

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Зав. кафедри системотехніки
та інформаційних технологій
_____ Г. М. Худoley
« 27 » квітня 2023 р.

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему:

"Система управління технологічним процесом виготовлення гексахлорану"

Керівник роботи

викладач

П.С. Пата

Виконав:

студент групи СУ-91ш-0

В.І. Рябченко

РЕФЕРАТ

Владислав Ігорович Рябченко. Система управління технологічним процесом виготовлення гексахлорану. Бакалаврська робота. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2023 рік.

Бакалаврська робота містить 57 аркушів пояснювальної записки, з урахуванням 34 рисунків, 5 таблиць; 2 креслень; 4 демонстраційних плакатів.

Робота присвячена розробці системи управління процесу виготовлення гексахлорану. 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

Vladyslav Ihorovych Ryabchenko. The control system of the technological process of production of hexochloran. Bachelor work. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2023 year.

A bachelor work is contained by 57 leaves of explaining message, taking into account 34 pictures, 5 tables; designer document which contains 2 drafts; 4 demonstration poster.

Work focuses on the development of a process control system of production of hexochloran. 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.

ЗМІСТ

Список скорочень та умовних позначень	4
Вступ	5
1 Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта автоматизації	7
2 Аналіз параметрів технологічного процесу	10
3 Вибір каналів контролю та управління	11
4 Вибір засобів автоматизації	14
5 Розрахункова частина	21
6 Алгоритм роботи системи управління	41
7 Розробка АСУТП та структурної схеми	44
Висновок	48
Список використаних джерел	49

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 свої відмінності та особливості:

- складність перебігу хімічної реакції;
- дуже велика швидкість протікання реакцій та процесів;
- надвисокі вимоги до важливих якісних та кількісних показників речовин;
- чутливість кінцевого результату до змін технологічних параметрів процесів;
- високі вимоги захисту та блокування.

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 використовуваних установок і теплових мереж» та інших.

Теплоенергетичне устаткування хімічної промисловості має бути високопродуктивним та безпечним.

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

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

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 я віддав перевагу централізованому управлінню технологічним процесом за допомогою мікропроцесорного контролера Овен.

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

З восьми просторових ізомерів гексахлорциклогексану, що відрізняються різним розташуванням атомів хлору щодо вуглецевих атомів, найбільшою інсектицидною дією володіє γ -ізомер.

Гексахлоран виходить в результаті приєднання трьох молекул хлору до бензолу в присутності специфічних каталізаторів (наприклад, перекисів) або при дії світла.

Виробництво гексахлорану здійснюється безперервним методом.

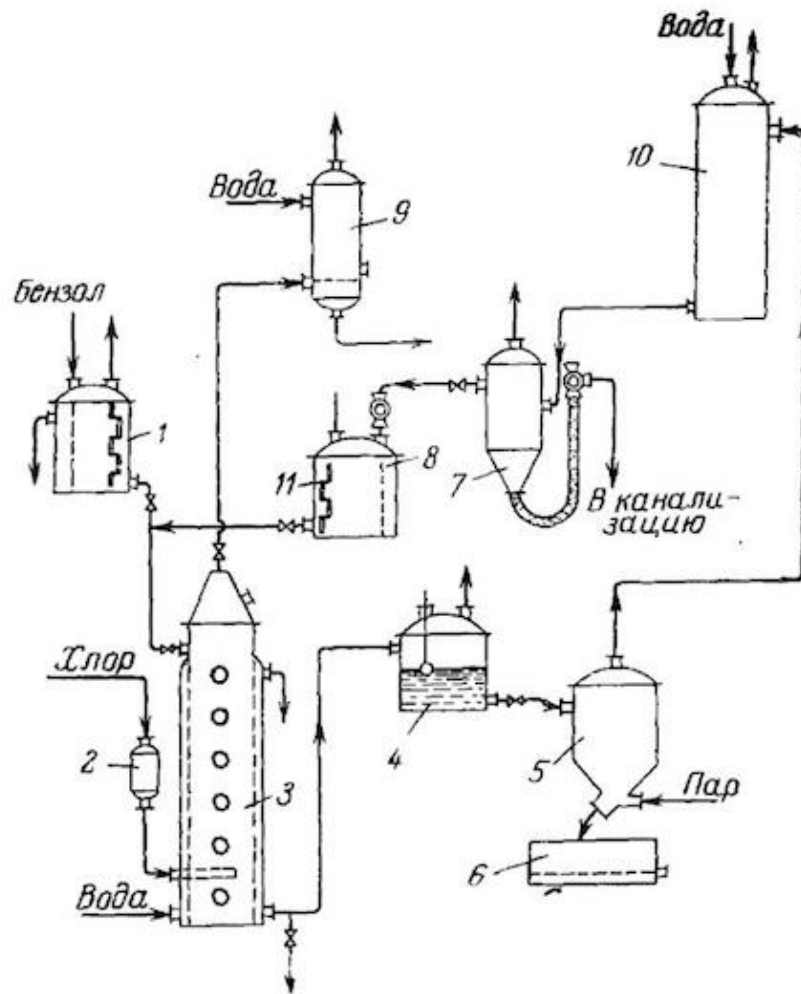
У колону-хлоратор зверху 3 надходить бензол, в нижню частину (приблизно на 1/4 висоти колони)-хлор. Хлоратор попередньо заповнюється бензолом, в якому розчиняється хлор, що надходить, а потім утворюється гексахлоран. Реакційна суміш висвітлюється ртутно-кварцовими лампами, встановленими всередині колони. Необхідна температура процесу ($30 - 50^\circ \text{C}$) підтримується шляхом пропускання холодної води в сорочку і трубчатку, якими забезпечений хлоратор.

Розчин, безперервно витікає з нижньої частини колони в збірник 4, містить близько 30% гексахлорану, бензол і невеликі кількості хлору і хлористого водню (частина побічно виробляється хлористого водню поглинається в скрубери 9 водою). Бензол відганяють гострим паром у кубі 5, конденсують у холодильнику 10, відокремлюють від води в посудині 7 і знову направляють на хлорування.

Після відгону бензолу гексахлоран надходить у кристалізатор 6, де змішується з водою і застигає у вигляді гранул, які відфільтровують, промивають водою, а іноді висушують.

Технічний гексахлоран містить близько 12% активного γ -ізомеру. Перекристалізація з метанолу та іншими способами отримують гексахлоран, збагачений до вмісту 20 - 99% γ -ізомеру.

Технологічну схему отримання гексахлорану зображено на рисунку нижче:



1 – напірний бак; 2 – фільтр; 3 – хлоратор; 4 – збірник реакційного розчину; 5 – куб; 6 - кристалізатор; 7 – розділюючий посуд; 8 – збірник зворотнього бензолу; 9 – скруббер для збору парів бензолу; 10 – холодильник конденсатор.

Рисунок 1 – технологічна схема отримання гексахлорану

Гексахлоран-ефективний контактний інсектицид і кишковий отрута, при підвищенні температури-фумігант, діє швидше, ніж ДДТ. Недоліком гексахлорану є його неприємний запах. γ -ізомер не має неприємного запаху та його застосування більш доцільно, ніж суміші ізомерів. Інші ізомери гексахлорану, що практично не є інсектицидами, токсичні для теплокровних і, накопичуючись у ґрунті, можуть потрапляти в продукти харчування. Однак

ці мало токсичні для комах ізомери після відокремлення від γ -ізомеру можуть бути перероблені в деякі напівпродукти, наприклад в трихлорбензол.

Технологічна схема отримання гексахлорану складається з наступних етапів:

- Підготовка реагентів: Бензол та хлор готуються до використання, що може включати їх очищення та дистиляцію.

- Підготовка реакційної суміші: Бензол знаходять в реакційній камері, де додається алюмінієвий хлорид як каталізатор. Далі додається хлор в молекулярному відношенні 3:1 до бензолу. Реакційна суміш підтримується під високим тиском та високою температурою. Реакційний час залежить від обсягу реакційної суміші та від температури, але зазвичай становить декілька годин.

- Охолодження та очищення продукту: Після завершення реакції реакційна суміш охолоджується та очищується, щоб видалити неочищені реагенти, каталізатор та інші домішки. Цей етап може включати декілька процесів, таких як фільтрування, екстракцію та дистиляцію.

- Дистиляція продукту: Останній етап полягає в дистиляції продукту з метою очищення від домішок та отримання чистого гексахлорану. Для цього використовують підвищений тиск та вакуум.

Отже, технологічна схема отримання гексахлорану включає підготовку реагентів, підготовку реакційної суміші, реакцію з високим тиском та температурою, охолодження та очищення продукту, та дистиляцію продукту з метою очищення від домішок.

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
Температура	Хлоратор	Контроль, управління, сигналізація	5%	38°C	42°C
Температура	Куб	Контроль, управління, сигналізація	5%	100,8°C	91,2°C
Температура	Холодильник конденсатор	Контроль, управління, сигналізація	5%	19°C	21°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 Температура в хлораторі

Для того, щоб хімічна реакція в хлораторі протікала згідно технологічного регламенту, необхідно підтримувати певну температуру в цьому апараті.

З цією метою в хлораторі встановлено датчик температури.

Контур регулювання температури в хлораторі зображено на рисунку нижче:

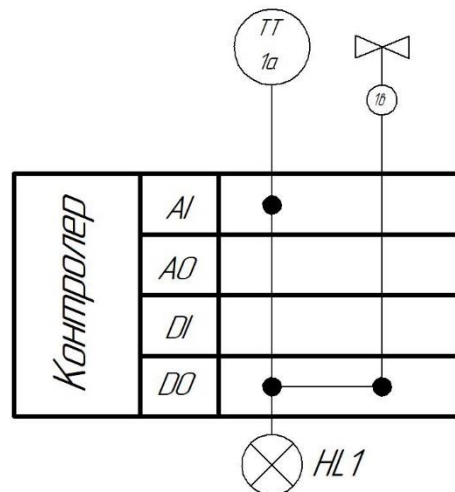


Рисунок 2 – Контур регулювання температури в хлораторі

3.1.2 Температура в кубі

Процес дисциляції має протікати в чітких температурних межах.

З цією метою в кубі встановлено датчик температури.

Контур регулювання температури в кубі зображено на рисунку нижче:

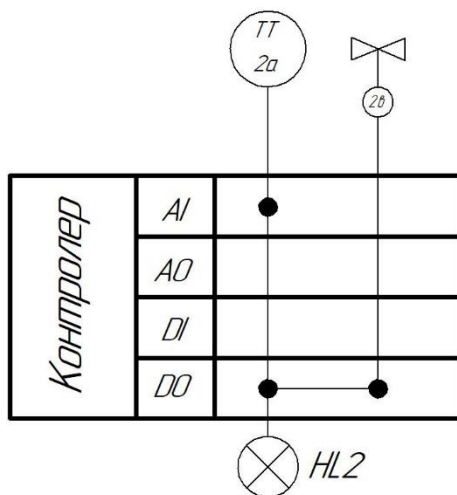


Рисунок 3 – Контур регулювання температури в кубі

3.1.3 Температура в холодильнику-конденсаторі

Процес охолодження та очищення продукту – важливий та відповідальний. Він багато в чому визначає якість кінцевого продукту. Значення температури тут відіграє важливу роль.

З цією метою в холодильнику-конденсаторі встановлено датчик температури.

Контур регулювання температури в холодильнику-конденсаторі зображено на рисунку нижче:

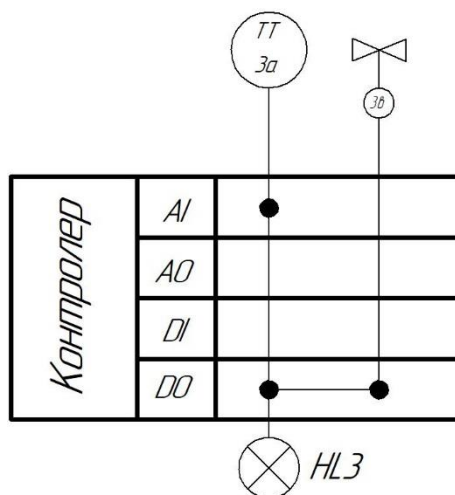


Рисунок 4 – Контур регулювання температури в холодильнику-конденсаторі

3.2 Канали управління двигунами

3.2.1 Контур управління насосами

Контур управління насосами зображено на рисунку нижче:

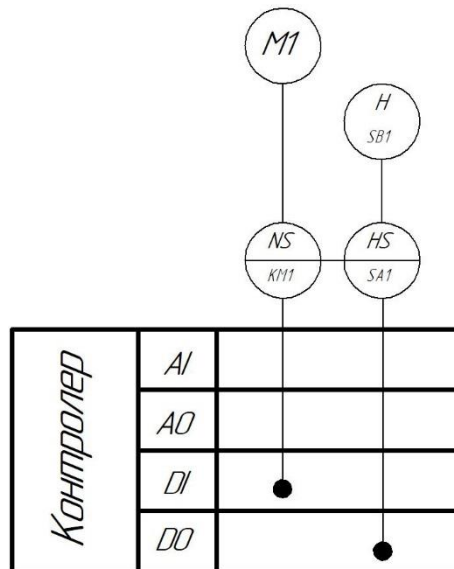


Рисунок 5 – Контур управління насосами

В контурах керування насосами я використав універсальні перемикачі (типу УП-5311), магнітні пускачі, та кнопки.

Відповідно до структурної схеми та опису технологічного процесу отримання гексахлорану, його параметрів та розглянутих вище контурів регулювання та контролю розроблена функціональна схема системи управління процесу отримання гексахлорану. Також відповідно до вищесказаного складено замовну специфікацію технічних засобів автоматизації системи управління процесу отримання гексахлорану.

4 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Під час автоматизації процесу отримання гексахлорану я буду використовувати централізовану систему контролю та управління.

Основним критерієм відбору технічних засобів автоматизації є їхній відповідний функціонал та здатність задовольняти конкретні потреби автоматизованого процесу.

4.1 Вибір датчиків

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

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 опору мідний ТС(М)-1187-3

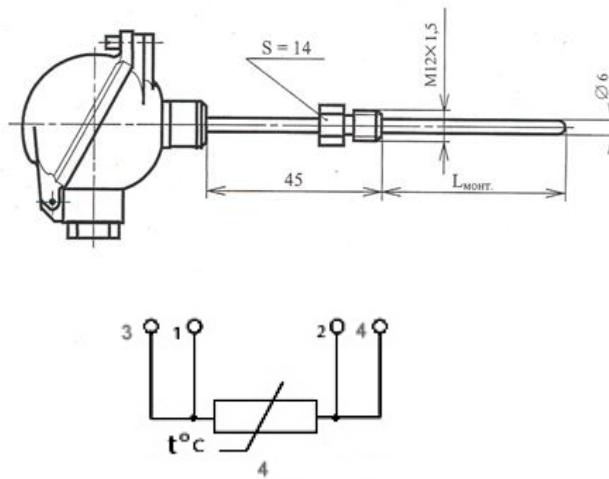


Рисунок 6 – Основні розміри термоперетворювача ТС(М)-1187-3 і
схема з'єднання чутливого елемента

Основні технічні характеристики ТС(М)-1187-3 занесені до таблиці 2:

Таблиця 2 - Основні технічні характеристики ТС(М)-1187-3

Критичний параметр	Значення
Діапазон вимірюваних температур, °С	0 ... + 200
Номінальна статична характеристика перетворення	50М, 100М
Ставлення опору при 100 °С до опору при 0 °С (W100)	1,391; 1,385
Межа основної абсолютної похибки, °С для класу А для класу В	± [0.15 + 0.002 (t)] ± [0.30 + 0.005 (t)]
Група вібростійкості по ГОСТ 12997	N2
Робочий тиск вимірюваного середовища, МПа модель 1, 2 / модель 3 з гільзою	6,3 / 2,0
Вимірювальний струм не більше, мА для 100П, Pt100 / Pt500	3,0 / 1,0
Вид кліматичного виконання по ГОСТ 15150	У3
Ступінь захищеності від зовнішніх впливів	IP54
Міжповірочний інтервал, років	2
Матеріал захисної гільзи	12X18H10T

Датчик температури ДТС-065М-РТ100

ДТС-065М-РТ100 – це датчик температури, який працює на основі зміни опору металевого дроту в залежності від температури. Він використовує Pt100 елемент, який має опір 100 Ом за 0 °С і змінює свій опір на 0.385 Ом/°С.

Датчик має номінальну довжину 65 мм і може працювати в діапазоні температури від -50 до +250 °С. Він оснащений кабелем довжиною 1 м та підключається до вимірювального приладу за допомогою спеціального роз'єму.

ДТС-065М-РТ100 зазвичай використовується для вимірювання температури в різних промислових додатках, таких як виробництво харчових продуктів, хімічна та нафтогазова промисловість, металургійна промисловість та інші.

Зовнішній вигляд ДТС-065М-РТ100 зображено на рисунку нижче:



Рисунок 7 – Зовнішній вигляд ДТС-065М-РТ100

Основні технічні характеристики Датчика температури ДТС-065М-РТ100:

- Номінальна довжина датчика: 65 мм.
- Вимірюваний діапазон температур: від -50 до +250 °С.
- Тип датчика: опір із платиновим Pt100 елементом.

- Номінальний опір елемента Pt100: 100 Ом при 0 °С.
- Точність вимірювання температури: $\pm 0,15\%$ від виміряного значення або $\pm 0,2$ °С (більше значення).
- Час реакцію зміну температури: трохи більше 7 секунд.
- Діапазон робочих частот: від 50 Гц до 2000 Гц.
- Номінальна напруга живлення: 12 В постійного струму.
- Максимальний струм споживання: трохи більше 2 мА.
- Клас захисту згідно з ГОСТ 14254: IP54.
- Кабельне розведення: 2 дроти.
- Довжина кабелю: 1 м.
- Роз'єм: штирьовий роз'єм DIN 43650С.

ДТС-065М-РТ100 зазвичай працює з вимірювальними приладами, які можуть перетворювати зміни опору на відповідні температурні значення. Крім того, перед встановленням датчика важливо переконатися, що його технічні характеристики відповідають умовам експлуатації та вимогам конкретного проекту.

Оскільки ДТС-065М-РТ100 більш точно вимірює температуру та має виконання для експлуатації в хімічній галузі, будемо використовувати саме його.

4.2 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 в Україні виробнику сучасних, надійних, високотехнологічних мікропроцесорних контролерів Овен.

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

Овен 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.

4.2.1 Контролер Овен ПЛК-210-05-CS

Контролер Овен ПЛК-210-05-CS є програмованим логічним контролером виробництва компанії Овен Електронікс.

4.2.2 Межі застосування Овен ПЛК-210-05-CS

Він призначений для автоматизації промислових процесів та управління різними пристроями та системами. Контролер оснащений 32-бітним процесором, має 5 слотів для встановлення модулів розширення, підтримує інтерфейси RS232, RS485, Ethernet, USB та має вбудований LCD-дисплей.

ПЛК-210-05-CS має потужну функціональність програмування, що дозволяє користувачам створювати складні автоматизовані системи та керувати ними за допомогою різних вхідних та вихідних модулів. Контролер також має високу продуктивність і стабільність роботи, що робить його надійним інструментом для автоматизації виробничих процесів.

4.2.3 Конструкція Овен ПЛК-210-05-CS

Контролер Овен ПЛК-210-05-CS має компактну та міцну конструкцію, яка забезпечує надійну роботу у різних умовах експлуатації. Він має металевий корпус, який захищає внутрішні компоненти від впливу зовнішніх факторів та забезпечує ефективне відведення тепла.

На передній панелі контролера розташований LCD-дисплей, який дозволяє відображати інформацію про стан системи, а також клавіатуру для керування та налаштування параметрів.

Контролер має 5 слотів для встановлення модулів розширення, які дозволяють додавати додаткові функції та можливості, такі як аналогові та цифрові входи/виходи, інтерфейси зв'язку, модулі пам'яті тощо.

Входи/виходи контролера підключаються через спеціальні конектори на задній панелі пристрою. Контролер також має різні інтерфейси зв'язку, такі як RS232, RS485, Ethernet та USB, для підключення до інших пристроїв та систем.

Загальна конструкція контролера Овен ПЛК-210-05-CS забезпечує високу продуктивність та надійність у роботі, що робить його чудовим вибором для автоматизації різних процесів та систем.

4.2.4 Функції контролера Овен ПЛК-210-05-CS

Контролер Овен ПЛК-210-05-CS призначений для автоматизації та управління різними процесами та системами, і має безліч функцій та можливостей. Нижче наведено основні функції контролера:

1. Програмована логіка - контролер Овен ПЛК-210-05-CS дозволяє програмувати логічні операції та умови, які визначають поведінку пристрою в залежності від вхідних сигналів та заданих параметрів.
2. Введення/виведення - контролер має різні входи та виходи для підключення різних пристроїв та сенсорів, включаючи аналогові та цифрові входи, а також виходи реле та транзистори.
3. Зв'язок та комунікації - контролер Овен ПЛК-210-05-CS підтримує різні інтерфейси зв'язку, такі як RS232, RS485, Ethernet та USB, що дозволяє йому взаємодіяти з іншими пристроями та системами.
4. Модульність - контролер має 5 слотів для встановлення різних модулів розширення, що дозволяє розширювати його функціональність та можливості.

5. Моніторинг та налагодження - контролер має вбудовані функції моніторингу та налагодження, які дозволяють користувачам відстежувати роботу системи та виявляти можливі проблеми та помилки.

6. Інтерфейс користувача - контролер має вбудований LCD-дисплей та клавіатуру, що дозволяє користувачам налаштовувати та керувати параметрами системи безпосередньо на самому пристрої.

7. Висока продуктивність - завдяки потужному процесору та оптимізованій архітектурі, контролер Овен ПЛК-210-05-CS має високу продуктивність та стабільність у роботі.

5 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Для того, щоб хімічна реакція в хлораторі протікала згідно технологічного регламенту і продукція була відповідної якості, передбачено контур регулювання температури.

Підтримка температури в хлораторі є важливим аспектом автоматизації виробництва гексахлорану з декількох причин:

- **Контроль хімічної реакції:** Температура впливає на швидкість хімічної реакції між хлором та іншими речовинами для виробництва хлорану. Підтримка оптимальної температури допомагає контролювати швидкість реакції та забезпечує стабільність процесу.

- **Забезпечення якості продукції:** Неправильна температура може призвести до неконтрольованої реакції або неповного перетворення реагентів, що може погіршити якість хлорану. Підтримка температури в межах встановлених параметрів забезпечує високу якість продукції.

- **Енергоефективність:** Оптимальна температура допомагає забезпечити енергоефективність процесу, оскільки надмірне нагрівання або охолодження може вимагати більше енергії для підтримки процесу.

- **Безпека:** Хлор та хлоран можуть бути небезпечними речовинами, і підтримка температури в хлораторі допомагає забезпечити безпеку персоналу та уникнення аварійних ситуацій.

Бачимо, що підтримка температури в хлораторі є важливою складовою автоматизації виробництва хлорану для забезпечення стабільності процесу, якості продукції, енергоефективності та безпеки. Тому розрахуємо та підберемо регулятор для підтримки температури в хлораторі.

5.1 Ідентифікація об'єкта

Метою ідентифікації є здобуття математичного представлення об'єкта. Ідентифікаційні завдання можуть бути вирішені двома способами: аналітичним або експериментальним. Аналітичний підхід полягає у дослідженні та застосуванні фізичних принципів, що відбуваються в об'єкті.

За допомогою експериментального методу отримують потрібні дані (наприклад, крива розгону) безпосередньо від об'єкта. Експериментальний підхід використовується для перевірки відповідності моделі, отриманої за допомогою аналітичного методу.

5.1.1 Аналітичне визначення математичної моделі

Розглянемо хлоратор, принципова схема якої представлена на рис

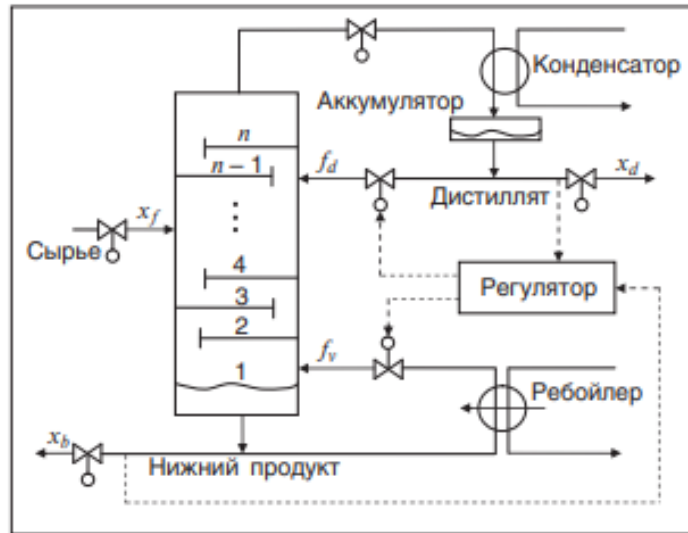


Рисунок 8 – Принципова схема хлоратору

Нехай динамічні процеси в хлораторі описуються рівнянням

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

Припущення:

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

2. У системі управління доступні вимірюванню сигнали $x_d(t)$, $x_b(t)$, $f_d(t)$ і $f_v(t)$.

Потрібно спроектувати систему стеження виходу хлоратору $y(t) = [x_d(t), x_b(t)]^T$ за еталонним сигналом $u_m(t) = [x_d^*(t), x_b^*(t)]^T$ в умовах

невизначеності параметрів, зовнішніх збурень і динамічного порядку моделі

$$(1), \text{ щоб було виконано цільова умова } |y(t) - y_m(t)| < \delta \text{ при } t > T. \quad (2)$$

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 рішення

Введемо позначення $u(t) = [f_d(t), f_v(t)]$. 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 помилки 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 $\zeta(t) = e(t) - \tilde{e}(t)$:

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

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

Тут $\phi(t)$ - нова функція обурення, містить в собі параметричні, функціональні і структурні невизначеності, діючі на об'єкт (1).

Для компенсації невизначеностей, що діють на хлоратор, задамо сигнал

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

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

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

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

Для оцінки точності спостереження введемо вектор відхилень $\bar{\eta}_i(t) = \Gamma^{-1} (\xi_i(t) - \theta_i(t))$,

де

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

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

Продифференціював $\eta(t)$ 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 увазі того, що є різними векторно-матричними формами записи 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 помилки стеження (3) перетворимо до виду

$$e(t) = \mu^{\gamma-1} G(p) [L, L] [\eta_{i1}(t), \eta_{i2}(t)]^T.$$

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

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

$$W(p) = \frac{1}{450p + 1}$$

5.1.2 Отримання кривої розгону

Для отримання кривої розгону в нормованому вигляді використовуємо передавальну функцію

$$W(p) = \frac{1}{450p + 1}$$

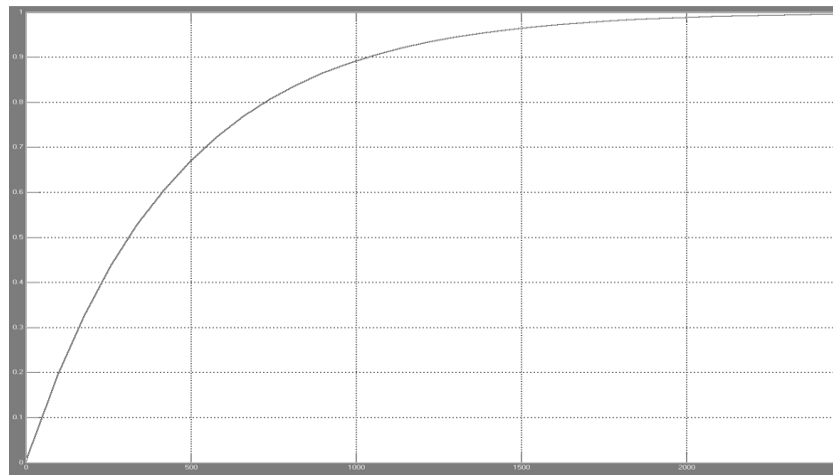


Рисунок 9 – Крива розгону в нормованому вигляді.

Для визначення передаточної функції я використав метод Орманса:

$$W(p) = \frac{Ke^{-\tau p}}{(T_1p + 1)(T_2p + 1)}$$

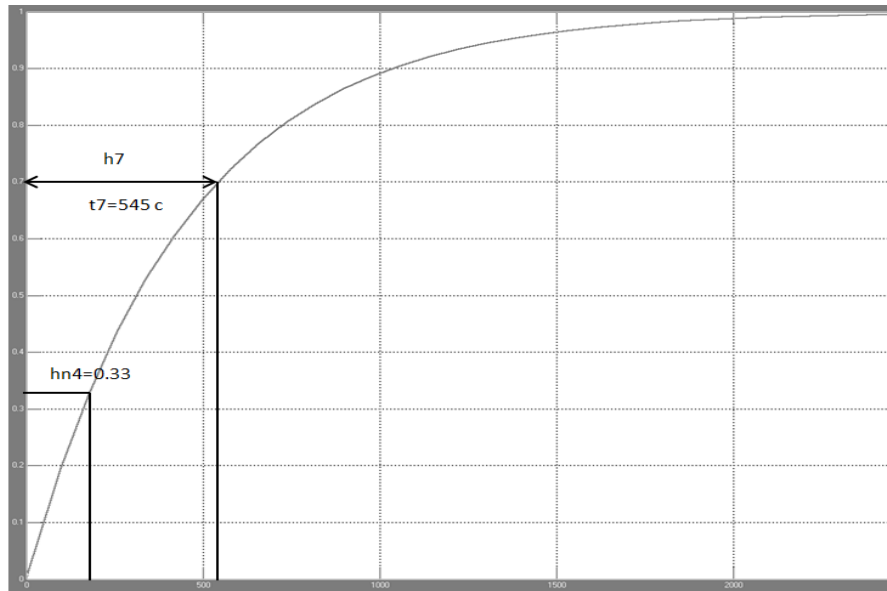


Рисунок 10 – Крива розгону

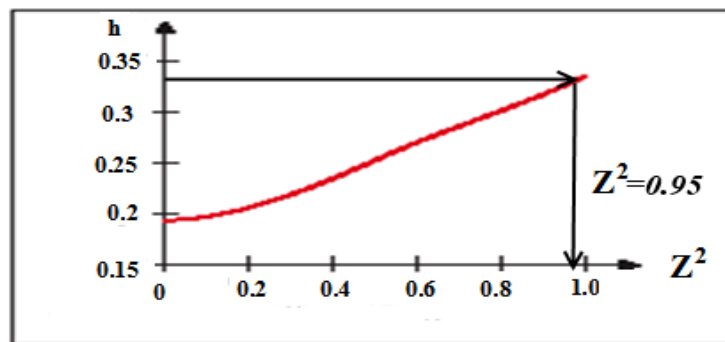


Рисунок 11 – Номограма для визначення величини Z^2

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

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

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

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

Т.к. $T_1 \gg T_2$, то можно перейти до моделі першого порядку:

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

Результуюча передаточна функція має наступний вигляд:

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

З отриманої передаточної функції будуємо перехідну характеристику і робимо порівняння з вихідною кривою розгону.

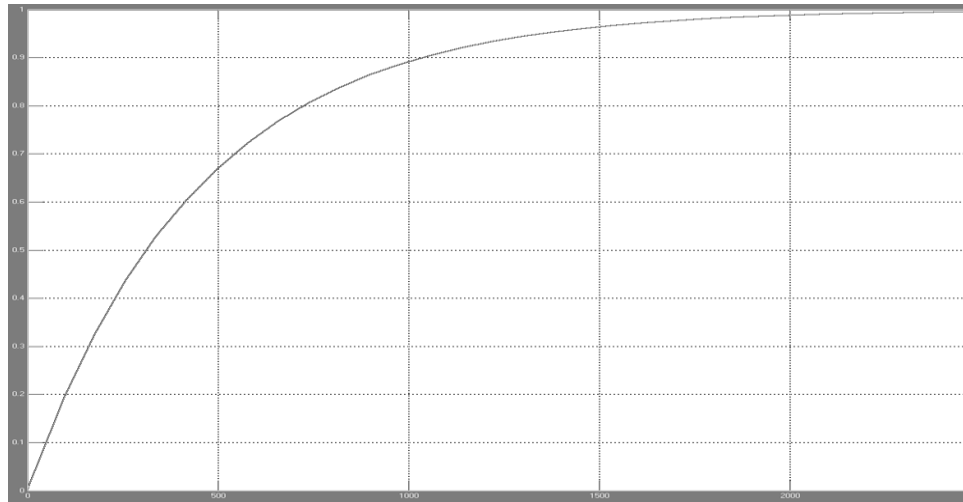


Рисунок 12 – Крива розгону з експерименту

5.1.3 Перевірка адекватності отриманих кривих розгону

Для перевірки відповідності перехідних характеристик скористаємося методом Фішера.

Таблиця 3 - Значення, отримані з перехідних характеристик

зад	.103	.199	.282	.357	.427	.486	.542	.59	.632	.672
мод	.102	.2	.28	.353	.425	.484	.54	.584	.631	.67
	0	00	50	00	50	00	50	00	50	00

Усер.мод=0,427

Усер.зад=0,429

Всі розрахунки були проведені в математичному пакеті MathCad.

$$\begin{array}{l}
 \begin{pmatrix} 0.103 \\ 0.199 \\ 0.282 \\ 0.357 \\ 0.427 \\ 0.486 \\ 0.542 \\ 0.59 \\ 0.632 \\ 0.672 \end{pmatrix} \\
 yz :=
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \begin{pmatrix} 0.102 \\ 0.2 \\ 0.28 \\ 0.353 \\ 0.425 \\ 0.484 \\ 0.54 \\ 0.584 \\ 0.631 \\ 0.67 \end{pmatrix} \\
 ym :=
 \end{array}
 \qquad
 +$$

$$S1 := \frac{\sum_{i=0}^9 (yz_i - 0.429)^2}{9}$$

$$S1 = 0.036$$

$$S2 := \frac{\sum_{i=0}^9 (ym_i - 0.427)^2}{9}$$

$$S2 = 0.036$$

$$F_{\text{max}} := \frac{S1}{S2}$$

$$F = 1.008$$

Рисунок 13 – розрахунки в MathCad.

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

Таблиця 4 - 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

Для більш швидкого, простого та наглядного методу скористаємося математичним пакетом MATLAB.

Збираємо схему регулювання, яка має вигляд

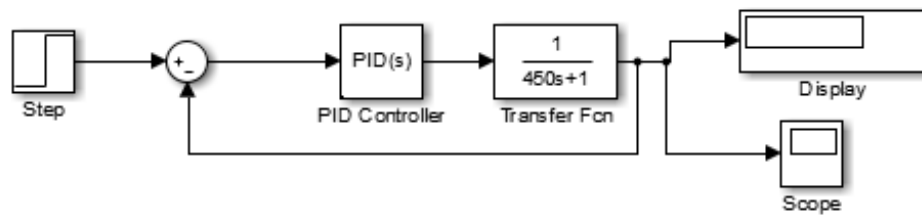


Рисунок 14 – схема для моделювання

Робити свій вибір я буду між промисловими П, ПІ, ПІД – регуляторами, критеріями при виборі яких є: стабільність, швидкодія, точність, інерційність, інтеграція з системою та вартість. Ці критерії допоможуть обрати тип регулятора для будь-якої системи та забезпечити ефективне та стабільне керування. Вибір може залежати як від особливостей конкретного завдання так і від процесу який підлягає регулюванню.

5.1.4.1 П- регулятор

Безперервний ідеальний П- регулятор

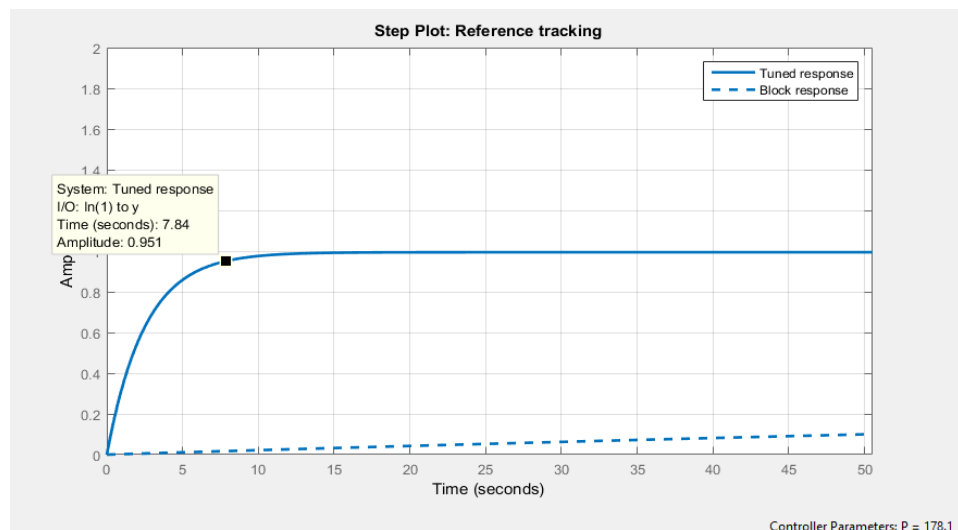


Рисунок 15 – Результати моделювання

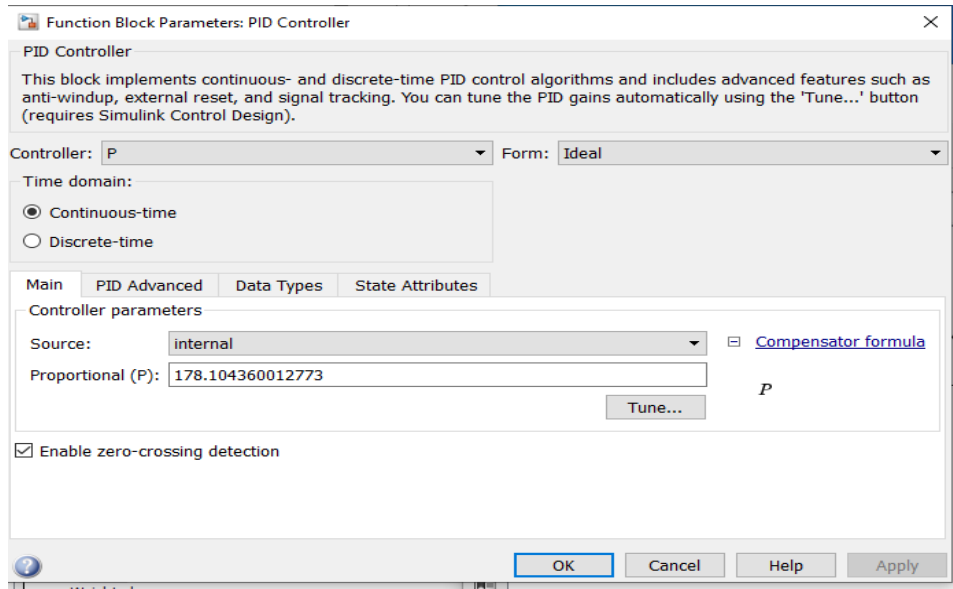


Рисунок 16 – Налаштування П-регулятора

Після налаштувань: коефіцієнт підсилення – 178,1; час регулювання 7,84 секунди; перерегулювання немає. Безперервний паралельний П- регулятор при налаштування показав такі самі величини.

5.1.4.2 ІІІ – регулятор

Безперервний паралельний ІІІ – регулятор

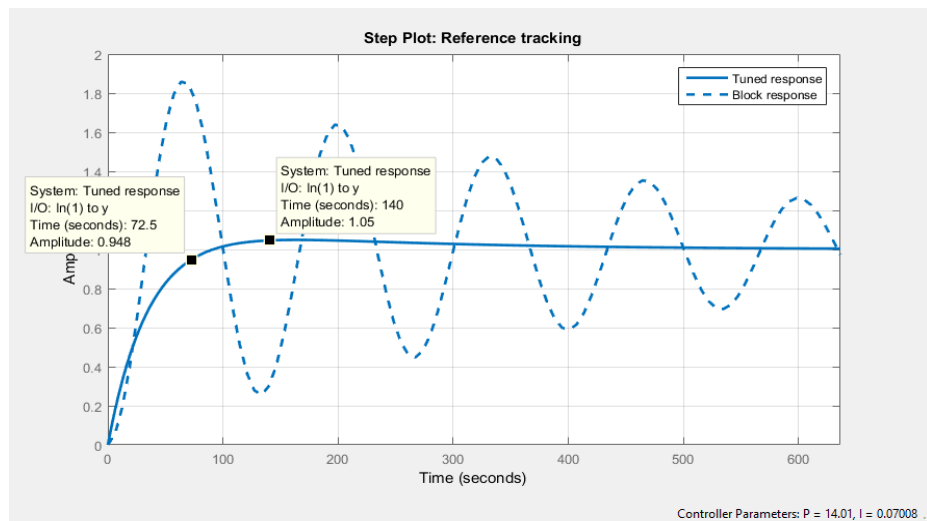


Рисунок 17 – Результати моделювання

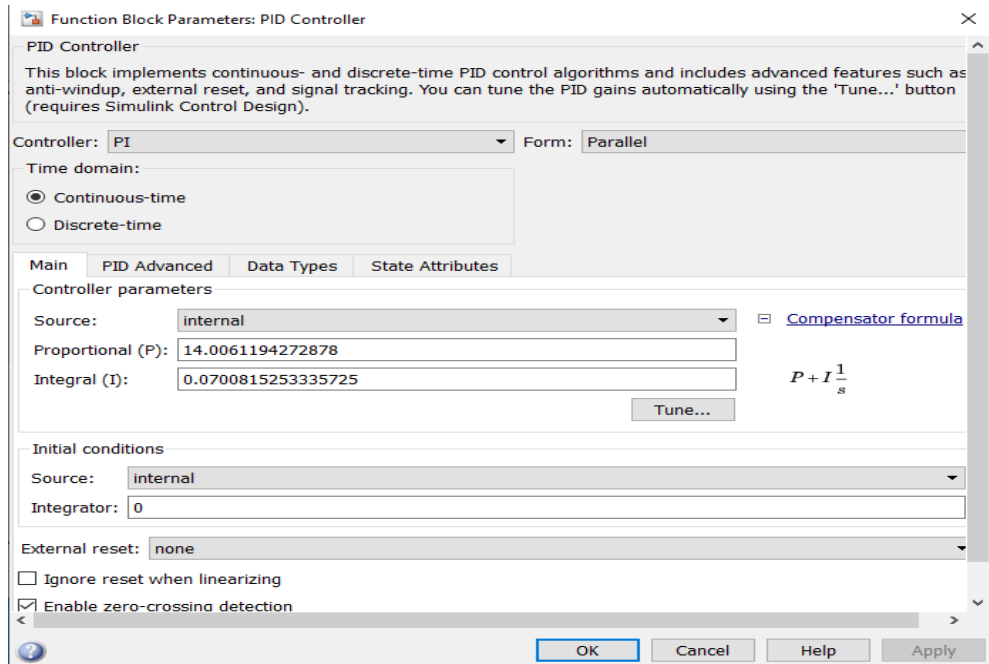


Рисунок 18 – Налаштування ПІ-регулятора

Після налаштувань: коефіцієнт підсилення – 14; час інтегрування – 0,07; час регулювання 72,5 секунди; перерегулювання 5%.

Безперервний ідеальний ПІ – регулятор

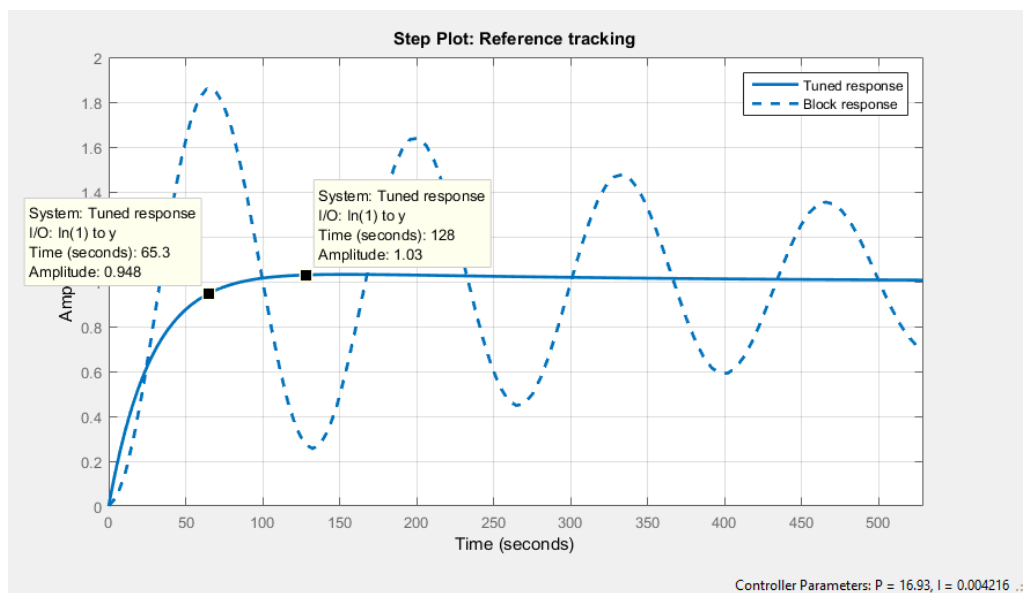


Рисунок 19 – Результати моделювання

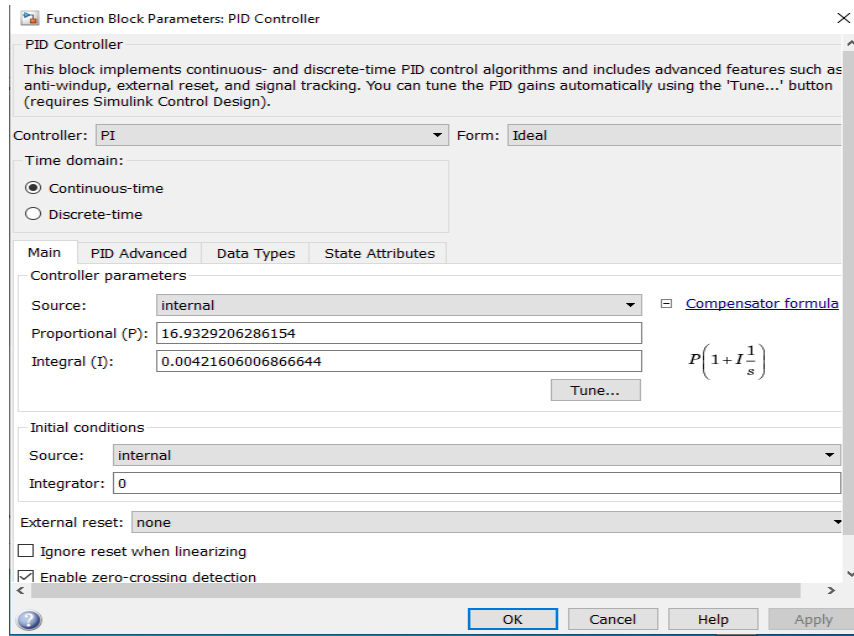


Рисунок 20 – Налаштування ПІ-регулятора

Після налаштувань: коефіцієнт підсилення – 16,93; час інтегрування – 0,004; час регулювання 65,3 секунди; перерегулювання 3%.

Дискретний ідеальний ПІ – регулятор

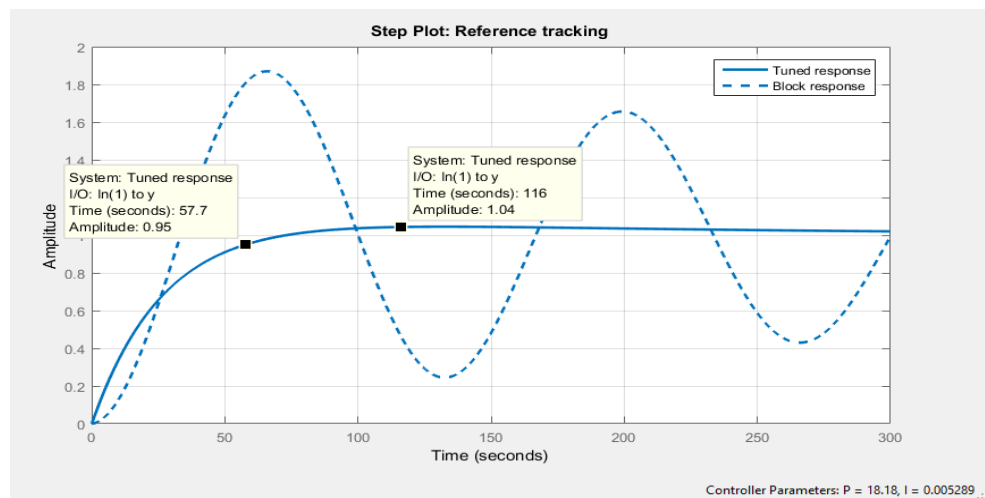


Рисунок 21 – Результати моделювання

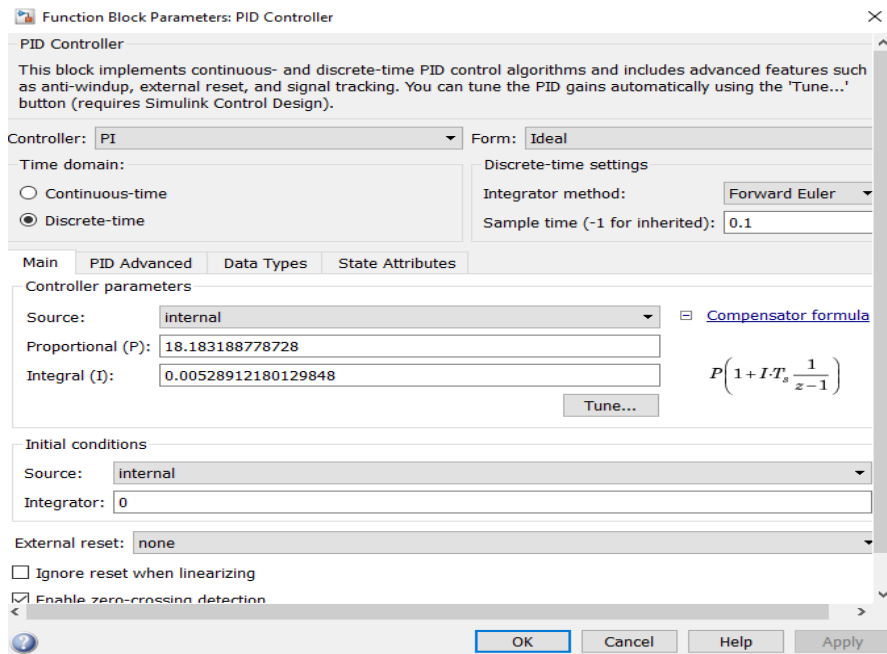


Рисунок 22 – Налаштування ПІ-регулятора

Після налаштувань: коефіцієнт підсилення – 18,18; час інтегрування – 0,005; час регулювання 57,7 секунди; перерегулювання 4%.

Дискретний паралельний ПІ – регулятор

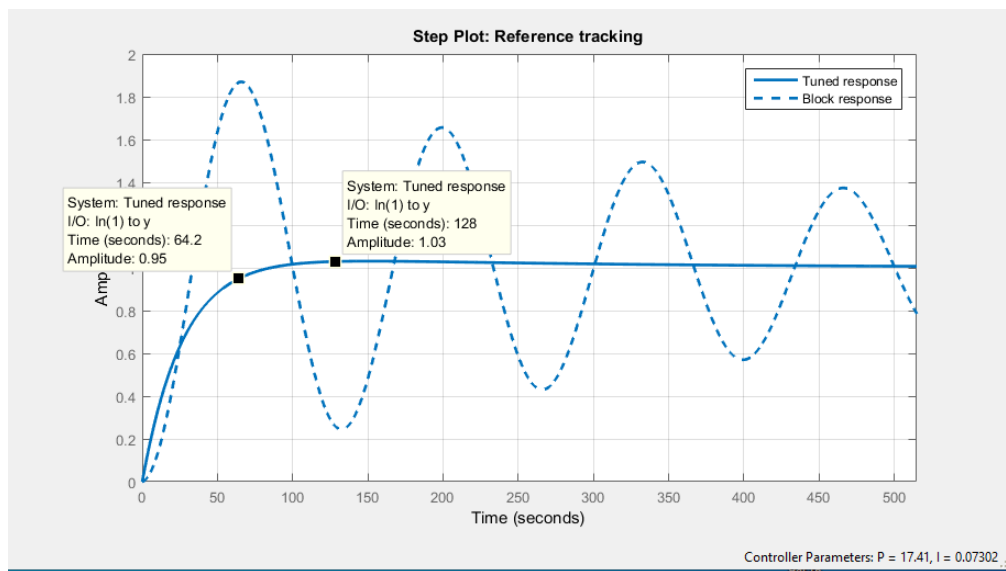


Рисунок 23 – Результати моделювання

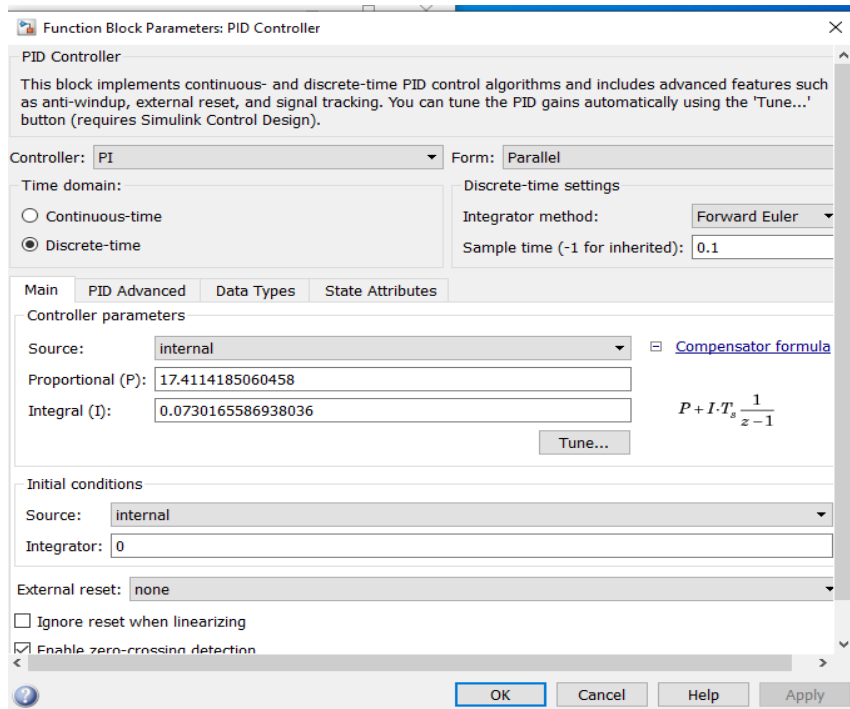


Рисунок 24 – Налаштування ПІ-регулятора

Після налаштувань: коефіцієнт підсилення – 17,41; час інтегрування – 0,07; час регулювання 64,2 секунди; перерегулювання 3%.

5.1.4.3 ПІД – регулятор

Безперервний ідеальний ПІД – регулятор

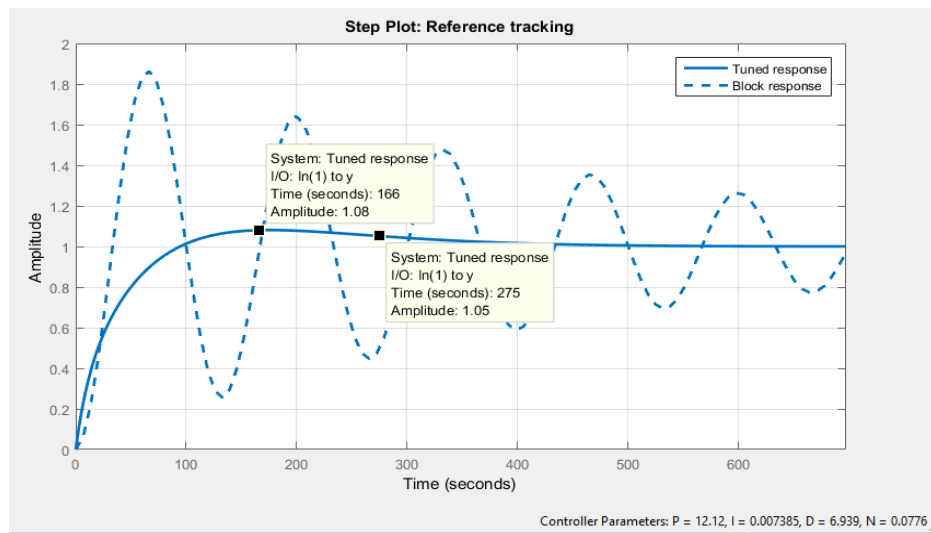


Рисунок 25 – Результати моделювання

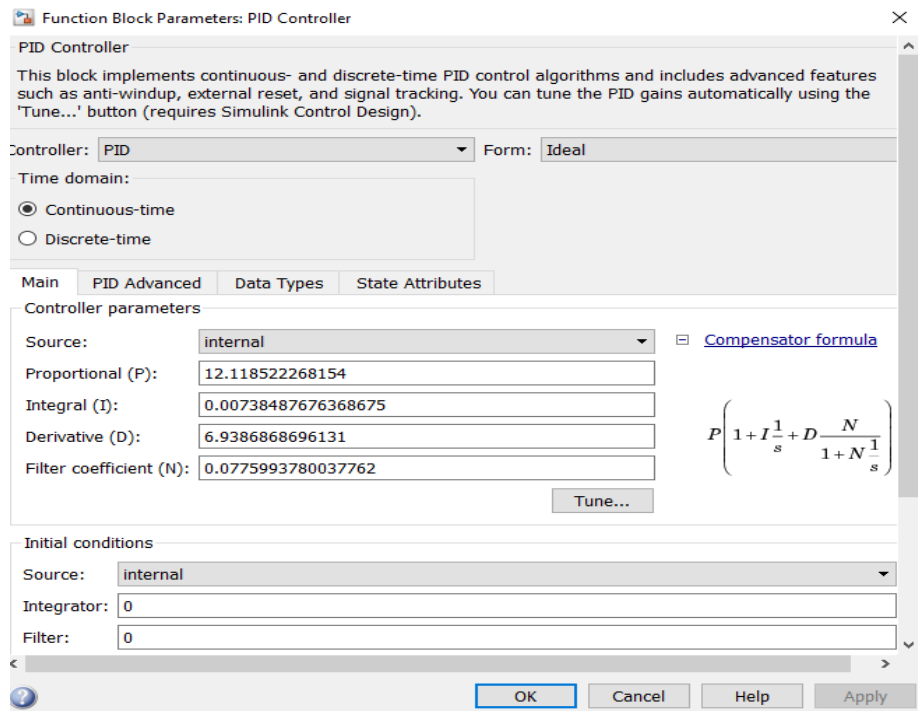


Рисунок 26 – Налаштування ПІД-регулятора

Після налаштувань: коефіцієнт підсилення – 12,11; час інтегрування – 0,007; час диференціювання – 6,93; час регулювання 275 секунди; перерегулювання 8%.

Безперервний паралельний ПІД – регулятор

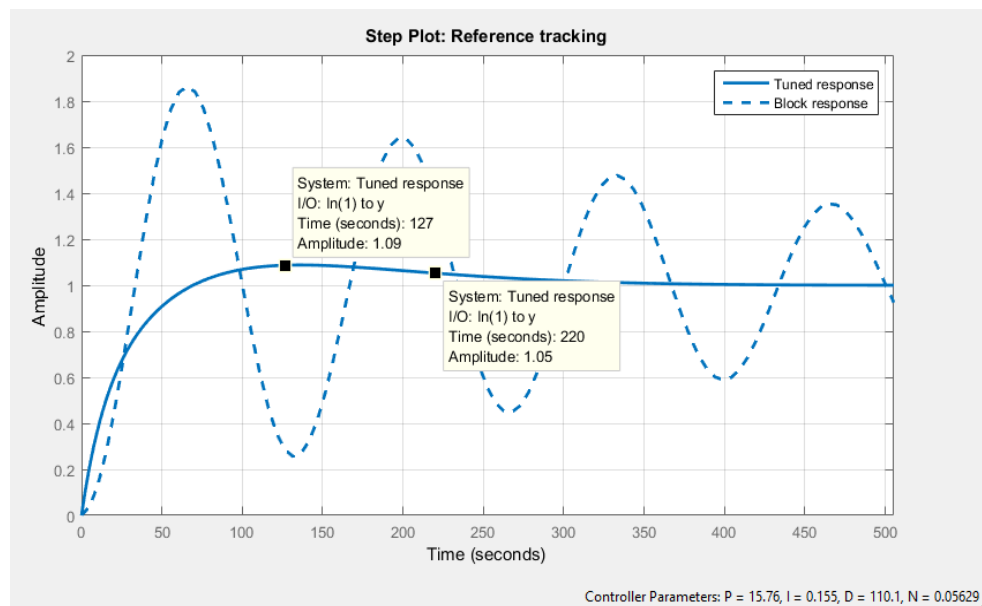


Рисунок 27 – Результати моделювання

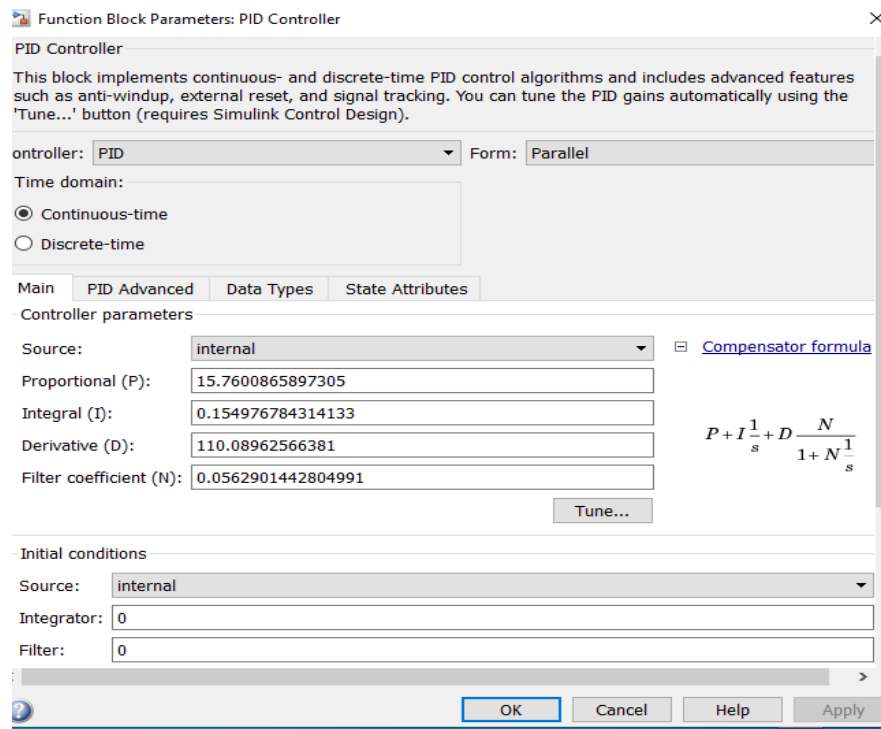


Рисунок 28 – Налаштування ПІД-регулятора

Після налаштувань: коефіцієнт підсилення – 15,76; час інтегрування – 0,15; час диференціювання – 110,08; час регулювання 220 секунди; перерегулювання 9%.

Дискретний паралельний ПІД – регулятор

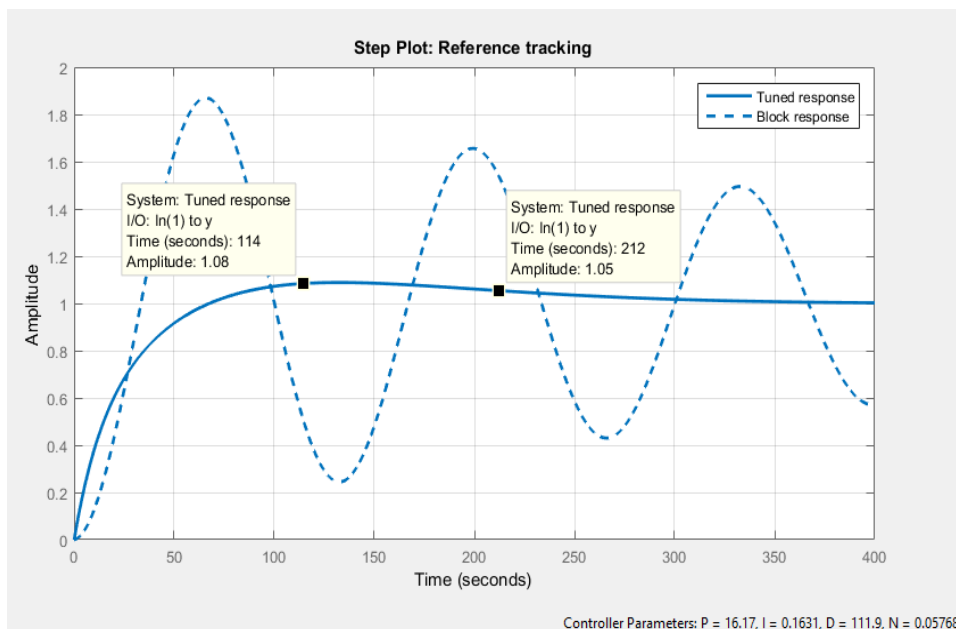


Рисунок 29 – Результати моделювання

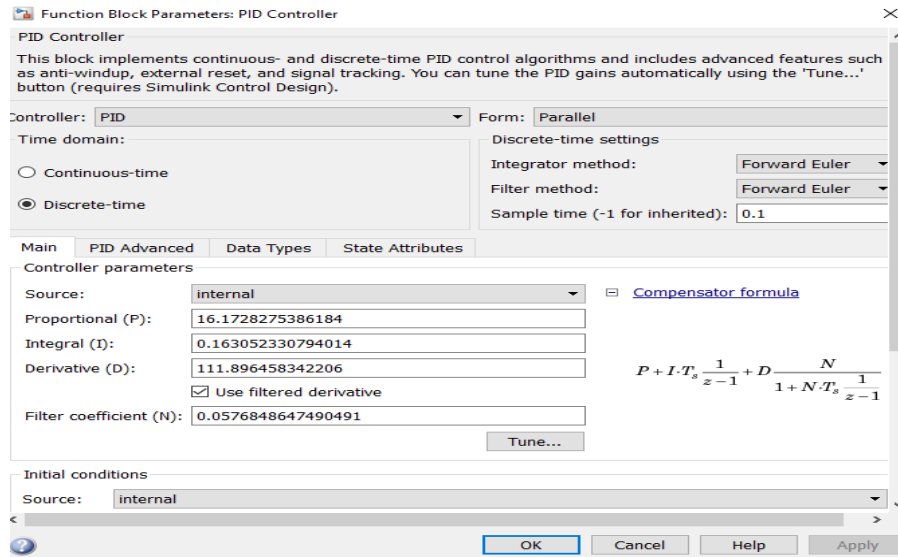


Рисунок 30 – Налаштування ПІД-регулятора

Після налаштувань: коефіцієнт підсилення – 16,17; час інтегрування – 0,16; час диференціювання – 111,89; час регулювання 212 секунди; перерегулювання 8 %.

Дискретний ідеальний ПІД – регулятор

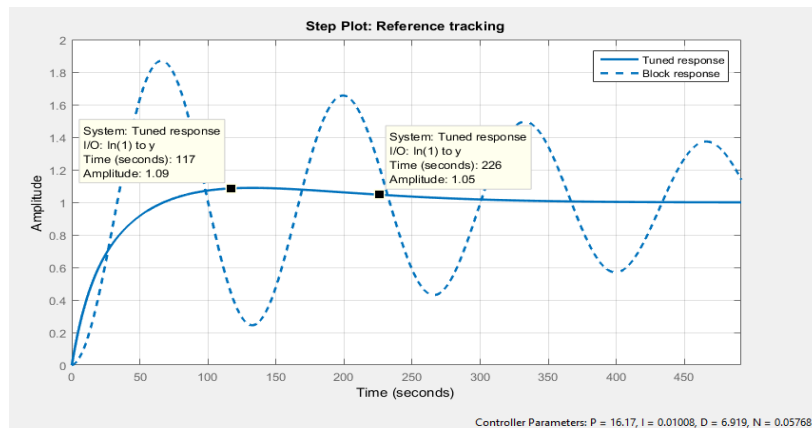


Рисунок 31 – Результати моделювання

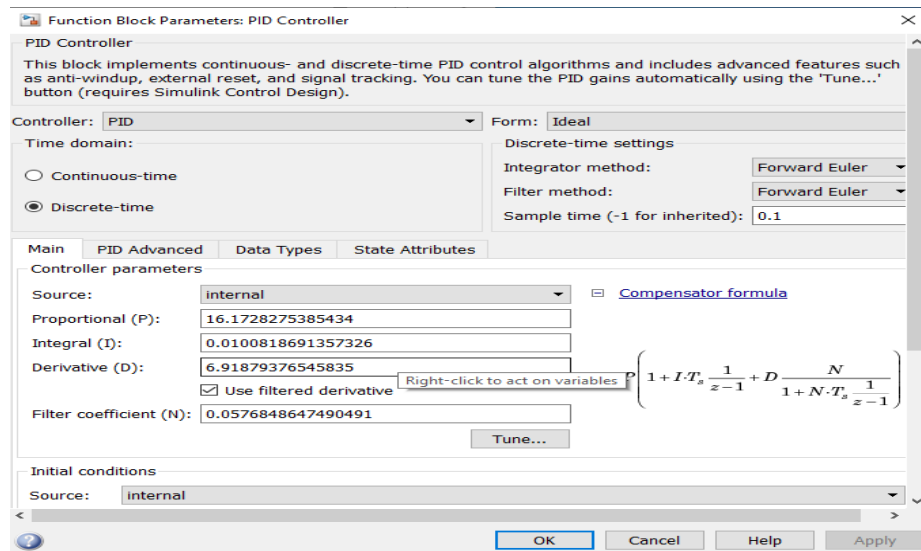


Рисунок 32 – Налаштування ПІД-регулятора

Після налаштувань: коефіцієнт підсилення – 16,17; час інтегрування – 0,01; час диференціювання – 6,91; час регулювання 226 секунди; перерегулювання 9 %.

Таблиця 5 – 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 ПІІ – 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

При виборі регулятора я звертав увагу на такі показники: час регулювання та пере регулювання.

На основі таблиці 5, був вибраний дискретний ідеальний ПІ–регулятор, так як має оптимальні показники з тих що наведені в таблиці 5. Вибір інших регуляторів неможливий або регулятор додає складнощі у налаштуванні.

6 АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ

Мікропроцесорна система автоматизації процесу виробництва гексахлорану включає кілька ключових етапів. Ось загальний алгоритм роботи такої системи:

1. Збір даних: Сенсори розміщені на різних ділянках виробничого процесу збирають дані про параметри, такі як температура, тиск, концентрація реагентів тощо.

2. Обробка даних: Мікропроцесор отримує дані від сенсорів, обробляє їх та визначає поточний стан виробничого процесу.

3. Аналіз та контроль: На основі оброблених даних мікропроцесор порівнює поточний стан процесу з заданими параметрами та визначає, чи потрібно вносити корективи для підтримки оптимальних умов виробництва гексахлорану.

4. Виконання дій: Якщо мікропроцесор виявляє відхилення від оптимальних параметрів, він відправляє команди до відповідних пристроїв керування (наприклад, клапанів, насосів, регуляторів температури), щоб внести необхідні зміни.

5. Моніторинг та зворотний зв'язок: Мікропроцесор продовжує моніторити виробничий процес, аналізуючи дані від сенсорів та виконуючи корективні дії за потреби. Зворотний зв'язок забезпечує стабільність та ефективність процесу виробництва гексахлорану.

6. Зберігання та архівація даних: Мікропроцесорна система зберігає дані про виробничий процес для подальшого аналізу, звітів та вдосконалення системи автоматизації.

Цей алгоритм роботи мікропроцесорної системи автоматизації допомагає оптимізувати процес виробництва гексахлорану, забезпечуючи стабільність, якість продукції та енергоефективність.



Рисунок 33 – загальний алгоритм системи

Для регулювання температури в хлораторі необхідно використовувати систему автоматичного керування. Основний алгоритм регулювання температури в хлораторі буде наступним:

1. Встановити необхідну температуру в системі автоматичного керування.

2. Запустити процес виробництва хлору і контролювати температуру в хлораторі.

3. Якщо температура в хлораторі нижче заданої, то необхідно ввімкнути вентилятори охолодження для зниження температури. Вентилятори можуть бути управляється системою автоматичного керування на основі вимірювань температури в хлораторі.

4. Якщо температура в хлораторі вище заданої, то необхідно підвищити температуру шляхом підведення пару в хлоратор. Пар може бути подаватися відповідно до вимірювання температури в системі автоматичного керування.

5. Після включення пару або вентиляторів охолодження необхідно дати системі час на реакцію і вимірити температуру в хлораторі знову, щоб перевірити ефективність регулювання температури.

6. Продовжувати контролювати температуру в хлораторі та регулювати її за необхідності.

У деяких випадках може виникнути необхідність у використанні обох методів регулювання температури, тобто підведення пару та включення вентиляторів охолодження одночасно. Це залежить від конкретних умов виробництва та характеристик хлоратора. В такому випадку, система автоматичного керування повинна мати можливість встановлювати відповідні пропорції підведення пару та включення вентиляторів охолодження, щоб досягти заданої температури в хлораторі.

При автоматизації виробництва хлорану важливо дотримуватися детального алгоритму регулювання температури в хлораторі, оскільки це дозволить уникнути можливих помилок та забезпечити стабільну температуру в процесі виробництва. Крім того, регулювання температури дозволить зменшити ризик виникнення аварій та збільшити продуктивність виробництва.

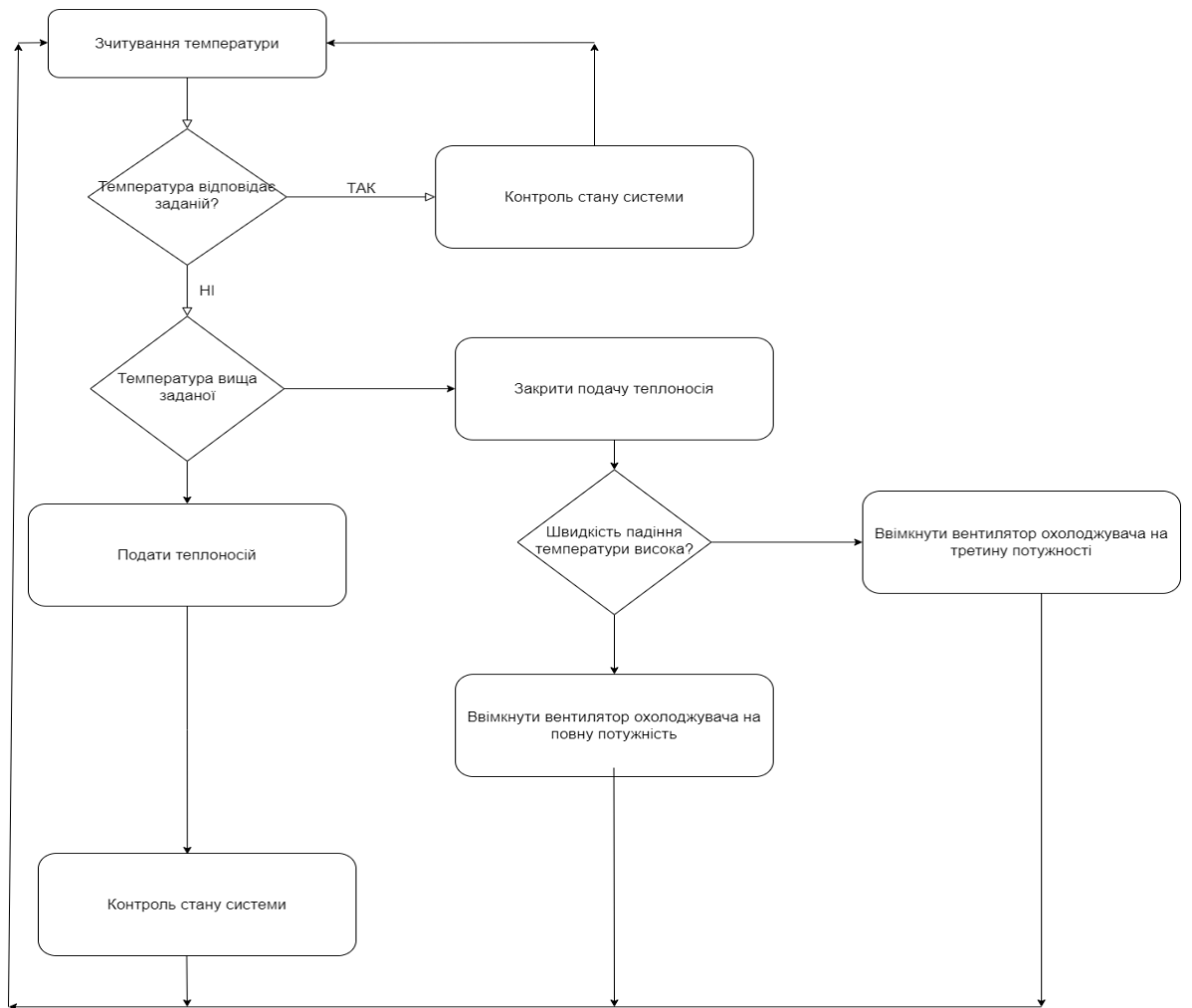


Рисунок 34 – Алгоритм роботи мікропроцесорної системи стабілізації температури в хлораторі.

7 РОЗРОБКА АСУТП ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Вибір автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП) виробництва гексахлорану є важливим етапом при розробці проекту. Для того, щоб правильно вибрати АСУТП, потрібно враховувати деякі фактори.

1. **Обсяг виробництва:** Потрібно визначити, який обсяг продукції необхідно виробляти. Для великих виробництв можуть бути використані більш потужні та складні системи, ніж для менших виробництв.

2. **Ступінь автоматизації:** Потрібно визначити, який ступінь автоматизації необхідний для виробництва. Якщо виробництво потребує багатьох ручних операцій, то система повинна бути розроблена таким чином, щоб зменшити кількість ручних операцій.

3. **Відповідність стандартам:** Потрібно визначити, які стандарти потрібно виконувати при виробництві. Наприклад, система повинна відповідати стандартам безпеки праці.

4. **Можливість масштабування:** Потрібно враховувати, які можливості існують для масштабування виробництва в майбутньому. Якщо виробництво планується збільшувати, то система повинна бути розроблена з урахуванням цих можливостей.

5. **Вартість:** Потрібно визначити, які кошти можна виділити на впровадження АСУТП. В залежності від цього можуть бути вибрані різні варіанти систем.

6. **Надійність:** Потрібно враховувати, які вимоги є до надійності системи. У виробництві важливо мати надійну систему управління, оскільки непередбачені збої можуть призвести до серйозних наслідків для виробництва та безпеки працівників.

7. **Простота використання:** Потрібно враховувати, яку простоту використання має система. Якщо система складна та важка для використання, то це може призвести до помилок та невдач у виробництві.

8. **Технічна підтримка:** Потрібно визначити, яка технічна підтримка буде надана при використанні системи. Наявність технічної підтримки може допомогти вирішувати проблеми та запобігати їх виникненню.

Отже, при виборі АСУТП виробництва гексахлорану необхідно враховувати різні фактори, щоб вибрати систему, яка буде найбільш підходити для конкретного виробництва. Ретельний аналіз цих факторів допоможе зменшити ризики та збільшити ефективність виробництва.

Виходячи з цього обираємо наступну структуру АСУТП виробництва гексахлорану, яка складається з наступних рівнів:

1. **Рівень сенсорів:** на цьому рівні знаходяться датчики, які збирають інформацію про стан процесу, таку як температура, тиск, рівень реагентів і т.д. Інформація з датчиків передається до контролера наступного рівня.

2. Рівень контролера: цей рівень відповідає за контроль параметрів процесу та прийняття рішень. Контролер отримує інформацію від датчиків та, в залежності від заданого алгоритму роботи, видає команди на рівень виконавчих пристроїв.

3. Рівень виконавчих пристроїв: на цьому рівні знаходяться пристрої, які виконують команди від контролера, такі як вмикачі, реле, клапани та інші електромеханічні пристрої. Вони контролюють роботу обладнання та регулюють параметри процесу.

4. Рівень користувача: цей рівень призначений для взаємодії з операторами та іншими користувачами системи. Він складається з людей, які відповідають за контроль та управління процесом, та програмного забезпечення, яке забезпечує інтерфейс для взаємодії з користувачем.

У чотирирівневій структурі АСУТП для виробництва гексахлорану кожен рівень відповідає за свої функції та виконує роль в окремому етапі виробничого процесу. Рівні взаємодіють між собою та забезпечують зв'язок інформації та управління виробничим процесом.

Так як основним контроллером є ОВЕН ПЛК-210-05-CS, то в якості SCADA системи було обрано CoDeSys, яка поставляється безкоштовно для цих контроллерів.

CoDeSys є SCADA-системою, яка використовується для керування і моніторингу процесів виробництва. Основною перевагою CoDeSys є те, що вона дозволяє програмувати контролери різних виробників, що робить її універсальною для різних типів промисловості.

Основні переваги SCADA системи CoDeSys:

1. Універсальність. CoDeSys підтримує багато різних протоколів зв'язку, таких як Modbus, Profibus, CAN і т. д., що дозволяє йому взаємодіяти зі широким спектром обладнання виробництва.

2. Висока продуктивність. CoDeSys володіє швидкістю обробки вхідних сигналів, що дозволяє йому в режимі реального часу контролювати процеси виробництва.

3. Гнучкість. Система CoDeSys дозволяє розробникам програмного забезпечення легко розширювати її функціональні можливості і додавати нові функції, що відповідають потребам конкретного виробництва.

4. Простота використання. Інтерфейс користувача системи CoDeSys простий і зрозумілий, що дозволяє операторам швидко орієнтуватись у системі та здійснювати потрібні налаштування.

5. Розповсюдженість. CoDeSys є досить популярною системою серед автоматизаторів і розробників ПЗ для автоматизації виробництва, тому знайти фахівців, знайомих з цією системою, нескладно.

6. Відкритість. CoDeSys є відкритою системою, що дозволяє використовувати різноманітні пристрої виробництва, розроблені на різних платформах і з різними ОС.

7. Економічність. CoDeSys є однією з найбільш економічних SCADA систем, оскільки вона безкоштовна для користування та має відкритий вихідний код.

Розробка системи управління технологічним процесом виробництва гексахлорану в SCADA системі CoDeSys може складатися з наступних етапів:

1. Аналіз вимог технологічного процесу: перед початком розробки Системи управління технологічним процесом, необхідно зрозуміти вимоги до процесу та системи, яку необхідно розробити. Це включає аналіз технологічного процесу та вимог до безпеки, точності, швидкодії і надійності системи.

2. Проектування архітектури Системи управління технологічним процесом: на цьому етапі визначається структура Системи управління технологічним процесом, її складові та зв'язки між ними.

3. Розробка програмного забезпечення: на основі вимог до Системи управління технологічним процесом та архітектури системи, розробляється програмне забезпечення для забезпечення управління процесом, збору та аналізу даних.

4. Підключення пристроїв та сенсорів: Система управління технологічним процесом повинна бути підключена до всіх необхідних пристроїв та сенсорів, що контролюють процес. Необхідно налаштувати зв'язки між Системою управління технологічним процесом та контрольованими пристроями.

5. Тестування та налагодження: перед введенням Системи управління технологічним процесом в експлуатацію, вона повинна бути протестована та налагоджена. На цьому етапі відбувається перевірка правильності збору даних, коректності роботи Системи управління технологічним процесом та взаємодії між складовими всього процесу

6. Розробка функціональної схеми системи управління На цьому етапі розробляється функціональна схема системи управління, де визначаються всі необхідні блоки для забезпечення відповідного функціоналу системи. Всі блоки системи управління взаємодіють між собою та з оператором.

7. Програмування контролерів Контролери - це програмовані пристрої, що виконують функції збору даних, обробки даних, керування виконавчими механізмами та взаємодію з оператором. На цьому етапі виконуються програмування контролерів, які входять в систему управління.

8. Підключення виконавчих механізмів Виконавчі механізми - це пристрої, що керують технологічним процесом. На цьому етапі виконуються підключення виконавчих механізмів до контролерів, що дозволяє управляти їхньою роботою та збирати дані про їх стан.

9. Розробка графічного інтерфейсу оператора Графічний інтерфейс оператора - це інтерфейс, що відображає стан технологічного процесу та дозволяє оператору керувати ним. На цьому етапі виконуються розробка та

настройка графічного інтерфейсу оператора, який забезпечує йому зручний та швидкий доступ до всіх функцій системи управління.

10. Налаштування системи моніторингу Система моніторингу - це система, що забезпечує контроль за станом технологічного процесу.

11. Налаштування процесу формування звітності.

Після успішного завершення всіх етапів розробки та тестування системи управління технологічним процесом виробництва гексахлорану в SCADA системі CoDeSys, система може бути введена в експлуатацію.

ВИСНОВКИ

В даній бакалаврській роботі я вирішив питання, пов'язані з розробкою автоматизованої системи управління технологічного процесу отримання гексахлорану. Розглянув перебіг технологічний процесу та роботу основного обладнання. Виділив ключові параметри перебігу технологічного процесу. На основі інформації розробив необхідні креслення (функціональна схема, принципова електрична схема), зробив вибір відповідних технічних засобів автоматизації (датчиків, виконавчих механізмів, контролера), розробив математичний опис об'єкта управління та обрав 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 Издание 2-е (исправленное) Издательство Арий Год издания 2008 480 стр.
- 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 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://owen.ua/ua/datchyky/dtsxx5miyermoperetvorjuvachi-oporu-z-vyhidnym-sygnalom4...20ma>.
- 6 Рівнемір [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://owen.ua/ua/datchyky/pdu-i-poplavkovi-datchyky-rivnja-z-analogovym-vhidnym-sygnalom-4-20-ma>
- 7 Датчик тиску [Электронный ресурс] – Режим доступа 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 Зиков Д.Д. и др., Загальна хімічна технологія
- 12 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / Под ред. А. С. Ключева. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.