

Міністерство освіти і науки України
Шосткинський інститут сумського державного університету
Центр заочної та дистанційної форми навчання
Кафедра системотехніки та інформаційних технологій
Спеціальність 6.151 «автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему:

"Система управління технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту"

Керівник роботи

ст викладач, к.т.н.

А.Г. Серяков

Дипломник:

студент групи СУз-81ш

А.А. Донік

Номер залікової книжки: 20180014

Шостка – 2022

РЕФЕРАТ

Донік Ангеліна Анатоліївна. Система управління технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту. Бакалаврська робота. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2022 рік.

Бакалаврська робота містить 61 аркуш пояснювальної записки, з урахуванням 46 рисунків, 6 таблиць; 2 креслень; 4 демонстраційних плакатів.

Робота присвячена розробці системи управління процесу переробки спирту в бутадієн. Автоматизація дозволяє зменшити потреби в кількості людських втручань в технологічний процес і зробити процес більш адаптивним до збурюючих дій, які можуть виникнути в процесі роботи обладнання. Розробка системи управління даного технологічного процесу забезпечує управління великими потужними агрегатами в якому людські зусилля зводяться до налаштування та налагодження автоматичних пристроїв управління і регулювання.

Ключові слова: технологічний процес, система управління, регулюючий мікропроцесорний контролер, алгоритм управління, регульований параметр.

SUMMARY

A. A. Donik. The control system of the technological process of obtaining butadiene from ethyl alcohol. Bachelor work. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2022 year.

A bachelor work is contained by 61 leaves of explaining message, taking into account 46 pictures, 6 tables; designer document which contains 2 drafts; 4 demonstration poster.

Work focuses on the development of a process control system steam boiler. Automation reduces the need for the amount of human intervention in the manufacturing process and make the process more adaptive to the disturbing influences which may arise during operation. Automating this process provides a powerful management of large aggregates in which human efforts are reduced to configure and troubleshoot the automatic control and regulation devices.

Keywords: process control system that regulates the microprocessor controller, the control algorithm, the adjustable parameter.

РЕФЕРАТ

Доник Ангелина Анатоліевна. Система управління технологическим процесом получения бутадієна из етилового спирта. Бакалаврская робота. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2022 год.

Бакалаврская робота содержит 61 листов пояснительной записки, с учетом 46 рисунков, 6 таблиц; 2 чертежей; 4 демонстрационных плакатов.

Робота посвящена разработке системы управления процесса переработки спирта в бутадієн. Автоматизация позволяет уменьшить потребность в количестве вмешательств человека в технологический процесс и сделать процесс более адаптивным к возмущающим воздействиям, которые могут возникнуть в процессе работы оборудования.

Разработка системы управления данного технологического процесса обеспечивает управление большими мощными агрегатами, в котором человеческие усилия сводятся к настройке автоматических устройств управления и регулирования.

Ключевые слова: технологический процесс, система управления, регулирующий микропроцессорный контроллер, алгоритм управления, регулируемый параметр.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Список скорочень та умовних позначень | 3 |
| Вступ | 4 |
| 1 Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта автоматизації | 6 |
| 2 Аналіз параметрів технологічного процесу | 9 |
| 3 Вибір каналів контролю та управління | 10 |
| 4 Вибір засобів автоматизації | 15 |
| 5 Розрахункова частина | 33 |
| 6 Алгоритм роботи системи управління | 50 |
| 7 Розробка АСУТП та структурної схеми | 54 |
| Висновок | 60 |
| Список використаних джерел | 61 |

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце
АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом
АЦП – аналого-цифровий перетворювач
ВО – виконуючий орган
ВМ – виконуючий механізм
КВП і А – контрольно-вимірювальні прилади і автоматика
МУ – мета управління
ОУ – об'єкт управління
П-регулятор – пропорційний регулятор
ПІ-регулятор – пропорційно-інтегральний регулятор
ПІД-регулятор – пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор
ПЗ – програмне забезпечення
ПЗО – пристрій зв'язку з об'єктом
ПЛК – програмований логічний контролер
ПК – персональний комп'ютер
ППП – пристрій плавного пуску
ПТК – програмно-технічний комплекс
ПЧ – перетворювач частоти
ПУ – пристрій управління
РКІ – рідкокристалічний індикатор
РО – робочий орган
САПР – система автоматизованого проектування
САР – система автоматичного регулювання
САУ – система автоматичного управління
ТО – термоперетворювач опору
ТП – технологічний процес
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач
ЦД – цифровий дисплей
ЦП – центральний процесор
ШІМ – широтно-імпульсна модуляція

ВСТУП

Технологічні процеси хімічної промисловості мають ряд суттєвих відмінностей та особливостей [1]:

- складність перебігу хімічних реакцій;
- дуже великі швидкості протікання реакцій та процесів;
- надвисокі вимоги до важливих якісних та кількісних показників речовин;
- чутливість кінцевого результату до змін технологічних параметрів процесів;
- високі вимоги з точки зору захисту та блокувань.

Експлуатація устаткування, яке задіяно в хімічній галузі, повинна вестися в точній відповідності до законів, правил, норм та керівних вказівок. Зокрема, відповідно до «Правил будови і безпечної експлуатації пічного обладнання», «Правилами технічної експлуатації електричних станцій і мереж», «Правилами технічної експлуатації тепло використовуючих установок і теплових мереж » та інших.

Теплоенергетичне устаткування хімічної промисловості має бути високопродуктивним та безпечним.

Людина, в силу природних обмежень організму (втомлюваність, великі кількості та об'єм параметрів/інформації, швидкість прийняття рішень), не в змозі підтримувати протікання технологічного процесу на безпечному, стабільно високому (з точки зору якості) рівні.

Тому в сучасній хімічній промисловості комплексна автоматизація та механізація є вже невід'ємними частинами, і до них приділяється велика увага [2].

Відзначимо, що технологічний процес переробки спирту передбачає використання пічного обладнання (а саме ретортної печі). Від точності протікання фізико-хімічних реакцій в печі залежить результат всього процесу.

Аналіз різних типів пічного обладнання показує, що ефективність роботи печі залежить від якості теплової роботи печі.

Отже від впровадження сучасних технічних засобів автоматизації в галузі переробки спирту очікують більш якісного контролю теплопередачі в печі та важливих параметрів в іншому технологічному обладнанні. Що у свою чергу призведе до:

- підвищення продуктивності використовуваного обладнання;
- покращення якості продукції, яка отримується;
- зниження собівартості виробництва;
- запобігання виникненню аварій та травматизму;
- покращення екологічних складових виробництва.

В цій бакалаврській роботі ми віддали перевагу централізованому управлінню технологічним процесом за допомогою мікропроцесорного контролера Siemens.

1. **КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ**

Вже більше 300 років людство використовує каучук.

Його фізичні та хімічні властивості всім добре відомі: еластичністю, водостійкістю, легкістю, стійкістю до фізичних впливів, електричною непроникненістю.

Це зумовило використання каучуку в самих різних сферах життєдіяльності: легка, важка, хімічна, харчова промисловості, медицина, електроенергетика, машинобудування, побутова сфера тощо.

Природний каучук видобувають з каучуконосних дерев. Це накладає обмеження, викликані географічними та кліматичними факторами. Тому на загальний обсяг видобутку та виробництва каучуку (який до речі вже давно перевищив 10 мільйонів тон на рік) близько 60% складає синтетичний каучук – бутадієновий каучук.

1.1 Призначення та використання бутадієну

Синтетичні каучуки поділяють на каучуки загального та спеціального призначень [3].

На сучасних підприємствах, які виробляють синтетичні каучуки, широко використовується бутадієн. Цей безбарвний газ є основним мономером, який застосовується під час виготовлення синтетичних каучуків загального призначення (полібутадієнових, бутадієн-стирольних, бутадієн-метилстирольних), а також ряду синтетичних каучуків спеціального призначення.

Бутадієн переважно отримують під час переробки нафти. Проте основні світові нафтові родовища невпинно виснажуються. Тому вчені активно досліджують та розробляють альтернативні методи отримання бутадієну-1,3 з відновлюваних ресурсів.

Одним з таких відновлюваних джерел сировини є етанол.

Синтез бутадієну з етанолу був здійснений вченим С. В. Лебедевим. В цьому методі застосовується каталізатор з оксидів алюмінію і цинку за температури 250÷300 °С. При цьому відбувається як дегідрування, так і дегідратація етанолу одночасно, з утворенням бутадієну:



Сучасні підприємства використовують для цих цілей дистиляційні печі.

1.2 Ретортна піч

Для хімічного процесу утворення бутадієну важливим фактором є уособленість інгредієнтів. Тому з різних видів дистиляційних печей (з точки зору конструктивних особливостей) було обрано ретортну піч [4].

Сама піч виготовляється з жаростійких видів сталі. Робочий простір такої печі обмежений газощільною глухонною судиною-ретортою, що обігрівається із зовнішнього боку.

Структурна схема ретортної печі з перегрівником зображена на рисунку нижче:

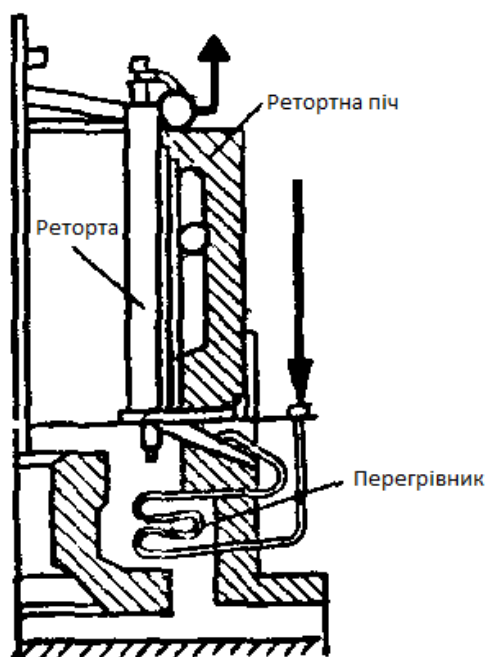


Рисунок 1. Ретортна піч з перегрівником

Реторта печі має високу вогнетривкість та теплопровідність. Може виконуватися горизонтально, похило або вертикально. Реторта забезпечує

безперервне ведення процесу. Поперечний переріз реторти має форму витягнутого прямокутника з обмеженою шириною.

У випарнику печі спирт випаровується, і вже далі пари спирту поступають до перегрівника. Реторта печі наповнена каталізатором. Саме сюди поступають пари спирту. В реторті вони перемішуються з каталізатором і нагріваються. Результатом є суміш спирту, води та бутадієну, який далі необхідно виловити спиртом.

Для цього утворені в результаті нагріву продукти охолоджуються в холодильниках до 7 °С. Як наслідок спирт і вода конденсуються, а бутадієн вловлюється спиртом в абсорбері і відганяється в колони. Спирт, який було відділено, повертається в наступний цикл.

Дегідрування алкілароматичних і аліфатичних вуглеводнів відбувається однотипно. Так, процес дегідрування етил-бензолу (для отримання стиролу) або ізопропіл-бензолу (для отримання метил стиролу) відбувається за температур від 500 °С до 530 °С. В якості каталізатора виступає суміш оксидів заліза, марганцю, цинку, міді та хрому.

Слід додати, що вуглеводні розбавляють водяною парою. Це робиться з метою зменшення утворення смол. Співвідношення вуглеводнів до водяної пари 1 до 2,6.

2. АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Після ретельного аналізу порядку протікання та специфіки технологічного процесу отримання бутадієну, було створено таблицю, в якій структуровано всі основні параметри контролю, управління та сигналізації:

Таблиця 1 – Перелік параметрів технологічного процесу

| Параметр | Позиція технологічної схеми | Функція | Відхилення | Значення | |
|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------|----------|---------|
| | | | | Min | Max |
| Рівень | Збирач спирту | Контроль, управління | 5% | 0,5 м | 2 м |
| Температура | Випарник спирту | Контроль, управління | 5% | 78 °C | 80 °C |
| Температура | Ретортна піч | Контроль, управління, сигналізація | 5% | 250 °C | 300 °C |
| Тиск | Повітря, що надходить у пальник | Контроль, управління | 5% | 0,1 кПа | 0,6 кПа |
| Тиск | Газ, що надходить у пальник | Контроль, управління | 5% | 0,1 кПа | 1,6 кПа |
| Наявність полум'я | Пальник ретортної печі | Контроль, управління, сигналізація | - | - | - |
| Температура | Холодильник №1 | Контроль, управління, сигналізація | 5% | 14 °C | 20 °C |
| Температура | Холодильник №2 | Контроль управління, сигналізація | 5% | 4 °C | 10 °C |
| Температура | Дефлегматор | Контроль, управління | 5% | 45 °C | 49 °C |
| Рівень | Збирач конденсату | Контроль, управління | 5% | 0,2 м | 2,0 м |
| Температура | Холодильник №4 | Контроль, управління, сигналізація | 5% | 5 °C | 9 °C |
| Температура | Випарник | Контроль, управління | 5% | 95 °C | 99 °C |

3. ВИБІР КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ

Спираючись на конструктивно-технологічний аналізу об'єкту керування і таблицю параметрів технологічного процесу (розроблену в попередньому пункті), оберемо канали регулювання, контролю та управління.

3.1 Канали контролю і управління

3.1.1 Рівень у збирачі спирту

Для того, щоб збирач спирту не переповнився, необхідно контролювати та регулювати витрату етанолу, який надходить до збирача зі складу. З цією метою в збирачі встановлено датчик рівня. Керування відбувається за рахунок відкриття/закриття клапану подачі етанолу в збирач.

3.1.2 Температура у випарнику спирту

З метою дотримання регламенту протікання процесу випаровування спирту, необхідно підтримувати відповідну температуру у випарнику. Для цього у випарнику встановлено датчик температури. Керування температури відбувається за рахунок зміни витрати пари, яка подається у випарник.

3.1.3 Температура в реторті

Для того, щоб технологічний процес в реторті протікав нормально, необхідно підтримувати відповідну температуру в цій області печі. З цією метою в реторті встановлено датчик температури. Керування відбувається за рахунок регулюючого клапану подачі газу для спалювання.

3.1.4 Тиск повітря, яке надходить в пальник

Щоб процес згоряння природного газу відбувався максимально ефективно, необхідно підтримувати відповідну якість газо-повітряної суміші (співвідношення газу до повітря має бути 1 до 10,472). Для цього встановлено датчики тиску на трубопроводах подачі повітря та газу. Керування співвідношенням відбувається за рахунок регулюючого клапан подачі повітря.

3.1.5 Тиск газу. Який надходить в пальник

В нашому випадку тиск газу, який подається в пальник, виступає задатчиком для контуру регулювання тиску повітря, яке подається в пальник.

3.1.6 Наявність полум'я в пальнику

Процес спалювання газо-повітряної суміші – процес вибухонебезпечний. З метою підвищення безпеки процесу горіння та запобігання вибуху в пальнику встановлений датчик наявності полум'я, блок контролю розпалювання та полум'я. Якщо полум'я відсутнє або зникає, спрацьовує клапан безпеки, який припиняє подачу газу в пальник.

3.1.7 Температура в холодильнику №1

В холодильнику №1 відбувається процес конденсації бутадієну. Це потребує підтримки відповідних температур. З цією метою в холодильнику №1 встановлено датчик температури. Регулювання охолодженням відбувається за рахунок керування клапаном подачі холодної води.

3.1.8 Температура в холодильнику №2

Холодильник №2 також потребує підтримки температури в заданих межах. Для цього в холодильнику №2 встановлено датчик температури. Регулювання охолодженням відбувається за рахунок керування клапаном подачі розсілу.

3.1.9 Температура в дефлегматорі

Протікання технологічного процесу у відгонній колоні вимагає підтримки відповідної температури у дефлегматорі. З цією метою в дефлегматорі встановлено датчик температури. Регулювання охолодженням відбувається за рахунок керування клапаном подачі холодної води.

3.1.10 Рівень у збирачі конденсату

Технологічний процес супроводжується процесом виділення конденсату. Для того, щоб ємність для збирання конденсату не переповнилася, необхідно контролювати та регулювати рівень в цій ємності. З цією метою встановлено датчик рівня. Регулювання відбувається за рахунок керування клапаном зливу конденсату.

3.1.11 Температура в холодильнику №4

З тих самих причин, що і для холодильника №2 (а саме підтримка необхідних температур протікання процесу конденсації бутадієну), у холодильнику №4 встановлено датчик температури. Регулювання охолодженням відбувається за рахунок керування клапаном подачі розсілу.

3.1.12 Температура у випарнику

Процес випаровування бутадієну відбувається за відповідної температури. Отже, необхідно підтримувати у випарнику цю температуру. З цією метою встановлено датчик температури. Регулювання температури випаровування відбувається за рахунок керування клапаном подачі пари.

3.2 Контури управління

Беручи до уваги технологічний процес та обрані канали регулювання, контролю та управління, розробимо відповідні контури управління, регулювання та контролю.

3.2.1 Контур управління температурою

Контур управління температурою зображено на рисунку нижче:

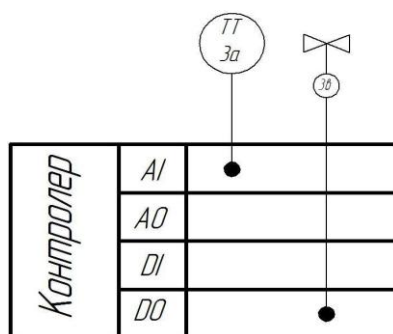


Рисунок 2 – Контур управління температурою

В цьому контурі використовуємо мідний термоперетворювач опору ДТС025Л-100П.0,5.320.4 градуїровки 100П з токовим виходом та електропривід для клапану Velimo GRC230A-5.

3.2.2 Контур управління насосами

Контур управління насосами зображено на рисунку нижче:

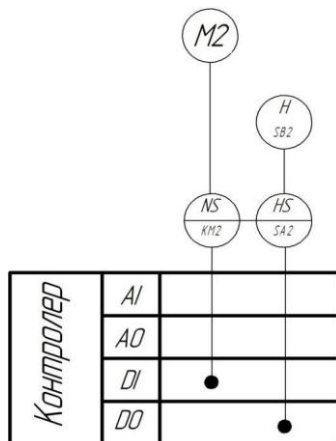


Рисунок 3 – Контур управління насосами

Традиційно в контурах керування насосами використовуються універсальні перемикачі (типу УП-5311), магнітні пускачі, та кнопки. Кількість комутаційних засобів залежить від кількості насосів.

3.2.3 Контур регулювання рівня

Контур регулювання рівня зображено на рисунку нижче:

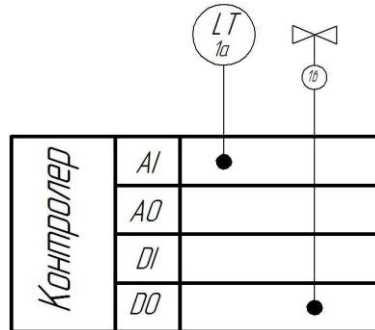


Рисунок 4 – Контур регулювання рівня

В цьому контурі використовуємо ємнісний рівнемір Liquicor M FMI 51 з погрузною частиною 2 метри та електропривід для клапану Belimo GRC230A-5.

3.2.4 Контур регулювання тиску

Контур регулювання тиску зображено на рисунку нижче:

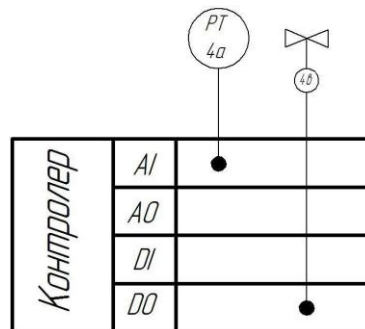


Рисунок 5 – Контур регулювання тиску

В цьому контурі використовуємо перетворювач тиску ОВЕН ПД100-ДИ0,006-111-0,5 та електропривід для клапану Belimo GRC230A-5.

3.2.5 Контур управління пальником

Контур управління пальником зображено на рисунку нижче:

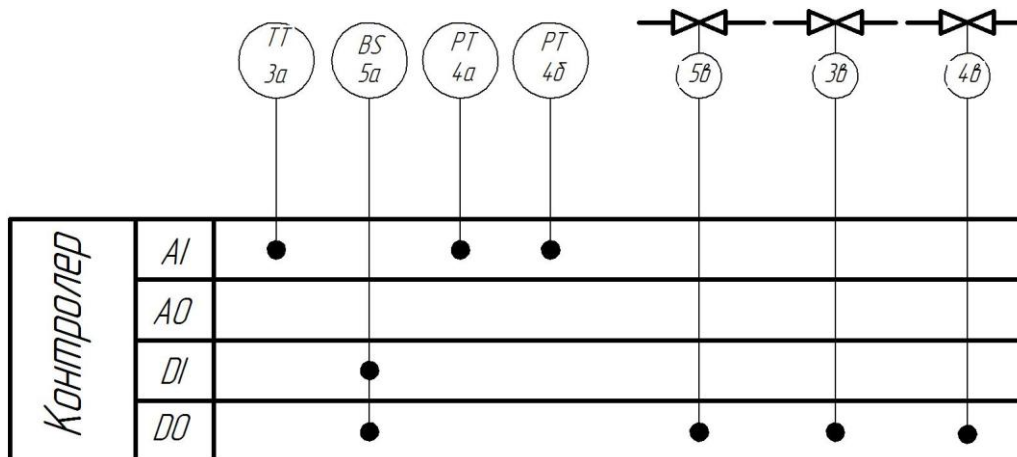


Рисунок 6 – Контур управління пальником

Управління процесом горіння розуміє під собою одночасний контроль багатьох параметрів. Тому контур управління пальником складається з декількох приладів.

Температура на виході печі вимірюється за допомогою термоперетворювача опору ДТС025Л-100П.0,5.320.4 градуїровки 100П (3а) з токовим виходом. Подача газу на пальник регулюється за допомогою клапана Belimo GRC230A-5 (3в). Перетворювачі тиску ОВЕН ПД100-ДИ0,006-111-0,5 вимірюють тиски газу та повітря на пальник. Контролер згідно з табличним значенням підтримує тиск повітря в залежності від тиску газу клапаном Belimo GRC230A-5 (4в).

Окремо слід відзначити блок контролю полум'я та розпалу БКП-2р. Він постійно слідкує за наявністю полум'я і у разі його зникнення передає сигнал на контролер, який в такому випадку закриє запобіжний клапан EVRMNC8 (5в).

Відповідно до структурної схеми та опису технологічного процесу переробки спирту в бутадієн, його параметрів та розглянутих вище контурів регулювання та контролю розроблена функціональна схема системи управління процесу переробки спирту в бутадієн (СУЗТ-81Ш.6.151.04.А2). Також відповідно до вищесказаного складено замовну специфікацію технічних засобів автоматизації системи управління процесу переробки спирту в бутадієн.

4. ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Під час автоматизації процесу виготовлення сухої технічної пари доцільно використовувати централізовану систему керування [5]. Відповідно до цього було обрано технічні засоби автоматизації, прилади контролю і реєстрації.

Оскільки паровий котел відноситься до устаткування підвищеної небезпеки, основними критеріями відбору є надійність, точність та уніфікованість.

З тим розрахунком, що мінімальна їхня кількість забезпечить нормальний, безаварійний режим роботи устаткування.

4.1 Вибір датчиків

Відповідно до розглянутих контурів регулювання, контролю та сигналізації для реалізації знадобляться датчики температури, рівня та тиску.

4.1.1 Вибір датчиків температури

Засобів вимірювання температури існує багато. Ось деякі з них:

- термометри розширення;
- термометри опору;
- термоелектричні термометри;
- пірометри;
- манометричні термометри.

Термометри розширення та манометричні термометри мають невеликі межі вимірювання. До того ж складно передавати сигнал від місця вимірювання до щита оператора.

Пірометри можуть контролювати температуру, але не дають змоги її регулювати. До того ж пірометри зазвичай застосовуються для вимірювання високих температур.

Тому в якості датчиків температури розглядатимемо термоперетворювачі опору.

Термоперетворювач ТСПУ - 0289

Термоперетворювач опору ТСПУ – 0289 [5] має уніфікований вихідний сигнал, вибухозахищений. Призначений для вимірювання температури шляхом перетворення її в уніфікований вихідний сигнал постійного струму.

Вимірює температуру газоподібних, рідких, твердих і сипучих речовин. Діапазон робочих температур лежить в межах від 0 до 200 °С, вихідний сигнал 4-20 мА.

Зовнішній вигляд та основні розміри датчика ТСПУ – 0289 зображено на рисунку 6 нижче:

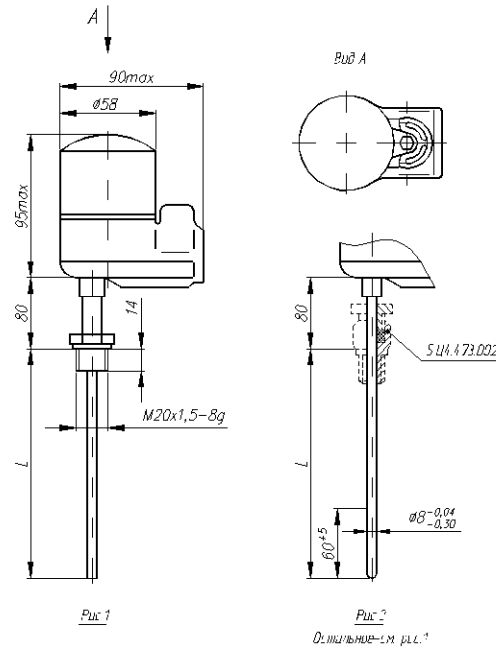


Рисунок 7 – Зовнішній вигляд та основні розміри датчика ТСПУ – 0289
Термоперетворювач опору з токовим виходом ДТС025Л
Зовнішній вигляд датчика ДТС025Л зображено на рисунку 7 нижче:



Рисунок 8 – Зовнішній вигляд термоперетворювача опору з токовим виходом ДТС025Л

Основні технічні характеристики ДТС025Л занесені до таблиці 2:

Таблиця 2 - Основні технічні характеристики ДТС025Л

| Критичний параметр | Значення |
|---|------------------|
| Номінальне значення напруги живлення (постійного струму) | 24 В |
| Діапазон допустимої напруги живлення (постійного струму) | 12...36 В |
| Максимальна потужність, що споживається перетворювачем | 0,8 Вт |
| Діапазон вихідного струму перетворювача | 4...20 мА |
| Вид залежності «струм від температури» | лінійна |
| Нелінійність перетворення, не менше | $\pm 0,2\%$ |
| Розрядність цифро-аналогового перетворювача, не менше | 12 біт |
| Опір кожного дроту, що з'єднує перетворювач з термометром опору, Ом, не більше | 30 |
| Опір лінії зв'язку з термоелектричним перетворювачем, Ом, не більше | 100 |
| Номінальне значення опору навантаження (при напрузі живлення 24 В) | 500 Ом $\pm 5\%$ |
| Максимальний допустимий опір навантаження (при напрузі живлення 36 В) * | 1250 Ом |
| Пульсації вихідного сигналу | 0,6% |
| Час встановлення робочого режиму для перетворювача (попереднє прогрівання) після увімкнення напруги живлення, не більше | 30 хв |
| Показник теплової інерції, не більше | 20...40 с |

Оскільки ДТС025Л має кращий клас точності та розрахований на довший термін експлуатації, будемо використовувати в нашій САУ саме його.

4.1.2 Вибір датчиків рівня

Аналогічно до температури, існує багато датчиків вимірювання рівня:

- поплавкові;
- ємнісні;
- гідростатичні;
- буйкові;
- звукові;
- електромагнітні.

Безконтактні методи вимірювання використовуються у крайніх випадках і для вирішення наших завдань не підходять.

Розглянемо два найбільш розповсюджені типи датчиків рівня.

Сигналізатор рівня ємнісний РОС-101

Зовнішній вигляд датчика РОС-101 [6] зображено на рисунку 8 нижче:



Рисунок 9 – Зовнішній вигляд ємнісного сигналізатора рівня РОС-101

Датчик-реле рівня РОС 101 021І призначений для контролю рівня рідких, твердих (сипких) середовищ в різних технологічних резервуарах і сховищах в стаціонарних. Параметри контрольованого середовища: температура від мінус 100 °С до плюс 100 °С, робочий тиск 2,5 МПа, конструктивне виконання стрижневе ізольоване.

У датчиках-реле за допомогою регулюючих елементів в передавальному перетворювачі забезпечується установка рівня і диференціала спрацьовування в межах робочої зони чутливого елемента, за допомогою зміни положення перемички забезпечується зміна виду сигналізації «наявності» або «відсутність» контрольованого середовища, за допомогою елементів світлової індикації забезпечується контроль функціонування і індикація досягнення встановленого рівня.

Датчик-реле складається з первинного перетворювача (ПП) з чутливим елементом і передавального перетворювача (ППР).

Основні технічні характеристики РОС-101 занесені до таблиці 3:

Таблиця 3 - Основні технічні характеристики датчика-реле рівня РОС-101

| Условное обозначение датчика-реле | Конструктивное исполнение чувствительного элемента | Длина погружаемой части чувствительного элемента, L, м | Параметры контролируемой среды | | | | | |
|--|--|--|--|-----------------|---|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | Физическое состояние: электрические свойства | Температура, °С | Рабочее избыточное давление, P _{раб} , МПа, до | Относительная диэлектрическая проницаемость | Динамическая вязкость, Па·с, не более | Размеры гранулы (куска), мм, не более |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| РОС-101-021 РОС-101-021И РОС-102-121 РОС-102-121И | Стержневой изолированный | 0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,0 | Жидкая, сыпучая, электропроводная | От -100 до +200 | 2,5 | 2,0÷4,0 | 1,5 (для жидких сред) | 5 |

Ємнісний рівнемір Liquicap M FMI 51

Безперервно вимірює рівень рідких продуктів. Навіть за наявності прошарку емульсії.

Діапазон вимірювання до 6 м. Стрижньові зонди, виконання з неактивною зоною і заземлюючою трубкою.

Вихідні сигнали: струмовий 4...20 мА з HART, ЧИМ (FPM). Вибухозахищені виконання Ex ia, Ex d (ia).

Застосовуються також в складі систем оперативного і комерційного обліку для вимірювання рівня підтоварної води.

Застосування в контурах протиаварійного захисту з вимогами до функціональної безпеки по SIL2 відповідно до IEC61508 / IEC61511-1, ГОСТ 61508-х-2007. Сертифікат WHG.

Зовнішній вигляд рівнеміра Liquicap M FMI 51 зображено на рисунку 9 нижче:



Рисунок 10 – Ємнісний рівнемір Liquicap M FMI 51

За рахунок більшої чутливості, точності, надійності та уніфікації ємнісний датчик рівня Liquicap M FMI 51 більш підходить для наших вимог.

Переваги Liquicap M FMI 51:

- Вбудований двоступеневий захист від перенапруги і електростатичних розрядів;
 - Прилад поставляється з заводу відкаліброваним. Дані калібрування дійсні для будь-яких провідних рідин незалежно від місця установки, форми резервуара, хімічного складу води;
 - Перебудова діапазону (шкали) без перекалібрування;
 - Стабільні вимірювання при будь-якому шарі емульсії;
 - Висока швидкодія;
 - Місцеве та/або віддалене налаштування;
 - Зонд з нержавіючої сталі повністю покритий фторопластом, що забезпечує високу хімічну стійкість і скорочення відкладення на зонді завдяки низькій адгезії фторопласта;
 - Самодіагностика справності блоку електроніки і цілісності покриття зонда.
- Беручи до уваги надійність, точність та уніфікованість рівнеміра **Liquicap M FMI 51**, обираємо його для використання в нашій САУ.

4.1.3 Вибір датчиків тиску

Найбільш розповсюдженими приладами вимірювання тиску є деформаційними, грузопоршневі та електричні манометри.

Деформаційні та грузопоршневі не передбачають можливість передавати сигнал на відстань. Тому розглянемо електричні манометри.

Датчик тиску МС-Е1

Перетворювач тиску МС-Е1 призначений для вимірювання тиску неагресивних речовин.

Межі вимірювання 0 – 0,06 МПа. Вихідний сигнал 0..5 мА. Температура вимірюваного середовища -40...+70 °С. Живлення 36 В постійного струму. Відносна похибка – 1%.

Зовнішній вигляд перетворювача тиску МС-Е1 зображено на рисунку 10 нижче:



Рисунок 11 – Зовнішній вигляд перетворювача тиску МС-Е1

Перетворювач тиску ОВЕН ПД100 [7]

Перетворювачі призначені для роботи в системах автоматичного контролю, регулювання та управління технологічними процесами. Перетворювачі вибухозахищених виконань можуть застосовуватися для роботи у вибухобезпечних умовах.

Область застосування перетворювачів – системи контролю, автоматичного регулювання та обліку у різних галузях промисловості, та у житлово-

комунальному господарстві. Робоче середовище для перетворювача – рідини (зокрема технічна вода), пара, газу, парогазові та газові суміші при тиску, не що перевищує верхню межу вимірювання перетворювача і не агресивні до матеріалу вимірювальної мембрани.

Вироби ОВЕН ПД100 забезпечують безперервне перетворення вимірюваного тиску (абсолютного, надлишкового, диференціального, розрідження, гідростатичного та надлишкового-ваккуметричного) нейтральних і неагресивних (стосовно контактуючих з ними матеріалам) серед уніфікований струмовий вихідний сигнал 4-20 мА і цифровий сигнал стандарту HART або у вихідний цифровий сигнал стандарту RS-485.

Межі вимірювання 0 – 0,06МПа. Температура вимірюваного середовища - 40...+80 °С. Живлення 12...36 В постійного струму. Відносна похибка – 0,5%.

Зовнішній вигляд перетворювача тиску ПД-100 зображено на рисунку 11 нижче:



Рисунок 12 – Перетворювач тиску ПД-100

Беручи до уваги надійність, точність та уніфікованість перетворювача ОВЕН ПД-100, обираємо його для використання в нашій САУ.

4.2 Вибір електроприводів клапанів

Електропривід – це пристрій, який рухає регулюючий орган (в нашому випадку це клапани) за сигналом контролера.

Вже багато років поспіль надійними, якісними та доступними показують себе електроприводи компанії Belimo.

Електропривід клапану Belimo GRC230A-5 зображено на рисунку нижче:



Рисунок 13 – Електропривід клапану Belimo GRC230A-5

Цей привод без поворотної пружини. Він застосовується для керування заслінками типу «батерфляй» у системах опалення та водопостачання. Belimo GRC230A-5 може керуватися як за 3-точковою схемою, так і за схемою відкрито/закрито. Час перебігу становить 35с.

Електропривід має в своїй будові спеціальний адаптер, за допомогою якого він встановлюється на шток заслінки.

Електропривід надійно захищений від перевантаження. Він не вимагає кінцевих вимикачів і зупиняється при досягненні кінцевих положень автоматично. Кут повороту налаштовується за допомогою механічних упорів.

Можливе також ручне управління. Для цього передбачена кнопка із самоповерненням (якщо кнопка натиснута, редуктор виводиться із зачеплення).

Діапазон напруг живлення 190...240 В змінного струму.

Розрахункова потужність 7 ВА

З'єднувальний кабель двигуна: 1 м, 3 х 0,75 мм².

Споживана потужність під час руху 4,5 Вт.

Зусилля приводу 16 Нм.

Час повороту 20 с.

Механічна індикація положення.

Клас захисту III.

Ступінь захисту корпусу IP54.

Температура експлуатації -30...+50 °С.

Температура зберігання -40 ... +80 °С.

Вологість навколишнього середовища 95% відн., без конденсації.

Вага 1,7 кг.

4.3 Вибір контролера

Цифрові контролери мають суттєві переваги у порівнянні з аналоговими регуляторами. По-перше, простіше реалізувати алгоритм керування об'єктом управління. По-друге, цифрові контролери можна пристосовувати до характеристик об'єкта управління без зміни конструкції.

Під час вибору контролера для АСУ приймають до уваги багато факторів. До яких також відноситься розповсюдження та використання ПЛК певного виробника на схожих об'єктах управління.

Проаналізувавши схему автоматизації і наявні пропозиції на ринку виробників, було віддано перевагу відомому у світі виробнику сучасних, надійних, високотехнологічних мікропроцесорних контролерів Siemens.

Всі контролери Siemens забезпечують можливість отримання рентабельних рішень для побудови систем автоматичного управління в різних галузях промислового виробництва.

Siemens має можливість застосування структур локального і розподільного введення/виведення; широкі комунікаційні можливості; дуже багато функцій, які підтримуються на рівні операційної системи; зручний в експлуатації і обслуговуванні.

4.3.1 Контролер SIMATIC S7- 1200F [8]

Це модульний ПЛК, який призначений для побудови систем автоматизації низького та середнього ступенів складності. Модульна конструкція контролера має на увазі робота за умов природного охолодження.

Ефективному застосуванню контролерів цього сімейства сприяє можливість використання декількох типів центральних процесорів різної продуктивності, наявність широкої гама модулів вводу/виводу дискретних і аналогових сигналів, функціональних модулів і комунікаційних процесорів.

4.3.2 Межі застосування SIMATIC S7-1200F / S7-1200FC

Контролери дозволяють автоматизувати такі об'єкти управління як: машини спеціального призначення; текстильні і пакувальні машин; машинобудівельне обладнання; обладнання для виробництва технічних засобів управління і електротехнічної апаратури; системи автоматизованого регулювання та позиціонування; автоматизовані вимірювальні установки та інші.

Центральні процесори S7-1200FC обладнані набором вбудованих входів/виходів, а також набором вбудованих функцій, що дозволяє застосовувати ці процесори в якості готових блоків керування.

4.3.3 Конструкція SIMATIC S7-1200F

Як ми вже зазначили вище, контролери SIMATIC S7-1200F мають модульну конструкцію. Вони можуть включати до свого складу наступні модулі:

- Модуль центрального процесора (CPU). Залежно від ступеня складності розв'язуваної задачі в контролерах можуть бути використані різні типи центральних процесорів, які відрізняються продуктивністю та об'ємом пам'яті, наявністю або відсутністю вбудованих входів/виходів і спеціальних функцій, кількістю і видом вбудованих комунікаційних інтерфейсів тощо.

- Модулі блоків живлення (PS), які забезпечують можливість живлення контролера від мережі змінного струму напругою 120/230 В або від джерела постійного струму напругою 24/48/60/110 В.

- Сигнальні модулі (SM), призначені для введення-виведення дискретних і аналогових сигналів з різними постійними чи тимчасовими параметрами.

- Комунікаційні процесори (CP) для підключення до мережі PROFIBUS, Industrial Ethernet, AS-Interface або організації зв'язку через PtP (point to point) інтерфейс.

- Функціональні модулі (FM), здатні самостійно вирішувати завдання автоматичного регулювання, позиціонування, обробки сигналів. Функціональні модулі забезпечені вбудованим мікропроцесором і здатні виконувати покладені на них функції навіть у разі зупинки центрального процесора програмованого контролера.

- Інтерфейсні модулі (ІМ), які забезпечують можливість підключення до базового блоку (стійка з CPU) стійок введення/виведення.

В цілому контролери SIMATIC S7-1200F дозволяють використовувати у своєму складі до 32 сигнальних і функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів, розподілених по 4 монтажним стійкам.

Всі модулі працюють з природним охолодженням. Конструкція контролера відрізняється високою гнучкістю і зручністю обслуговування:

- Всі модулі легко встановлюються на профільну рейку S7-1200F і фіксуються в робочому положенні гвинтом.

- Всі модулі (крім модулів блоків живлення) мають вбудовані ділянки внутрішньої шини контролера. Поєднання цих ділянок виконується шинними з'єднувачами, які змонтовані на тильній стороні корпусу. Шинні з'єднувачі входять в комплект поставки всіх модулів за винятком центральних процесорів і блоків живлення.

- Наявність фронтальних з'єднувачів, що дозволяють провидити заміну модулів без демонтажу зовнішніх з'єднань і спрощують виконання операцій підключення зовнішніх ланцюгів модулів.

- Підключення зовнішніх ланцюгів через фронтальні з'єднувачі з контактами під гвинт або контактами-засувками. Механічне кодування фронтальних з'єднувачів, попереджує можливість виникнення помилок при заміні модулів.

- Застосування модульних і гнучких з'єднувачів SIMATIC TOP Connect, що істотно спрощують монтаж шаф управління.

- Єдина для всіх модулів глибина установки. Всі кабелі розташовуються в монтажних каналах модулів і закриваються захисними дверцятами.

- Довільний порядок розміщення модулів в монтажних стійках. Фіксовані місця повинні займати тільки блоки живлення, центральні процесори і інтерфейсні модулі.

- Допускається виконувати горизонтальну (вісь монтажною стійки орієнтована в горизонтальній площині) і вертикальну установку стійок контролера. При вертикальній установці погіршуються умови охолодження модулів, тому верхня межа допустимого діапазону робочих температур знижується.

4.3.4 Модифікація контролера SIMATIC S7-1200F

- Модульний програмований контролер для вирішення задач автоматизації різного рівня складності.
- Широкий спектр модулів для максимальної адаптації до вирішення будь-якої задачі.
- Можливість використання розподілених структур введення-виведення і просте включення в різні типи промислових мереж.
- Зручна для обслуговування конструкція і робота з природнім охолодженням.
- Вільне нарощування можливостей при модернізації системи.
- Висока потужність, завдяки великій кількості вбудованих функцій.

SIMATIC S7-1200FC

- Випробувана технологія S7-1200F.
- Наявність вбудованих входів і виходів, можливість використання в якості готової системи автоматизації.
- Підтримка функцій швидкісного рахунку, ПІД-регулювання та позиціонування на рівні операційної системи центрального процесора.
- Розширення модулями S7-1200F.

Програмований контролер для побудови розподілених систем автоматики безпеки.

- CPU 315F-2DP / CPU 317F-2DP з вбудованими функціями автоматики, безпеки і інтерфейсом PROFIBUS DP, підтримуючим профіль PROFI safe.
- Системи розподіленого вводу-виводу на основі станцій ET 200M з F-модулями і станцій ET 200S PROFIsafe.
- Забезпечення рівнів безпеки SIL1 ... SIL2 по IEC / EN 61508, а також категорій 1 ... 4 по EN 954-1.

Реалізація стандартних функцій управління з функціями автоматики безпеки в одній системі. SIPLUS S7-1200F

- Програмований контролер для експлуатації у важких промислових умовах.
- Перевірена технологія S7-1200F.

- Зручна установка, програмування, обслуговування та експлуатації.
- Ідеальне виріб для автомобілебудування, хімічної промисловості, установок для захисту навколишнього середовища, різних виробництв, харчової промисловості.
- Замінює дорогі системи спеціального призначення.
- Допускає тимчасове обмерзання друкованих плат.

4.3.5 Функції контролера SIMATIC S7-1200F

Велика кількість модулів програмованого контролера S7-1200F забезпечено набором вбудованих інтелектуальних функцій, що істотно спрощують експлуатацію системи управління:

- Моніторинг збору сигналів (діагностика).
- Моніторинг сигналів апаратних переривань.



Рисунок 14 – Зображення SIMATIC S7-1200F

Діагностика використовується для визначення працездатності модулів вводу-виводу дискретних і аналогових сигналів. Для передачі діагностичної інформації застосовуються шифровані і не шифровані повідомлення:

- Шифровані діагностичні повідомлення можуть Пересилатися тільки в тому випадку, якщо це дозволено відповідним параметром налаштування.
- Чи не шифровані діагностичні повідомлення, пересилання яких проводиться незалежно від відповідних параметрів настройки.

4.3.6 Збільшення кількості входів/виходів контролера

В своїй базовій комплектації контролер SIMATIC S7-1200F має 14 дискретних входів 24 V DC; 10 дискретних виходів реле 2A, 2 аналогові входи 0-10 V DC, 2 аналогові входи 0-20 mA DC.

Для проектованої нами системи управління технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту цього недостатньо. Тому використовуємо блоки розширення.

Блок аналогових входів зображено на рисунку нижче:



Рисунок 15 – Блок аналогових входів SIMATIC SM 1231

Цей блок має 8 аналогових входів (± 10 V, ± 5 V, ± 2.5 V, $0\div 20$ mA, $4\div 20$ mA, 12 bit + sign, 13 bit ADC).

Блок дискретних виходів зображено на рисунку нижче:



Рисунок 16 – Блок дискретних виходів SIMATIC SM 1222

Цей блок має 16 дискретних виходів (24 V, 0.5 A).

4.3.7 Діагностика контролера SIMATIC S7-1200F

Якщо діагностичне повідомлення готове до передачі (наприклад, повідомлення про відсутність напруги живлення датчика), то модуль генерує діагностичне переривання (для шифрованих повідомлень тільки в разі визначення параметрів

дозволу передачі). Центральний процесор перериває виконання програми користувача або завдань з нижчим пріоритетом і викликає відповідний організаційний блок. Залежно від типу модуля діагностичні повідомлення можуть носити різний характер.

4.3.8 Центральні процесори контролера SIMATIC S7-1200F

Центральні процесори S7-300 представлені таким модельним рядом:

- CPU 312: центральний процесор для побудови невеликих систем управління, що включають в свій склад до 8 сигнальних і функціональних модулів, а також комунікацію процесорів.

- CPU 312C: компактний центральний процесор з 10 дискретними входами і 6 дискретними виходами, а також вбудованими функціями швидкісного рахунку (2x10кГц) і вимірювання частоти (2x10кГц) або тривалості періоду. Можливе використовуватися в якості автономного блоку керування.

- CPU 313C: компактний центральний процесор з 24 дискретними входами, 16 дискретними виходами, 4 аналоговими входами для вимірювання уніфікованих сигналів сили струму або напруги, одним аналоговим входом для підключення датчика температури Pt100 і 2 аналоговими виходами. Набір вбудованих функцій включає в свій склад швидкісний рахунок, вимір частоти або тривалості періоду, ПД-регулювання. Може використовуватися в якості автономного блоку керування

- CPU 313C-2 PtP і CPU 313C-2 DP: компактні центральні процесори з 16 дискретними входами, 16 дискретними виходами і вбудованим інтерфейсом MPI. Можуть використовуватися як автономні блоки керування. Обидва процесора мають додатковий комунікаційний інтерфейс:

- CPU 313C-2 PtP - послідовний інтерфейс RS 422 /RS 485 для організації PtP
- CPU 313C-2 DP - інтерфейс ведучого / веденого пристрою PROFIBUS DP.

- CPU 314: центральний процесор для побудови систем керування, в яких потрібно швидкісна обробка інформації та підтримка систем локального введення-виведення, включають в свій склад до 32 модулів.

- CPU 314C-2 PtP і CPU 314C-2 DP: компактні центральні процесори з 24 дискретними входами, 16 дискретними виходами, 4 аналоговими входами для вимірювання уніфікованих сигналів сили струму або напруги, одним аналоговим входом для підключення датчика температури Pt100, 2 аналоговими виходами і вбудованим інтерфейсом MPI. Набір вбудованих функцій включає до свого складу швидкісний рахунок, вимір частоти або тривалості періоду, ПД-регулювання, позиціонування по одній осі. Можуть використовуватися в якості автономних блоків управління.

Обидва процесора мають додатковий комунікаційний інтерфейс:

- CPU 314C-2 PtP - послідовний інтерфейс RS 422 /RS 485 для організації PtP;

- CPU 314C-2 DP - вбудований інтерфейс ведучого /веденого пристрою PROFIBUS DP.

- CPU 315-2 DP: центральний процесор з вбудованими інтерфейсом MPI і ведучого / веденого пристрою PROFIBUS DP для побудови високопродуктивних систем автоматизації з розвиненою системою локального і розподіленого вводу-виводу.

- CPU 315F-2 DP: центральний процесор для побудови розподілених систем автоматики безпеки. Вбудований інтерфейси MPI і PROFIBUS DP з підтримкою профіля PROFI safe. Операційна система центрального процесора доповнена функціями автоматики безпеки.

- CPU 315-2 PN / DP: центральний процесор з вбудованими інтерфейсами MPI / DP і PROFINET, призначений для використання в модульних системах Component Based Automation і системах розподіленого вводу-виводу на основі Industrial Ethernet.

- CPU 315T-2 DP: центральний процесор з набором вбудованих в операційну систему технологічних функцій, орієнтований на побудову розподілених систем позиціонування. Вбудовані інтерфейси MPI / DP і PROFIBUS DP з підтримкою профілю PROFIdrive.

- CPU 317-2 DP: центральний процесор з вбудованими інтерфейсами MPI / DP і PROFIBUS DP, великим обсягом пам'яті програм і даних, високою продуктивністю. Призначений для побудови високопродуктивних систем автоматизації з розвинутою системою локального і розподіленого вводу-виводу.

- CPU 317F-2 DP: центральний процесор для побудови розподілених систем автоматики безпеки. Вбудовані інтерфейси MPI / DP і PROFIBUS DP з підтримкою профілю PROFI-safe. Операційна система центрального процесора доповнена функціями автоматики безпеки.

- CPU 317-2 PN / DP: центральний процесор з вбудованими інтерфейсами MPI / DP і PROFINET, призначений для використання в модульних системах Component Based Automation і системах розподіленого вводу-виводу на основі Industrial Ethernet.

- CPU 317T-2 DP: центральний процесор з набором вбудованих в операційну систему технологічних функцій, орієнтований на побудову розподілених систем позиціонування. Вбудовані інтерфейси MPI / DP і PROFIBUS DP з підтримкою профілю PROFIdrive.

- CPU 318-2 DP: потужний центральний процесор з вбудованими інтерфейсами MPI і PROFIBUS DP, призначений для швидкісного виконання програм великого об'єму та обслуговування розвинених систем локального і розподіленого введення-виведення.

- CPU 319-3 PN / DP: потужний центральний процесор з вбудованими інтерфейсами MPI / DP, PROFIBUS DP і PROFINET, призначений для швидкісного виконання програм великого об'єму і обслуговування розвинених систем локального і розподіленого вводу-виводу.

Базуючись на вищенаведеній інформації я вибрав контролер на основі процесора: CPU 314C-2 PtP з послідовним інтерфейсом RS 422 /RS 485 для організації PtP зв'язку, що необхідна для створення робочої мережі.

Прилад має вбудований PtP (Point to Point) зв'язок, що дозволяє створити внутрішню мережу, наприклад: Контролер – панель контролера – Пк – принтер – модем, що забезпечить швидке реагування на зміни в процесі і забезпечить по мірі необхідності ручне керування процесом через процесор.

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Одним із завдань впровадження системи автоматичного управління обладнанням хімічної промисловості є підтримка параметрів перебігу хімічних реакцій в чітко заданих межах [9].

Досягається ця мета одночасним рухом у двох напрямках: використання релевантних сучасних технічних засобів автоматизації (з обов'язковим застосуванням комп'ютеризованих керуючих комплексів) та доповнення контурів керування додатковими інформаційними датчиками (це призведе до побудови більш складного, але більш якісного з точки зору кінцевого результату алгоритму роботи системи).

5.1 Ідентифікація об'єкта

Отримання математичної моделі об'єкта управління дозволить нам дослідити поведінку всієї системи управління процесу переробки спирту, а відтак і побудувати алгоритму її роботи.

Існує два варіанти отримання математичної моделі об'єкта управління: аналітичний та експериментальний методи.

Експериментальний метод передбачає отримання всіх необхідних даних та перехідних процесів з об'єкта управління безпосередньо.

Аналітичний метод базується на розгляді та аналізі фізичних законів, які визначають хід хімічних реакцій та технологічних процесів в об'єкті управління.

Оскільки у нас немає фізичного доступу до ретортної печі, отримаємо математичну модель аналітичним методом. А експериментальний метод залишимо для перевірки (в перспективі) отриманої моделі.

5.1.1 Аналітичне визначення математичної моделі

Розглянемо принцип дії ретортної печі.

Як ми вже зазначали в попередніх пунктах, за рахунок горизонтальної орієнтації реторт, обігрів в печі відбувається непрямим чином.

Структурну схему ретортної печі зображено на рисунку 13 нижче:

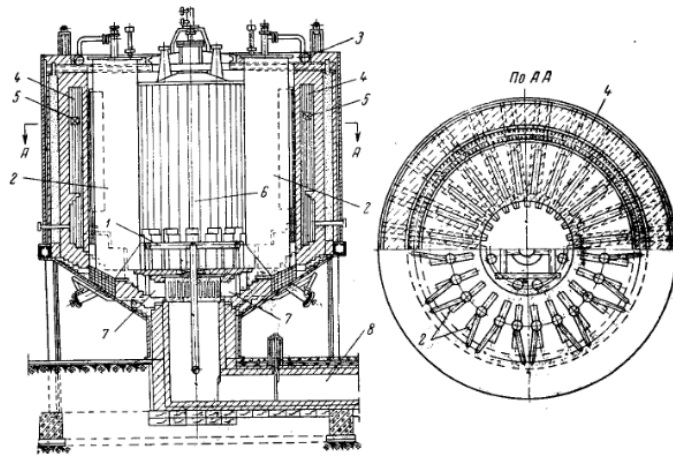


Рис. 51. Пламенная ретортная печь системы А. В. Грум-Гржимайло для каталитического разложения этилового спирта на бутадиев:
 1 – коллектор паров спирта; 2 – реторты; 3 – коллектор контактного газа; 4 – кольцевая топка; 5 – газовые горелки; 6 – газовая камера (муфель); 7 – каналы, отводящие дымовые газы в боров; 8 – бор.

Рисунок 17 – Схема ретортної печі

Динамічні процеси в ретортній печі описуються рівнянням [4]:

$$\begin{bmatrix} x_d(t) \\ x_b(t) \end{bmatrix} = G(p)(I + w_1(p)\Delta_1) \begin{bmatrix} f_d(t) \\ f_v(t) \end{bmatrix} + G_d(p)x_f(t), \quad (1)$$

де $x_d(t)$ – витрата спирту, моль/с; $x_b(t)$ - витрата димового газу, моль/с; $f_d(t)$ – зворотня витрата спирту, моль/с; $f_v(t)$ – зворотня витрата димового газу, моль/с; $x_f(t)$ – потік вихідної сировини, моль/с; $G(\lambda)$ - номінальна складова передавальної функції математичної моделі об'єкта (1) з відносним ступенем γ ; $G_d(\lambda)$ – передавальна функція по подачі вихідної сировини; I – одинична матриця; $w_1(\lambda)$ – передавальна функція, яка містить структурні невизначеності математичної моделі об'єкта; Δ_1 – числова матриця, яка містить параметричну невизначеність моделі об'єкта; $p = d/dt$ – оператор диференціювання; λ – комплексна змінна в перетворенні Лапласа.

Під час представлення математичної моделі процесу отримання бутадієну методом дистиляції в ретортній печі LV-форма моделі (1) використовується в промисловій практиці частіше, ніж DV і DB-форми. Тому оберемо саму її. При цьому, в процесі синтезі закону управління ретортною піччю (1) розглядають окремо два типу збурень: параметричні збурення ($w_1(\lambda) = 1$) і структурні збурення ($w_1(\lambda)$ - довільна передавальна функція). Для кожного типу збурень будується своя

передавальна функція регулятора. Пропонується модель класу (1), при цьому передбачається, що сигнал $x_f(t)$ – зовнішнє неконтрольоване обурення.

Нижче пропонуємо алгоритм, який дозволить компенсувати будь-які види збурень, що діють на об'єкт управління з незмінною структурою регулятора.

Під час вирішення завдання на об'єкт управління накладаються наступні обмеження.

Припущення:

1. Невідомі коефіцієнти передавальної функції $w_I(\lambda)$ і матриці Δ_I залежать від деякого вектора невідомих параметрів $\theta \in \Xi$, де Ξ - відоме обмежене безліч.

2. Система управління має вимірювані сигнали $x_d(t)$, $x_b(t)$, $f_d(t)$ і $f_v(t)$.

Необхідно спроектувати систему стеження виходу ретортної печі $y(t)=[X_d(t), x_b(t)]^T$ за еталонним сигналом $y_m(t)=[x_d^*(t), x_b^*(t)]^T$ в умовах невизначеності параметрів, зовнішніх збурень і динамічного порядку моделі (1), щоб було виконано цільова умова

$$|y(t) - y_m(t)| < \delta \text{ при } t > T. \quad (2)$$

Тут $\delta > 0$; t - час, після закінчення якого з початку роботи системи має виконуватися нерівність (2) для $\forall \theta \in \Xi$; $y_m(t)$ - гладка обмежена функція.

Метод вирішення:

Введемо позначення $u(t) = [f_d(t), f_v(t)]^T$. Тоді рівняння (1) можна переписати у вигляді

$$y(t) = G(p)(I + w_I(p)\Delta_I)u(t) + G_d(p)x_f(t).$$

Беручи до уваги останній вираз, складемо рівняння для похибки стеження $e(t)=y(t) - y_m(t)$ у вигляді:

$$e(t) = G(p)(I + w_I(p)\Delta_I)u(t) + G_d(p)x_f(t) - y_m(t). \quad (3)$$

Введемо допоміжний контур:

$$\tilde{e}(t) = \alpha G(p)u(t), \quad (4)$$

де $\alpha > 0$. З урахуванням (3) і (4) складемо рівняння неузгодженості $\zeta(t)=e(t)-\tilde{e}(t)$:

$$\zeta(t) = G(p)\phi(t),$$

$$\phi(t) = [(1-\alpha)I + w_l(p)\Delta_l]u(t) + G^{-1}(p)G_d(p)x_f(t) + G^{-1}(p)y_m(t).$$

Тут $\phi(t)$ – нова функція збурення, яка містить в собі параметричні, функціональні і структурні невизначеності, що діють на об'єкт (1).

Для компенсації всіх невизначеностей, які діють на ретортну піч, задамо сигнал управління у вигляді

$$u(t) = -\alpha^{-1}G^{-1}(p)\tilde{\zeta}(t), \quad (5)$$

де $\tilde{\zeta}(t)$ - оцінка сигналу $z(t)$, отримана за допомогою спостерігача:

$$\dot{\xi}_i(t) = G_0\xi_i(t) + D_0(\tilde{\zeta}_i(t) - \zeta_i(t)), \quad \dot{\zeta}_i(t) = L\xi_i(t). \quad (6)$$

$$G_0 = \begin{bmatrix} 0 & I_{\gamma-1} \\ 0 & 0 \end{bmatrix},$$

тут $\zeta_i(t)$, $\tilde{\zeta}_i(t)$ – i -ті компоненти векторів $\zeta(t)$ і $\tilde{\zeta}(t)$, $i = 1, 2$, $\xi_i(t) \in R_\gamma$; G_0 , $I_{\gamma-1}$ – одинична матриця розмірності $(\gamma-1) \times (\gamma-1)$; $D_0 = -[d_1\mu^{-1}, \dots, d_\gamma\mu^{-\gamma}]$,

Коефіцієнти d_1, \dots, d_γ обираються з умови гурвіцевості матриці $G = G_0 - DL$; $D = [d_1, \dots, d_\gamma]T$; μ - досить мала величина, $L = [1, 0, \dots, 0]$.

З метою оцінки точності спостереження введемо вектор відхилень:

$$\bar{\eta}_i(t) = \Gamma^{-1}(\xi_i(t) - \theta_i(t)),$$

де

$$\Gamma = \text{diag} \{ \mu^{\gamma-1}, \dots, \mu, 1 \}$$

$$\theta_i(t) = [\zeta_i(t), \dot{\zeta}_i(t), \dots, \zeta_i^{(\gamma)}(t)]^T.$$

Після диференціювання $\eta(t)$ за часом з урахуванням рівняння (6), отримаємо

$$\dot{\bar{\eta}}_i(t) = \mu^{-1}G\bar{\eta}_i(t) + \bar{b}\zeta_i^{(\gamma+1)}(t), \quad \bar{\Delta}_i(t) = \mu^{\gamma-1}L\bar{\eta}_i(t),$$

$$\bar{b} = [0, \dots, 0, 1]^T.$$

Перетворимо передостаннє рівняння в еквівалентну щодо виходу $\Delta(t)$:

$$\dot{\eta}_i(t) = \mu^{-1}G\eta_i(t) + b\dot{\zeta}_i(t), \quad \bar{\Delta}_i(t) = \mu^{\gamma-1}L\eta_i(t). \quad (7)$$

Тут $\eta_{i1}(t) = \bar{\eta}_{i1}(t)$, $b = [1, 0, \dots, 0]^T$. Останні два рівняння еквівалентні щодо змінних $\eta_{i1}(t) = \bar{\eta}_{i1}(t)$ на розумінні того, що є різними векторно-матричними формами запису одного рівняння:

$$(p^\gamma + d_1 \mu^{-1} p^{\gamma-1} + \dots + d_\gamma \mu^{-\gamma}) \bar{\eta}_{i1}(t) = p^\gamma \zeta_i(t).$$

Беручи до уваги (5) і (7), рівняння похибки стеження (3) перетворимо до виду:

$$e(t) = \mu^{\gamma-1} G(p) [L, L] [\eta_1(t), \eta_2(t)]^T.$$

Ствердження. Нехай виконані умови припущень 1, 2. Тоді існують числа $t > 0$ і $\mu_0 > 0$ такі, що при $\mu \leq \mu_0$ система управління (4) - (6) забезпечує виконання цільової умови (2) для об'єктів класу (1) при $t \geq t$ для $\forall \theta \in \Xi$.

Розглянемо ретортну піч, динамічні процеси в якій описуються рівнянням (1). Бажану поведінку процесу дистиляції досягається, наприклад, коли $u_m(t) = [x_d^*(t), x_b^*(t)]^T$, $T = [0,99,0,01]^T$ (моль/с).

Виберемо номінальну складову передавальної функції об'єкта (1) як

$$W(p) = \frac{1}{463p + 1}$$

5.1.2 Отримання кривої розгону [10]

Для отримання розгонної кривої в нормованому вигляді використовуємо передавальну функцію $W(p) = \frac{1}{463p+1}$

Щоб спростити розрахунки крива розгону нормується, тобто значення вихідної змінної наводяться до діапазону 0...1, яке відповідає одиничному вхідному впливу. Крива розгону зображена на рисунку 14 нижче:



Рисунок 18 – Крива розгону в нормованому вигляді

З метою визначення передаточної функції скористаємося методом Орманса.

Завдяки цьому методу можливо визначити дві домінуючі постійні об'єкта управління відповідно до кривої розгону:

$$W(p) = \frac{Ke^{-\tau p}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$$

Визначення передаточної функції відбувається наступним чином:

1) З нормованої кривої розгону визначаємо час, що відповідає значенню $h = 0,7$ і позначаємо його t_7 . З графіка цей час дорівнює 545 секунд.

2) Отриману величину інтервалу ділимо на три частини. Піднімаємо перпендикуляр до кривої розгону і визначаємо величину hn_4 . Відповідно до нашого графіка $hn_4 = 0,33$. Всі необхідні побудови показані на рисунку 15.

3) Аналітично доведено зв'язок між точками кривої розгону і параметрами моделі, а саме $t_7 = 1,2 (T_1 + T_2)$.

4) Для визначення постійних часу об'єкта управління використовується допоміжна величина Z^2 , яку знаходять по номограмі.

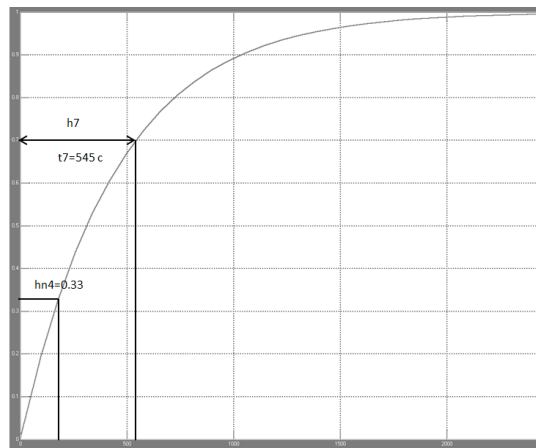


Рисунок 19 – Крива розгону

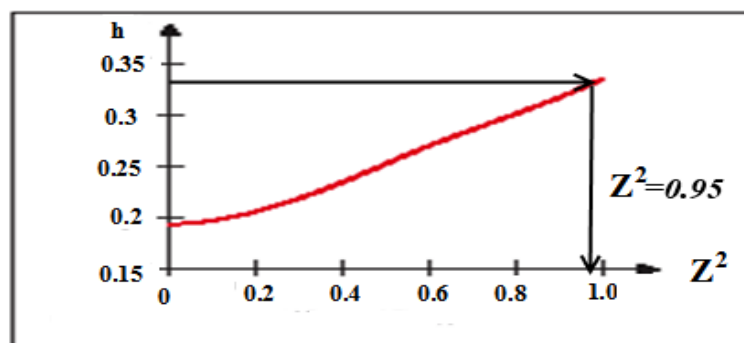


Рисунок 20 - Номограма для визначення величини Z^2

5) Для визначення постійних часу об'єкта управління T_1 і T_2 використовуються наступні формули:

$$T_1 = \frac{t_7}{2.4}(1+z) \quad T_2 = \frac{t_7}{2.4}(1-z)$$

$$T_1 = \frac{545}{2.4}(1+0.975) = 448.5 \text{ с}$$

$$T_2 = \frac{545}{2.4}(1-0.975) = 5.67 \text{ с}$$

Оскільки $T_1 \gg T_2$, то можна перейти до моделі першого порядку: $W(p) = \frac{Ke^{-\tau p}}{1+Tp}$

Результуюча передаточна функція має наступний вигляд:

$$W(p) = \frac{1}{448.5p + 1}$$

За отриманою передаточною функцією будемо перехідну характеристику і зробимо порівняння з вихідною кривою розгону. Нормовані графіки перехідних характеристик показані на рисунку:



Рисунок 21- Крива розгону з експерименту

5.1.3 Перевірка адекватності отриманих кривих розгону

З метою перевірки відповідності отриманих перехідних характеристик, використаємо метод Фішера. Відповідно до цього методу поділимо весь інтервал часу на 10 частин, а потім визначимо $Y_{\text{сер.зад}}$ і $Y_{\text{сер.мод}}$. Ці значення запишемо до таблиці 4.

Таблиця 4 - Значення, отримані з перехідних характеристик

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| зад | 0.103 | 0.199 | 0.282 | 0.357 | 0.427 | 0.486 | 0.542 | 0.59 | 0.632 | 0.672 |
| мод | 0.102 | 0.2 | 0.28 | 0.353 | 0.425 | 0.484 | 0.54 | 0.584 | 0.631 | 0.67 |
| | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |

$$Y_{\text{сер.мод}}=0,427, Y_{\text{сер.зад}}=0,429.$$

Всі розрахунки проводимо в математичному пакеті MathCad.

The screenshot shows the following calculations in MathCad:

- Vector $yz := \begin{pmatrix} 0.103 \\ 0.199 \\ 0.282 \\ 0.357 \\ 0.427 \\ 0.486 \\ 0.542 \\ 0.59 \\ 0.632 \\ 0.672 \end{pmatrix}$
- Vector $ym := \begin{pmatrix} 0.102 \\ 0.2 \\ 0.28 \\ 0.353 \\ 0.425 \\ 0.484 \\ 0.54 \\ 0.584 \\ 0.631 \\ 0.67 \end{pmatrix}$
- Variance $S1 := \frac{\sum_{i=0}^9 (yz_i - 0.429)^2}{9} = 0.036$
- Variance $S2 := \frac{\sum_{i=0}^9 (ym_i - 0.427)^2}{9} = 0.036$
- F-statistic $F_{\text{кк}} := \frac{S1}{S2} = 1.008$

Рисунок 22- розрахунки в MathCad.

Згідно таблиці Фішера для $f_1=10$, $f_2=10$ визначаємо критерій Фішера. Для даних значень він дорівнює 2,98.

Так як згідно таблиці Фішера отриманий критерій менше ніж критерій по таблиці ($1,008 < 2,98$), то можна вважати, що дана модель адекватна.

Таблиця 5 - Критерій Фішера

| f_2 | f_1 | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 15 |
| 1 | 161.45 | 199.50 | 215.71 | 224.58 | 230.16 | 233.99 | 236.77 | 238.88 | 240.54 | 241.88 | 245.95 |
| 2 | 18.51 | 19.00 | 19.16 | 19.25 | 19.30 | 19.33 | 19.35 | 19.37 | 19.38 | 19.40 | 19.43 |
| 3 | 10.13 | 9.55 | 9.28 | 9.12 | 9.01 | 8.94 | 8.89 | 8.85 | 8.81 | 8.79 | 8.70 |
| 4 | 7.71 | 6.94 | 6.59 | 6.39 | 6.26 | 6.16 | 6.09 | 6.04 | 6.00 | 5.96 | 5.86 |
| 5 | 6.61 | 5.79 | 5.41 | 5.19 | 5.05 | 4.95 | 4.88 | 4.82 | 4.77 | 4.74 | 4.62 |
| 6 | 5.99 | 5.14 | 4.76 | 4.53 | 4.39 | 4.28 | 4.21 | 4.15 | 4.10 | 4.06 | 3.94 |
| 7 | 5.59 | 4.74 | 4.35 | 4.12 | 3.97 | 3.87 | 3.79 | 3.73 | 3.68 | 3.64 | 3.51 |
| 8 | 5.32 | 4.46 | 4.07 | 3.84 | 3.69 | 3.58 | 3.50 | 3.44 | 3.39 | 3.35 | 3.22 |
| 9 | 5.12 | 4.26 | 3.86 | 3.63 | 3.48 | 3.37 | 3.29 | 3.23 | 3.18 | 3.14 | 3.01 |
| 10 | 4.96 | 4.10 | 3.71 | 3.48 | 3.33 | 3.22 | 3.14 | 3.07 | 3.02 | 2.98 | 2.85 |
| 11 | 4.84 | 3.98 | 3.59 | 3.36 | 3.20 | 3.09 | 3.01 | 2.95 | 2.90 | 2.85 | 2.72 |
| 12 | 4.75 | 3.89 | 3.49 | 3.26 | 3.11 | 3.00 | 2.91 | 2.85 | 2.80 | 2.75 | 2.62 |
| 13 | 4.67 | 3.81 | 3.41 | 3.18 | 3.03 | 2.92 | 2.83 | 2.77 | 2.71 | 2.67 | 2.53 |
| 14 | 4.60 | 3.74 | 3.34 | 3.11 | 2.96 | 2.85 | 2.76 | 2.70 | 2.65 | 2.60 | 2.46 |
| 15 | 4.54 | 3.68 | 3.29 | 3.06 | 2.90 | 2.79 | 2.71 | 2.64 | 2.59 | 2.54 | 2.40 |
| 16 | 4.49 | 3.63 | 3.24 | 3.01 | 2.85 | 2.74 | 2.66 | 2.59 | 2.54 | 2.49 | 2.35 |
| 17 | 4.45 | 3.59 | 3.20 | 2.96 | 2.81 | 2.70 | 2.61 | 2.55 | 2.49 | 2.45 | 2.31 |

5.1.4 Вибір регулятора та його параметрів налаштування

Математичний пакет MATLAB дозволить обрати та налаштувати регулятор швидко та наочно.

Збираємо схему регулювання, яка має вигляд:

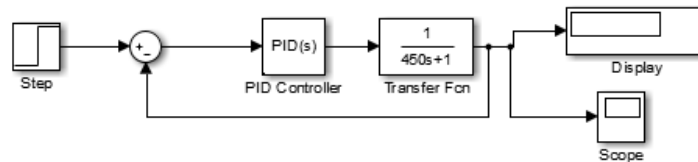


Рисунок 23- Схема для моделювання

Обирати будемо між промисловими П, ПІ, ПІД – регуляторами. Основними критеріями при цьому будуть час регулювання та перерегулювання. Отримані параметри регуляторів зведемо в порівняльну. Підбор параметрів регулювання проводиться переміщенням необхідного повзунка.

5.1.4.1 П – регулятор

Безперервний ідеальний П-регулятор:

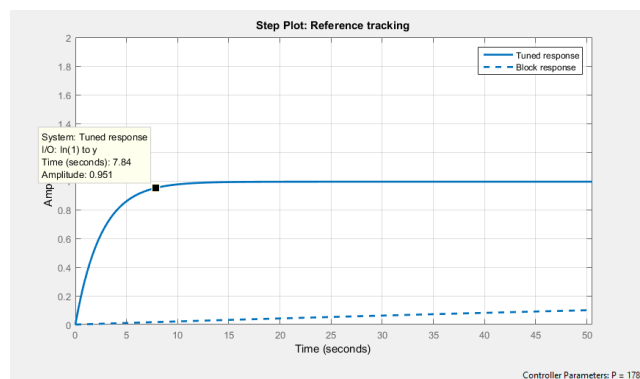


Рисунок 24 – Результати моделювання

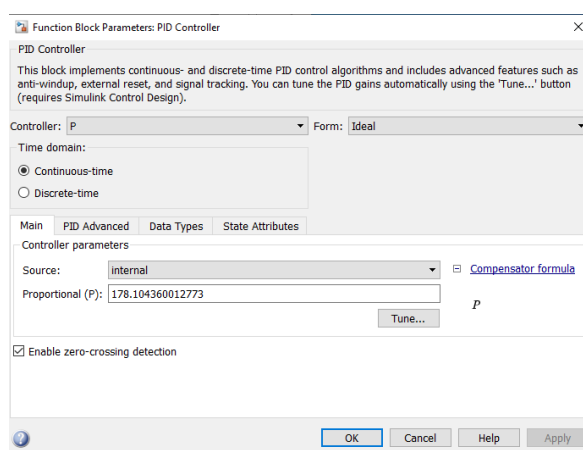


Рисунок 25 – Налаштування П-регулятора

В результаті налаштування отримали: час регулювання 7,84 секунди; коефіцієнт підсилення – 178,1; перерегулювання відсутнє. Безперервний паралельний П-регулятор при налаштування показав такі самі величини.

5.1.4.2 ПІ – регулятор

Безперервний паралельний ПІ – регулятор

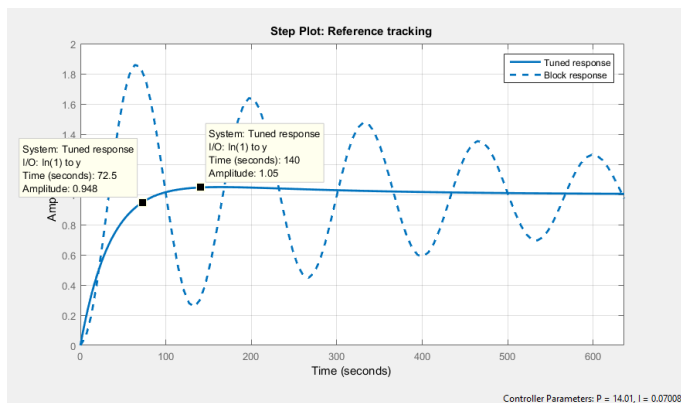


Рисунок 26 – Результати моделювання

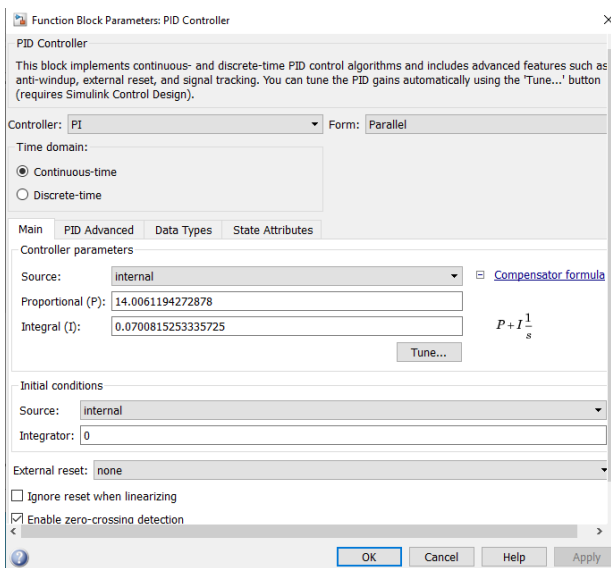


Рисунок 27 – Налаштування ПІ-регулятора

В результаті налаштування отримали: час інтегрування – 0,07; коефіцієнт підсилення – 14; час регулювання 72,5 секунди; перерегулювання 5%.

Безперервний ідеальний ПІ – регулятор:

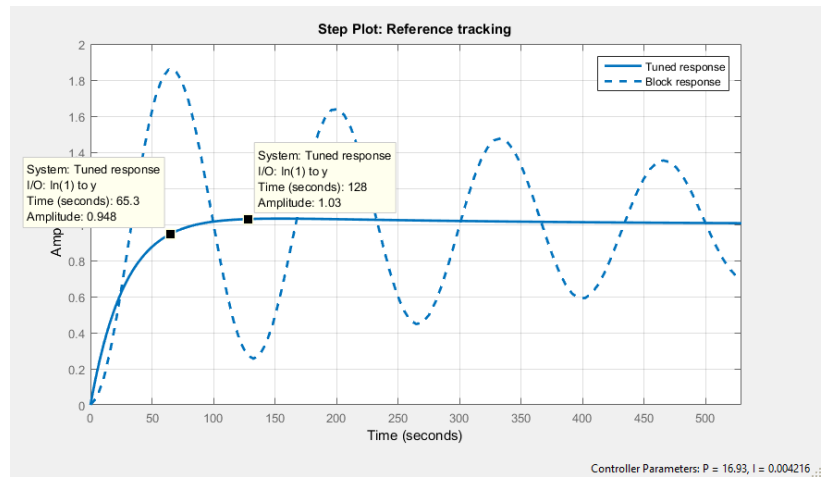


Рисунок 28 – Результати моделювання

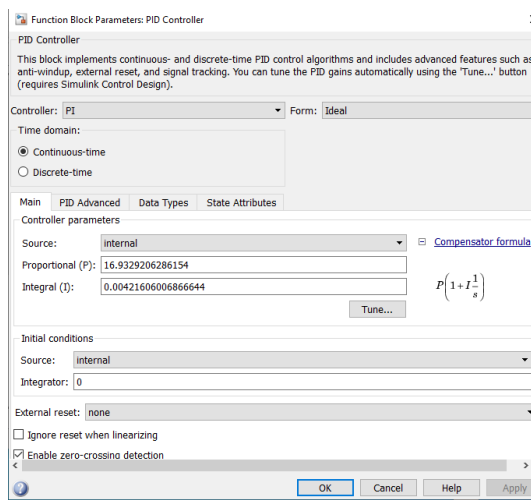


Рисунок 29 – Налаштування ПІ-регулятора

В результаті налаштування отримали: коефіцієнт підсилення – 16,93; час інтегрування – 0,004; час регулювання 65,3 секунди; перерегулювання 3%.

Дискретний ідеальний ПІ – регулятор:

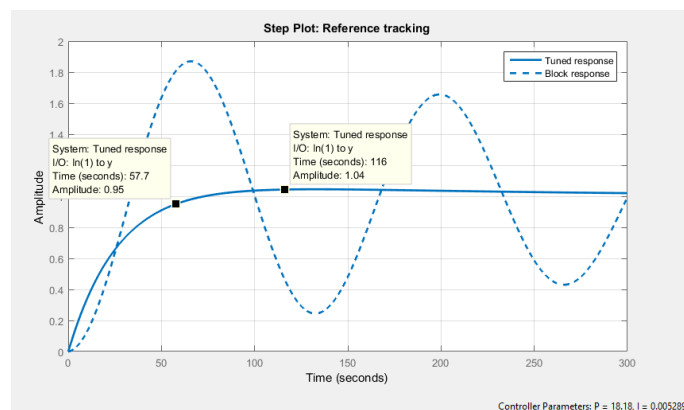


Рисунок 30 – Результати моделювання

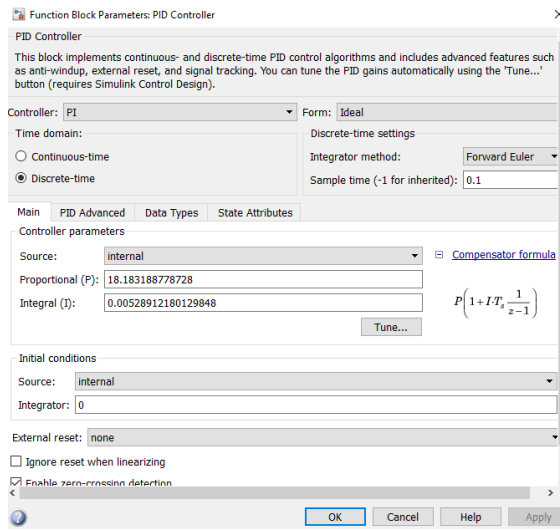


Рисунок 31 – Налаштування ПІ-регулятора

В результаті налаштування отримали: коефіцієнт підсилення – 18,18; час інтегрування – 0,005; час регулювання 57,7 секунди; перерегулювання 4%.

Дискретний паралельний ПІ – регулятор:

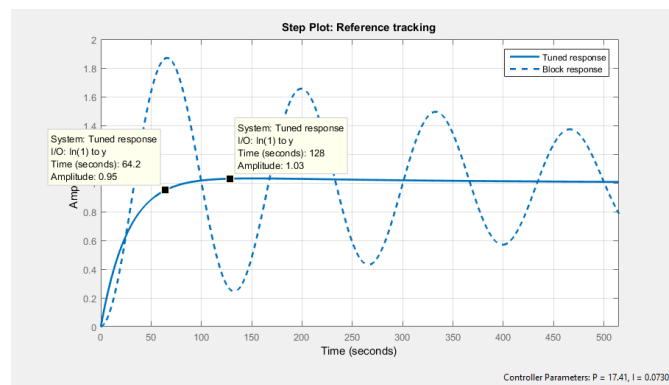


Рисунок 32 – Результати моделювання

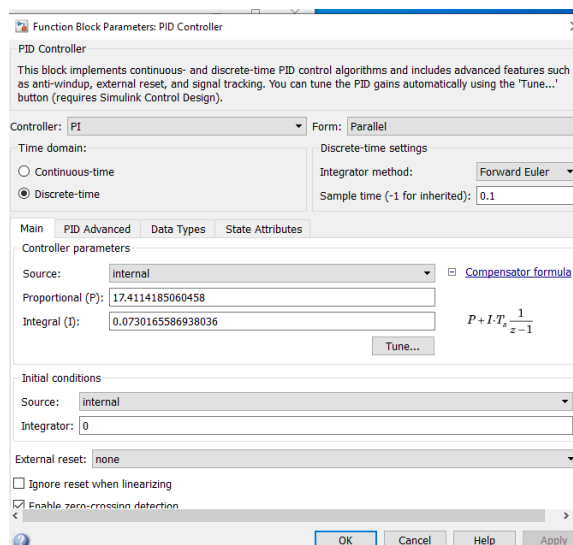


Рисунок 33 – Налаштування ПІ-регулятора

В результаті налаштування отримали: коефіцієнт підсилення – 17,41; час інтегрування – 0,07; час регулювання 64,2 секунди; перерегулювання 3%.

5.1.4.3 ПД – регулятор

Безперервний ідеальний ПД – регулятор

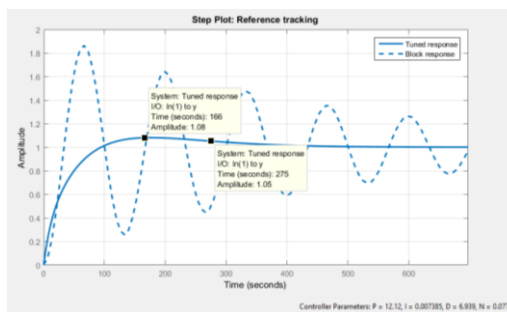


Рисунок 34 – Результати моделювання

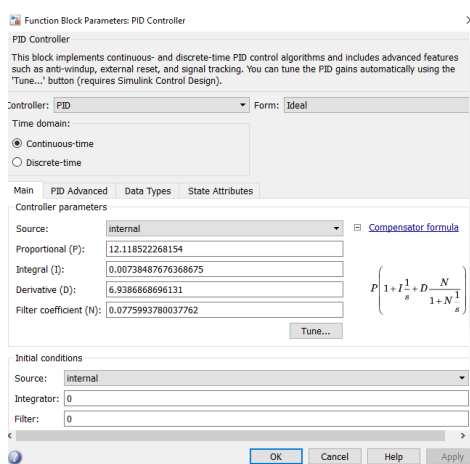


Рисунок 35 – Налаштування ПД-регулятора

В результаті налаштування отримали: коефіцієнт підсилення – 12,11; час інтегрування – 0,007; час диференціювання – 6,93; час регулювання 275 секунди; перерегулювання 8%.

Безперервний паралельний ПД – регулятор

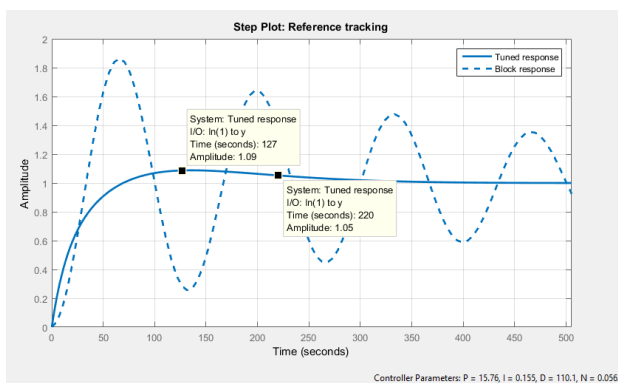


Рисунок 36 – Результати моделювання

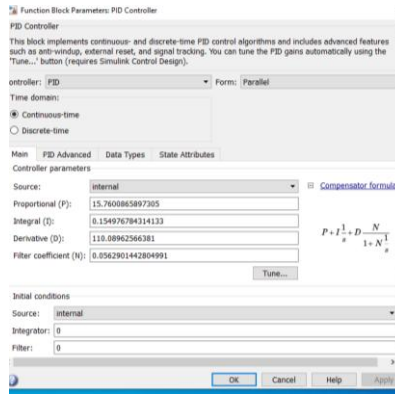


Рисунок 37 – Налаштування ПІД-регулятора

В результаті налаштування отримали: коефіцієнт підсилення – 15,76; час інтегрування – 0,15; час диференціювання – 110,08; час регулювання 220 секунди; перерегулювання 9%.

Дискретний паралельний ПІД – регулятор:

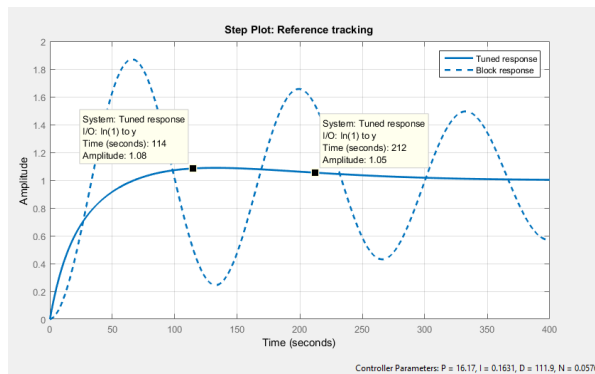


Рисунок 38 – Результати моделювання

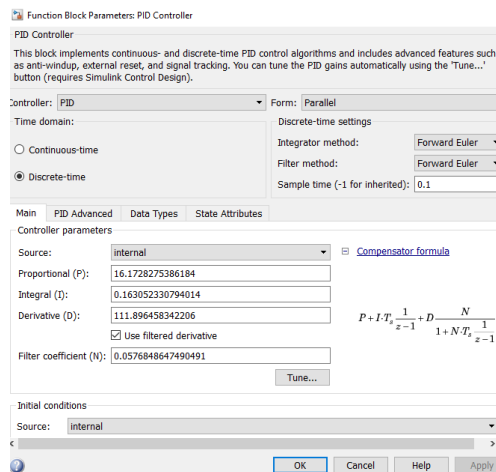


Рисунок 39 – Налаштування ПІД-регулятора

В результаті налаштування отримали: коефіцієнт підсилення – 16,17; час інтегрування – 0,16; час диференціювання – 111,89; час регулювання 212 секунди; перерегулювання 8 %.

Дискретний ідеальний ПІД – регулятор

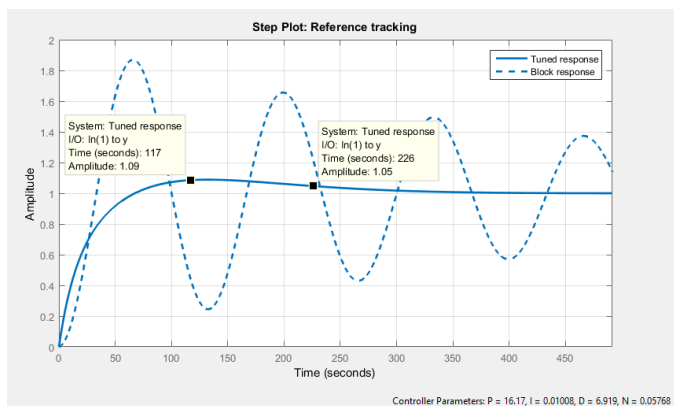


Рисунок 40 – Результати моделювання

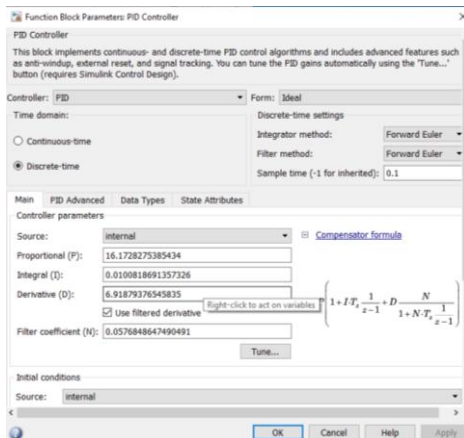


Рисунок 41 – Налаштування ПІД-регулятора

В результаті налаштування отримали: коефіцієнт підсилення – 16,17; час інтегрування – 0,01; час диференціювання – 6,91; час регулювання 226 секунди; перерегулювання 9 %.

Всі отримані параметри регуляторів, які ми розраховували, структуруємо у вигляді порівняльної таблиці 6.

Таблиця 6 – Результати регулювання

| Регулятор | P | I | D | Час регулювання, с | Перерегулювання,% |
|--|-------|-------|--------|--------------------|-------------------|
| Безперервний ідеальний П – регулятор | 178,1 | - | - | 7,84 | - |
| Безперервний паралельний ПІ – регулятор | 14 | 0,07 | - | 72,5 | 5 |
| Безперервний ідеальний ПІ – регулятор | 16,93 | 0,004 | - | 65,3 | 3 |
| Дискретний ідеальний ПІ – регулятор | 18,18 | 0,005 | - | 57,7 | 4 |
| Дискретний паралельний ПІ – регулятор | 17,41 | 0,07 | - | 64,2 | 3 |
| Безперервний ідеальний ПІД – регулятор | 12,11 | 0,007 | 6,93 | 275 | 8 |
| Безперервний паралельний ПІД – регулятор | 15,76 | 0,15 | 110,08 | 220 | 9 |
| Дискретний паралельний ПІД – регулятор | 16,17 | 0,16 | 111,89 | 212 | 8 |
| Дискретний ідеальний ПІД – регулятор | 16,17 | 0,01 | 6,91 | 226 | 9 |

Нагадаємо, що під час вибору регулятора ми звертали увагу на такі показники як час регулювання та перерегулювання.

ПІ-регулятор не є оптимальним для моделей першого порядку і має статичну помилку 10%.

Для ПІ-регулятора середній час регулювання 65 секунд, перерегулювання 4%.

ПД-регулятор має свої певні недоліки. Наприклад три параметри налаштування (а це в свою чергу викликає додаткові складнощі під час його налаштування), вразливість до перешкод тощо. До того ж під час моделювання були отримані гірші показники регулювання, ніж у ПІ-регулятора.

Тому нами був обраний дискретний паралельний ПІ-регулятор.

6. АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ

Під час створення алгоритмів запуску та роботи системи управління технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту були використані та враховані всі тонкощі перебігу відповідних хімічних реакцій, інструкції з техніки безпеки..

Двохрівнева структура системи управління технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту визначає принципи побудови ПЗ системи.

АРМ, що представляє верхній рівень управління, забезпечує узгодження параметрів та режимів окремих стадій процесу отримання бутадієну з етилового спирту відповідно до алгоритму, наведеного нижче на рисунках 38 та 39:

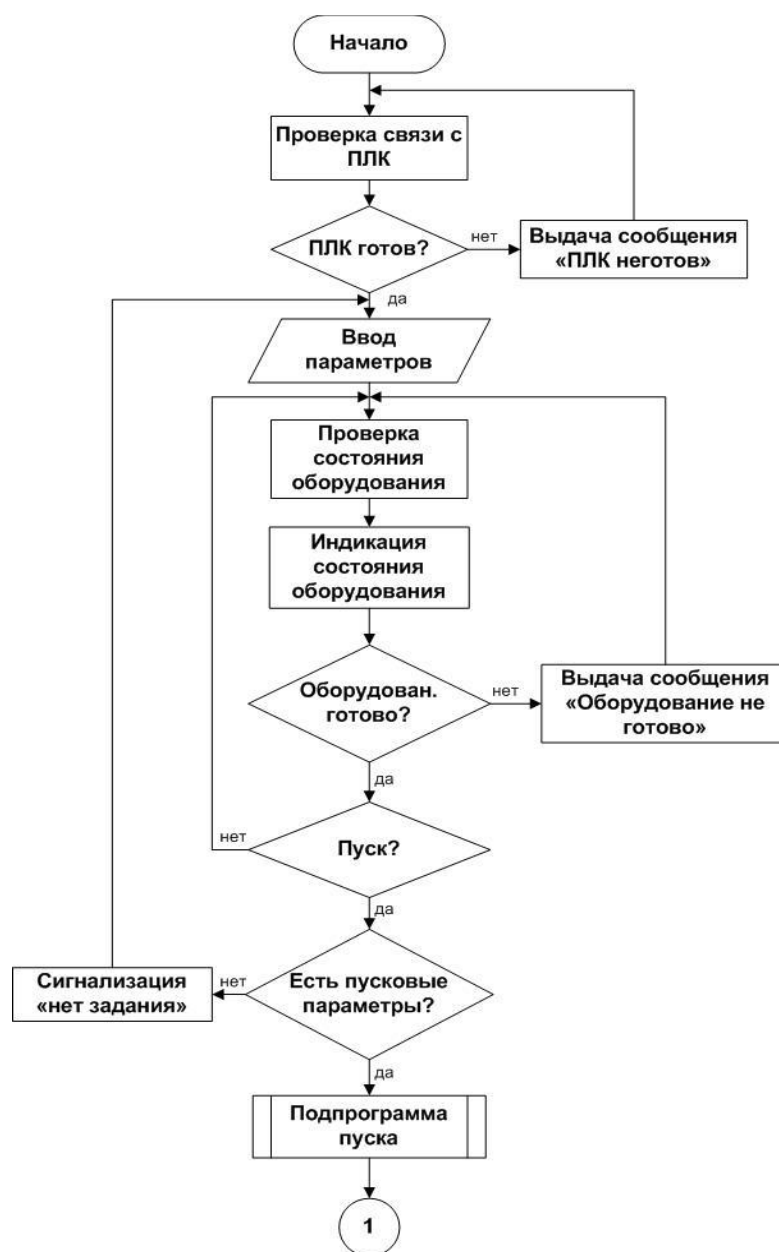


Рисунок 42 – Алгоритм роботи ПК верхнього рівня

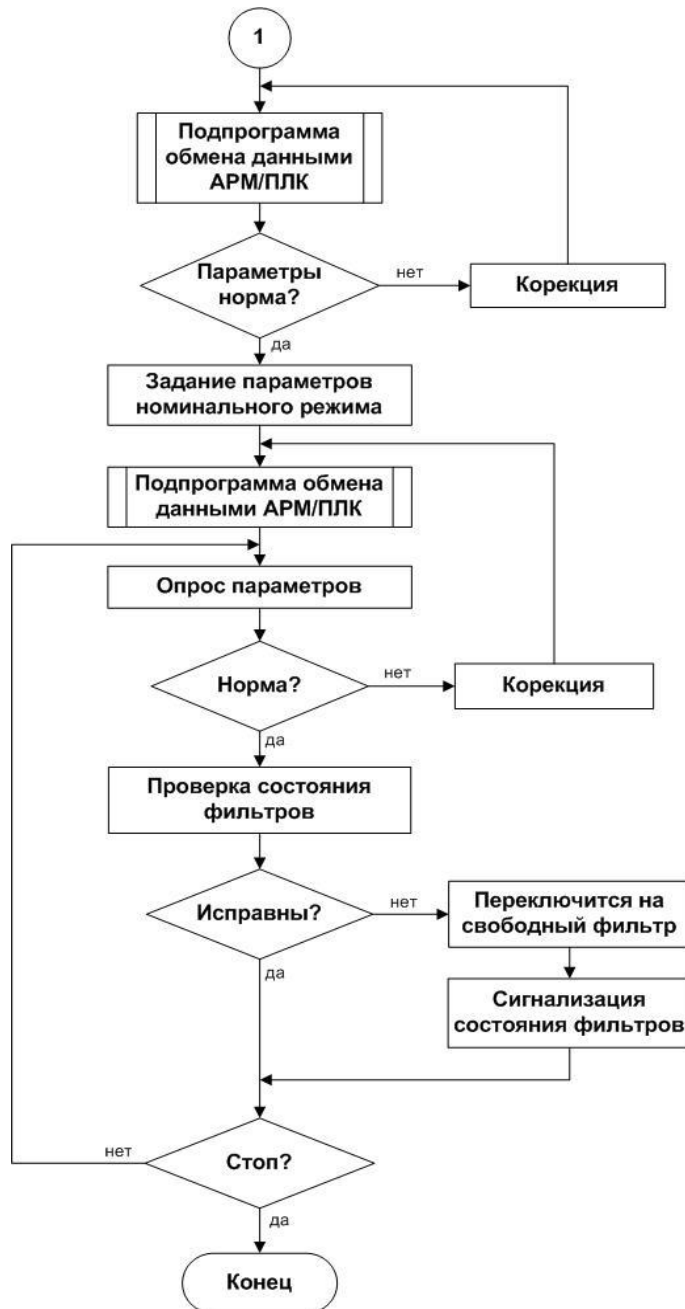


Рисунок 43 – Алгоритм работы ПК верхнего уровня

При цьому ПЗ системи управління технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту реалізує наступні функції:

- інформаційно-вимірювальні та інформаційно-розрахункові функції;
- технологічні захисти та блокування;
- функції автоматичного регулювання;
- функції дистанційного керування;
- функції програмно-логічного управління;
- перевірки та діагностики обладнання;

- функції збору даних та узгодження сигналів.
- забезпечення взаємодії користувачів з різними рівнями АСУ.

Ведення процесу отримання бутадієну з етилового спирту забезпечується вирішенням завдань управління та стабілізації параметрів. Це реалізуються за допомогою ПЗ типових алгоритмів локальних МК на рисунку 40 нижче:

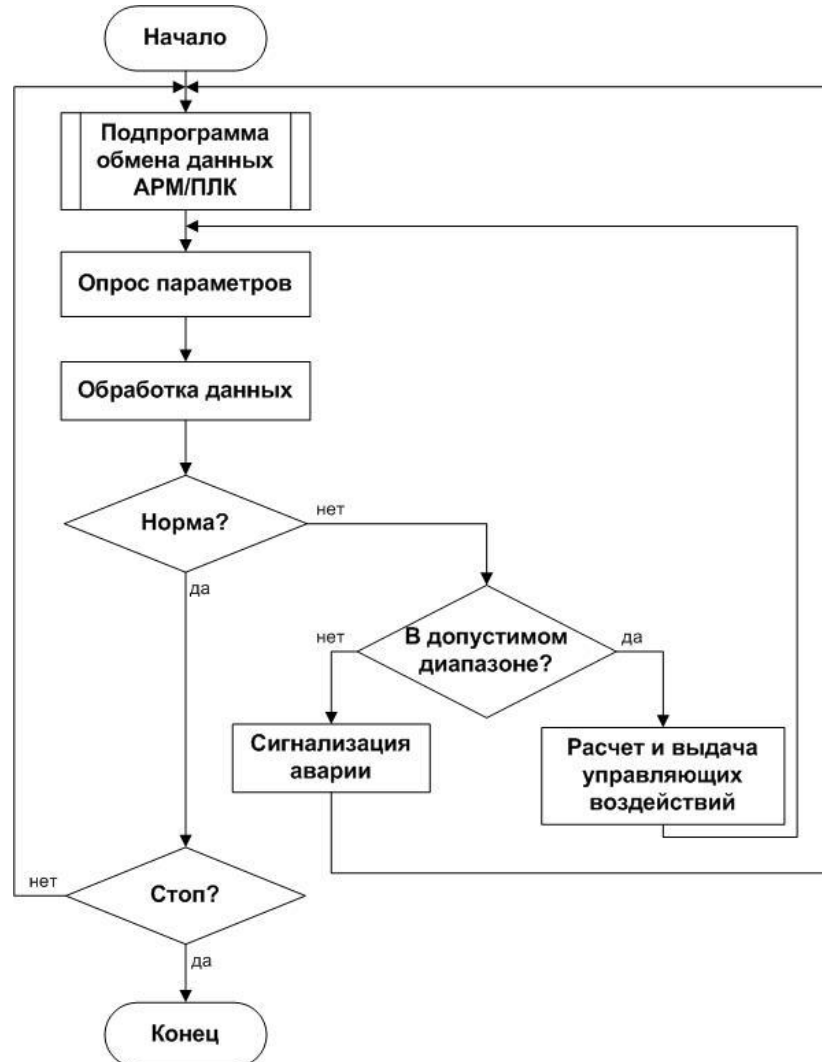


Рисунок 44 Алгоритм регулювання параметра

До цієї категорії належать алгоритми управління безперервними підпроцесами процесу конденсації бутадієну, а також комплекс алгоритмів управління навантаженням та продуктивністю всіх вузлів.

Окрім задач управління процесами, на систему покладаються завдання програмного керування послідовністю та тривалістю операцій. Алгоритми цих операцій відносяться до категорії алгоритмів періодичних процедур, що управляються програмами ПК верхнього рівня.

Функціонування системи отримання бутадієну з етилового спирту будується наступним чином: під час запуску ініціалізується програма початкового пуску, за результатами виконання якої дозволяється вихід на номінальний режим (дивіться рисунок 44) .

У номінальному режимі запускається циклічний контроль параметрів системи. Якщо будь-який параметр процесу виходить за задані межі, формуються відповідні керуючі та регулюючі дії з метою повернення параметра в необхідний діапазон, який задається з АРМ.

У разі аварійних ситуацій включаються різноманітні види сигналізацій з виведенням переліку рекомендованих дій операторів на екрани моніторів.

АРМ дозволяє оператору зі своєї станції у доступній та наочній формі виконувати наступні дії:

- моніторинг поточного стану технологічного процесу;
- дистанційне керування виконавчими механізмами;
- управління задатчиками регуляторів;
- вибір необхідних режимів роботи обладнання;
- аналіз стану та роботи технологічних захистів та блокувань;
- перегляд поточних контрольованих подій та розрахункових параметрів;
- перегляд інформації, яка підлягає реєстрації, та вже заархівованої інформації.

Для оператора передбачається світлова та звукова сигналізація, кольорове кодування станів обладнання, його справності та режимів роботи.

7. РОЗРОБКА АСУТП ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Основними цілями створення автоматизованої системи управління технологічним процесом (надалі АСУТП) отримання бутадієну з етилового спирту є:

- Забезпечення мінімальних витрат на експлуатацію установки отримання бутадієну з етилового спирту;
- забезпечення високого рівня безпеки технологічних процесів отримання бутадієну з етилового спирту;
- забезпечення передачі точної та достовірної інформації оперативному та управлінському персоналу;
- зменшення трудових витрат на оперативн-експлуатаційний персонал внаслідок автоматизації функцій контролю та управління технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту;
- автоматичний захист об'єктів управління та обладнання в аварійних ситуаціях за рахунок дотримання технологічного регламенту роботи установок за допомогою автоматичних систем регулювання та управління;

Завдання автоматизованої системи управління:

- контроль стану основного та допоміжного технологічного обладнання отримання бутадієну з етилового спирту;
- контроль та управління в автоматичному та ручному режимі технологічними об'єктами автоматизації, що входять до системи отримання бутадієну з етилового спирту;
- забезпечення системи аварійної зупинки для контролю технологічного процесу та аварійних блокувань та/або відключень;
- збір та обробка даних про стан контролю технологічних процесів; управління та регулювання технологічних процесів відповідно до завдань, які встановлюють оператори АСУ;
- виведення інформації про технологічні процеси на мнемосхемах на дисплей оператора АСУ в реальному часі, відображення чисельних значень параметрів.

7.1 Вимоги до програмного та інформаційного забезпечення

Програмне забезпечення системи управління технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту має бути достатнім для забезпечення функціоналу заданих вимог, реалізованих із застосуванням засобів обчислювальної техніки, і навіть мати засоби організації всіх необхідних процесів обробки даних, дозволяють своєчасно виконувати всі автоматизовані функції в усіх режимах функціонування АСУТП [11].

До того ж програмне забезпечення має забезпечувати можливість обміну даними з будь-якими пристроями і мати універсальний інтерфейс розробки програм для ПЛК.

Тобто програмне забезпечення має забезпечувати ОРС-технологію.

Програмне забезпечення автоматизованої системи управління технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту має включати:

- системне програмне забезпечення (операційні системи);
- інструментальне програмне забезпечення;
- загальне прикладне програмне забезпечення;
- спеціальне прикладне програмне забезпечення.

В свою чергу програмне та інформаційне забезпечення має забезпечувати наступні функції:

- обробка та зберігання поточних значень технологічних величин, які надходять до системи в результаті опитування датчиків та первинної обробки інформації;
- створення розгалуженої бази даних та можливість зручного та безпечного доступу до неї;
- відображення мнемосхем, на яких графічно зображено основне технологічне обладнання, засоби КВП, і відображено структуру алгоритмів управління та захисту, та їх стан;
- обмін інформацією в межах розгалуженої системи за допомогою бази даних, що забезпечує доступ до даних з локальних елементів мережі.
- можливість зміни параметрів технологічного процесу;

- створення уніфікованої електронної документації (звітів, журналів, протоколів тощо).

7.2 Вибір архітектури АСУ ТП

На підставі розробки архітектури інтерфейсу проекту АСУ технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту лежить її профіль. Маються на увазі стандарти, які орієнтовані на виконання відповідних задач. Основними цілями використання профілів є:

- зниження трудомісткості АСУ;
- підвищення якості обладнання АСУ;
- можливість в майбутньому масштабування АСУ;
- функціональна інтеграція АСУ.

Профілі АСУ включають в себе наступні групи:

- профіль прикладного ПЗ;
- профіль середовища АСУ;
- профіль захисту;
- профіль інструментальних засобів АСУ.

SCADA-пакет повинен підтримувати OPC стандарт для можливості підключення будь-якого фізичного пристрою та мати додаткове програмне забезпечення з можливістю розробки алгоритмів для ПЛК згідно IEC 61131-3. Таким чином, для проектування SCADA-системи оберемо TIA Portal

Для розробки автоматизованої системи управління технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту використаємо наступний профіль:

- прикладне програмне забезпечення: TIA Portal (SCADA система);
- середовище розробки: ОС Windows 10;
- захист інформації: стандартні засоби Windows.

7.3 Розробка структурної схеми АСУ ТП

Об'єктом управління є ретортна піч. Здійснюється замір рівнів, тисків, температур, витрат. Виконавчими пристроями є клапани з електроприводом.

Специфікація кожної конкретної системи управління визначається програмно-апаратною платформою, що використовується на кожному рівні. Інформаційні потоки АСУТП зображені на рисунку 41 нижче:

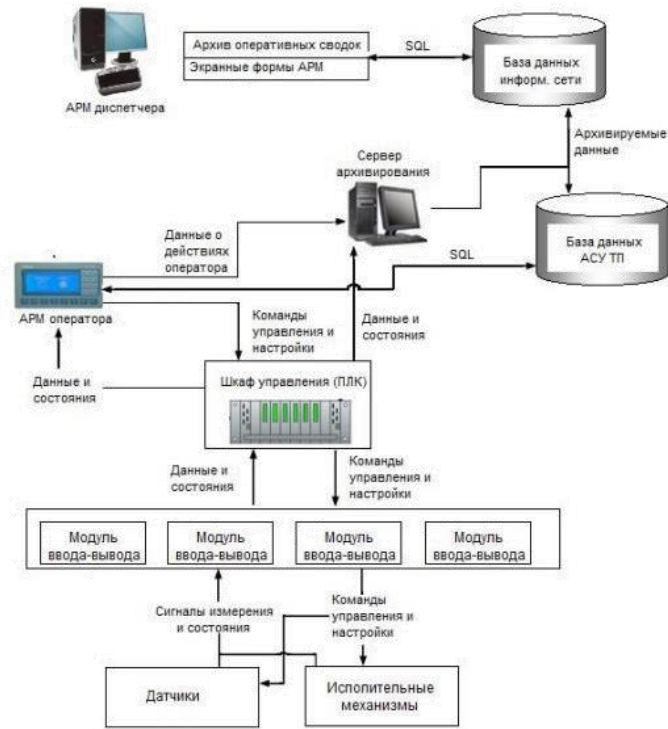


Рисунок 45 – Схема інформаційних потоків АСУ ТП

Нижній рівень (польовий) складається з датчиків температури, датчиків тиску, датчиків рівня, витратомірів і виконавчих пристроїв (регулюючий клапан з електроприводом).

Середній рівень (контролерний) складається з основного та резервного контролерів.

Верхній рівень (інформаційно-обчислювальний) складається з комутатора, комп'ютерів та серверів баз даних, об'єднаних у локальну мережу Ethernet. На комп'ютерах диспетчера та операторів встановлені операційна система Windows 10 та програмне забезпечення TIA Portal.

З нижнього рівня датчики, які переважно встановлені за місцем, передають інформацію на контролерний рівень програмованого логічного контролера. ПЛК виконує наступні завдання:

- збір, обробка та зберігання всієї інформації про стан технологічного процесу отримання бутадієну з етилового спирту та інформацію про параметри використовуваного обладнання;
- здійснення автоматизованого керування технологічним процесом;
- виконання команд, які надходять з пункту управління;
- обмін інформацією з пунктом управління.

- обробка даних, їхнє масштабування;
- підтримка єдиного часу всієї системи управління; синхронізація роботи підсистем;
- організація архівування інформації за заданими параметрами.

Операторська кімната складається з кількох станцій керування, в якості яких виступають комп'ютери оператора АСУ. Також в операторській кімнаті розташований сервер баз даних. На екранах оператора АСУ відображаються підпроцеси технологічного процесу отримання бутадієну з етилового спирту та оперативне керування.

Взаємодія контролера з польовими датчиками та виконавчими пристроями на нижньому рівні відбувається за допомогою каналів зв'язку 4..20 мА для датчиків і протоколу Modbus для виконавчих пристроїв.

Контролери середнього рівня та комутатор верхнього рівня взаємодіють за допомогою локальної мережі Ethernet. Концентратори верхнього рівня та комп'ютери операторів АСУ також з метою взаємодії між собою використовують локальні мережі Ethernet.

7.4 Розробка екранної форми

Управління в АСУТП реалізовано за допомогою екранної схеми, на якій наочно представлений хід технологічного процесу, значення параметрів і стану пристроїв.

Управління АСУ технологічним процесом отримання бутадієну з етилового спирту реалізовано з використанням SCADA системи TIA Portal. Ця система дозволяє роботу на діючих технологічних установках у реальному часі та потребує використання комп'ютерної техніки у промисловому виконанні.

TIA Portal передбачає OPC технологію, яка передбачає можливість використання обладнання різних виробників.

Вибрана SCADA-система не має обмежень щодо вибору апаратури нижнього рівня. Це дозволяє підключити до неї зовнішні, незалежно працюючі компоненти, зокрема розроблені окремо програмні та апаратні модулі.

Користувач може задавати уставки необхідних технологічних параметрів та дистанційно керувати клапанами. На початку користувач авторизується, після

авторизації на екрані відображається основна екранна форма, яка відображає процес в цілому, а так само показання технологічних параметрів УПСВ.

На мнемосхемі УПСВ відображається робота всіх об'єктів та актуальні покази приладів. Приклад мнемосхеми одного з підпроцесів розробленої системи наведено на рисунку 42 нижче:

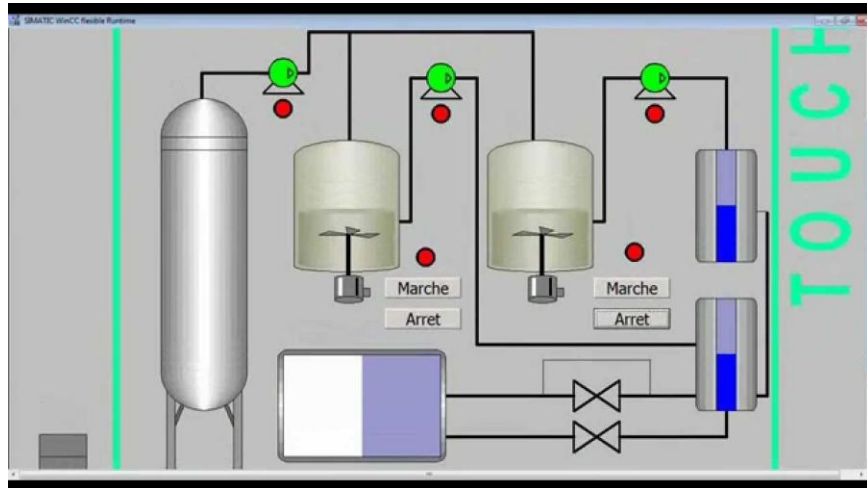


Рисунок 46 – Приклад мнемосхеми розробленої АСУТП у TIA Portal.

Після впровадження даної АСУТП обслуговування буде набагато простіше, ніж засобами локальної автоматики, які наразі використовуються в галузі.

ВИСНОВКИ

В даній бакалаврській роботі були вирішені питання, пов'язані з розробкою автоматизованої системи управління технологічного процесу отримання бутадієну з етилового спирту. Розглянуто перебіг технологічний процесу та роботу основного обладнання. Виділено ключові параметри перебігу технологічного процесу. На основі отриманої інформації розроблено необхідні креслення (функціональна схема, принципова електрична схема), зроблено вибір відповідних технічних засобів автоматизації (датчиків, виконавчих механізмів, контролера), розроблено математичний опис ретортної печі, обрано найбільш оптимальний закон регулювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Теплотехнические установки, системы, оборудование Учебн. пособие: в 3 ч./ Под ред. Б.А.Левченко, Л.Л.Товажнянского. – Х.: НТУ «ХПИ», 2015. – 728 с. Т.3.
- 2 Голдобин, Ю.М. Автоматизация теплоэнергетических установок : учеб. пособие / Ю.М. Голдобин, Е.Ю. Павлюк.— Екатеринбург : УрФУ, 2017.— 186 с. ISBN 978-5-321-02542-0
- 3 Гаврило Хомченко. Посібник з хімії для вступників до вузів Издание 2-е (исправленное) Издательство Арий Год издания 2008 480 стр. ISBN 978-966-8959-96-7
- 4 Пічне обладнання у хімічних та нафтопереробних процесах: навч. посіб. /А.Р. Степанюк. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017 – 172 с.
- 5 Овен датчик температуры [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ua/datchyky/dtsxx5miyermoperetvorjuvachi-oporu-z-vyhidnym-sygnalom4...20ma>.
- 6 Рівнемір [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ua/datchyky/pdu-i-poplavkovi-datchyky-rivnja-z-analogovym-vhidnym-sygnalom-4-20-ma>
- 7 Датчик тиску [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ua/datchyky/pd100-115-datchyky-tysku-v-poliovomu-korpusi>.
- 8 Siemens Review, Том 45, Siemens Aktiengesellschaft, Siemens-Schuckertwerke Издатель Siemens Aktiengesellschaft Корнельский Университет, 2011
- 9 Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. – М.: Химия, 1969. – 564с
- 10 Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного регулювання. – Підручник. К.: Либідь, 1997. – 544 с
- 11 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / Под ред. А. С. Ключева. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.