільшення тиску викликає негативний вплив на процес вивільнення вуглеводнів, оскільки певна їх частина залишається у абсорбенті, що відповідно зменшує вихід фракції легких вуглеводнів. Величина тиску у колоні регулюється за допомогою автоматичного клапану який розташований на лінії виведення вилученого компоненту з десорбера. Процес вимірювання значення тиску конденсату верху колони здійснюється за допомогою манометрів, які мають загальне призначення.

1.5.2 Температура у десорбері

Значення температури у десорбері має бути більшим за значення температури у абсорбері та складати приблизно 240 - 250 °С. Підвищення температури викликає прискорення коливального руху молекул поглинутого компоненту (вуглеводнів) та відповідно відрив їх від задіяного абсорбенту. Значення температури у десорбері обмежується значенням хімічної стабільності абсорбенту.

З метою нормального проходження процесу десорбції значення температури нижньої частини колони повинно підтримуватися у межах від 240 до 260 °С. Значення температури низа колони регулюється за допомогою клапана, який розташований на лінії подачі гарячого абсорбенту, який є деетанізованим в випарник В-1.

У верхній частині колони температура коливається у межах 70-100 °С, це завдяки тому, що на верхню тарілку даної колони подається зрошення. Таке значення температури запобігає потрапляння у наявну парогазову суміш, яка випаровується, великого числа абсорбенту (допустимим являється вміст від 0,03 до 0,05 мас. часток).

У випадку підтримування постійного значення температури в випарнику В-1 відбувається забезпечення постійної концентрації регенерованого розчину. У випадку відхилення температури від встановленого значення регулятор шляхом певної дії на регулюючий клапан змінює кількість подачі нагрівної рідини в випарник до такого значення при якому розузгодження не являтиметься рівним

нулю.

1.5.3 Рівень абсорбента в десорбері К-3

Величина рівня у десорбері підтримується у межах 1м, це обумовлено тим, що з нижньої частини колони відбирається абсорбент, який нагрівається у випарнику В-1. Утворена у випарнику парогазова суміш направляється під нижню тарілку десорбера. Саме рівень у 1 м забезпечуватимеме потрапляння абсорбенту в випарник, та безперешкодний вихід наявної парогазової суміші у колону. Рівень у колоні контролюється за допомогою перетворювача гідростатичного тиску, а також регулюється за допомогою клапана на лінії виводу абсорбенту із даної колони.

1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу

Основна задача системи автоматичного управління процесом десорбції абсорбенту на розроблюваній оливоабсорційній установці полягає в стабілізації концентрації задіяного регенерованого абсорбенту. У випадку підтримання системою автоматизації певного постійних значень температури, а також і тиску в десорбері забезпечується деяка постійна концентрація регенерованого розчину.

Проаналізувавши існуючу систему автоматизації виникає необхідність удосконалення наявної системи автоматичного керування на більш сучасну.

В цілому впровадження нової системи автоматизації дасть змогу підвищити коефіцієнт корисної дії десорбера, а саме використання наявної гасової фракції (абсорбенту) з метою відділення із газу ШФЛВ буде суттєво ефективнішим.

Наявна система автоматичного керування не може у повній мірі задовольнити висунуті високі вимоги до точності, а також якості процесу регулювання деяких основних технологічних параметрів. Задіяна система автоматизації у загальному характеризується досить великою кількістю регулюючих, а також реєструючих, показників та контролюючих приладів, котрі змонтовані на щиті оператора. Подібні явища призводять до певних труднощів не тільки у процесі автоматичного керування технологічним процесом, але так само

потребує досить значних затрат часу на необхідні спостереження за задіяними контрольно-вимірювальними приладами. З урахуванням того, що технологічний процес являється безперервним, то усі зазначені вище факти значно погіршують та ускладнюють роботу операторів, особливо в нічну частину доби.

Процес переробки нафтового газу на оливоабсорбційній установці представляє собою сукупність певним чином зв'язаних між собою технологічних апаратів. Процес виробництва та якість переробки напряму залежить від кожного із задіяних апаратів.

З метою покращення процесу керування а також для чіткого дотримання певних норм технологічних режимів а також заданої якості готової продукції, з метою максимального використання виробничих потужностей задіяних апаратів та обладнання, а також для зменшення приладовикористання, енергоспоживання, забезпечення певної ритмічності виробництва доцільним являтиметься встановлення багатофункціональної мікропроцесорної техніки.

Таким засобом є мікропроцесорні контролери фірми «МІКРОЛ».

З метою одержання та перетворення інформації пропонується встановлення сучасних засобів автоматизації, котрі за своїми технічними характеристиками дозволяють з'єднання їх з ПК, оскільки мають уніфікований вихідний сигнал.

Саме такими засобами являються перетворювачі у вибухобезпечному виконанні, типу Honeywell, "Сапфір", котрі здійснюють фактично неперервне перетворення значень вимірюваних параметрів (розрідження, тиску, витрати, рівня) у необхідний уніфікований струмовий сигнал із можливою дистанційною передачею.

Висновки до розділу

В наведеному розділі виконано аналіз технологічного процесу десорбції на оливоабсорбційній установці. Проаналізовано склад установки, а також її основне технологічне обладнання. Суть десорбції полягає в тому, що з насиченого абсорбенту при певних умовах проходить випаровування ШФЛВ, після чого

регенерований абсорбент відбирається знизу десорбера.

Розглянутий процес дає можливість застосовувати мікропроцесорну техніку з метою керування усіма задіяними технологічними параметрами.

Впровадження нової системи автоматичного керування на базі мікропроцесорних контролерів фірми «МІКРОЛ» приведе до значного покращення якості вихідного продукту, зменшення енергозатрат на виробництво одиниці продукції а також до збільшення продуктивності.

2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ А ТАКОЖ ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

2.1 Дослідження об'єкта керування

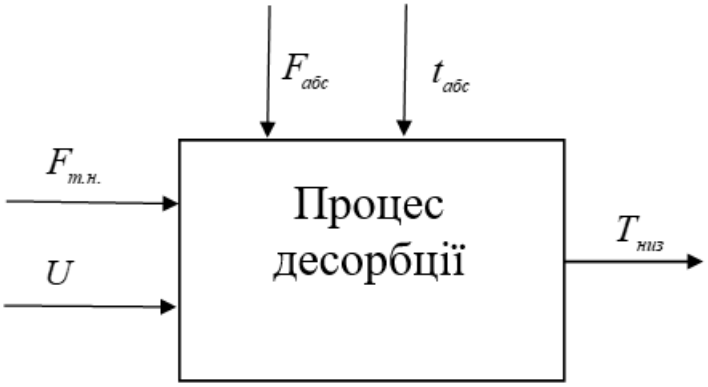
Проаналізувавши оливоабсорбційну установку можемо зазначити, що одним із головних об'єктів установки являється десорбер. Саме у десорбері здійснюється процес вивільнення із насиченого абсорбенту деякої широкої фракції легких вуглеводнів. Технологічний процес десорбції здійснюється за температури приблизно 240 °С та тиску в межах 0,9 - 1,1 МПа. Головним завданням десорбера являється одержання чистого абсорбенту (гасової фракції), якість та відповідно чистота якого значно впливає на технологічний процес відбензинення попутнього нафтового газу.

Суттєво насичений абсорбент направляється у десорбер із деетанізаційної колони у котрій відбувається деетанізація насиченого абсорбенту, проходячи відповідно теплообмінники та нагріваючись до необхідної температури. У нижній частині колони розміщений випарник В-1, у котрому за рахунок теплоти, яка отримується абсорбенту випаровується наявна ШФЛВ котра виділяється із верхньої частини колони, а відповідно очищений абсорбент відбирається із нижньої частини колони.

Отож для коректної роботи установки потрібно забезпечити певні теплові, а також матеріальні баланси за встановленими основними потоками. Для досліджуваного теплообмінного апарату, котрий є пасивним елементом технологічної схеми, достатньо здійснювати місцевий контроль температури.

Отож основною частиною десорбера являється випарник абсорбенту. Базовою задачею системи автоматичного керування є підтримування деякої заданої температури у нижній частині колони. Дану температуру потрібно регулювати шляхом подачі теплоносія в випарник. Тепловий баланс низу досліджуваної колони формується за допомогою низки параметрів, головні із котрих наведені на рисунку 2.1.

Отож з метою стабілізації температури низу досліджуваної колони ефективно застосовувати каскадну систему автоматичного регулювання, оскільки головний канал автоматичного регулювання являється дуже інерційним. У даній колоні доцільно вести контроль значення температури і тиску у різних точках відносно висоти апарату.



$t_{абс}$ - значення температури насиченого абсорбенту; $F_{абс}$ - витрата насиченого абсорбенту у десорбер; $T_{низ}$ - значення температури низу колони; U - керуючий вплив; $F_{т.н.}$ - значення витрати теплоносія у випарник

Рисунок 2.1 – Вигляд структурної схеми низу десорбційної колони

2.2 Основні показники якості, а також критерії оптимальності системи автоматичного керування

Метою системи автоматичного керування являється підтримання температури низу десорбційної колони для нормального протікання процесу десорбції. Такий процес регулювання здійснюється шляхом регулювання витрати кількості теплоносія, котрий направляється у випарник.

З метою оптимізації досліджуваного процесу регулювання температури, а також підтримання параметрів у деяких заданих межах встановимо наступні показники якості процесу регулювання:

- найбільша похибка апроксимації отриманих експериментальних характеристик – не більше 2,5%;

- перерегулювання має становити менше 20%;

- запас стійкості по фазі 30° - 60°;

- запас стійкості по амплітуді 0,5 - 0,6.

2.3 Експериментальне дослідження динаміки керованого об’єкта

Доцільним є визначення динамічних властивості об’єкта керування експериментальним методом в процесі проведення активного експерименту, оскільки математичний опис поведінки колони являється досить складним та вимагає великих затрат часу.

Використовуючи дані активного експерименту визначимо динамічні характеристики досліджуваного об’єкту керування. З цією метою застосуємо метод, який базується на аперіодичних вхідних впливах типу «стрибок». В результаті проведення експерименту отримаємо шукану перехідну характеристику.

Вибраний метод базується на такому припущенні, що об’єкт який досліджується являється лінійним за малих змін певної вхідної змінної, а відповідно його динамічні властивості узагалі не змінюються в часі, а відповідно вихідна змінна абсолютно не залежить від поточних просторових координат керованого об’єкта. З метою застосування даного методу потрібно щоб присутні випадкові процеси зміни наявних змінних величин об’єкта керування у процесі його проведення були стаціонарними та ергодичними випадковими процесами.

Вибраний метод включає в себе три таких етапи: процес підготовки і планування експериментального дослідження; проведення експериментального дослідження; обробка отриманих результатів експериментального дослідження.

2.3.1 Підготовка та планування експерименту, а також виявлення вхідних і вихідних змінних

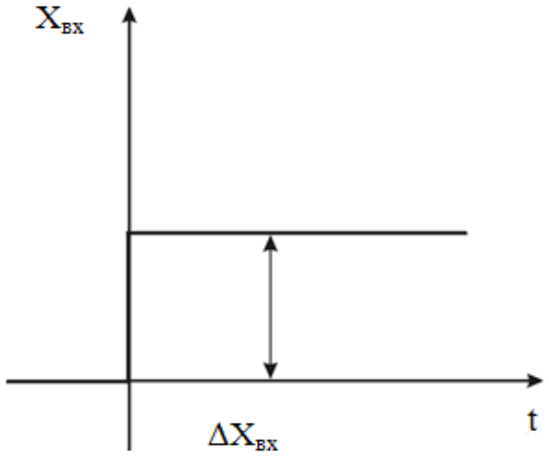
Вхідним параметром для даного об’єкта керування є відсоток відкриття регулюючого органу, а відповідно вихідним параметром являється сигнал із вторинного приладу, котрий поступає надалі на вхід регулятора.

В процесі дослідження замкнутої системи регулювання, вхідний вплив знаходимо шляхом перемиканням задавача, фіксуючи в такий момент зміну

вихідної величини, яка являється сигналом вимірювального перетворювача.

В процесі проведення експерименту із аперіодичними впливами важливою являється відсутність збурюючих впливів іншородного походження. У зв'язку з даним фактом в процесі вивчення об'єкта дослідження потрібно вивчити а також усунути усі можливі джерела збурень.

В процесі планування експерименту потрібно вибрати тип досліджуваного впливу, а також амплітуду та деяке початкове значення вихідної змінної. Такому впливу у нашому випадку відповідатиме стрибок подачі теплоносія у колону, графік якого наведено на рисунку 2.2.



$\Delta X_{вх}$ - величина амплітуди вхідного впливу; $X_{вх}$ - величина вхідного впливу (відсоток відкриття регулюючого органу)

Рисунок 2.2 – Графік аперіодичного впливу

Початок експерименту заключався у встановленні на об'єкті дослідження деякого виробничого режиму, котрий характеризувався би постійністю вихідної змінної. Оскільки протікання процесу характеризується деякою інерційністю тому режим роботи при певному змінні $Y_{вих0}$ витримаємо в межах 2,0 - 2,5 хвилини.

Наступним етапом є нанесення збурення, шляхом відкриття регулюючого органу на 10 - 15% та реєстрація зміни вихідної величини. У цей же час відбувається запис зміни певних основних збурюючих впливів перш за все по навантаженню об'єкта. Дослідження вважатимемо закінченим тоді коли деяка вихідна величина, починаючи із певного моменту часу залишатиметься практично незмінною.

2.3.2 Обробка результатів експерименту

Результатом експериментального дослідження за основним та допоміжним каналами регулювання є дані наведені у таблицях 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Дані експериментального дослідження за основним та допоміжним каналами регулювання

t, с	%, вх	$T_{низ}$, °С	$F_{т.н.}$, м^3/год
0	15	200	44
20	15	200	61,6
40	15	205,52	72,16
60	15	223,12	78,32
80	15	234,42	82,28
100	15	240,9	84,4
120	15	244,79	85,844
140	15	246,98	86,7
160	15	248,25	87
180	15	248,92	87,73
200	15	249,41	87,82
220	15	249,66	88
240	15	249,80	88
260	15	249,88	88
280	15	249,93	88
300	15	249,96	88
320	15	249,98	88
340	15	250	88
360	15	250	88
380	15	250	88
400	15	250	88

Користуючись даними зображеними у таблиці 2.1 виконаємо побудову експериментальної перехідної характеристики за основним (рис. 2.4) а також

допоміжним (рис. 2.3) каналами регулювання.

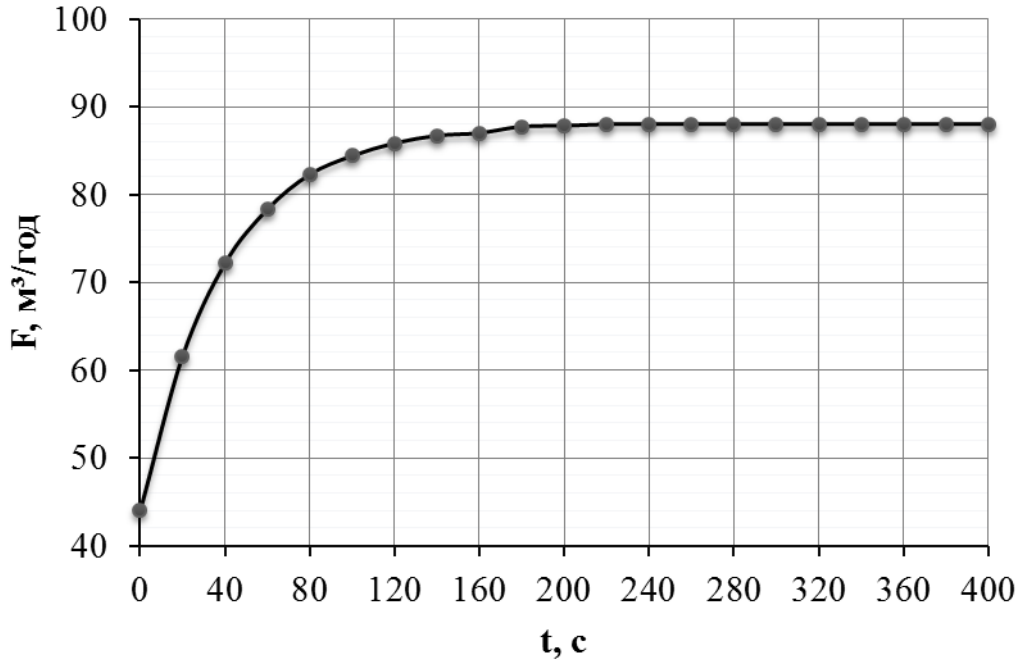


Рисунок 2.3 - Експериментальна перехідна характеристика по допоміжному каналу

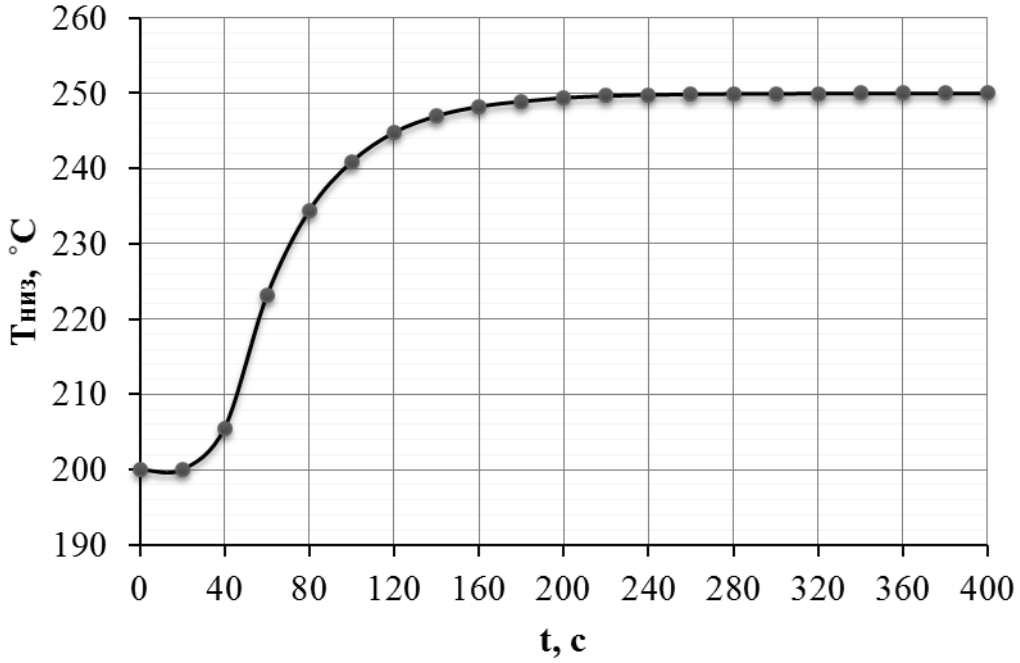


Рисунок 2.4 - Експериментальна перехідна характеристика за основним каналом регулювання

З метою подальшого аналізу системи автоматичного керування потрібно привести характеристики до вигляду безрозмірних величин відповідно до таких формул:

$$X^*_{вхі} = \frac{X_{вхі} - X_{вх0}}{X_{вх\max} - X_{вх0}},$$

$$Y^*_{вихі} = \frac{Y_{вихі} - Y_{вих0}}{Y_{вих\max} - Y_{вих0}}, \quad (2.1)$$

де $X_{вх0}$ - значення вхідних величин у звичних одиницях до нанесення збурення на ОК;

$Y_{вих0}$ - значення вихідних величин у звичних одиницях до нанесення збурення на ОК;

$X_{вхі}$ - біжучі значення вхідної величини у звичних одиницях;

$Y_{вихі}$ - біжучі значення вихідної величини у звичних одиницях;

$X_{вх\max}$ - максимальне значення вхідної величини у звичних одиницях;

$Y_{вих\max}$ - максимальне значення вихідної величини у звичних одиницях.

Згідно формули 2.1 виконаємо розрахунок для основного каналу дослідження:

$x_{вх} = 1,0$.

$$y_{вих0} = \frac{200,0 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,0; \qquad y_{вих1} = \frac{200,0 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,0;$$

$$y_{вих2} = \frac{205,52 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,11; \qquad y_{вих3} = \frac{223,12 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,462;$$

$$y_{вих4} = \frac{234,42 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,688; \qquad y_{вих5} = \frac{240,9 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,818;$$

$$y_{вих6} = \frac{244,79 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,896; \qquad y_{вих7} = \frac{246,98 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,94;$$

$$y_{вих8} = \frac{248,25 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,965; \qquad y_{вих9} = \frac{248,92 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,978;$$

$$y_{вих10} = \frac{249,41 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,988; \qquad y_{вих11} = \frac{249,66 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,993;$$

$$y_{вих12} = \frac{249,80 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,996; \qquad y_{вих13} = \frac{249,88 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,998;$$

$$y_{вих14} = \frac{249,93 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,999; \qquad y_{вих15} = \frac{249,96 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 0,999;$$

$$y_{вих16-20} = \frac{249,98 - 200,0}{250,0 - 200,0} = 1,0.$$

В результаті обрахунків отримані результати зводимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Отримані результати експериментального дослідження за основним каналом автоматичного регулювання у безрозмірних одиницях

t, с	$x_{вх}$	$y_{вих}$	t, с	$x_{вх}$	$y_{вих}$
0	1	0	200	1	0,988
20	1	0	220	1	0,993
40	1	0,11	240	1	0,996
60	1	0,462	260	1	0,998
80	1	0,688	280	1	0,999
100	1	0,818	300	1	0,999
120	1	0,896	320	1	1
140	1	0,94	340	1	1
160	1	0,965	360	1	1
180	1	0,978	380	1	1
			400	1	1

Відповідно до наведених у таблиці 2.2 даних побудуємо експериментальну перехідну характеристику, а результат наведемо на рисунку 2.5.

З метою отримання функції передачі виконаємо апроксимацію за допомогою програмного продукту Aprox. В процесі роботи програмного продукту отримано наступну передавальну функцію:

$$W(p) = \frac{1,0}{764,04p^2 + 53,693p + 1,0}. \qquad (2.3)$$

Максимальна похибка апроксимації в точці $T = 40$ с рівна 0,14% (додаток

А1).

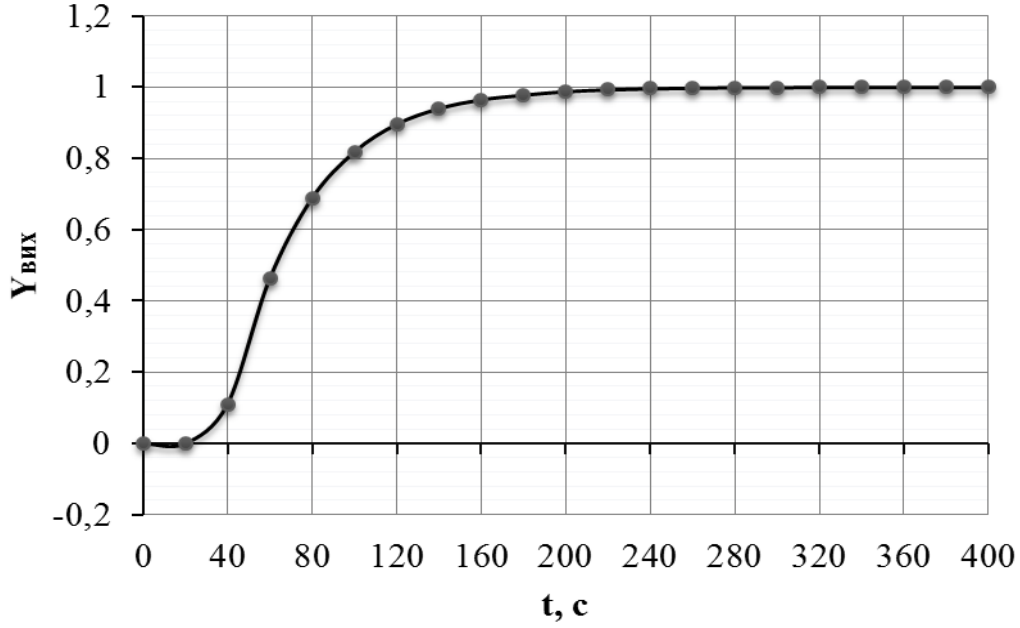


Рисунок 2.5 – Перетворена у безрозмірні одиниці експериментальна перехідна характеристика основного каналу регулювання

Оскільки досліджуваний канал має запізнення 10 секунд то функція передачі матиме такий вигляд:

$$W(p)=\frac{e^{-10p}}{764,04p^2+53,693p+1,0}. \quad (2.4)$$

Виконаємо апроксимацію та переводи для експериментальної кривої допоміжного каналу регулювання.

$x_{вх}=1,0$.

$y_{вих0}=\frac{44,0-44,0}{88,0-44,0}=0,0$; $y_{вих1}=\frac{61,6-44,0}{88,0-44,0}=0,4$;

$y_{вих2}=\frac{72,16-44,0}{88,0-44,0}=0,64$; $y_{вих3}=\frac{78,32-44,0}{88,0-44,0}=0,78$;

$y_{вих4}=\frac{82,28-44,0}{88,0-44,0}=0,87$; $y_{вих5}=\frac{84,4-44,0}{88,0-44,0}=0,92$;

$y_{вих6}=\frac{85,844-44,0}{88,0-44,0}=0,95$; $y_{вих7}=\frac{86,7-44,0}{88,0-44,0}=0,97$;

$y_{вих8}=\frac{87,0-44,0}{88,0-44,0}=0,977$; $y_{вих9}=\frac{87,73-44,0}{88,0-44,0}=0,994$;

$$y_{вих10} = \frac{87,82 - 44,0}{88,0 - 44,0} = 0,996; \qquad y_{вих11-20} = \frac{88,0 - 44,0}{88,0 - 44,0} = 1,0.$$

В результаті обрахунків отримано результати, які зведено у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Отримані результати експерименту за допоміжним каналом регулювання у безрозмірних одиницях

t, с	$x_{вх}$	$y_{вих}$	t, с	$x_{вх}$	$y_{вих}$
0	1	0	200	1	0,9960
20	1	0,40	220	1	1
40	1	0,640	240	1	1
60	1	0,780	260	1	1
80	1	0,870	280	1	1
100	1	0,920	300	1	1
120	1	0,950	320	1	1
140	1	0,970	340	1	1
160	1	0,9770	360	1	1
180	1	0,9940	380	1	1
			400	1	1

Відповідно до наведених у таблиці 2.3 даних побудуємо експериментальну перехідну характеристику, а результат наведемо на рисунку 2.6.

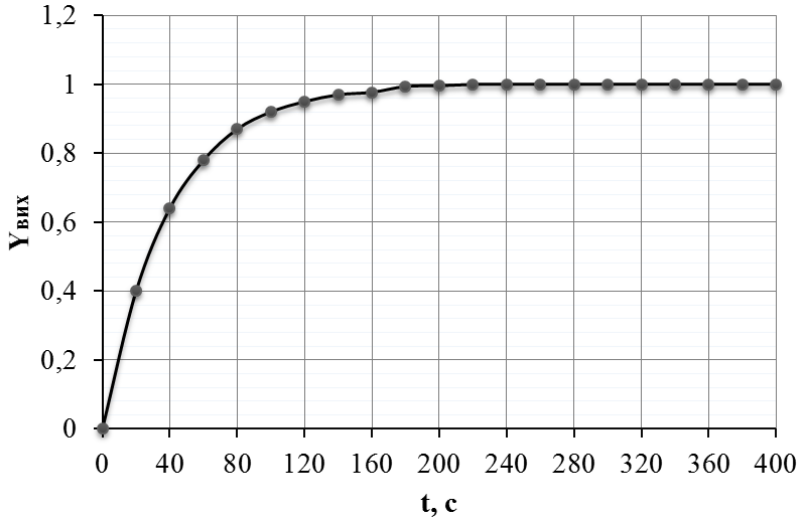


Рисунок 2.6 - Перетворена у безрозмірні одиниці експериментальна перехідна характеристика допоміжного каналу регулювання

З метою отримання функції передачі виконаємо апроксимацію за допомогою програмного продукту Aprox. В процесі роботи програмного продукту отримано наступну передавальну функцію:

$$W(p) = \frac{1,0}{39,226p + 1,0}. \quad (2.5)$$

Максимальна похибка апроксимації в точці $T = 180$ с рівна 0,006% (додаток А2).

Висновки до розділу

У розробленому розділі обґрунтований керований об’єкт, визначена його структурна схема як об’єкта керування. Виконано активний експеримент та здійснено апроксимацію даних експериментального дослідження, котрі були отримані у результаті такого експерименту. Визначено функцію передачі за каналами регулювання з використанням програмного продукту Aprox.

3 СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

3.1 Визначення оптимальних параметрів налаштування регуляторів для одноконтурної АСК

З метою ефективного регулювання процесу основного каналу виберемо регулятор, який має ПІ-законом регулювання.

Функція передачі вибраного регулятора в загальному має такий вигляд:

$$W_p(p) = \frac{1}{p} \cdot \left(C_1 + \frac{C_0}{p} \right). \tag{3.1}$$

З формули 3.1 потрібно визначити такі параметри регулятора як C_1 та C_0. Визначивши дані параметри обрахуємо функцію передавачі замкненої системи, але спочатку визначимо функцію передачі розімкнутої системи, яка у загальному має такий вигляд:

$$W(p) = W_0(p) \cdot W_p(p), \tag{3.2}$$

$$W_{роз}(p) = \frac{1}{764.04p^2 + 53.693p + 1} \cdot e^{-10p} \cdot \frac{C_1 p + C_0}{p}.$$

Для спрощення передавальної функції перетворимо $e^{(j-m)w\tau_o}$ в ряд Маклорена і отримаємо:

$$e^{(j-m)w\tau_o} = (j-m)w\tau_o + 1. \tag{3.3}$$

Передавальна функція розімкненої системи має вигляд:

$$W_{роз}(p) = \frac{10p + 1}{764.04p^2 + 53.693p + 1} \cdot \frac{C_1 p + C_0}{p}.$$

У загальному функція передачі замкнутої системи (рис. 3.1) має такий вигляд:

$$W_{зам}(p) = W_{роз}(p)\left(1 + W_{роз}(p)\right). \tag{3.4}$$

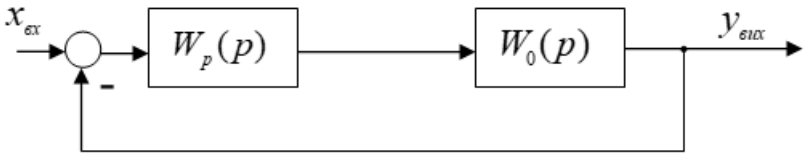


Рисунок 3.1 - Алгоритмічна структура одноконтурної АСР

Визначення параметрів налаштування регулятора здійснюватимемо за допомогою функції Tune у програмному продукті Matlab. Отримали наступні значення: $C_0 = 470.938$, $C_1 = 299.369$ (додаток Б1). Тоді:

$$W_p(p) = \frac{299.369p + 470.938}{p}.$$

В результаті одержимо передавальну функцію розімкнутої системи:

$$W_{роз}(p) = \frac{2993.69p^2 + 5008.749p + 470.938}{764.04p^3 + 53.693p^2 + p}. \quad (3.5)$$

Тоді значення замкнутої системи матиме вигляд:

$$W_{зам}(p) = \frac{6.357p^2 + 10.636p + 1}{1.622p^3 + 6.471p^2 + 10.639p + 1}. \quad (3.6)$$

Одразу після визначення шуканих параметрів налаштування регуляторів відбувається налаштування регулятора на попередньо розраховані відмітки.

Коефіцієнт передачі регулятора: $K_p = C_1 = 299.369$, $C_0 = 470.938$.

3.2 Визначення оптимальних параметрів налаштування регуляторів для каскадної АСК

З метою реалізації каскадної АСК потрібно до основного контуру регулювання додати допоміжний контур регулювання, який є малоінертним. Таким контуром є контур регулювання температури у низу колони.

Структурна схема автоматичного керування із застосування каскадної АСК наведена на рисунку 3.2.

Як відомо функції передачі основного каналу регулювання (3.7) та допоміжного каналу регулювання (3.8) мають такий вигляд:

$$W_0(p) = \frac{10p + 1,0}{764,04p^2 + 53,693p + 1,0}. \quad (3.7)$$

$$W_1(p) = \frac{1,0}{39,226p + 1,0}. \quad (3.8)$$

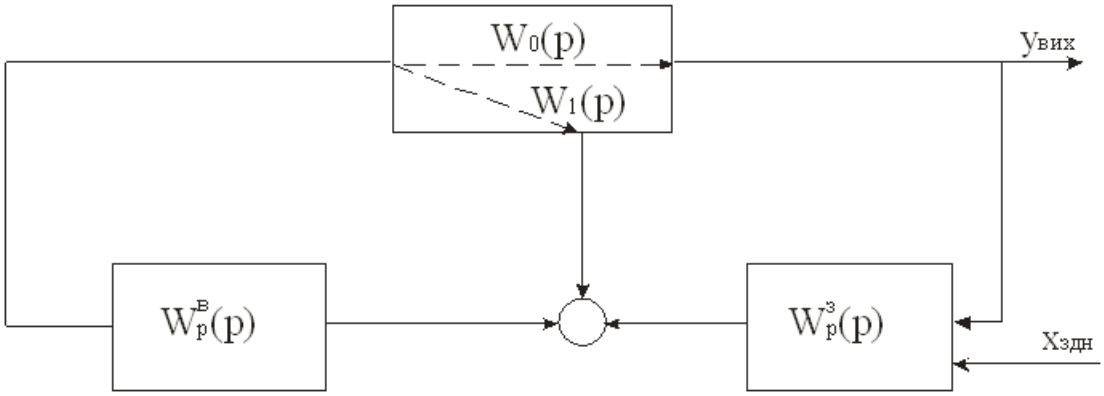


Рисунок 3.2 – Зображення структурної схеми каскадної АСК

Процес розрахунку каскадної АСК потрібно починати із основного каналу регулятора, з урахуванням того, що інерційність допоміжного каналу регулювання являється набагато меншою за основний канал регулювання. Еквівалентна структурна схема для каскадної системи автоматичного регулювання наведена на рисунку 3.3.

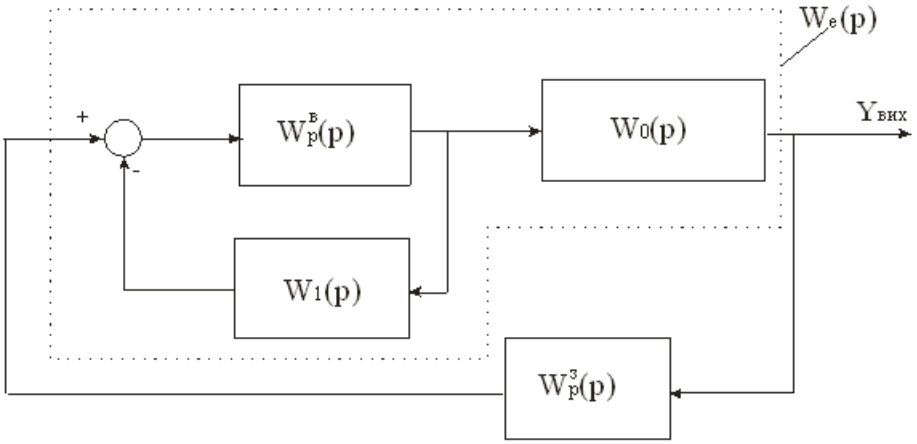


Рисунок 3.3 – Зображення структурної схеми еквівалентної схеми автоматичного керування каскадної АСК

Функція передачі для об’єкта структурна схема якої зображена на рисунку 3.3 має такий вигляд:

$$W_e'(p) = \left(W_p^e(p) \big/ 1 + W_1(p) \cdot W_p^e\right) \cdot W_0(p). \qquad (3.9)$$

Здійснимо припущення, що робоча частота основного контуру регулювання становить W_p' та являється набагато меншою, ніж допоміжного контуру регулювання W_p''. У такому випадку при $W = W_p'$ справедливою являтиметься така

нерівність:

$$1/W_p^в(j\omega) << W_1(j\omega). \tag{3.10}$$

Враховуючи (3.10) можна стверджувати, що $W_e' = W_0(p)/W_1(p)$. З урахуванням функцій передач $W_0(p)$ та $W_1(p)$, можемо отримати:

$$W_e'(p) = \frac{\frac{10p+1}{764.04p^2+53.693p+1}}{\frac{1}{39.226p+1}} = \frac{392p^2+49.23p+1}{764p^2+53.69p+1}. \tag{3.11}$$

З (3.11) бачимо, що еквівалентна функція передачі із перетвореним значенням запізнення матиме такий вигляд:

$$W_e'(p) = \frac{392p^2+49.23p+1}{764p^2+53.69p+1}. \tag{3.12}$$

Розрахунок параметрів налаштування основного регулятора здійснимо за допомогою вбудованої у програмний продукт Matlab функції Tune. Виберемо у якості регулятора ПІД-регулятор. Результатом роботи програми є такі результати: $K_p = C_1 = 359.327$, $K_i = C_0 = 13.497$, $K_d = C_2 = -39.593$.

Функція передачі для основного регулятора матиме такий вигляд:

$$W_p^в(p) = \frac{-39.593p^2+359.327p+13.497}{p}. \tag{3.13}$$

Визначимо параметри налаштування внутрішнього регулятора, який є допоміжним регулятором. Функція передачі для такого об'єкту матиме такий вигляд:

$$W_e''(p) = -W_1(p) + W_0(p) \cdot W_p^3(p). \tag{3.14}$$

Підставивши у формулу 3.14 значення передавальних функцій $W_0(p)$, $W_1(p)$ та $W_p^3(p)$ одержимо:

$$W_e''(p) = -\frac{1}{39.226p+1} + \frac{10p+1}{764.04p^2+53.693p+1} \cdot \frac{-39.593p^2+359.327p+13.497}{p}.$$

Після алгебраїчних перетворень отримаємо:

$$W_e''(p)=\frac{138236.564p^3\text{-}15530.750p^4+22889.278p^2+1022.730p+13.497}{29970.233p^4+2870.202p^3+92.919p^2+p}.$$

Розрахунок параметрів налаштування основного регулятора здійснимо за допомогою вбудованої у програмний продукт Matlab функції Tune. Виберемо у якості регулятора ПІД-регулятор. Результатом роботи програми є такі результати:

$$K_p=C_1=1993.370,\ K_i=C_0=639.945,\ K_d=C_2=-38.997.$$

В результаті обрахунків отримаємо таку функцію передачі допоміжного каналу регулювання:

$$W_p^e(p)=\frac{-38.997\text{p}^2+1993.370\text{p}+639.945}{p}. \quad (3.15)$$

Зображена на рисунку 3.3 структурна схема каскадної АСК матиме таку еквівалентну функцію передачі:

$$W_e(p)=\frac{W_p^3(p)\cdot W_0(p)\cdot W_p^e(p)}{W_p^3(p)\cdot W_0(p)\cdot W_p^e(p)+W_1(p)\cdot W_p^e(p)+1}. \quad (3.16)$$

Підставивши попередньо визначені функції передач $W_p^3, W_0,\ W_1,\ W_p^e$ та після необхідних алгебраїчних перетворень та відповідного зведення доданків отримаємо таку функцію передачі:

$$W_e(p)=\frac{132.656p+6939.588p^2+179868.942p^3+2.3479\cdot10^6p^4+1.356\cdot10^7p^5+2.332\cdot10^7p^6\text{-}3.214\cdot10^6p^7+53580.939p^8+1}{132.725p+6948.850p^2+180216.269p^3+2.355\cdot10^6p^4+1.362\cdot10^7p^5+2.346\cdot10^7p^6\text{-}3.216\cdot10^7p^7+53580.939p^8+1} \quad (3.17)$$

3.3 Дослідження скійкості одноконтурної АСК

Одноконтурна АСК досліджується на стійкість за допомогою критерію Михайлова.

Для застосування критерію Михайлова беремо передавальну функцію замкненого контуру керування, формула (3.6), і прирівнюємо знаменник цієї функції до нуля:

$$W_{зам}(p)=\frac{6.357p^2+10.636p+1}{1.622p^3+6.471p^2+10.639p+1}.$$

Прирівнюємо зазначений знаменник до нуля:

$$1.622p^3+6.471p^2+10.639p+1=0.$$

Зробимо підстановку $p = j\omega$:

$$-1.622\cdot j\cdot w^3-6.471\cdot w^2+10.639\cdot j\cdot w+1=0.$$

Виділимо дійсну а також уявну частини:

$$P(\omega)=-6.471\cdot w^2+1;$$
$$Q(\omega)=-1.62\cdot w^3+10.639\cdot w.$$

З метою побудови годографа Михайлова використовуватимемо програмний продукт Mathcad. Результат обрахунку наведений у додатку В1, з якого можна побачити, що відповідно за критерієм Михайлова одноконтурна АСК являється стійкою, оскільки годограф Михайлова послідовно проходить три квадранта і йде у нескінченність.

3.4 Дослідження скійкості каскадної АСК

Каскадна АСК досліджується на стійкість за допомогою критерію Михайлова.

Критерій Михайлова. Беремо передавальну функцію замкненого контуру, формула (3.16), і прирівнюємо знаменник цієї функції до нуля:

$$132.725p+6948.850p^2+180216.269p^3+2.355\cdot10^6p^4+$$
$$+1.362\cdot10^7p^5+2.346\cdot10^7p^6-3.216\cdot10^7p^7+53580.939p^8+1=0.$$

Виконаємо підстановку $p = jw$:

$$132.725jw-6948.850w^2-180216.269jw^3+2.355\cdot10^6w^4+$$
$$+1.362\cdot10^7jw^5-2.346\cdot10^7w^6-3.216\cdot10^6jw^7+53580.939w^8+1=0.$$

Виділимо дійсну та уявну частину:

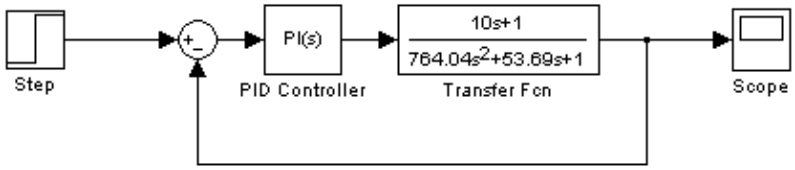
$$P(\omega)=-6948.850w^2+2.355\cdot10^6w^4-2.346\cdot10^7w^6+53580.939w^8+1;$$
$$Q(\omega)=132.725w-180216.269w^3+1.362\cdot10^7w^5-3.216\cdot10^6w^7.$$

З метою побудови годографа Михайлова використовуватимемо програмний продукт Mathcad. Результат обрахунку наведений у додатку В2, з якого можна побачити, що відповідно за критерієм Михайлова одноконтурна АСК являється стійкою, оскільки годограф Михайлова послідовно проходить вісім квадрантів і йде

у нескінченність.

3.5 Оцінка якісних характеристик досліджуваних систем керування за перехідними характеристиками

Оцінку якості системи за графіками перехідних процесів здійснюватимемо за допомогою програмного продукту Matlab, за допомогою котрого будуватимемо графіки перехідних процесів як і для одноконтурної так відповідно і для каскадної системи автоматичного керування (рис. 3.4, 3.5).



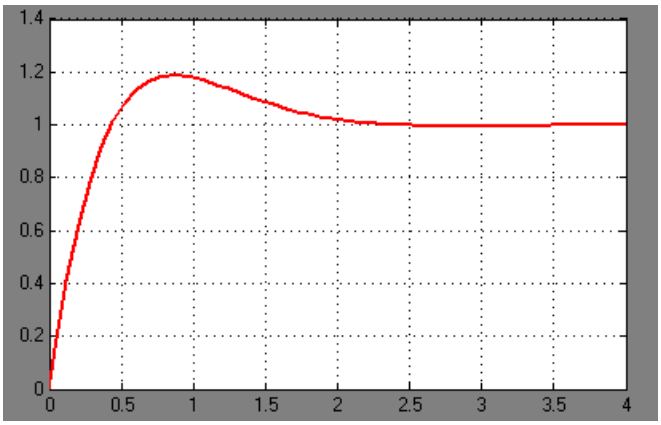
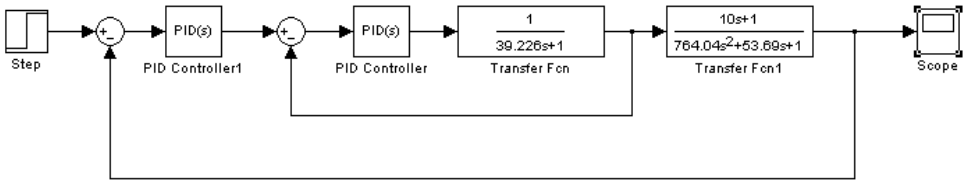


Рисунок 3.4 - Змодельована характеристика одноконтурної системи регулювання



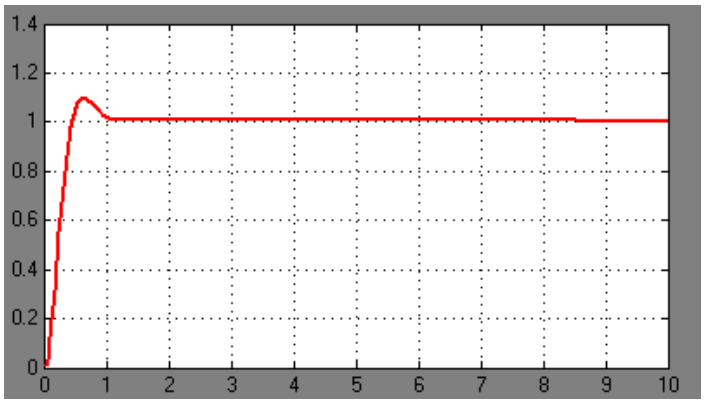


Рисунок 3.5 - Перехідна характеристика каскадної системи регулювання

Визначимо з графіків наведених на рисунках 3.4 та 3.5 наступні показники якості:

1. Величину перерегулювання:

$$\tau = \frac{x_{\max} - x_{\infty}}{x_{\infty}} \cdot 100\% = \frac{A}{x_{\infty}} \cdot 100\%, \qquad (3.18)$$

де x_{∞} - значення регулюючої величини;

$x_{\max}$ - максимальне динамічне відхиленні регулюючої величини.

Виконавши підставлення значень у формулу (3.18) отримаємо:

- для одноконтурної системи регулювання:

$$\tau = \frac{1.1852 - 1.00}{1.00} \cdot 100\% = 18{,}52\%,$$

- для каскадної системи регулювання:

$$\tau = \frac{1.0954 - 1.00}{1.00} \cdot 100\% = 9{,}54\%.$$

2. При $\delta < 1{,}5\%$ тривалість перехідного процесу являється головною характеристикою швидкодії системи:

- для одноконтурної системи регулювання:

$$t_p = 2{,}50 \text{ с};$$

- для каскадної системи регулювання:

$$t_p = 1{,}0 \text{ с}.$$

Висновки до розділу

У даному розділі визначено оптимальні параметри налаштування автоматичних регуляторів як для одноконтурної та каскадної систем регулювання.

Виконано аналіз стійкості системи автоматичного керування за критерієм Михайлова, який засвідчив стійкість усіх систем.

Виконано моделювання систем автоматичного керування за допомогою програмного пакету Matlab та відображено їхні перехідні характеристики.

4 РОЗВИТОК САК НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

З метою успішного керування виробництвом необхідно мати постійний доступ до інформації про протікання технологічного процесу та максимально вчасно виконувати необхідні керувальні впливи. Зазначені функції можна здійснювати у комплексі єдиної системи збору та обробки даних, так званої SCADA - системи. Supervisor control and data acquisition являється головним джерелом інформації про технологічний процес.

SCADA складається з інструментальної системи - інтегрованого середовища розробки і з набору виконавчих модулів. Інструментальна система використовується на робочому місці розробника АСУ. У ній створюється набір файлів, який називається проектом.

За допомогою виконавчих модулів проект АСУ запускається на виконання в реальному часі. SCADA дозволяє створювати проект відразу для декількох виконавчих модулів - вузлів проекту. Кожному вузлу проекту відповідає одна інсталяція виконавчого модуля.

За допомогою інтегрованої інструментальної системи SCADA можна:

- підключитися до більш ніж 2678 ПЛК, лічильників та пристроїв через безкоштовні драйвери або OPC;

- розробити якісний графічний операторський інтерфейс (SCADA / HMI) в т.ч. і з web-доступом;

- створити базу систему запису історії процесу у власній промислової СУБД;

- написати програми управління на 5-ти мовах стандарту МЕК 6-1131 / 3, по розкладах, зі статистичними даними, або за допомогою рецептів;

- налаштувати систему безпеки SCADA, відповідну сучасним вимогам;

- запрограмувати промисловий контролер (SOFTLOGIC) на 5-ти мовах стандарту МЕК 6-1131 / 3;

- створити систему управління тривожними і попереджувальними повідомленнями;

- генерувати якісні звіти, за допомогою власного генератора;

- створити АСУ ТП в різних архітектурах: розподілених, клієнт-серверних або web-орієнтованих;

- розробити надійні системи в умовах поганого зв'язку (телемеханіки);

- легко створювати надійні резервовані системи;

- скористатися потужними засобами налагодження і дистанційної діагностики АСУ.

Також в систему входять деякі елементи управління бізнес-процесами виробництва:

- систем управління основними фондами та технічним обслуговуванням устаткування;

- систем управління виробництвом (MES).

За допомогою SCADA можна створювати системи автоматизації практично будь-яких архітектур.

Найпростіша система, яку можна зробити за допомогою - це одновузловий автономний АРМ. Подібні системи застосовуються повсюдно і зазвичай не мають великого числа контрольованих параметрів. Мінімальна кількість каналів для подібної АСУ дорівнює 15.

Автономні системи (рис. 4.1) в володіють розвиненим функціоналом.

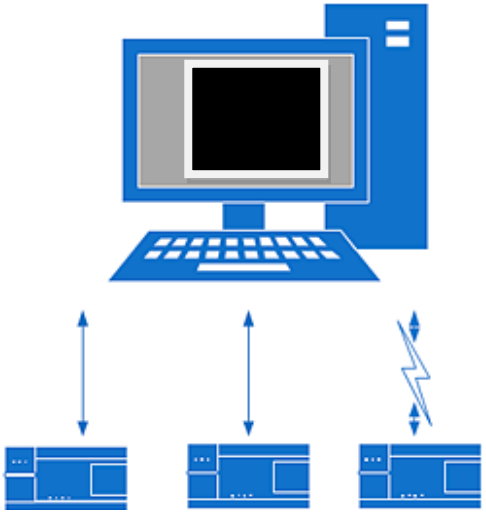


Рисунок 4.1 - SCADA як автономне програмне забезпечення

Вони здатні працювати в умовах поганого зв'язку (телемеханіка) і виконувати наступні операції:

- збір даних 24x7 з більш ніж 2678 ПЛК, лічильників та пристроїв через безкоштовні драйвери або OPC;

- візуалізація інформації реального часу на якісному графічному операторському інтерфейс (SCADA / HMI);

- операторське управління процесом;

- виконання керуючих програм, написаних на 5-ти мовах стандарту МЕК 6-1131 / 3, за розкладами, зі статистичними даними, або за допомогою рецептів;

- моніторинг і управління тривожними і попереджувальними повідомленнями (алармами). Розсилка попереджень електронною поштою та SMS;

- ведення історії процесу у власній промислової СУБД;

- створення якісних звітів, за допомогою власного генератора;

- забезпечення безпеки SCADA, що відповідає сучасним вимогам;

Для автономних додатків потрібно використовувати такі програмні продукти:

- MPB (Монітор реального часу);

- MPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу у власній промислової СУБД);

- ДокMPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу і генератором звітів);

- GSM MPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу і SMS-розсилками / управлінням);

- OPC MPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу і OPC-сервером для зв'язку з іншими SCADA).

SCADA застосовується в територіально-розподілених телемеханіческих системах (рис. 4.2). Для цього забезпечена технологіями збору даних і управління в умовах нестабільного зв'язку.

У системах телемеханіки на віддалених об'єктах треба застосовувати контролери з Micro, а в диспетчерському пункті - MPB. Сервер диспетчера можна резервувати, а також створювати клієнт-серверну систему.

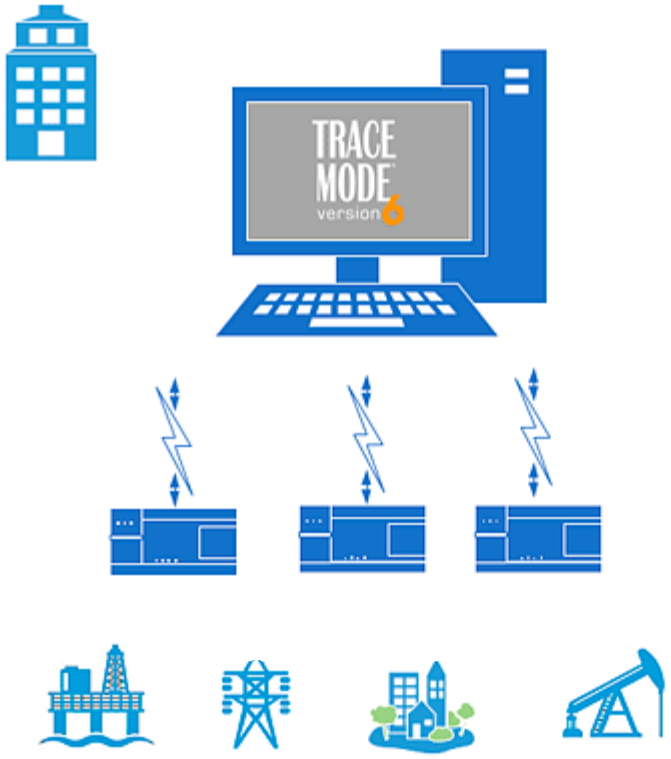


Рисунок 4.2 - SCADA в телемеханічних системах

Телемеханічні системи в здатні працювати в умовах поганого зв'язку (телемеханіка) і виконувати наступні операції:

- збір даних 24x7 з віддалених контролерів в умовах нестабільного зв'язку;

- автоматичний "підйом" і гладке збереження даних з віддалених об'єктів в періоди відсутності зв'язку;

- візуалізація інформації реального часу на якісному графічному операторському інтерфейс (SCADA / HMI);

- операторське управління процесом;

- виконання керуючих програм, написаних на 5-ти мовах стандарту МЕК 6-1131 / 3, за розкладами, зі статистичними даними, або за допомогою рецептів;

- моніторинг і управління тривожними і попереджувальними повідомленнями (алармами). Розсилка попереджень електронною поштою та SMS;

- ведення історії процесу у власній промислової СУБД;

- створення якісних звітів, за допомогою власного генератора;

- забезпечення безпеки SCADA, що відповідає сучасним вимогам.

Для телемеханічних додатків потрібно використовувати такі програмні

продукти:

- Micro в контролерах;

- MPB (Монітор реального часу);

- MPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу у власній промислової СУБД);

- ДокMPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу і генератором звітів);

- GSM MPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу і SMS-розсилками / управлінням);

- OPC MPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу і OPC-сервером для зв'язку з іншими SCADA).

У центральних диспетчерських пунктах можлива побудова великих багатовузлових клієнт-серверних систем з гарячим резервуванням в архітектурі.

Клієнт-сервер - це найпоширеніша архітектура для середніх і великих АСУ ТП, зроблених (рис. 4.3). Перевагами даної архітектури є економічність, простота створення, експлуатації та адміністрування. Клієнти можна підключати до сервера як локально, так і віддалено через Інтернет. При цьому канал зв'язку рекомендується шифрувати, створюючи VPN. Як сервер використовуються будь-які MPB, а в якості клієнтів - модулі NetLink Light.

Клієнт-серверні системи здатні виконувати такі операції:

- збір даних 24x7 з більш ніж 2678 ПЛК, лічильників та пристроїв через безкоштовні драйвери або OPC;

- забезпечити гаряче резервування сервера, а також систем збору даних, архівів;

- візуалізація інформації реального часу як на сервері, так і на ПК клієнтів (SCADA / HMI);

- віддалене операторське управління процесом як на сервері, так і на ПК клієнтів;

- виконання керуючих програм (як на сервері, так і на клієнтів) написаних на

5-ти мовах стандарту МЕК 6-1131 / 3, за розкладами, зі статистичними даними, або за допомогою рецептів;

- моніторинг і управління тривожними і попереджувальними повідомленнями (алармами) як на сервері, так і на клієнтів. Розсилка попереджень електронною поштою та SMS;

- ведення історії процесу у власній промисловій СУБД (як на основному, так і на виділених серверах архіву);

- створення звітів (як на основному, так і на виділеному сервері документування);

- забезпечення безпеки SCADA, що відповідає сучасним вимогам.

Для клієнт-серверних систем потрібно використовувати такі програмні продукти:

- MPB (Монітор реального часу);

- MPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу у власній промислової СУБД);

- ДокMPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу і генератором звітів);

- GSM MPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу і SMS-розсилками / управлінням) ;

- OPC MPB + (Монітор реального часу + з функцією ведення історії процесу і OPC-сервером для зв'язку з іншими SCADA) ;

- DoubleForce MPB + для забезпечення гарячого резервування сервера. Детальніше див. Міцні та резервування.

- NetLink Light.

Наведений на рисунку 4.4 екран був створений у редакторі для представлення даних. У даному редакторі відбувалася розробка графічної частини проекту системи автоматичного керування яка призначена для візуального а також супервізорного керування розглядувашим технологічними процесами.

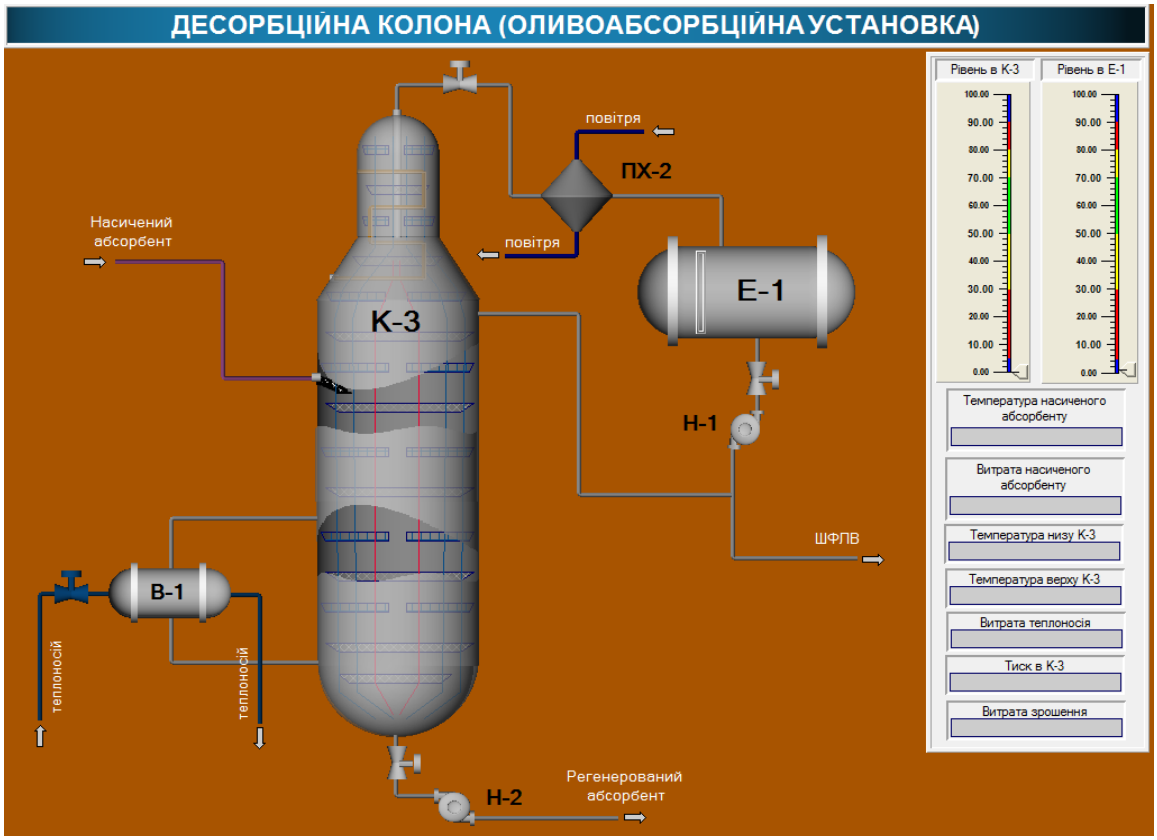


Рисунок 4.4 - SCADA система установки

Висновки до розділу

Наведено грунтовний опис розробленої SCADA-системи мнемосхеми десорбційної колони оливоабсорбційної установки.

5 РОЗРОБКА ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК

5.1 Розробка структурної схеми ієрархічної системи керування

Вибір певної структури управління певним об’єктом автоматизації створює досить значний вплив на ефективність протікання процесу, призводить до зниження відносної собівартості системи керування, деякого підвищення надійності такої системи, ремонтопридатності й т.д.

У процесі розробки проекту автоматизації перш за все потрібно вирішити, із котрих саме місць управлятимуться усі ділянки об’єкту, а також де розташовуватимуться пункти управління та операторські приміщення, яким саме має бути взаємозв’язок між даними об’єктами, тобто потрібно детально розібратись із питанням вибору структури системи автоматичного управління. Під такою структурою системи управління розуміють деяку сукупність частин великої автоматичної системи, на котрі дана велика система може бути розділена за певними ознаками та шляхи передачі сигналів між ними. Структурною схемою називається графічне зображення структури системи управління.

В загальному вигляді структурна схема системи автоматичного керування зображена на рисунку 5.1. Система автоматичного керування складається із об’єкту автоматизації, а також системи управління даним об’єктом. За допомогою деякої взаємодії між об’єктом автоматизації, а також системою управління сама система автоматизації у загальному забезпечує потрібний результат функціонування об’єкту, який описується параметрами x_1, x_2,..., x_n. До таких параметрів можна віднести величини, котрі описують кінцевий продукт технологічного процесу, а також окремі параметри, котрі визначають хід самого технологічного процесу, його економічність, а також забезпечення безаварійного режиму й т.д.

Отож можна стверджувати, що об’єкт автоматизації у загальному випадку складається із декількох більшою або меншою мірою зв’язаних між собою ділянок управління. Окремі ділянки управління зазвичай представляються в вигляді окремих установок чи в вигляді локальних каналів керування окремими

параметрами одних й тих самих установок.

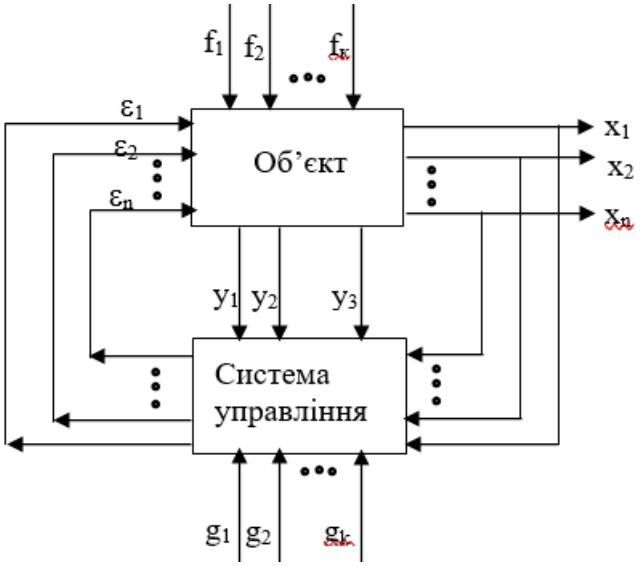


Рисунок 5.1 - Структурна схема системи автоматизації

Запропонована нами система має 3 рівні управління:

1. Здавачів і первинних перетворювачів.

2. Регулятори технологічного процесу.

3. Верхній рівень у вигляді ПЕОМ.

5.2 Вибір технічних засобів автоматизації процесу десорбції

5.2.1 Вибір регуляторів

Для ефективного управління технологічним процесом застосовуватимемо у якості мікропроцесорного регулятора контролер МІК-51, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 5.2.

Функціональні можливості:

- Контролер МІК-51 - це проектно-компонентний виріб, який дає можливість користувачеві задіяти потрібний комплект модулів й блоків відповідно із числом і видом вхідних-вихідних сигналів.

- Наявні вбудовані засоби для самодіагностики: ідентифікація та сигналізація несправностей, про вихід сигналів за встановлені границі, про порушення у ОЗУ, порушення обміну по мережі.

Рисунок 5.2 - Мікропроцесорний контролер МІК-51

Контролери МІК-51 мають розвинену систему міжконтролерного обміну, за допомогою котрої задіяні контролери можуть зєднуватись у локальну чи розподілену керувальну мережу. У створеній мережі задіяні контролери можуть обмінюватися інформацією, і з комп'ютером і з контролерами. Описана функція надає можливість створення розподіленої системи обробки даних, та забезпечує збільшення кількості каналів введення виведення. У випадку використання функцій міжконтролерного обміну інформацією суттєво знижується інформаційне навантаження на наявну мережу.

У складі контролера МІК-51 присутня бібліотека функціональних блоків, яка являється достатньою для ефективного вирішення складних завдань автоматичного регулювання а також логіко-програмного управління.

Конфігурування контролера МІК-51 відбувається через передню панель контролера або через інтерфейс RS-485, який являється гальванічно розділеним (протокол ModBus), що відповідно дає можливість використовувати прилад як вилучений контролер у випадку роботи у сучасних мережах керування а також збору інформації. Параметри налаштування контролера МІК-51 зберігаються у пам'яті яка є енергонезалежною. За допомогою даної функції прилад здатний відновити працездатність задач керування після можливого переривання напруги живлення. Контролери можуть виготовлятися за індивідуальним технічним завданню з метою виконання конкретної технологічної задачі.

Вибраний контролер може здійснювати обслуговування до чотирьох

незалежних контурів регулювання, які мають різні задачі на кожному контурі та включає у свій склад різноманітне поєднання аналогових, а також дискретних входів та виходів і забезпечує безударну заміну, відключення, включення, переключення контурів керування. Контролер МІК-51 володіє хорошою бібліотекою алгоритмів а також інструментаріїв які призначені для розробки FBD-програм керування процесами.

Саме таким чином підтримується основна мета регулювання технологічного процесу десорбції а саме підтримування на деякому заданому рівні таких режимних параметрів як температура а також тиск. Параметри повинні бути такими, щоб при них досягалася максимальна якість широкої фракції легких вуглеводнів (ШФЛВ) а також максимальний вихід ефективно відновленого абсорбенту.

5.2.2 Вибір мікропроцесорних індикаторів технологічного процесу

Використовуватимемо для індикації параметрів технологічних процесів мікропроцесорні індикатори ІТМ-22У (рис. 5.3), котрі відображають на цифровому індикаторі параметри вимірювання, виконують сигналізацію параметрів вимірювання та здійснюють пересилання інформації на комп’ютер для реєстрації.

Рисунок 5.3 – Індикатор мікропроцесорний ІТМ-22У

Вибраний мікропроцесорний індикатор ІТМ-22У володіє такими характеристиками:

• Може здійснювати такі функції:

- Двопозиційне чи трипозиційне регулювання витрати, температури, тиску, рівня а також інших величин, яких фізичне значення може бути перетворене у деякий універсальний сигнал.

- Забезпечення ефективного керування двопозиційним та трипозиційним навантаженням.

- Індикація двох параметрів із уставками з метою сигналізації мінімуму та максимуму.

- Співпраця із датчиками уніфікованих струмових сигналів та з датчиками температури: термоопори, термопари.

• Середовище застосування:

- системи цифрової індикації різнорідних технологічних параметрів;

- різнорідні системи промислової автоматики;

- локальні й територіально розподілені системи керування;

- системи збору даних, диспетчерського контролю, керування виробництвом.

• Функціональні можливості, які являються додатковими:

- можливість автоматичного калібрування початку шкали а також діапазону вимірювання;

- можливість індикації параметрів в технологічних одиницях;

- наявність вхідного цифрового фільтра аналогових входів;

- індикація та сигналізація відхилень від заданих уставок мінімуму та максимуму;

- можливість виміру витрати за перепадом тиску;

- наявний захист від несанкціонованої заміни технологічних параметрів;

- можливість лінеаризації вхідного сигналу (за 16 крапками);

- до 255 приладів в мережі RS-485;

- забезпечення збереження параметрів у випадку відключення живлення.

• Короткі технічні характеристики:

- два канали виміру;

- трьохрівнева гальванічна ізоляція;

- чотири розряди цифрового індикатора;
- відновлення інформації на дисплеї до 0,5 сек;
- час виміру до 0,1 сек;
- розв’язна характеристика цифрової індикації: ±0,01%;
- висота знаків світлодіодних індикаторів: 10 мм;
- похибка виміру: ± 0,2%.

5.2.3 Вибір давачів

5.2.3.1 Витрата

Перетворювач тиску Rosemount 2051 для вимірювання витрати середовищ забезпечує стабільні вимірювання при вимірюванні витрати по перепаду тиску. Для простоти установки ці витратоміри можуть поставлятися в зборі з різними первинними елементами. Локальний інтерфейс оператора з простими меню і кнопками налаштування, дозволяє легко ввести прилад в експлуатацію.

Рисунок 5.4 - Перетворювач тиску Rosemount 2051

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика перетворювача тиску Rosemount 2051

Елемент	Характеристика
Гарантійні зобовязання	Гарантійний термін експлуатації до 5 років

Продовження таблиці 5.1

Елемент	Характеристика
Переналаштування діапазону вимірювання	До 100: 1
Діапазон вимірювань	До 137,9 бар (різниця тисків)
Вихідні дані	Різниця тисків, що масштабується змінна
Протокол цифрового звязку	4-20 мА HART®, WirelessHART®, FOUNDATION ™ Fieldbus, PROFIBUS®, 1-5 В HART® з малою споживаною потужністю
Матеріали, що контактують з робочим середовищем	Нержавіюча сталь 316L, сплав С-276, тантал
Діагностика	Базова діагностика
Сертифікація	Функціональна безпека SIL 2/3, сертифікація сторонньої організації відповідно до стандарту IEC 61508; NSF; NACE; вибухонебезпечні зони. Повний перелік сертифікатів доступний в повній специфікації

Особливості:

- Можна користуватися в зборі з первинними перетворювачами, що є готовим до установки рішення для вимірювання витрати, що гарантує надійну роботу.

- Всі вузли витратоміра протестовані на герметичність і відкалібровані з метою зменшення потенційних точок витоку до 70% і скорочення процедури підготовки до монтажу.

- Локальний інтерфейс оператора пропонує прості у використанні меню і вбудовані кнопки конфігурації для спрощеного введення в експлуатацію.

- Метрологічні характеристики з похибкою від 0,05% від встановленого

діапазону вимірювань.

- Сертифікується за рівнем повноти безпеки SIL 2/3 по стандарту IEC 61508 (незалежної сторонньою організацією) з наданням сертифікату попереднього застосування з даними FMEDA для безпечних установок.

5.2.3.2 Температура

З метою вимірювання температури використовуватимемо термоперетворювач опору Rosemount™ 214C.

Термоперетворювач опору Rosemount 214C - це платиновий термоперетворювач опору Pt-100 з одним або двома чутливими елементами, що дозволяє вимірювати температуру в широкому діапазоні від -196 до 600 ° C. Для універсальності датчик може поставлятися як в тонкоплівкових, так і в дротовому виконанні. Крім калібрування за класами точності A і B цей датчик дозволяє використовувати для сполучення з перетворювачем константи Каллендара-Ван Дюзена, що забезпечує найвищий рівень точності.

Рисунок 5.5 - Термоперетворювач опору Rosemount 214C

Таблиця 5.2 – Термоперетворювач опору Rosemount 214C

Елемент	Характеристика
Температурний діапазон	Для дротяного елемента: максимальна зміна опору 0,05 °C (0,020) при температурі танення льоду після впливу вібрації 1g в діапазоні від 20 до 500 Гц

Продовження таблиці 5.2

Елемент	Характеристика
	протягом 150 годин, відповідно до IEC 60751: 2008
Дротові виходи	Провід 24 AWG, ізольований FEP; кольорове маркування відповідно до IEC 60751
Постійна часу / відклик	Максимум 10,8 секунди потрібно для того, щоб досягти 50% реакції датчика при тестуванні в проточній воді відповідно до стандарту IEC 60751: 2008
Стабільність	Максимальна зміна опору ± 0,15 °C (0,059) при температурі танення льоду після 1000 годин при вимірюванні за методом, вказаним в IEC 60751: 2008
Опір ізоляції	Мінімальний опір ізоляції становить 1000 МОм при вимірюванні під напругою 500 В постійного струму при кімнатній температурі
Опції калібровки	Точність по IEC 751, клас А або В; Калібрування по одній точці; Під певний калібрувальний графік або заданий користувачем діапазон калібрування, обидва варіанти з константами Каллендара-Ван Дюзена

5.2.3.3 Рівень

З метою вимірювання значення рівня в колонах використовуватимемо хвилеводний радарний рівнемір Rosemount ™ 5300.

Даний рівнемір ідеально підходить для складних вимірювань рівня та рівня розділу середовищ рідин, суспензій і сухих речовин, забезпечує відмінну надійність і безпеку при вимірюванні рівня рідин і розділу середовищ. Рівнемір 5300 пропонує кілька переваг, таких як простота установки, відсутність

необхідності в калібрування і незалежність від умов техпроцесу. Крім того, рівнемір відповідає вимогам стандарту функціональної безпеки завдяки сертифікації на рівні SIL2. Його надійна конструкція і потужні діагностичні можливості є суттєвою інвестицією в виробництво.

Рисунок 5.6 - Радарний рівнемір Rosemount 5300

Таблиця 5.3 – Радарний рівнемір Rosemount 5300

Елемент	Характеристика
Похибка	± 3 мм
Відтворюваність показань	± 0,04 дюйма (1 мм)
Діапазон вимірювання	до 50 м
Робочий тиск	Повний вакуум до 345 бар
Робоча температура	від -196 до 400 °C
Протокол передачі даних	4-20 мА / HART®, Foundation Fieldbus, Modbus
Діагностика	Діагностика дозволяє проводити профілактичне обслуговування
Тип зондів	Жорсткі одинарні; сегментовані жорсткі одинарні; гнучкі одинарні; жорсткі подвійні; гнучкі подвійні; коаксіальні
Гарантія	До 5 років

Особливості:

- Технологія прямого перемикання (Direct Switch) забезпечує підвищену чутливість, високу надійність і широкий діапазон вимірювань.

- Діагностика показників якості ехосигналу (Signal Quality Metrics) дозволяє виявити осадження на зонді, турбулентність, кипіння, піну або емульсію.

- Режим вимірювання по проекції кінця зонда (Probe End Projection) підвищує надійність вимірювань.

- Динамічна компенсація діелектричної постійної пару для більш ефективного витрати тепла.

- Контрольний відбивач для перевірки і постійного контролю працездатності рівнеміра.

5.2.3.4 Тиск

З метою вимірювання тиску у колонах використовуватимемо - перетворювач тиску Rosemount 3051.

Перетворювач тиску 3051 виконання Coplanar дозволяє скористатися кращими в галузі робочими характеристиками і запатентованою технологією Coplanar. Це універсальне рішення для вимірювання тиску, рівня і витрати. В даний час по всьому світу встановлено більше 10 мільйонів пристроїв цього сімейства. Фланець у виконанні Coplanar і можливість прямого монтажу забезпечують просту і недорогу установку і універсальність застосування.

Рисунок 5.7 - Перетворювач тиску Rosemount 3051

Таблиця 5.4 – Перетворювач тиску Rosemount 3051

Елемент	Характеристика
Гарантія	до 5 років
Перенастроювання діапазону вимірювань	до 150:1
Протокол цифрового связку	4-20 мА HART, WirelessHART, FOUNDATION Fieldbus, PROFIBUS, економічний 1-5 В HART
Діапазон вимірювань	до 137,89 бар (різниця тисків), до 137,89 бар (надлишкове), до 275,79 бар (абсолютне)
Матеріали, що контактують з робочим середовищем	Нержавіюча сталь 316L, сплав C-276, сплав 400, тантал, позолочений сплав 400, позолочена нержавіюча сталь 316L
Діагностика	Базова діагностика, цілісність контуру

Особливості:

- Понад 10 мільйонів пристроїв Rosemount 3051 експлуатуються по всьому світу, забезпечуючи надійне вимірювання тиску в суворих промислових умовах.

- Запатентований виконання Rosemount Coplanar дозволяє здійснювати прямий монтаж для безлічі застосувань.

- Повністю зібрані прилади для вимірювання тиску, рівня і витрати поставляються готовими до установки, що підвищує надійність і оптимальні метрологічні характеристики.

- При заводській збірці перетворювачів тиску всі з'єднання протестовані на герметичність і попередньо відкалібровані з метою зменшення кількості витоків до 70% і спрощення монтажу.

- Стабільна робота приладу протягом 10 років і можливість перенастроювання діапазону вимірювань до 150: 1 дозволяють отримувати достовірні результати і забезпечують широкі можливості застосування.

- Локальний інтерфейс оператора забезпечує швидке введення в експлуатацію і легкий доступ до інформації про процес і пристрої.

- Діагностика цілісності контуру виявляє несправності струмового петлі для зниження часу простою.

- Сертифікований (незалежної сторонньою організацією) за рівнем повноти безпеки SIL 2/3 згідно стандарту IEC 61508 з наданням сертифіката даних FMEDA на основі попереднього використання для безпечних установок.

5.2.4 Вибір виконавчого механізму

З урахуванням того, що вихідним сигналом із контролера МІК-51 являється аналоговий електричний сигнал тому вибираємо виконавчий механізм (ВМ) електричний, котрий забезпечує перетворення поступаючого електричного командного сигналу у момент, котрий потрібний для позиціонування регулюючого органу (РО).

Із великого асортименту представленого на ринку виберемо МЭО-16/25-0.63 IIBT4, котрий являється однообертовим ВМ, котрий розвиває крутний момент приблизно 16 Нм та виконує 0,63 оберти за 26 секунд.

Рисунок 5.8 - Однообертовий ВМ

5.3 Технічна реалізація системи автоматизації

5.3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональні схеми автоматизації (ФСА) представляє собою основний

технічним документом проекту системи автоматизації, котрий визначає загальну структуру системи управління технологічним процесом, та описує оснащення об’єкту необхідними засобами автоматизації. ФСА в загальному вигляді має давати уявлення фактично про об’єкт керування. Об’єктом автоматичного керування у системах автоматизації технологічних процесів представляє собою сукупність основного а також відповідно додаткового обладнання в поєднанні із вбудованими у нього запірними та відповідно регулюючими органами та енергії, сировини а також інші матеріали, котрі визначаються особливостями технологічного процесу. У зв’язку із даними явищами на функціональній схемі мають наводитися зображення технологічних апаратів (реакторів, колон, теплообмінників і т.д.), автоматичних пристроїв, трубопроводів та наведені зв’язки між ними.

Отже ФСА представляє з себе креслення, на якому умовно схематично, за допомогою умовних позначень, зображені комунікації, задіяне технологічне обладнання, органи управління об’єктами та засоби автоматизації (виконавчі механізми, вторинні прилади, давачі, первинні перетворювані) із відповідним нанесенням між даними елементами ліній зв’язку.

Такі допоміжні пристрої як редуктори, реле, джерела живлення, фільтри для повітря, автомати, вимикачі, з’єднувальні коробки а також інші пристрої і відповідно монтажні елементи не зображують на ФСА.

Усі технічні засоби, що розташовані за межами щитів та котрі безпосередньо не зв’язані із наявним технологічним обладнанням та трубопроводами розміщують в прямокутнику із написом «Прилади місцеві». Усі первинні вимірювальні перетворювачі, а також відбірні та приймальні пристрої, котрі вмонтовуються у технологічні апарати а також трубопроводи не зображуються на ФСА.

5.3.2 Розробка креслення загального виду щита керування

У загальному щити систем автоматизації призначаються для розташування на них приладів призначених для контролю та управління технологічними процесами. Щити зазвичай встановлюються в виробничих приміщеннях а також таких

спеціальних щитових приміщеннях як операторні, апаратні та диспетчерські.

Зазвичай на щитах монтують засоби контролю та управлінням технологічними процесами, пристрої для блокування, захисту, живлення а також лінії зв’язку між ними.

Процес розроблення загального вигляду щита здійснюється в такій послідовності:

1. Вибір наявного стандартного щита виходячи із числа задіяної електроапаратури, приладів, категорії приміщень, де встановлюються дані щити і т.д..

2. Безпосереднє монтування приладів а також апаратури на фасадних панелях а також усередині щитів та пультів.

На розроблюваній установці задіємо щити шкафові, що виконані за допомогою субблочного методу. У проекті також використовуються панельні щити.

Усі перетворювачі а також сигналізатори розташовуються за щитами на відповідному штативі. Для більш коректнішого розуміння технологічного процесу на кресленні наведена таблиця надписів на табло та бірках.

Висновки до розділу

У розробленому розділі розроблено структурну схему ієрархічної системи автоматичного керування, здійснено вибір і обґрунтування ТЗА та контролерів, котрі потрібні для експлуатації розглянутого об’єкту, виходячи із загальних умов протікання даного технологічного процесу.

ВИСНОВКИ

В даній роботі проаналізовано процес десорбції на оливоабсорбційній установці в умовах Долинського ГПЗ з точки зору його автоматизації. Так, як завданям проекту була автоматизація десорбера то можемо зазначити, що найвагомішим параметром, котрий характеризує хід даного технологічного процесу а також забезпечує якість регенерованого абсорбенту являється температура у нижній частині десорбційної колони. Саме тому головна увага у даній роботі приділялася каналу регулювання температури.

В результаті проведення активного експерименту було визначено передавальну функцію об’єкта автоматизації, вибрано регулятори для одноконтурної та каскадної систем керування, розраховані їхні оптимальні параметри налаштування, здійснено розрахунок одноконтурної і каскадної систем автоматичного керування, визначено їхні показники якості та виконано дослідження систем керування на стійкість.

Розроблено ієрархічну структурну схему автоматичного регулювання, здійснено вибір технічних засобів автоматизації.

ПЕРЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Семенцов Г. Н. Теорія автоматичного керування. Івано-Франківськ: Факел, 1999. 320 с.

2. Мамедов Б. Б. Технологічні розрахунки процесів переробки нафти та газу: навчальний посібник. — Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2008. - 246 с.

3. Дранчук М. М. Проектування систем автоматизації технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості. Івано-Франківськ: Факел, 2005. 448 с.

4. Глоба В.М. Основи будівництва трубопроводів : навч. посіб. / В.М. Глоба, О.Т. Мартинюк. – Івано-Франківськ : ІФДТУНГ, 2000. – 156 с.

5. Семенцов Г. Н., Когуч Я. Р., Дранчук М. М. Автоматичне управління. Івано-Франківськ: Факел, 2003. 240 с.

6. Режими газотранспортних систем / Є.І. Яковлев, О.С. Казак, В.Б. Михалків та ін. – Львів : Світ, 1992. – 170 с.

7. Лагойда, А. І. Технології організації баз даних [Текст]: лаб. практикум / А. І. Лагойда, Л. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2023. – 128 с.

8. Каталоги продукції фірм Мікрол та Honeywell.

9. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навч. посібник: Для студ. вищих навч. закл. / І. В. Ельперін; Національний ун-т харчових технологій. - К.: НУХТ, 2003. - 319 с.

10. Сердюк О.О. Основи проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посіб. для студ. ден. та заоч. форм навч. спец. "Автоматизоване управління технологічними процесами" / О. О. Сердюк; Донбаська держ. машинобудівна академія. - Краматорськ: ДДМА, 2006. - 144 с.

ДОДАТКИ

Додаток А1

Апроксимація.

Результати.

Поліном знаменника N=2
Поліном чисельника M=0
Кількість дискрет Nk=21
Крок дискретизації Ts=20
Вхідне збурення Xo=1,0000
Максимальна похибка DeltaMax=2,3 % в точці T=40c

Передавальна функція:

W(p)=(1)/(764,04p^2+53,693p^1+1,000)

t,c	y(t)	h(t)	Delta%
0	0,0000	0,0000	0,0000
20	0,0000	0,0790	0,0790
40	0,1100	0,2500	0,1400
60	0,4600	0,4300	0,0300
80	0,6900	0,6000	0,0880
100	0,8200	0,7400	0,0810
120	0,9000	0,8400	0,0570
140	0,9400	0,9100	0,0300
160	0,9700	0,9600	0,0080
180	0,9800	0,9800	0,0070
200	0,9900	1,0000	0,0120
220	0,9900	1,0000	0,0150
240	1,0000	1,0000	0,0140
260	1,0000	1,0000	0,0120
280	1,0000	1,0000	0,0090
300	1,0000	1,0000	0,0070
320	1,0000	1,0000	0,0040
340	1,0000	1,0000	0,0030
360	1,0000	1,0000	0,0010
380	1,0000	1,0000	0,0010
400	1,0000	1,0000	0,0000

y(t)-поточне значення в безрозмірній величині.

h(t)-поточне розраховане значення в безрозмірній величині.

Delta%-поточна похибка.

Додаток А2

Апроксимація.

Результати.

Поліном знаменника N=1
Поліном чисельника M=0
Кількість дискрет Nk=21
Крок дискретизації Ts=20
Вхідне збурення Xo=1,0000
Максимальна похибка DeltaMax=0,60% в точці T=180c

Передавальна функція:

W(p)=(1)/(39,226p^1+1,000)

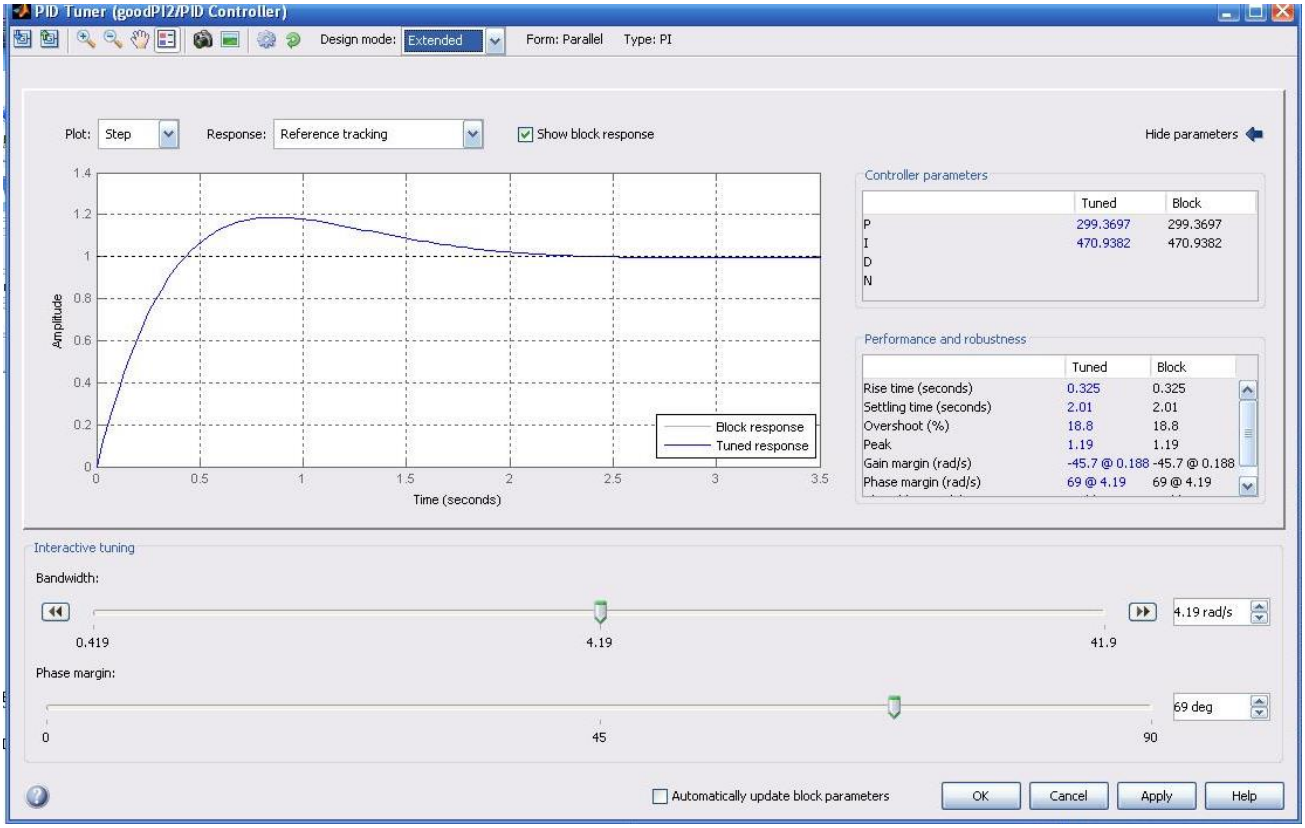
t,c	y(t)	h(t)	Delta%
0	0,0000	0,0000	0,0000
20	0,4000	0,4000	0,0010
40	0,6400	0,6400	0,0010
60	0,7800	0,7800	0,0030
80	0,8700	0,8700	0,0000
100	0,9200	0,9200	0,0020
120	0,9500	0,9500	0,0030
140	0,9700	0,9700	0,0010
160	0,9800	0,9800	0,0060
180	1,0000	0,9900	0,0060
200	1,0000	0,9900	0,0020
220	1,0000	1,0000	0,0040
240	1,0000	1,0000	0,0030
260	1,0000	1,0000	0,0020
280	1,0000	1,0000	0,0010
300	1,0000	1,0000	0,0010
320	1,0000	1,0000	0,0010
340	1,0000	1,0000	0,0010
360	1,0000	1,0000	0,0010
380	1,0000	1,0000	0,0010
400	1,0000	1,0000	0,0010

y(t)-поточне значення в безрозмірній величині.

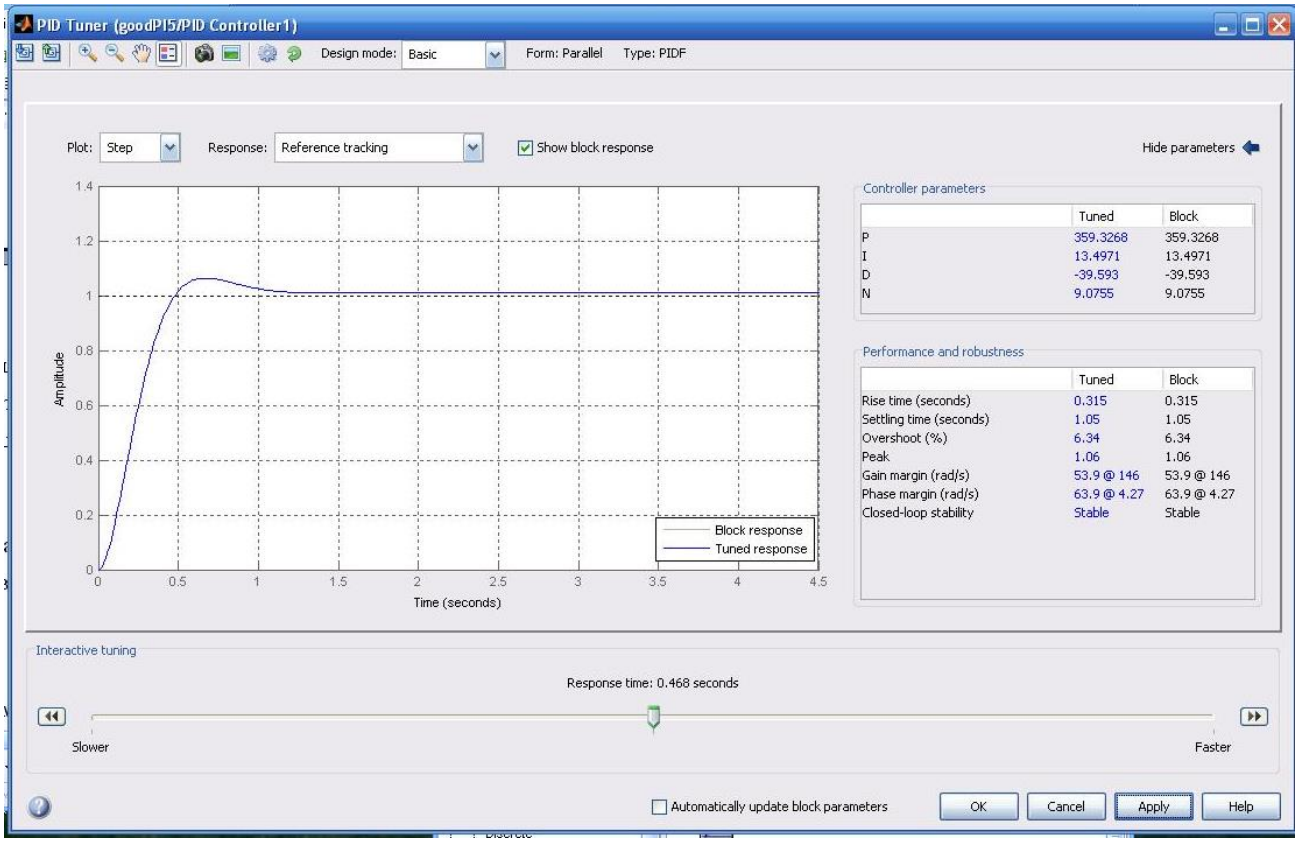
h(t)-поточне розраховане значення в безрозмірній величині.

Delta%-поточна похибка.

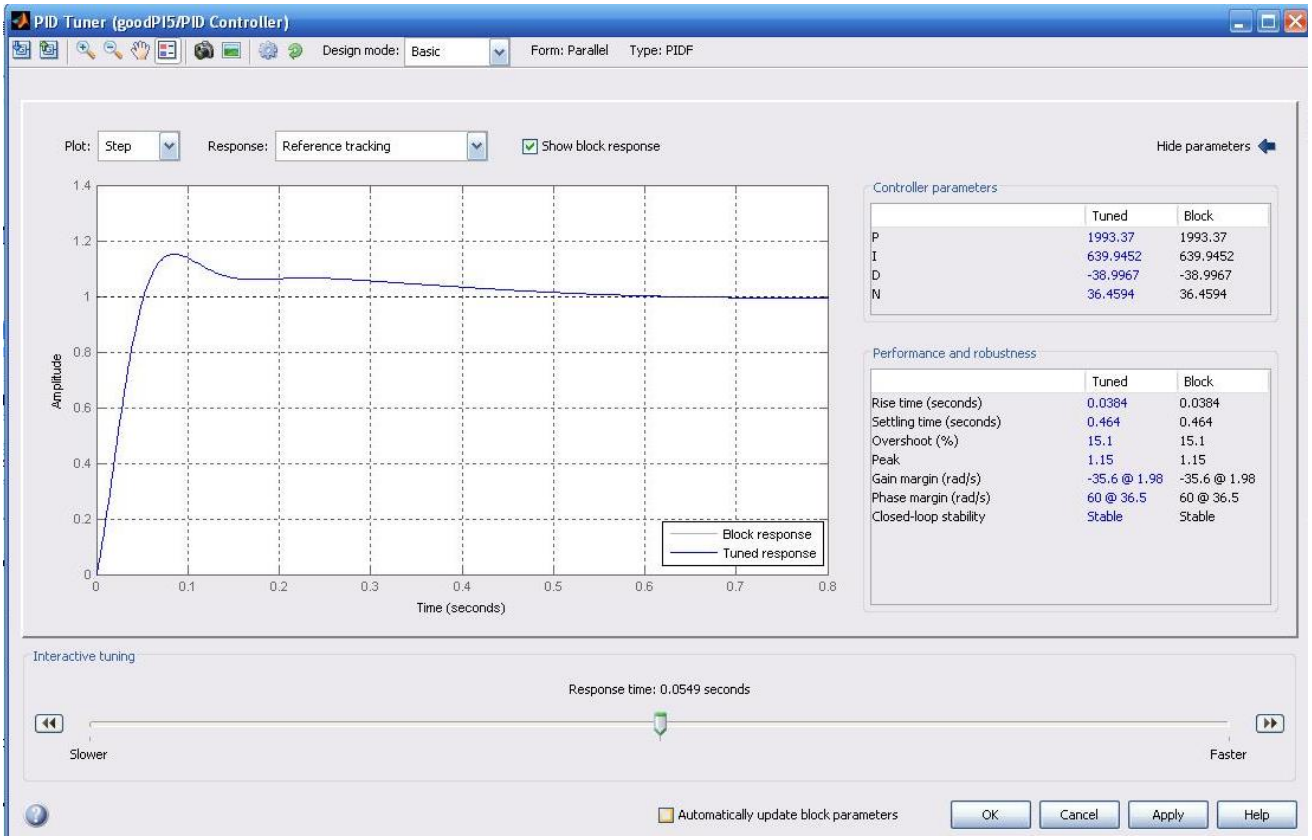
Додаток Б1


PID Tuner (goodPI2/PID Controller)
Design mode: Extended
Form: Parallel
Type: PI
Plot: Step
Response: Reference tracking
Show block response
Hide parameters
Amplitude
Time (seconds)
Block response
Tuned response
Controller parameters
Tuned
Block
P
299.3697
299.3697
I
470.9382
470.9382
D
N
Performance and robustness
Rise time (seconds) 0.325 0.325
Settling time (seconds) 2.01 2.01
Overshoot (%) 18.8 18.8
Peak 1.19 1.19
Gain margin (rad/s) -45.7 @ 0.188 -45.7 @ 0.188
Phase margin (rad/s) 69 @ 4.19 69 @ 4.19
Interactive tuning
Bandwidth:
0.419
4.19
41.9
4.19 rad/s
Phase margin:
0
45
90
69 deg
Automatically update block parameters
OK
Cancel
Apply
Help

Додаток Б2


PID Tuner (goodPI5/PID Controller1)
Design mode: Basic
Form: Parallel
Type: PIDF
Plot: Step
Response: Reference tracking
Show block response
Hide parameters
Amplitude
Time (seconds)
Block response
Tuned response
Controller parameters
Tuned
Block
P 359.3268 359.3268
I 13.4971 13.4971
D -39.593 -39.593
N 9.0755 9.0755
Performance and robustness
Rise time (seconds) 0.315 0.315
Settling time (seconds) 1.05 1.05
Overshoot (%) 6.34 6.34
Peak 1.06 1.06
Gain margin (rad/s) 53.9 @ 146 53.9 @ 146
Phase margin (rad/s) 63.9 @ 4.27 63.9 @ 4.27
Closed-loop stability Stable Stable
Interactive tuning
Response time: 0.468 seconds
Slower
Faster
Automatically update block parameters
OK
Cancel
Apply
Help

Додаток Б3


PID Tuner (goodPI5/PID Controller)
Design mode: Basic
Form: Parallel
Type: PIDF
Plot: Step
Response: Reference tracking
Show block response
Hide parameters
Amplitude
Time (seconds)
Block response
Tuned response
Controller parameters
Tuned
Block
P 1993.37 1993.37
I 639.9452 639.9452
D -38.9967 -38.9967
N 36.4594 36.4594
Performance and robustness
Rise time (seconds) 0.0384 0.0384
Settling time (seconds) 0.464 0.464
Overshoot (%) 15.1 15.1
Peak 1.15 1.15
Gain margin (rad/s) -35.6 @ 1.98 -35.6 @ 1.98
Phase margin (rad/s) 60 @ 36.5 60 @ 36.5
Closed-loop stability Stable Stable
Interactive tuning
Response time: 0.0549 seconds
Slower
Faster
Automatically update block parameters
OK
Cancel
Apply
Help

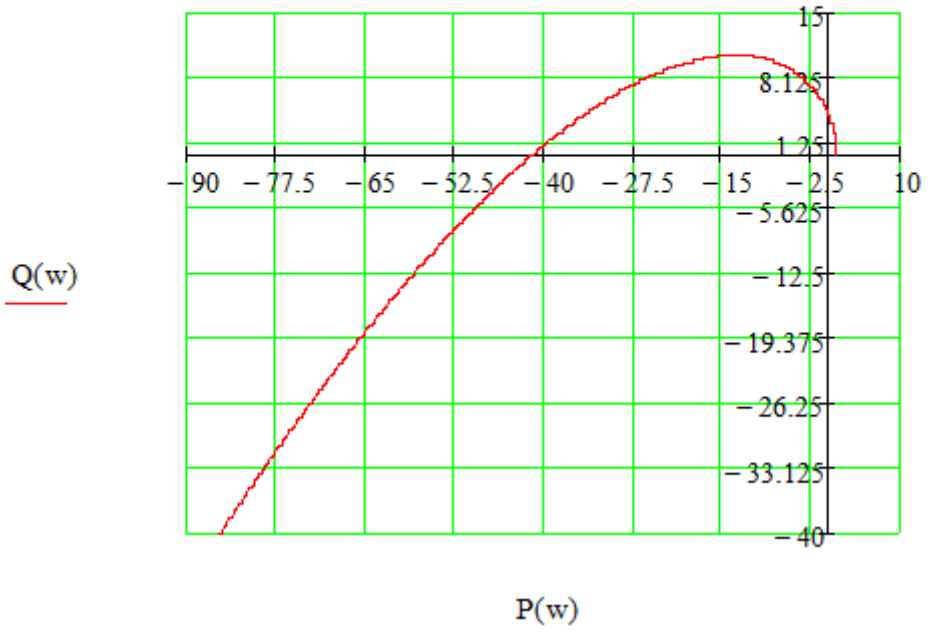
Додаток В1

Перевірка на стійкість одноконтурної системи критерієм Михайлова

$$P(w) := -6.471 \cdot w^2 + 1$$

$$Q(w) := -1.62w^3 + 10.639w$$

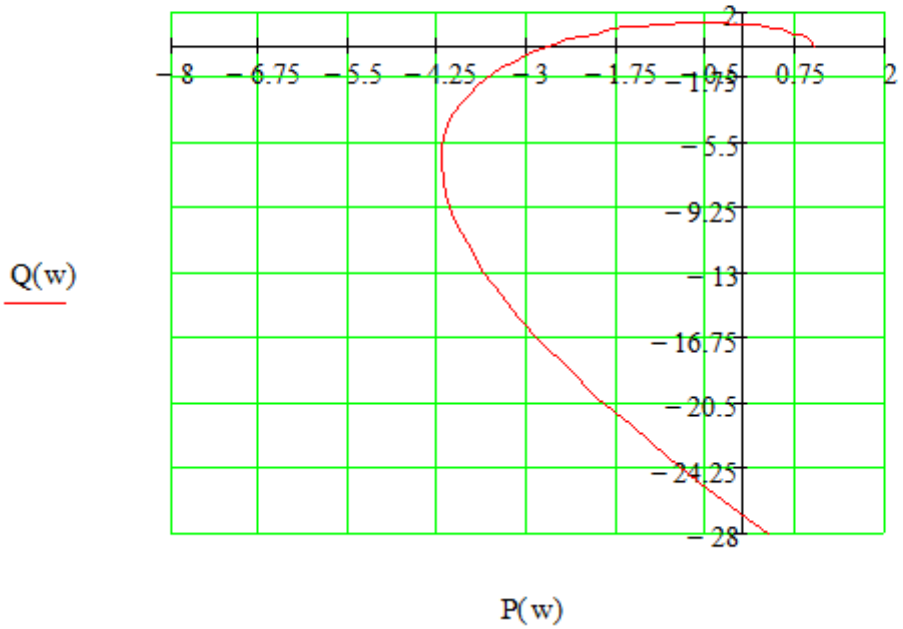
$$w := 0, 0.001 .. 10$$



Додаток В2

Перевірка на стійкість каскадної системи за критерієм Михайлова

$$P(w) := -6948.850 \cdot w^2 + 2.355 \cdot 10^6 \cdot w^4 - 2.346 \cdot 10^7 \cdot w^6 + 53580.939 \cdot w^8 + 1$$

$$Q(w) := 132.725 \cdot w - 180216.269 \cdot w^3 - 1.362 \cdot 10^7 \cdot w^5 + 3.216 \cdot 10^6 \cdot w^7$$

$$w := 0, 0.001 .. 10$$