

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут
Центр заочної і дистанційної форм навчання
Кафедра системотехніки та інформаційних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проєкту
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ
ВИРОБНИЦТВОМ ТРИХЛОРМЕТАНУ (ХЛОРОФОРМУ)

Керівник проєкту

Худолей Г.М.

Проектант:
студент гр. СУЗТ-51Ш

Лупиха Д.І.

РЕФЕРАТ

Лупиха Дмитрий Иванович. Система управления производством трихлорметана (хлороформа). Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» по направлению 6.050201-системная инженерия.– Шосткинский институт Сумского государственного университета, Шостка, 2020.

Дипломный проект содержит 71 стр. пояснительной записки, учитывая 23 ил., 8 табл., 17 ист. инф.; конструкторскую документацию, которая содержит 7 чертежей.

Работа посвящена разработке системы управления производством трихлорметана (хлороформа) на базе современной микропроцессорной технике, которая позволяет повысить эффективность производства за счет увеличения объема выпускаемой продукции, повышения качества продукции. Разработаны функциональная схема производства трихлорметана и электрическая схема управления двигателями, структурная схема системы управления, монтажно-коммутационная схема и схема соединений.

Ключевые слова: система управления, технологический процесс, автоматизация, средства автоматизации, канал управления, параметры контроля и управления.

РЕФЕРАТ

Лупиха Дмитро Іванович. Система керування виробництвом трихлорметану (хлороформу). Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямом 6.050201-системна інженерія.– Шосткинський інститут Сумського державного університету, Шостка, 2020.

Дипломний проект містить 71 арк. пояснювальної записки, враховуючи 23 іл., 8 табл., 17 дж. інф.; конструкторську документацію, що містить 7 креслень.

Робота присвячена розробці системи управління виробництвом трихлорметан (хлороформу) на базі сучасної мікропроцесорної техніки, яка дозволяє підвищити ефективність виробництва за рахунок збільшення обсягу продукції, що випускається, підвищення якості продукції. Розроблена функціональна схема виробництва трихлорметану, електрична схема управління двигунами, монтажно-комутаційна схема і схема з'єднань.

Ключові слова: система керування, технологічний процес, автоматизація, засоби автоматизації, канал управління, параметри контролю та управління.

ABSTRACT

Lupikha Dmitry Ivanovich. Trichloromethane (chloroform) production control system. - Manuscript. -The graduation project of the educational qualification level "Bachelor" in 6.050201- system engineering.– Shostka Institute of Sumy State University, Shostka, 2020.

The graduation project contains 71 pages of explanatory note, given 23 ill., 8 tab., 17 history. inf .; design documentation that contains 7 drawings.

The work is devoted to the development of a trichloromethane (chloroform) production control system based on modern microprocessor technology, which allows to increase production efficiency by increasing the volume of products, improving product quality. Developed a functional scheme of trichloromethane and electrical circuit control motors, a block diagram of the control system, installation and circuit diagram and connection diagram.

The keywords: managerial system, technological process, automation, facility to automations, control canal, parameters of the checking and control.

ЗМІСТ

Список скорочень та умовних позначень	3
Вступ.....	4
1 Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта автоматизації	5
2 Вибір параметрів технологічного процесу	9
3 Вибір каналів контролю та управління	12
4 Розробка структурної схеми системи управління	20
5 Вибір засобів автоматизації.....	24
6 Алгоритм роботи системи управління	52
7 Опис електричної схеми управління електродвигунами.....	54
8 Розрахункова частина	55
Висновок.....	69
Список використаних джерел	70

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Система управління виробництвом трихлорметану (хлороформу) Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Лупиха Д.І.				2	71	
Перевірив		Худолей Г.М.						
Рецензент								
Н. контр. Затвердив		Худолей Г.М.				ІІІСумДУ гр.СУЗТ-51Ш		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

КВП і А – контрольно-вимірювальні прилади і автоматика

П-регулятор – пропорційний регулятор

ПІ-регулятор – пропорційно-інтегральний регулятор

ПІД-регулятор – пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор

ПЗ – програмне забезпечення

ПЛК – програмний логічний контролер

ПК – персональний комп'ютер

ППП – пристрій плавного пуску

ПЧ – перетворювач частоти

РКІ – рідкокристалічний індикатор

САР – система автоматичного регулювання

САУ – система автоматичного управління

ТО – термоперетворювач опору

ЦД – цифровий дисплей

ЦП – центральний процесор

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Автоматизація технологічних процесів є одним з вирішальних факторів підвищення продуктивності і поліпшення умов праці.

Автоматизація призводить до поліпшення основних показників ефективності виробництва: збільшення кількості, поліпшення якості та зниження собівартості продукції, підвищення продуктивності праці. Впровадження автоматичних пристроїв забезпечує високу якість продукції, скорочення браку і відходів, зменшення витрат сировини і енергії, зменшення чисельності основних робітників. Також впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травматизму, попереджає забруднення навколишнього середовища.

Комплексна автоматизація виробництв хімічної промисловості передбачає не тільки автоматичне забезпечення нормального перебігу процесів з використанням різних автоматичних пристроїв (контролю, регулювання, сигналізації), а й автоматичне керування пуском і зупинкою апаратів для ремонтних робіт і в критичних ситуаціях [2].

Завдання, які вирішуються при автоматизації сучасних хімічних виробництв, дуже складні. Широке застосування знаходять системи автоматичного регулювання (САР), що забезпечують максимальний позитивний ефект функціонування технологічного об'єкта при мінімальних витратах сировини, енергії і т. і.

Завданням цієї роботи є вирішення кола питань, пов'язаних з розробкою системи управління виробництвом трихлорметану. Дане завдання вирішується за допомогою впровадження сучасних засобів автоматизації, а також мікропроцесорної техніки, яка дає можливість контролювати технологічний процес з великою точністю.

Актуальність виконання проєкту системи управління полягає у необхідності виведення виробництва на новий технологічний рівень управління процесами, що дозволить отримувати продукцію заданої якості, зменшення браку, покращення умов роботи персоналу.

Основний зміст роботи викладено в чотирьох розділах, де: виконано аналіз технологічного процесу, зроблено вибір засобів автоматизації, обрана структурна схема системи управління, розроблена функціональна схема автоматизації, монтажно-комутаційна схема щитів автоматизації, схема з'єднань, а також електрична принципова схема керування двигунами [3].

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

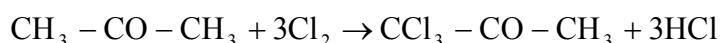
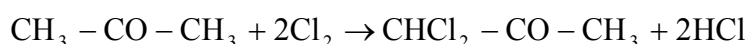
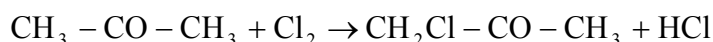
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Хімізм виробництва [1]

Хлороформ (він же трихлорметан або метилтрихлорид) — органічна хімічна сполука з формулою CHCl_3 . В нормальних умовах є безбарвною летючою рідиною з різким ефірним запахом і солодким пекучим смаком. Практично не розчиняється у воді, утворює з водою азеотропну суміш (т. кип. $56,2^\circ\text{C}$, $97,4\%$ хлороформу), змішується з більшістю органічних розчинників, не горить. На світлі хлороформ повільно розкладається киснем повітря з утворенням фосгену, хлору, хлористого водню і мурашиної кислоти.

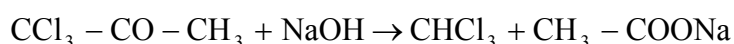
Розчиняється в спирті, ефірі. Трихлорметан застосовується в медицині незначно, як наркоз, як проміжний продукт при синтезі фармацевтичних препаратів (антиспазматичних, снодійних) як розчинник, використовується при виробництві фреонового хладагента R-22, в імерсійному аналізі, як розчинник жирів і воску, як вогнегасний засіб, а також для виробництва барвників і пестицидів.

Виробництво трихлорметану засноване на реакції хлорування ацетону в лужному середовищі, для створення якого використовується їдкий натр. В результаті реакції заміщення, яка відбувається між основними компонентами (ацетоном і хлором), хлор поступово заміщає атоми водню в вуглеводневих радикалах ацетону і поступово утворює монохлорацетон, потім діхлорацетон і трихлорацетон:

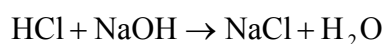


Оскільки ацетон містить дві абсолютно рівнозначні за хімічною активністю метильні групи, які можуть одночасно хлоруватися, що може привести до утворення хлорохідних ацетону різного складу, тому хлор і їдкий натр дозуються повільно.

Утворений трихлорацетон легко піддається лужному гідролізу і при цьому перетворюється в трихлорметан:



Як побічний продукт утворюється оцтовокисла сіль - ацетат натрію. Також, крім ацетату натрію, при отриманні трихлорметану утворюється домішка натрію хлориду і води:



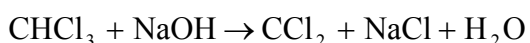
Трихлорметан, який містить велику кількість води, яка знаходиться в нижньому шарі реакційної маси, висушують від води прожареним гранульованим хлоридом кальцію, а потім піддають очищенню шляхом вакуумної перегонки.

Технологією передбачена розгонка під вакуумом з таких причин: це високоефективний спо-

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сіб очищення речовин від домішок, що дозволяє створити м'які умови перегонки, тобто при розрідженні температура кипіння речовин знижується, тобто немає впливу високих температур, які можуть викликати деструкцію хімічних сполук, а також побічні хімічні реакції. Зниження температури кипіння зі зниженням тиску у речовин, що знаходяться в суміші відбувається не строго пропорційно. Тому в вакуумі різниця в температурах кипіння компонентів суміші, виявляється більшою, ніж при атмосферному тиску, що дозволяє виділити трихлорметан, що практично не містить органічних домішок.

Одним з небажаних моментів при отриманні трихлорметану є його характерна властивість - легке утворення дихлоркарбену при лужному гідролізі, тобто в процесі синтезу поряд з утворенням трихлорметану може відбуватися його розкладання, що неодмінно призведе до заниження виходу готового продукту, зниження ефективності виробництва.



Для того щоб прискорити процес хлорування ацетону і уповільнити утворення дихлоркарбену в реакційне середовище в процесі синтезу додають розчин кальцинованої соди.

Оскільки готовий трихлорметан під впливом повітря легко розкладається, для його стабілізації додають розчин резорцину в ізоаміловому спирті.

1.2 Опис технологічного процесу [1]

В апарат поз.6, з мішалкою, пароводяною сорочкою, нижнім спуском, штуцерами для матеріальних ліній, сифоном для дозування хлору завантажується за допомогою вакууму через мірник поз.3 1000 л профільтрованої артезіанської води. Потім при перемішуванні завантажується в апарат поз.6 60 кг кальцинованої соди через ваговий дозатор поз.5 і шнековий живильник.

Далі нагрівається парою вміст апарату поз.6 до 40 °С. Після цього завантажується через мірник поз.4 45,5 л (36 кг) ацетону і проводиться одночасне дозування хлору за допомогою мірника поз.1 і 30%-ного розчину їдкого натру через мірник поз.2.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм.	
Арк.	
№ докум.	
Гідус	
Дата	

СУЗГ-51Ш.6.050201.12.ПЗ

Арк.	7
------	---

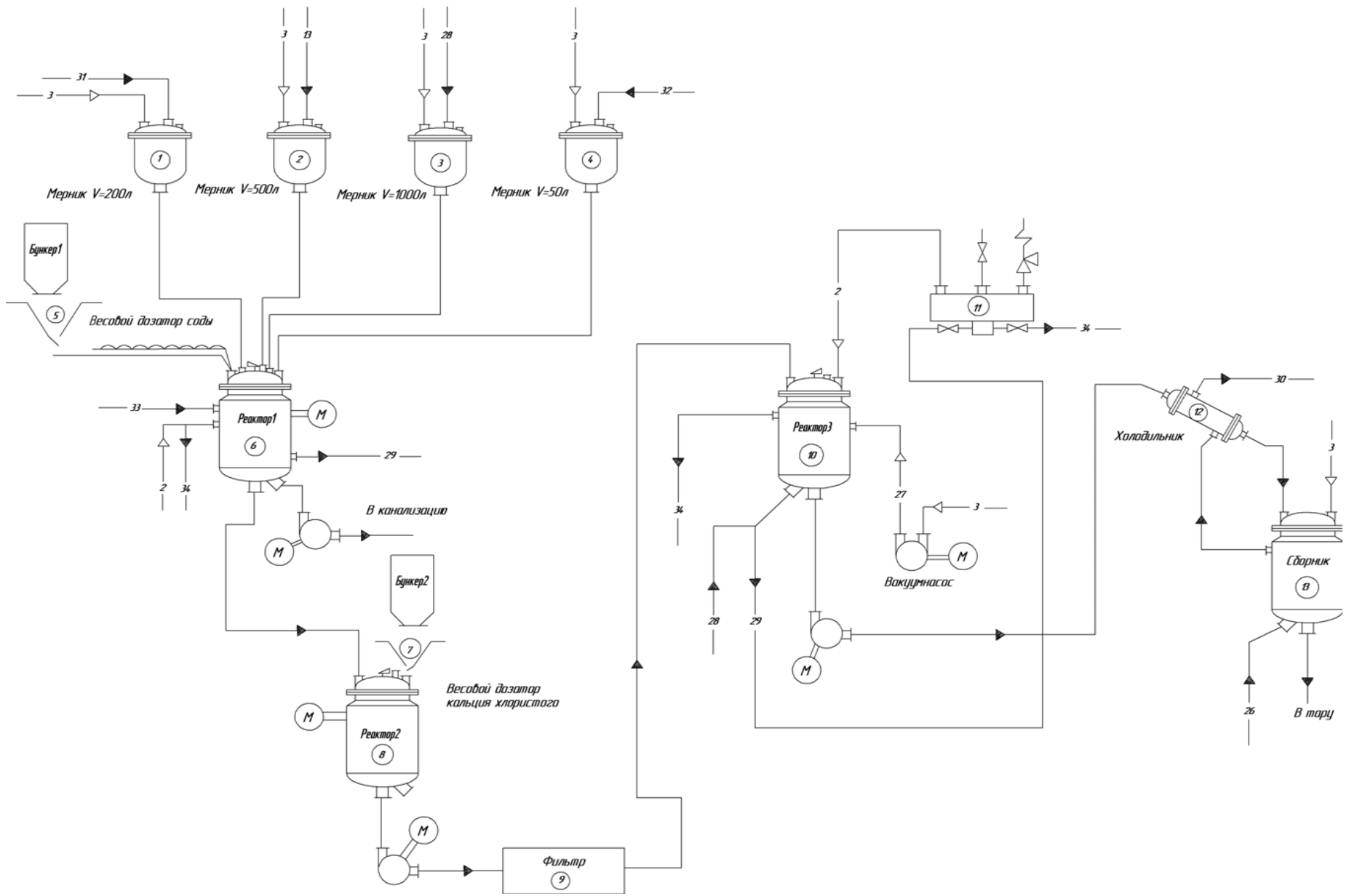


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва трихлорметану

Дозування хлору ведеться порціями по 2 л (6 кг) або 3 л (9 кг). Розчин їдконого натру дозується по 7 л (9,3 кг). Дозування ведеться за схемою:

2 л хлору + 7 л розчину лугу
2 л хлору + 7 л розчину лугу
3 л хлору + 7 л розчину лугу
2 л хлору + 7 л розчину лугу
2 л хлору + 7 л розчину лугу
3 л хлору + 7 л розчину лугу
і так далі.

Всього необхідно завантажити 111,1 л (336 кг) хлору і 336 л (447 кг) 30% розчину їдконого натру. Дозування реагентів проводиться протягом 10 годин, при цьому необхідно підтримувати температуру в реакційній масі (40-45) °С і лужне середовище. На початку дозування рН реакційної маси повинна бути (), в кінці дозування рН повиненна бути (9 ÷ 10).

Після того, як буде дозована половина всього хлору, тобто 55,6 л (168 кг), в апарат поз.6 завантажуюється 20%-ний розчин соди в кількості 110 л. Далі триває дозування другої частини хлору і розчину лугу за такою ж схемою, як і дозування першої частини.

Після закінчення дозування робиться витримка при перемішуванні і температурі (40-45) С протягом 1 години. Потім реакційну масу охолоджують до температури (18-20) С. Далі, після зупинки мішалки, роблять витримку без перемішування протягом (75 ± 15) хвилин для розшарування шарів. Трихлорметан, що утворився, в кількості 110 кг зливають через нижній спуск в ємність поз.8 і засипають гранульованим кальцієм хлористим в кількості 3,3 кг за допомогою вагового дозатора поз.7. Верхній водний шар (1500-1600) л, що містить хлорид натрію і вільний натрієвий луг видаляють (зливають на переробку).

Очищення трихлорметану (Вакуумна перегонка)

Отриманий трихлорметан, за допомогою насоса, через фільтр поз.9 завантажуюється в апарат для вакуумної перегонки поз.10. Також подається охолоджуюча вода на холодильник поз.12. Потім подається пар на апарат поз.10, вмикається в роботу електропарогенератор поз.11. Реакційна маса нагрівається до 60 С, після чого ведеться вакуумна перегонка при цій температурі і тиску 0,8 атм. (152 мм рт. ст. – залишковий тиск) через холодильник поз.12 до збірника поз.13. Під час відгонки температура в реакторі підвищується до (100-102) °С. Час перегонки становить 2-3 години.

Вихід готового продукту (100-106) кг. Кубовий залишок після вакуумної перегонки в кількості (1,5-2,5) кг зливають для подальшої відправки на заводські шламонакопичувачі.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Виходячи з аналізу технологічної схеми (рис. 1.1) і процесу виробництва параметри для сигналізації, контролю і управління наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік параметрів

Параметр	Позиція технологічної схеми	Функція	Відхилення	Значення	
				Min	Max
Температура	Реактор 3	Контроль, управління	5%	60 °C	102 °C
Температура	Реактор 1	Контроль, управління	5%	40 °C	45 °C
Рівень	Мірник V=1000 л	Контроль, управління	5%	1,3 м	1,3 м
Рівень	Мірник V=50 л	Контроль, управління	5%	0,64 м	0,64 м
Рівень	Мірник V=200 л	Контроль, управління	5%	0,47 м	0,47 м
Рівень	Мірник V=500 л	Контроль, управління	5%	0,67 м	0,67 м
Рівень	Реактор 3	Контроль, управление	5%	0,46 м	0,46 м
Тиск	Реактор 3	Контроль, управління	5%	0,8 кгс/см ²	0,8 кгс/см ²
Диференційний тиск	Фільтр	Сигналізація, контроль, управління	5%	1,5 кгс/см ²	1,8 кгс/см ²
Витрата	Реактор 1	Контроль, управління	5%	0,185 л/хв.	0,185 л/ хв.
Витрата	Реактор 1	Контроль, управління	5%	0,56 л/хв.	0,56 л/ хв.
Витрата	Реактор 1	Контроль, управління	5%	11 л/хв.	11 л/хв.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Продовження таблиці 2.1

Параметр	Позиція технологічної схеми	Функція	Відхилення	Значення	
Маса	Ваговий дозатор хлористого кальцію	Контроль, управління	5%	3,3 кг	3,3кг
Маса	Ваговий дозатор соди	Контроль, управління	5%	60 кг	60 кг
Кислотність	Реактор 1	Контроль, управління	5%	9	10

Виходячи з обраних параметрів сигналізації, контролю і управління, структурна схема автоматизації має вигляд, представлений на рис. 2.1.

Зм.	
Арк.	
№ док.м.	
Підпис	
Дата	

СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ

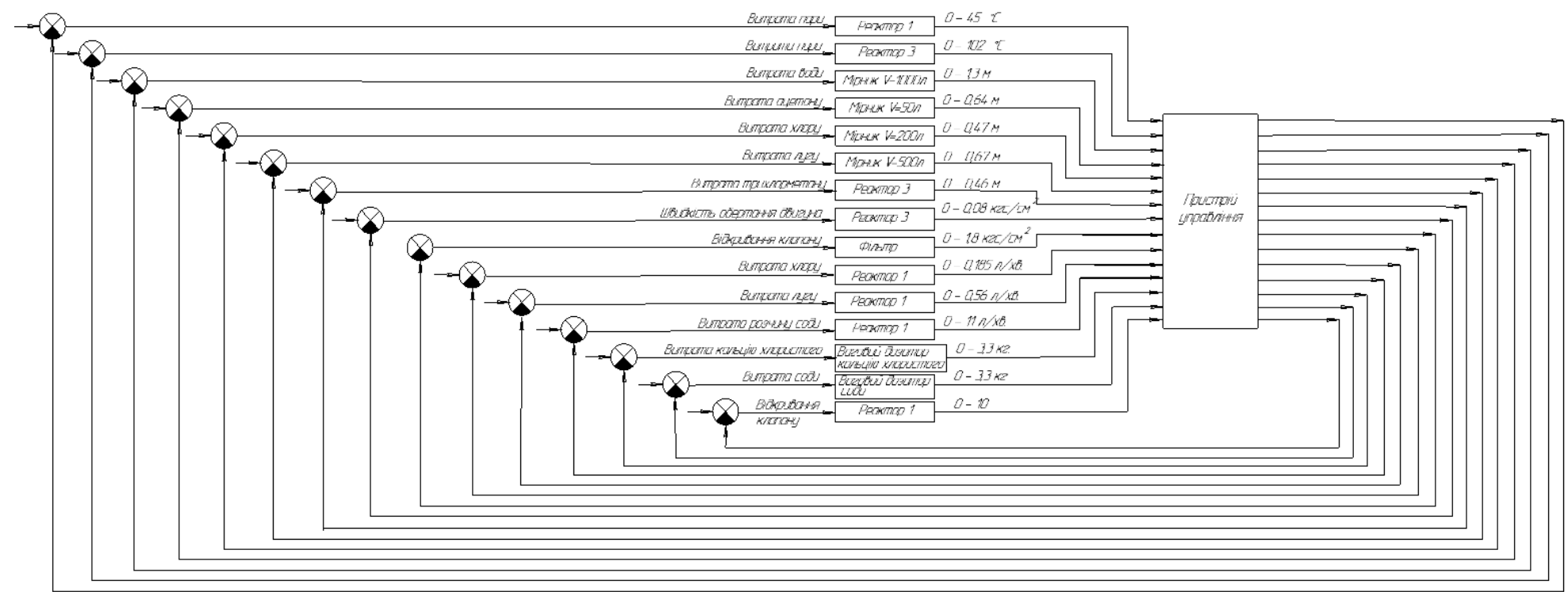


Рисунок 2.1 – Структурна схема автоматизації

3 ВИБІР КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ

3.1 Канали контролю і управління

3.1.1 Температура реакційної маси в Реакторі 1 поз.6

Для нормального протікання реакції хлорування ацетону в лужному середовищі необхідно підтримувати температуру в межах 40 – 45 °С. Для цього в Реакторі 1 встановлений датчик температури, а на трубопроводі подачі пари, необхідної для підтримки температури, встановлений регулюючий клапан.

3.1.2 Температура трихлорметану в Реакторі 3 поз.10

Для очищення трихлорметану за допомогою вакуумної перегонки необхідно підтримувати температуру в межах 60 – 102 °С. Для цього в реакторі встановлено датчик температури, а на трубопроводі подачі пари, необхідної для підтримки температури, встановлений регулюючий клапан.

3.1.3 Рівень хлору в мірнику поз.1

Максимальний рівень хлору в мірнику поз.1 становить 0,85 метра, а рівень необхідний для нормального протікання технологічного процесу складає 0,47 метра. Для підтримки необхідного рівня в мірнику поз.1 встановлений датчик рівня, а на трубопроводі подачі хлору встановлений регулюючий клапан.

3.1.4 Рівень лугу в мірнику поз.2

Максимальний рівень лугу в мірнику поз.2 становить 1 метр, а рівень, необхідний для нормального протікання технологічного процесу, становить 0.67 метра. Для підтримки необхідного рівня в мірнику поз.2 встановлений датчик рівня, а на трубопроводі подачі лугу встановлений регулюючий клапан.

3.1.5 Рівень артезіанської води в мірнику поз.3

Максимальний рівень артезіанської води в мірнику поз.3 становить 1.5 метра, а рівень, необхідний для нормального протікання технологічного процесу, становить 1.3 метра. Для підтримки необхідного рівня в мірнику поз.3 встановлений датчик рівня, а на трубопроводі подачі води встановлений регулюючий клапан. Також встановлено регулюючий клапан на трубопроводі для подачі води у Реактор 1.

3.1.6 Рівень ацетону в мірнику поз.4

Максимальний рівень ацетону в мірнику поз.4 становить 0,7 метра, а рівень, необхідний для нормального протікання технологічного процесу, становить 0,64 метра. Для підтримки необхідного рівня в мірнику поз.4 встановлений датчик рівня, а на трубопроводі подачі ацетону встановлений регулюючий клапан. Також встановлений регулюючий клапан на трубопроводі для подачі ацетону у Реактор 1.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.7 Рівень технічного трихлорметану у Реакторі 3 поз.10

Максимальний рівень технічного трихлорметану у Реакторі 3 поз.10 становить 1,7 метра, а рівень, необхідний для нормального протікання технологічного процесу, становить 0,46 метра. Для підтримки необхідного рівня у Реакторі 3 поз.10 встановлений датчик рівня, а на трубопроводі подачі технічного трихлорметану встановлений регулюючий клапан.

3.1.8 Тиск у Реакторі 3 поз.10

Для нормального протікання технологічного процесу необхідно підтримувати тиск в реакторі, який становить 0.8 кгс/см². Для цього у Реакторі 3 встановлений датчик тиску, а для керування двигуна насоса встановлений частотний перетворювач.

3.1.9 Диференціальний тиск у фільтрі поз. 9

Для нормального протікання технологічного процесу диференціальний тиск у фільтрі поз. 9 необхідно підтримувати у межах 1.5 – 1.8 кгс/см². Для цього у фільтрі поз. 9 встановлений датчик тиску, а на трубопроводі подачі технічного трихлорметану встановлений регулюючий клапан. У разі засмічення фільтра передбачена автоматична зупинка двигунів і перекриття клапанів подачі сировини.

3.1.10 Витрата хлору

Витрата хлору, необхідна для нормального протікання технологічного процесу, становить 0,185 л/хв. Для забезпечення необхідної витрати на трубопроводі подачі хлору встановлений витратомір, а на трубопроводі подачі хлору у Реактор1 встановлений регулюючий клапан.

3.1.11 Витрата лугу

Витрата лугу, необхідна для нормального протікання технологічного процесу, становить 0,56 л/хв. Для забезпечення необхідної витрати на трубопроводі подачі лугу встановлений витратомір, а на трубопроводі для подачі лугу у Реактор 1 встановлений регулюючий клапан.

3.1.12 Витрата 20%-го розчину соди

Витрата розчину соди, необхідна для нормального протікання технологічного процесу становить 11 л/хв. Для забезпечення необхідної витрати на трубопроводі подачі лугу встановлений витратомір, а на трубопроводі для подачі розчину соди у Реактор 1 встановлений регулюючий клапан.

3.1.13 Кислотність реакційної маси в Реакторі 1 поз.6

Для нормального протікання технологічного процесу рН у Реакторі 1 необхідно підтримувати в межах 9 – 11. Для цього у Реакторі 1 встановлений рН-датчик, а на трубопроводі подачі технічного трихлорметану на очистку встановлений регулюючий клапан.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.14 Маса кальцію хлористого у ваговому дозаторі поз.7

Маса кальцію хлористого, необхідна для нормального протікання технологічного процесу, становить 3.3 кг. Для підтримки необхідної маси у ваговому дозаторі поз.7 встановлений датчик маси, а на бункері 2 подачі кальцію хлористого встановлений шибер.

3.1.15 Маса кальцинованої соди в ваговому дозаторі поз.5

Маса кальцинованої соди, необхідна для нормального протікання технологічного процесу, становить 60 кг. Для підтримки необхідної маси у ваговому дозаторі поз.5 встановлений датчик маси, а на бункері 1 подачі кальцинованої соди встановлений шибер.

3.2 Контури управління

3.2.1 Контур управління температурою реакційної маси у Реакторі 1

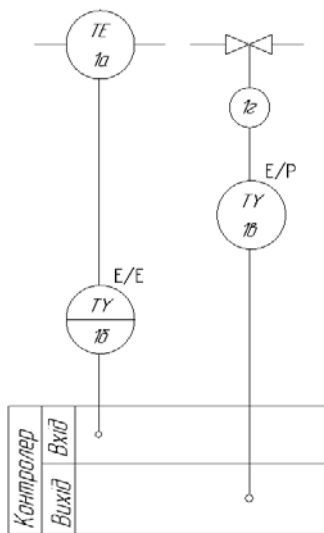


Рисунок 3.1 – Контур управління температурою

3.2.2 Контур управління температурою трихлорметану у Реакторі 3

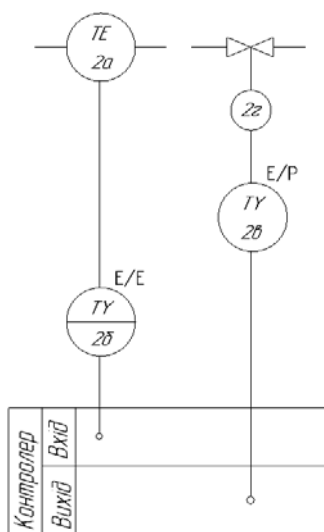


Рисунок 3.2 – Контур управління температурою

3.2.3 Контур управління рівнем хлору у мірнику поз. 1

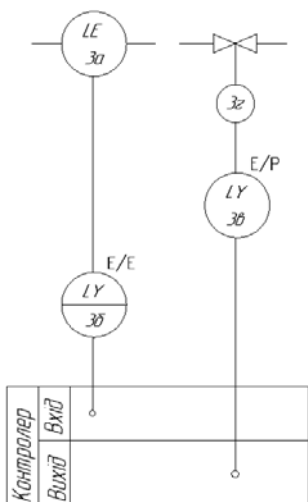


Рисунок 3.3 – Контур управління рівнем

3.2.4 Контур управління рівнем луку у мірнику поз. 2

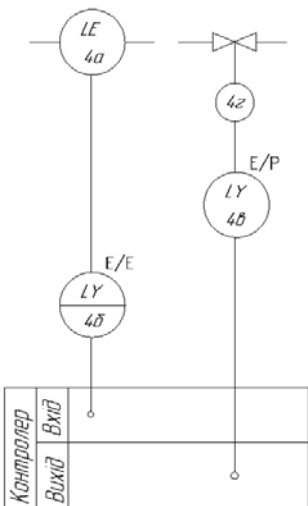


Рисунок 3.4 – Контур управління рівнем

3.2.5 Контур управління рівнем артезіанської води у мірнику поз. 3

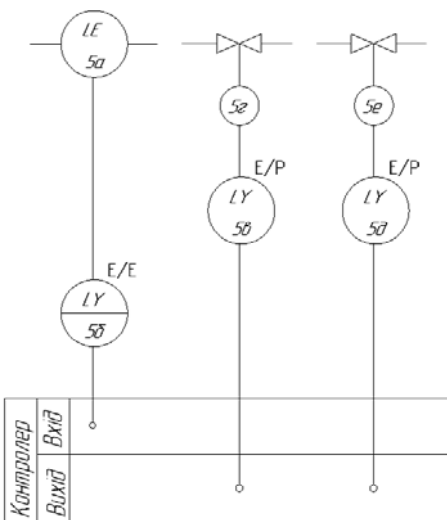


Рисунок 3.5 – Контур управління рівнем

3.2.6 Контур управління рівнем ацетону у мірнику поз.4

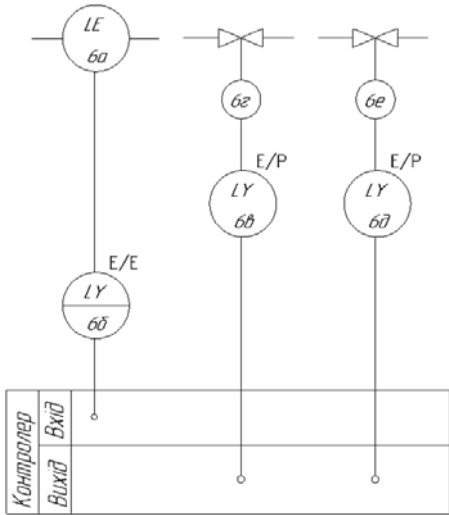


Рисунок 3.6 – Контур управління рівнем

3.2.7 Контур управління рівнем технічного трихлорметану у Реакторі 3

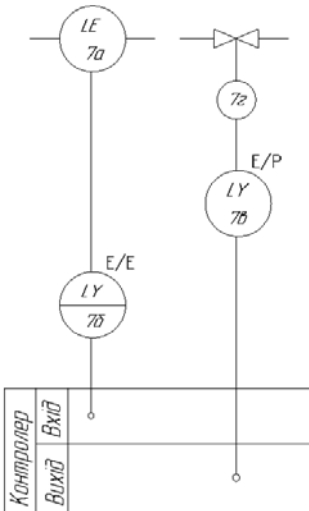


Рисунок 3.7 – Контур управління рівнем

3.2.8 Контур управління тиском у фільтрі поз. 9

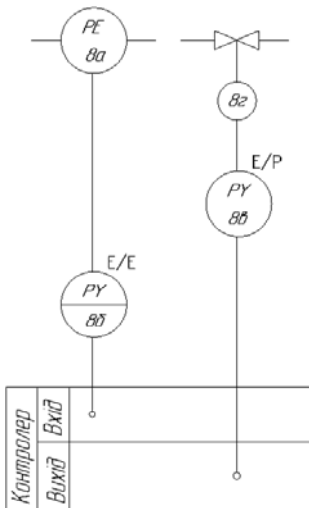


Рисунок 3.8 – Контур управління тиском

3.2.9 Контур управління тиском у реакторі 3

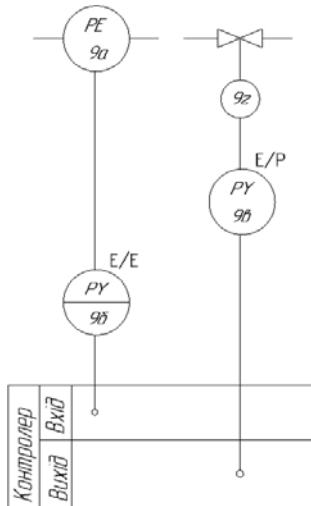


Рисунок 3.9 – Контур управління тиском

3.2.10 Контур управління витратою хлору

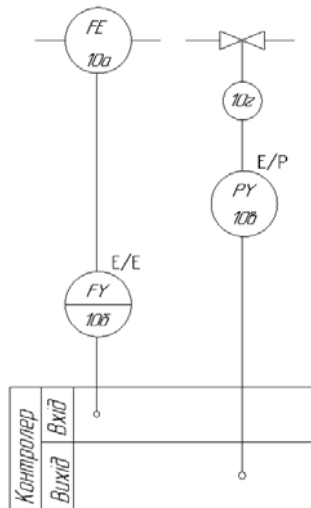


Рисунок 3.10 – Контур управління витратою

3.2.11 Контур управління витратою луку

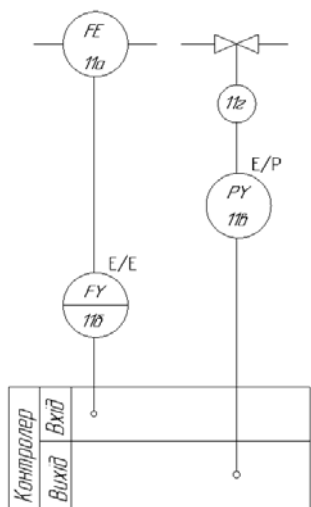


Рисунок 3.11 – Контур управління витратою

3.2.12 Контур управління витратою 20%-го розчину соди

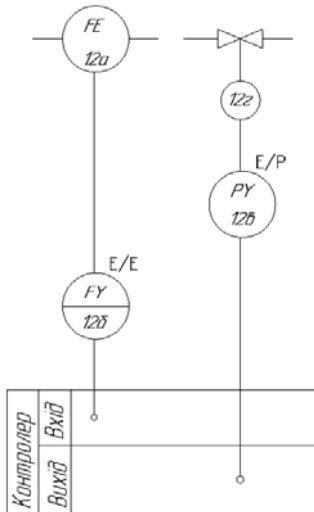


Рисунок 3.12 – Контур управління витратою

3.2.13 Контур управління кислотністю реакційної маси у Реакторі 1

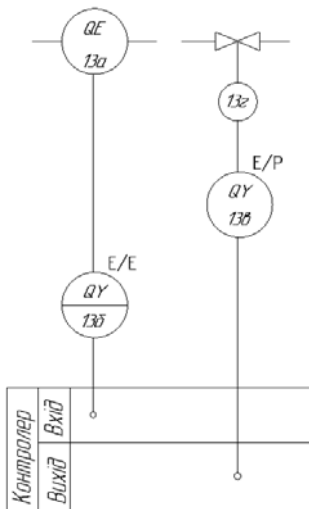


Рисунок 3.13 – Контур управління кислотністю

3.2.14 Контур управління масою кальцію хлористого у ваговому дозаторі поз. 7

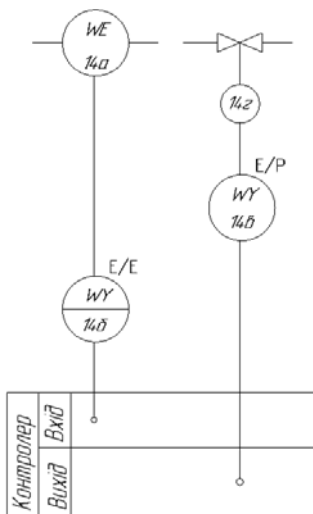


Рисунок 3.14 – Контур управління масою

3.2.15 Контур управління масою кальцинованої соди у ваговому дозаторі поз. 5

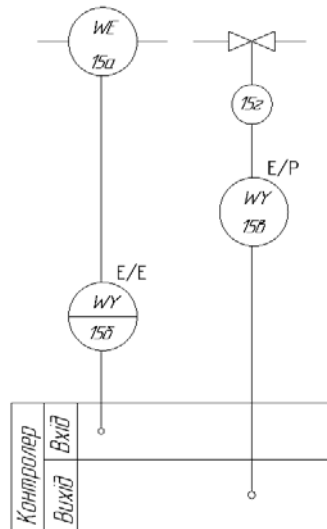


Рисунок 3.15 – Контур управління масою кальцинованої соди в ваговому дозаторі

Відповідно за контурами і технологічною схемою розроблена функціональна схема [3] системи управління виробництвом трихлорметану (СУЗТ-51Ш.6.050201.12.А2)

4 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

При розробці архітектури автоматизованої системи управління слід виділяти точки зору (погляд) Замовника (сукупність архітектурних уявлень на проект автоматизованої системи управління) і погляд виконавця (використання прийнятої в проектній організації архітектури системи управління). Стандарти не визначають строго поняття архітектури автоматизованої системи управління. Однак, в структурі стадій і етапів процесу створення автоматизованої системи управління, які визначаються, зокрема, ГОСТ 34.602-89, необхідність в синтезі архітектури системи з'являється вже на початковій стадії розробки у вигляді концепції автоматизованої системи управління, яка потім використовується для формування змістовної частини технічного завдання автоматизованої системи управління.

Архітектура автоматизованої системи (АС) - це концепція, що визначає структуру проєктованої АС, її функції і взаємозв'язок її основних компонентів. Архітектура АС задає додаткову цінність проєкту за допомогою встановлення підприємством чіткої структури, єднання системи та взаємозв'язків всіх основних компонентів автоматизованого управління. Ефект розробки архітектури на початковій стадії проєкту автоматизованої системи управління зводиться в подальшому при її експлуатації до скорочення витрат:

- на збір даних;
- на переробки, пов'язані з нерозумінням розробником завдань Замовника;
- на неправильний вибір пріоритетних інвестицій;
- на операційні експлуатаційні дії за рахунок планування і стандартизації ІТ на підприємстві.

Завданням розробки архітектури є створення фізичного, естетичного та психологічного простору, який сприятиме виконанню автоматизованого управління технологічним процесом. До основних цілей архітектури автоматизованої системи управління можна віднести такі:

Чітке формулювання припущень і напрямків політики підприємства щодо автоматизації виробництва.

Визначення простору автоматизованого управління виробничим і технологічним процесами підприємства за допомогою встановлення ключових каналів показників досягнення їх ефективності та забезпечення каналів вимірювання та управління.

Даний факт дозволяє всі сигнали від/на датчиків/виконавчих механізмів заводити на модулі пристроїв розподіленого введення/виведення, звідки сигнали передаються безпосередньо в ПЛК.

Конструктивно архітектура зазвичай визначається як набір відповідей на наступні питання:

1. Що робить система?

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. На які частини вона поділяється?
3. Як ці частини взаємодіють?
4. Де ці частини розміщені?

При проектуванні архітектури сучасних автоматизованих систем управління можна використовувати ряд відомих типових рішень:

- Файл-серверну архітектуру.
- Клієнт-серверну архітектуру.
- Трирівневу клієнт-серверну архітектуру.
- Архітектуру на основі Internet / Intranet- і CGI / API-технологій.

Клієнт-серверна архітектура може виконуватися в тонкому і товстому варіантах. Основним фактором, що визначає архітектуру автоматизованої системи управління, є ступінь її централізації (рис. 4.1). Тонкий варіант використання середовища ІТ означає, що менша частина роботи випадає на долю клієнта, тобто система повністю контролюється сервером (в разі АС ПЛК), а товстий варіант означає, що велика частина роботи реалізується клієнтським АРМ.

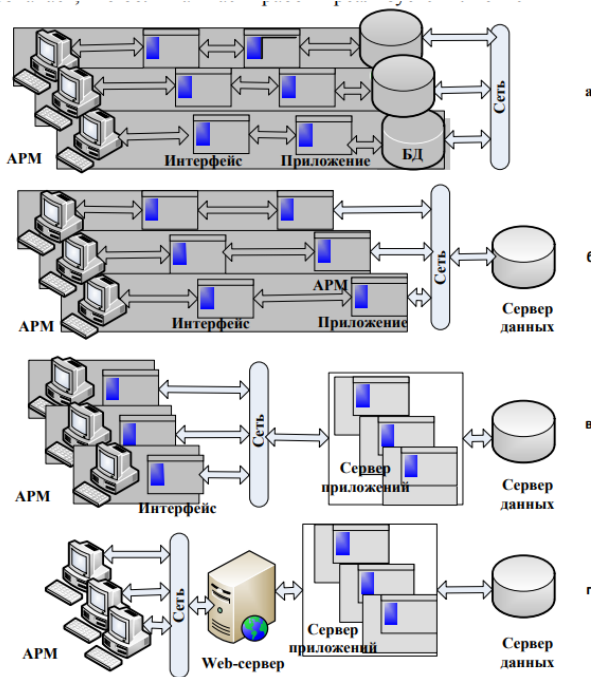


Рисунок 4.1 - Типові архітектури автоматизованих системи управління: а - повністю децентралізована однорівнева файл-серверна архітектура; б - дворівнева клієнт-серверна архітектура; в - трирівнева клієнт-серверна архітектура; г - чотирирівнева, повністю централізована архітектура

Принциповим недоліком 4.1.а-архітектури є відсутність єдиного інформаційного простору. Різні бази даних (БД) підприємства в такій архітектурі слабо пов'язані між собою, моделі даних не уніфіковані. Дані, за допомогою яких користувачі (АРМ) підприємства взаємодіють один з одним,

передаються в кращому випадку по мережі або з використанням флеш-носіїв. Підтримка БД в актуальному стані є складним завданням їх адміністрування.

При дворівневої (4.1.б-архітектура) - будь-який АРМ виконує тільки дві функції: обробку даних і формування призначеного для користувача інтерфейсу. Необхідна для цього інформація поставляється з сервера даних. Перевагою такої архітектури є те, що зміни управлінських процедур і алгоритмів обробки даних не призводять до істотних змін алгоритмів обслуговування даних.

У 4.1.в-архітектурі всі функції управління стають частиною функціональної моделі підприємства. Це дозволяє типізувати взаємну узгодженість, уніфікувати функції обробки інформації і передавати їх єдиному виконавцю - сервера додатків. Така архітектура отримала назву тривірневої, частково централізованої архітектури.

У тривірневої архітектурі автоматизованої системи управління для вирішення завдань управління АРМ надсилає запит серверу додатків, який активізує потрібні завдання і, в свою чергу, звертається до сервера даних за інформацією. При цьому АРМ забезпечує лише користувальницький інтерфейс, організація якого зводиться до компонуванні робочого столу диспетчера АРМ, визначенням необхідних йому процедур і організації взаємодії з ними. У тривірневої архітектурі АРМ все-таки володіє власною функціональністю - він реалізує інтерфейс.

Зовсім інший принцип застосовується в web-технології. З її допомогою призначений для користувача інтерфейс кодується у вигляді файлів, які містяться на web-сервер. Ці файли активізуються стандартним браузером.

4.1.г-архітектура дозволяє будь-якому працівнику, наділеному встановленою відповідальністю, перетворити свій комп'ютер в професійний АРМ і включитися в рішення термінових виробничих завдань.

З огляду на перспективи розвитку автоматизованої системи управління, найбільш підходящими варіантами є тривірнева або чотирирівнева клієнт-серверна архітектура (рис. 4.1).

Обране на їх основі рішення має наступні переваги:

1. Між клієнтською програмою і сервером додатка передається лише мінімально необхідний потік даних, аргументи викликаних функцій і повернені від них значення. Це забезпечує теоретичну межу ефективності використання ліній зв'язку, навіть при роботі з ANSIтерміналами, не кажучи вже про використання протоколів http-типу.

2. Сервер додатка ІС може бути запущений в одному або декількох екземплярах на одному або декількох комп'ютерах. Це дозволяє використовувати обчислювальні потужності

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підприємства ефективним і безпечним способом, наскільки цього забажає адміністратор комп'ютерної мережі АС.

3. Між сервером додатків і СУБД формується невеликий трафік. І, незважаючи на те, що трафік між сервером додатків і СУБД може бути великим, це завжди трафік локальної мережі, а їх пропускна здатність досить велика і дешева. В крайньому випадку, завжди можна запустити сервер додатків і СУБД на одній машині, що автоматично зведе мережевий трафік до нуля.

4. Забезпечується помітне зниження навантаження на сервер даних, а це веде до підвищення швидкості роботи АС в цілому.

5. Дозволяє дешевше нарощувати функціональність АС і оновлювати її програмне забезпечення.

На сьогодні архітектура інформаційних і автоматизованих систем реалізується у вигляді відкритої «клієнт-серверної» моделі. Основним критерієм вибору архітектури та інфраструктури автоматизованої системи управління є мінімізація її сукупної вартості придбання і експлуатації. Інтерфейсні зв'язку в сучасних автоматизованих системи управління встановлюються стандартами OPC. Стандарти OPC - це стандарти підключаємості компонентів АС. Вони розроблені з метою скорочення витрат на створення і супровід додатків промислової автоматизації. Їх застосування при проектуванні архітектури АС вирішує питання обміну даними з пристроями різних виробників або по різних протоколах обміну даними.

Структурна схема системи управління представлена на рисунку 4.2.

Структура системи управління розроблена відповідно до виявлених в ході аналітичного огляду основними тенденціями в автоматизації; і з урахуванням того, що приміщення апаратної, де розташовується програмований контролер, знаходиться поза зоною розміщення виробництва трихлорметану. Безпосередньо в зоні розташування об'єкта розміщуються пристрої розподіленого введення/виведення.

Система має трірівневу ієрархічну будову. Нижній рівень представлений пристроями розподіленого введення/виведення з підключеними до них датчиками і виконавчими механізмами, другий рівень - програмованим контролером, верхній рівень включає в себе автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора-технолога.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Вибір датчиків

5.1.1 Контроль температури реакційної маси у Реакторі 1

Для вимірювання температури в Реакторі 1 можливе використання таких датчиків:

а) Термоперетворювач опору ТСМУ 014.56ИНД [4]

Вибухозахищені ТО моделей ТСМУ 014.ИНД (із вбудованим в клемну головку ЦД) призначені для вимірювання температури рідких і газоподібних хімічно неагресивних середовищ, а також агресивних середовищ, які не руйнують захисну арматуру ТО, в тому числі у вибухонебезпечних зонах, і видачі інформації про температуру в вигляді вихідного струмового сигналу 4 ... 20 мА з одночасною індикацією значення вимірюваної температури на екрані ЦД.

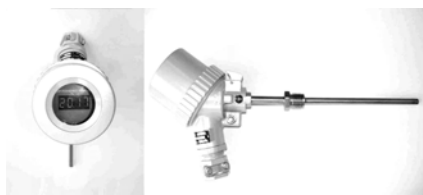


Рисунок 5.1 – Термоперетворювач опору ТСМУ 014.56ИНД

Технічні характеристики:

Діапазон вимірюваних температур від 0 до +50 °С

Вихідний струмовий сигнал: 4...20 мА

Напруга живлення від 13 до 36 В

Основна приведена похибка по вихідному токовому сигналу не більше $\pm 0,25\%$

Ступінь захисту від води і твердих тіл (пилу) по ГОСТ 14254 IP65

Вид вибухозахисту «Вибухонепроникна оболонка» по ГОСТ Р 51330.1, маркування вибухозахисту 1ExdIICT4 по ГОСТ Р 51330.0.

Вартість: 970 грн

б) Термоперетворювач опору ТСМУ Метран-274 Exd [4]

Призначені для вимірювання температури нейтральних і агресивних середовищ, по відношенню до яких матеріал захисної арматури є корозійностійким. Чутливий елемент первинного перетворювача і вбудований в головку датчика вимірювальний перетворювач перетворюють вимірювану температуру в уніфікований вихідний сигнал постійного струму, що дає можливість побудови АСУТП без застосування додаткових нормуючих перетворювачів.



Рисунок 5.2 – Термоперетворювач опору ТСМУ Метран-274 Exd

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики:

Діапазон вимірюваних температур від 0 до +50 °С

Вихідний сигнал: 4...20 мА

Основна приведена похибка 0.5 %

Напруга живлення від 18 до 24 В

Ступінь захисту від впливу пилу і води IP65 по ГОСТ 14254

Вид вибухозахисту "вибухонепроникна оболонка d"

Вартість: 1200 грн.

Порівнявши технічні характеристики датчиків ТСМУ 014.56ИНД і ТСМУ Метран-274 Exd, а також їх вартість можна зробити висновок, що обидва датчика мають уніфікований вихідний сигнал і вибухозахисне виконання. Але датчик ТСМУ 014.56ИНД має більшу точність вимірювання і вартість нижчу, ніж у ТСМУ Метран-274 Exd. Тому будемо використовувати датчик температури ТСМУ 014.56ИНД.

4.1.2 Контроль температури трихлорметану в Реакторі 3

Для вимірювання температури в реакторі можливе використання таких датчиків:

а) Термоперетворювач опору ТСМУ 014.57ИНД [4]

Термоперетворювач має ті ж характеристики, що й термоперетворювач ТСМУ 014.56ИНД, але він має більший діапазон вимірюваної температури (від 0 до 150 °С).

б) Термоперетворювач опору ТСМУ Метран-275 Exd [4]

Термоперетворювач має ті ж характеристики, що й термоперетворювач ТСМУ Метран-274 Exd, але він має більший діапазон вимірюваної температури (від 0 до 150 °С).

Порівнявши технічні характеристики датчиків ТСМУ 014.57ИНД і ТСМУ Метран-275 Exd, можна зробити висновок, що обидва датчика мають уніфікований вихідний сигнал і вибухозахисне виконання. Але датчик ТСМУ 014.57ИНД має більшу точність вимірювання. Тому будемо використовувати датчик температури ТСМУ 014.57ИНД.

5.1.3 Контроль рівня хлору в мірнику

Для вимірювання рівня в мірнику можливе використання таких датчиків:

а) Датчик рівня SITRANS P MPS [6]

Призначений для вимірювання рівня рідини, в тому числі агресивної, в свердловинах, баках, резервуарах і т.д. Сенсор і електронний перетворювач укладені в корпус із нержавіючої сталі. Усередині з'єднувального кабелю, окрім мідного двопровідного кабелю, прокладені несучий трос і повітряна трубка.

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювання від 0 до 20 м

Похибка: 0,3% від діапазону вимірювання

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідний сигнал: 4...20 мА

Напруга живлення від 10 до 36 В пост. струму

Ступінь захисту IP68

Діапазон робочих температур від -10 до +80°C

Вартість: 625 грн.

б) Рівнемір Rosemount серії 5600 [5]

Радарні рівнеміри серії 5600 - інтелектуальні прилади для безконтактних вимірювань рівня різних продуктів у резервуарах і ємностях будь-якого типу і розмірів. Рівнеміри серії 5600 дозволяють здійснювати успішні вимірювання, як в простих, так і складних умовах технологічного процесу. Рівнемір серії 5600 складається з блоку електроніки і блоку приєднання до резервуару, включаючи антену.

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювання від 0 до 50 м

Похибка вимірювань рівня: ± 5 мм

вихідні сигнали: 4-20 мА

Роздільна здатність: 1 мм

Відтворюваність: ± 1 мм

Час оновлення даних: 100 мс

Частота 10 ГГц

Випромінювана потужність: max 1,0 мВт

Робочий діапазон тиску від / 0,1 до 5,5 МПа

Робочий діапазон температури навколишнього середовища від - 40 до 70 °С

Робочий діапазон температур процесу від - 40 до 400 °С

Вартість: 941,3 грн.

Порівнявши технічні характеристики датчиків SITRANS P MPS і Rosemount серії 5600, а так само їх вартість можна зробити висновок, що обидва датчика мають уніфікований вихідний сигнал. Але датчик SITRANS P MPS має більшу точність вимірювання і вартість нижче, ніж у датчика Rosemount серії 5600. Тому будемо використовувати датчик рівня SITRANS P MPS.

5.1.4 Контроль рівня лугу в мірнику

Так як межі і умови вимірювання рівня хлору в мірнику схожі з межами вимірювання рівня лугу в мірнику, то будемо використовувати датчик рівня SITRANS P MPS. Це дозволить зменшити вартість автоматизації виробництва.

5.1.5. Контроль рівня артезіанської води в мірнику

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як межі вимірювання рівня хлору і умови у мірнику схожі з межами вимірювання рівня артезіанської води в мірнику, то будемо використовувати датчик рівня SITRANS P MPS. Це дозволить зменшити вартість автоматизації виробництва.

5.1.6 Контроль рівня ацетону в мірнику

Так як межі вимірювання рівня хлору у мірнику схожі з межами вимірювання рівня ацетону в мірнику, то будемо використовувати датчик рівня SITRANS P MPS. Це дозволить зменшити вартість автоматизації виробництва.

5.1.7 Контроль рівня технічного трихлорметану у Реакторі 3

Так як межі і умови вимірювання рівня хлору в мірнику схожі з межами і умовами вимірювання рівня технічного трихлорметану у мірнику, то будемо використовувати датчик рівня SITRANS P MPS. Це дозволить зменшити вартість автоматизації виробництва.

5.1.8 Контроль диференціального тиску у фільтрі

Для вимірювання диференціального тиску в фільтрі можливе використання таких датчиків:

а) Датчик тиску Rosemount 3051S_CD [7]

У датчиках тиску Rosemount 3051S_CD застосовується конструкція SuperModule™. Вона являє собою повністю герметичний вузол, що забезпечує найвищий захист від проникнення пилу і води (IP68). До складу вузла входить плата електроніки і ємнісний перетворювач тиску, виконаний по сенсорній технології Saturn™.



Рисунок 5.3 – Датчик тиску Rosemount 3051S_CD

Технічні характеристики:

Межі вимірювання тиску від 0 до 25 Па

Основна приведена похибка: 0,025 %

Перенастроювання діапазону: 200:1

Вихідний сигнал 4 – 20 мА / HART

Напруга живлення 30В

Наявність вибухозахищеного виконання

Вартість: 1084,6 грн.

б) Інтелектуальний датчик тиску Метран-150 CD [7]

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Інтелектуальні датчики тиску серії Метран-150 мають компактну конструкцію, поворотний електронний блок РКІ, високу перевантажувальну здатність і безперервну самодіагностику. Датчик складається з сенсорного модуля і електронного перетворювача. Сенсор складається з вимірювального блоку і плати аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Тиск подається в камеру вимірювального блоку, перетворюється в деформацію чутливого елемента і зміну електричного сигналу.



Рисунок 5.4 – Інтелектуальний датчик тиску Метран-150 CD

Технічні характеристики:

Межі вимірювання тиску від 0 до 25 Па

Основна приведена похибка: 0,1 %

Перенастроювання діапазону: 100:1

Вихідний сигнал 4 – 20 мА

Напруга живлення 12 – 42 В

Наявність вибухобезпечного виконання виду "вибухонепроникна оболонка"

Вартість: 1255 грн.

Порівнявши технічні характеристики датчиків Rosemount 3051S_CD і Метран-150 CD, а також їх вартість можна зробити висновок, що обидва датчика мають уніфікований вихідний сигнал і вибухозахищене виконання. Але датчик Rosemount 3051S_CD має більшу точність вимірювання і вартість нижчу, ніж у датчика Метран-150 CD. Тому будемо використовувати датчик тиску Rosemount 3051S_CD.

4.1.9 Контроль тиску в Реакторі 3

Для вимірювання тиску в реакторі можливе використання таких датчиків:

а) Датчик тиску Rosemount 3051S_CA [7]

У датчиках тиску Rosemount 3051S застосовується конструкція SuperModule™. Вона являє собою повністю герметичний вузол, що забезпечує найвищий захист від проникнення пилу і води (IP68). До складу вузла входить плата електроніки і ємнісний перетворювач тиску, виконаний за сенсорною технологією Saturn™.

Технічні характеристики:

Межі вимірювання тиску від 0 до 1,15 кПа

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основна приведена похибка: 0,025 %

Перенастроювання діапазону: 200:1

Вихідний сигнал 4 – 20 мА

Напруга живлення 30В

Наявність вибухозахищеного виконання

Вартість: 875,6 грн.

б) Інтелектуальний датчик тиску Метран-150 ТА [7]

Інтелектуальні датчики тиску серії Метран-150 мають компакту конструкцію, поворотний електронний блок РКІ, високу переважувальну здатність і безперервну самодіагностику. Датчик складається з сенсорного модуля і електронного перетворювача. Сенсор складається з вимірювального блоку і плати аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Тиск подається в камеру вимірювального блоку, перетворюється в деформацію чутливого елемента і зміну електричного сигналу.



Рисунок 5.5 – Інтелектуальний датчик тиску Метран-150 ТА

Технічні характеристики:

Межі вимірювання тиску від 3,2 кПа

Основна приведена похибка: 0.075 %

Перенастроювання діапазону: 100:1

Вихідний сигнал 4 – 20 мА

Напруга живлення 12 – 42 В

Наявність вибухобезпечного виконання виду "вибухонепроникна оболонка"

Вартість: 1130 грн.

Порівнявши технічні характеристики датчиків Rosemount 3051S_CA і Метран-150 ТА, а також їх вартість можна зробити висновок, що обидва датчика мають уніфікований вихідний сигнал і вибухозахищене виконання. Але датчик Rosemount 3051S_CA має більшу точність вимірювання і вартість нижчу, ніж у датчика Метран-150 ТА. Тому будемо використовувати датчик тиску Rosemount 3051S_CA.

5.1.10 Контроль витрати хлору

Для вимірювання витрати можливе використання таких датчиків:

а) Витратомір KOBOLD DPL [8]

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Компактні витратоміри для вимірювання потоку рідин, що працюють за принципом робочого колеса турбіни. Обертання колеса турбіни безконтактно передається за допомогою вбудованих в лопатки магнітів на перетворювач сигналів. Швидкість обертання прямо пропорційна значенню витрати.

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювань: 0,025...25 л/хв.

Клас точності $\pm 2,5 \%$

Вихідний сигнал 4 – 20 мА

Ступінь захисту IP65

Максимальна температура 70°C

Максимальний тиск 10 бар

Вартість 1540 грн.

б) Витратомір KOBOLD DPM [8]

Компактні витратоміри для вимірювання потоку рідин, що працюють за принципом робочого колеса турбіни. Обертання колеса турбіни безконтактно передається за допомогою вбудованих в лопатки магнітів на перетворювач сигналів. Швидкість обертання прямо пропорційна значенню витрати.

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювань: 0,01...5 л/хв.

Клас точності $\pm 1 \%$

Вихідний сигнал 4 – 20 мА

Ступінь захисту IP65

Максимальна температура 80°C

Максимальний тиск 16 бар

Вартість 1280 грн.

Порівнявши технічні характеристики датчиків KOBOLD DPL і KOBOLD DPM, можна зробити висновок, що обидва датчика мають уніфікований вихідний сигнал. Але датчик KOBOLD DPM має більшу точність вимірювання і меншу вартість. Тому будемо використовувати витратомір KOBOLD DPM.

5.1.11 Контроль витрати лугу

Оскільки межі вимірювання витрати лугу схожі з межами вимірювання витрати хлору, то будемо використовувати витратомір KOBOLD DPM. Це дозволить зменшити вартість автоматизації виробництва.

5.1.12 Контроль витрати 20% -го розчину соди

Для вимірювання витрати можливе використання таких датчиків:

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) Витратомір МІК – 5NA [8]

Магніто-індуктивні витратоміри серії МІК призначення для вимірювання витрати різних провідних (в тому числі і агресивних) рідин. Завдяки відсутності рухомих механічних елементів ця серія витратомірів відрізняється високою надійністю і універсальністю. Існує кілька варіантів підключення витратомірів до технологічного процесу.

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювань: 0,8...16 л/хв.

Клас точності $\pm 2 \%$

Вихідний сигнал 4 – 20 мА

Ступінь захисту IP65

Максимальна температура 80°C

Максимальний тиск 10 бар

Вартість 1125 грн.

б) Витратомір KOBOLD DPL [8]

Компактні витратоміри для вимірювання потоку рідин, що працюють за принципом робочого колеса турбіни. Обертання колеса турбіни безконтактно передається за допомогою вбудованих в лопатки магнітів на перетворювач сигналів. Швидкість обертання прямо пропорційна значенню витрати.

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювань: 0,025...25 л/хв.

Клас точності $\pm 2,5 \%$

Вихідний сигнал 4 – 20 мА

Ступінь захисту IP65

Максимальна температура 70°C

Максимальний тиск 10 бар

Вартість 1540 грн.

Порівнявши технічні характеристики датчиків МІК - 5NA і KOBOLD DPL, можна зробити висновок, що обидва датчика мають уніфікований вихідний сигнал. Але датчик МІК - 5NA має більшу точність вимірювання і меншу вартість. Тому будемо використовувати витратомір МІК – 5NA.

4.1.13 Контроль кислотності реакційної маси в Реакторі 1

Для вимірювання кислотності в реакторі можливе використання таких датчиків:

а) рН-метр МАРК 902мп [6]

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчик призначений для безперервного вимірювання активності іонів водню (рН), температури і ЕРС водних середовищ і передачі результатів вимірювань по уніфікованому струмовому виходу або по портам RS-232, RS-485. Застосовується для контролю параметрів водно-хімічних режимів на об'єктах теплової, атомної енергетики та інших галузей промисловості. Має універсальний магістрально-занурюваний модуль блоку датчиків і два канали вимірювання.



Рисунок 5.6 – рН-метр МАРК 902мп

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювань: 0...15 для перетворювального блоку і 0 - 12 для приладу в цілому

Похибка вимірювання: 0,02 для перетворювального блоку і 0,15 для приладу в цілому

Струмові виходи: 0-5 / 4-20 мА з гальванічною розв'язкою

Цифрові інтерфейси: RS-232 / RS-485

Цифровий канал зв'язку датчика із перетворювального блоком до 100 метрів

Вартість 964,5 грн.

б) рН-МЕТР МУЛЬТИТЕСТ ИПЛ-301 [6]

Мікропроцесорний прилад призначений для вимірювання активності іонів водню (рН), ЕРС електродних систем, окислювально-відновного потенціалу (Еh) і температури. Має матричний РКІ з підсвічуванням.

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювань: -2 – 20

Похибка вимірювання $\pm 0,03$

Вихідний сигнал 4 – 20 мА

Цифровий інтерфейс зв'язку: RS-232C

Вартість: 1374 грн.

Порівнявши технічні характеристики датчиків рН-метр МАРК 902мп і рН-МЕТР МУЛЬТИТЕСТ ИПЛ-301, а також їхню вартість, можна зробити висновок, що датчик рН-метр МАРК 902мп має вихідні сигнали як струмові так і цифрові, меншу похибка і вартість нижчу, ніж у датчика рН-МЕТР МУЛЬТИТЕСТ ИПЛ-301. Тому будемо використовувати рН-метр МАРК 902мп.

5.1.14 Контроль маси кальцію хлористого у ваговому дозаторі

Для вимірювання маси у ваговому дозаторі можливе використання таких датчиків:

а) датчик ваги АК [6]

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчик має високі динамічні характеристики. Рекомендований для використання в хімічній промисловості. Використовується у вибухонебезпечному виробництві.

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювань від 0 до 6 кг

Сумарна похибка: 0,017 %

Вихідний сигнал: 4...20 мА

Напруга живлення номінальна (максимальна): 10 (15) В

Ступінь захисту за EN 60529 (ГОСТ 14254-96): IP68

Матеріал: нержавіюча сталь

Вартість: 1050 грн.

б) датчик ваги F60X [6]

Датчик має високі динамічні характеристики. Також має високий ступінь захисту і корозійну стійкість.

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювань від 0 до 5 кг

Сумарна похибка: 0,008 %

Вихідний сигнал: 4...20 мА

Напруга живлення номінальна (максимальна): 10 (15) В

Ступінь захисту за EN 60529 (ГОСТ 14254-96): IP68

Матеріал: нержавіюча сталь

Вартість: 930,5 грн.

Порівнявши технічні характеристики датчиків ваги АК і F60X, можна зробити висновок, що обидва датчика мають уніфікований вихідний сигнал. Але датчик F60X має більшу точність вимірювання і вартість нижчу, ніж у датчика АК. Тому будемо використовувати датчик маси F60X.

4.1.15 Контроль маси кальцинованої соди в ваговому дозаторі

Для вимірювання ваги будемо використовувати також датчик ваги F60X, але з більшим діапазоном вимірювання (0 - 100 кг). Це дозволить зменшити вартість автоматизації виробництва.

5.2 Вибір регулюючих органів

5.2.1 Канал управління температурою в Реакторі 1.

Для регулювання температури реакційної суміші в Реакторі 1 необхідно регулювати витрату пари шляхом зміни положення клапана.

Згідно з регламентом технологічного процесу витрата пари становить 5 м³/хв.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Виконуємо розрахунок діаметра трубопроводу і діаметра клапана для управління подачею пари.

Для забезпечення регулювання подачі пари в межах 0 - 5 м³/хв. розраховуємо необхідний діаметр трубопроводу:

Внутрішній діаметр трубопроводу d , м

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}} \quad \text{де } Q - \text{витрата, м}^3/\text{с, } v - \text{швидкість течії, м/с.}$$

$$Q = 0,25 \text{ м}^3/\text{хв.} = 0,0042 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = 40 \text{ м/с}$$

таким чином

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{0,0042}{40}} = 0,19 \text{ м}$$

Вибираємо клапан з діаметром проходу $D_u=0,2$ м.

Клапан регулюючий двоходовий V16G [9].

Основні технічні характеристики:

Умовний прохід D_u – 200 мм

Умовний тиск P_u – 16

Робоча температура – (-10...+200 °C)

Приєднання - фланцеве

Тип приводу - пневмопривід типу PA, електропривод типу PSL-AMS.

Пневмоприводи типу PA застосовуються в системах тепло- і водопостачання, охолодження, вентиляції, в промислових технологічних системах. Корпус приводу виконаний із нержавіючої сталі. Є ручний дублер, кінцеві вимикачі, електропневматичний позиціонер, фільтр-редуктор.

Основні технічні характеристики пневмопривода PA45.10 [9]:

Керуючий сигнал – 1,6...4,1 бар

Мінімальний тиск повітря – 4,5 бар

Виконання - нормально закрите.

Для зменшення вартості автоматизації виробництва і однотипності використовуваного обладнання будемо використовувати клапани типу V16G і пневмоприводи серії PA.

5.2.2 Канал управління температурою у Реакторі 3

Для регулювання температури хлору у Реакторі 3 необхідно регулювати витрату пари шляхом зміни положення клапана.

Згідно з регламентом технологічного процесу витрата пари становить 9,15 м³/хв.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Виконуємо розрахунок діаметра трубопроводу і діаметра клапана для управління подачею пари.

Для забезпечення регулювання подачі пари в межах 0 – 9,15 м³/хв. розраховуємо необхідний діаметр трубопроводу:

Внутрішній діаметр трубопроводу d , м

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

де Q - витрата, м³/с, v - швидкість течії, м/с.

$$Q = 0,5 \text{ м}^3/\text{хв.} = 0,0083 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = 40 \text{ м/с}$$

таким чином

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{0,0083}{40}} = 0,27 \text{ м}$$

Вибираємо клапан з діаметром проходу $D_u=0,3$ м.

Клапан регулюючий двоходовий V16G [9].

Основні технічні характеристики:

Умовний прохід D_u – 300 мм

Умовний тиск P_u – 16

Робоча температура – (-10...+200 °C)

Приєднання - фланцеве

Тип приводу - пневмопривід типу RA45.10.

4.2.3 Канал управління рівнем у мірнику поз.1.

Для регулювання рівня хлору у мірнику необхідно вимірювати і регулювати витрати хлору шляхом зміни положення клапана.

Згідно з регламентом технологічного процесу витрата хлору становить 111,1 л/хв.

Виконуємо розрахунок діаметра трубопроводу і діаметра клапана для управління подачею хлору.

Для забезпечення регулювання подачі хлору в межах 0 – 111,1 л/хв. розраховуємо необхідний діаметр трубопроводу:

Внутрішній діаметр трубопроводу d , м

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

де Q - витрата, м³/с, v - швидкість течії, м/с.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = 111,1 \text{ л/мин} = 1,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = 40 \text{ м/с}$$

таким чином

$$= 18,8 \sqrt{\frac{1,85 \cdot 10^{-3}}{40}} = 0,13 \text{ м}$$

Вибираємо клапан з діаметром проходу $D_u=0,15$ м.

Клапан регулюючий двоходовий V16G [9].

Основні технічні характеристики:

Умовний прохід D_u – 150 мм

Умовний тиск P_u – 16

Робоча температура – (-10...+200 °C)

Приєднання - фланцеве

Тип приводу - пневмопривід типу RA45.10.

5.2.4 Канал управління рівнем в мірнику поз.2.

Для регулювання рівня лугу в мірнику необхідно вимірювати і регулювати витрати лугу шляхом зміни положення клапана.

Згідно з регламентом технологічного процесу витрата лугу становить 336 л/хв.

Виконуємо розрахунок діаметра трубопроводу і діаметра клапана для управління подачею лугу.

Для забезпечення регулювання подачі лугу в межах 0 – 336 л/хв. розраховуємо необхідний діаметр трубопроводу:

Внутрішній діаметр трубопроводу d , м

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

де Q - витрата, $\text{м}^3/\text{с}$, v - швидкість течії, м/с .

$$Q = 336 \text{ л/хв.} = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = 40 \text{ м/с}$$

таким чином

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{5,6 \cdot 10^{-3}}{40}} = 0,22 \text{ м}$$

Вибираємо клапан з діаметром проходу $D_u=0,25$ м.

Клапан регулюючий двоходовий V16G [9].

Основні технічні характеристики:

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умовний прохід Ду – 250 мм

Умовний тиск Ру – 16

Робоча температура – (-10...+200 °С)

Приєднання - фланцеве

Тип приводу - пневмопривід типу РА45.10.

5.2.5 Канал управління рівнем в мірнику поз.3.

Для регулювання рівня артезіанської води у мірнику необхідно вимірювати і регулювати витрати води шляхом зміни положення клапана на трубопроводі подачі води в мірник, а також на трубопроводі подачі води у Реактор 1.

Згідно з регламентом технологічного процесу витрати складають 500 л/хв.

Виконуємо розрахунок діаметра трубопроводу і діаметра клапана для управління подачею води.

Для забезпечення регулювання подачі води в межах 0 – 500 л/хв. розраховуємо необхідний діаметр трубопроводу:

Внутрішній діаметр трубопроводу d , м

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

де Q - витрата, м³/с, v - швидкість течії, м/с.

$$Q = 500 \text{ л/хв} = 0,0083 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = 40 \text{ м/с}$$

таким чином

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{0,0083}{40}} = 0,27 \text{ м}$$

Вибираємо клапан з діаметром проходу Ду=0,3 м.

Клапан регулюючий двоходовий V16G [9].

Основні технічні характеристики:

Умовний прохід Ду – 300 мм

Умовний тиск Ру – 16

Робоча температура – (-10...+200 °С)

Приєднання - фланцеве

Тип приводу - пневмопривід типу РА45.10.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.6 Канал управління рівнем у мірнику поз.4.

Для регулювання рівня ацетону у мірнику необхідно вимірювати і регулювати витрати ацетону шляхом зміни положення клапана на трубопроводі подачі ацетону к мірник, а також на трубопроводі подачі ацетону в Реактор 1.

Згідно з регламентом технологічного процесу витрата ацетону становить 45,5 л/хв.

Виконуємо розрахунок діаметра трубопроводу і діаметра клапана для управління подачею ацетону.

Для забезпечення регулювання подачі ацетону у межах 0 – 45,5 л/хв. розраховуємо необхідний діаметр трубопроводу:

Внутрішній діаметр трубопроводу d , м

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

де Q - витрата, м³/с, v - швидкість течії, м/с.

$$Q = 45,5 \text{ л/хв.} = 7,58 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = 40 \text{ м/с}$$

таким чином

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{7,58 \cdot 10^{-4}}{40}} = 0,08 \text{ м}$$

Вибираємо клапан з діаметром проходу $D_u=0,08$ м.

Клапан регулюючий двоходовий V16G [9].

Основні технічні характеристики:

Умовний прохід D_u – 80 мм

Умовний тиск P_u – 16

Робоча температура – (-10...+200 °C)

Приєднання - фланцеве

Тип приводу - пневмопривід типу PA, електропривід типу PSL-AMS.

Основні технічні характеристики пневмоприводу PA45.8 [9] :

Керуючий сигнал – 1,7...3,3 бар

Мінімальний тиск повітря: – 3,8 бар

Виконання - нормально закрите.

5.2.7 Канал управління рівнем у Реакторі 3.

Для регулювання рівня технічного трихлорметану у Реакторі 3 необхідно вимірювати і регулювати витрати технічного трихлорметану шляхом зміни положення клапана на трубопроводі подачі технічного трихлорметану у Реактор 3.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з регламентом технологічного процесу витрата технічного трихлорметану становить 11 л/хв.

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

Виконуємо розрахунок діаметра трубопроводу і діаметра клапана для управління подачею технічного трихлорметану.

Для забезпечення регулювання подачі технічного трихлорметану в межах 0 – 11 л/хв. розраховуємо необхідний діаметр трубопроводу:

Внутрішній діаметр трубопроводу d , м

де Q - витрата, м³/с, v - швидкість течії, м/с.

$$Q = 11 \text{ л/мин} = 1,83 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = 3 \text{ м/с}$$

таким чином

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{1,83 \cdot 10^{-4}}{3}} = 0,147 \text{ м}$$

Вибираємо клапан з діаметром проходу $D_u=0,150$ м.

Клапан регулюючий двоходовий V16G [9].

Основні технічні характеристики:

Умовний прохід D_u – 150 мм

Умовний тиск P_u – 16

Робоча температура – (-10...+200 °C)

Приєднання - фланцеве

Тип приводу - пневмопривід типу RA45.10.

5.2.8 Канал управління тиском у Реакторі 3.

Регулювання тиску в Реактор 3 виконується шляхом зміни швидкості обертання двигуна насоса. Для цього встановлено ПЧ Lenze 8200SMD [10]

Призначений для 3-фазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором і живленням від однофазної і трифазної мережі напругою 180...264/320...528 В. Розроблено на основі новітніх технологій і містить алгоритми, що відповідають найбільш частим застосуванням:

- горизонтальне транспортування вантажів (конвеєри);
- фасувально-пакувальне обладнання;
- насосы и вентиляторы;

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- спеціальні машини та механізми.

Основні функції перетворювача частоти 8200 SMD:

- пуск і регулювання швидкості двигуна;
- прискорення, уповільнення, зупинка;
- захист двигуна і перетворювача.

Технічні характеристики:

Тип ПЧ – ESMD 302L4TXA

Потужність 3 кВт

Напряга живлення 320...528 В (48 ...62 Гц)

Вхідний струм 8,3 А

Вихідний струм 7,6 А

Вихідна частота 0...240 Гц

Частота модуляції 4, 6, 8 кГц

Виходи: дискретних 3; аналогових 1 (4...20 мА)

Закон управління: лінійна і квадратична характеристика

Температурний діапазон роботи 0...+55 °С

Ступінь захисту IP20

габаритні розміри: 114x146x171 мм

Маса 1,7 кг

Вартість 4150 грн.

5.2.9 Канал управління витратою у Реакторі 1.

Для регулювання витрати хлору в Реакторі 1 необхідно проводити її вимір і регулювання шляхом зміни положення клапана.

Згідно з регламентом технологічного процесу витрата хлору в годину становить 11,11 л/год.

Виконуємо розрахунок діаметра трубопроводу і діаметра клапана для управління подачею хлору.

Для забезпечення регулювання подачі хлору в межах 0 – 11,11 л/год. розраховуємо необхідний діаметр трубопроводу:

Внутрішній діаметр трубопроводу d , м

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

де Q - витрата, м³/с, v - швидкість течії, м/с.

$$Q = 11,11 \text{ л/год.} = 3,086 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = 3 \text{ м/с}$$

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

таким чином

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{3,086 \cdot 10^{-6}}{3}} = 0,019 \text{ м}$$

Вибираємо клапан з діаметром проходу $D_u=0,02$ м.

Клапан регулюючий двоходовий V16G [9].

Основні технічні характеристики:

Умовний прохід D_u – 20 мм

Умовний тиск P_u – 16

Робоча температура – (-10...+200 °С)

Приєднання - фланцеве

Тип приводу - пневмопривід типу RA280, електропривід типу PSL-AMS.

Основні технічні характеристики пневмоприводу RA280 [9]:

Керуючий сигнал – 0,4...2,0 бар

Мінімальний тиск повітря – 2,5 бар

Виконання - нормально закриті.

5.2.10 Канал управління витратою в Реакторі 1.

Для регулювання витрати луґу в Реактор 1 необхідно проводити її вимір і регулювання шляхом зміни положення клапана.

Згідно з регламентом технологічного процесу витрата луґу в годину становить 33,6 л/год.

Виконуємо розрахунок діаметра трубопроводу і діаметра клапана для управління подачею луґу.

Для забезпечення регулювання подачі луґу в межах 0 – 33,6 л/год. розраховуємо необхідний діаметр трубопроводу:

Внутрішній діаметр трубопроводу d , м

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

де Q - витрата, м³/с, v - швидкість течії, м/с.

$$Q = 33,6 \text{ л/час} = 9,33 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = 3 \text{ м/с}$$

таким чином

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{9,33 \cdot 10^{-6}}{3}} = 0,033 \text{ м}$$

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо клапан з діаметром проходу $D_u=0,04$ м.

Клапан регулюючий двоходовий V16G [9].

Основні технічні характеристики:

Умовний прохід D_u – 40 мм

Умовний тиск P_u – 16

Тип приводу – пневмопривід типу PA280.

5.2.11 Канал управління витратою в Реакторі 1.

Для регулювання витрати 20% -го розчину соди в Реактор 1 необхідно проводити її вимір і регулювання шляхом зміни положення клапана.

Згідно з регламентом технологічного процесу витрата 20% -го розчину соди становить 11 л/хв.

Виконуємо розрахунок діаметра трубопроводу і діаметра клапана для управління подачею 20% -го розчину соди.

Для забезпечення регулювання подачі розчину соди в межах 0 – 11 л/хв. розраховуємо необхідний діаметр трубопроводу:

Внутрішній діаметр трубопроводу d , м

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

де Q - витрата, m^3/c , v - швидкість течії, м/с.

$$Q = 11 \text{ л/мин} = 1,83 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = 3 \text{ м/с}$$

таким чином

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{1,83 \cdot 10^{-4}}{3}} = 0,147 \text{ м}$$

Вибираємо клапан з діаметром проходу $D_u=0,150$ м.

Клапан регулюючий двоходовий V16G [9].

Основні технічні характеристики:

Умовний прохід D_u – 150 мм

Умовний тиск P_u – 16

Робоча температура – (-10...+200 °C)

Приєднання - фланцеве

Тип приводу - пневмопривід типу PA45.10.

5.2.12 Канал управління кислотністю в Реакторі 1.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для скидання технічного трихлорметану на вихідному трубопроводі Реактора 1 встановлений клапан.

Виконуємо розрахунок діаметра трубопроводу і діаметра клапана для скидання технічного трихлорметану.

Для забезпечення скидання реакційної суміші в межах 0 – 155,16 л/хв. розраховуємо необхідний діаметр трубопроводу:

Внутрішній діаметр трубопроводу d , м

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

де Q - витрата, м³/с, v - швидкість течії, м/с.

$$Q = 155,16 \text{ л/хв.} = 25,86 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v = 40 \text{ м/с}$$

таким чином

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{25,86 \cdot 10^{-4}}{40}} = 0,15 \text{ м}$$

Вибираємо засувку з діаметром проходу $D_u=0,15$ м.

Клапан регулюючий двоходовий V16G [9].

Основні технічні характеристики:

Умовний прохід D_u – 150 мм

Умовний тиск P_u – 16

Робоча температура – (-10...+200 °C)

Приєднання - фланцеве

Тип приводу - пневмопривід типу RA45.10.

5.3 виконавчі механізми

Для управління електродвигунами змінного струму, які піддаються вимушеним і небажаним піковим навантаженням в процесах пуску і зупинки, для усунення електричних проблем, пов'язаних зі стрибками напруги і струму, що виникають під час пуску безпосередньою подачею напруги і перемиканням зірка-трикутник і інших проблем використовується пристрій плавного пуску типу PSR компанії АББ. За допомогою систем плавного пуску АББ можна здійснювати плавний пуск і зупинку систем, зводячи механічні та електричні перевантаження до мінімуму.

Технічні характеристики пристрою плавного пуску PSR6 [11]:

- Напруга мережі 400 В

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Номінальна потужність 3 кВт
- Номінальний струм 6,8 А

5.4 вибір контролера

Контролер вибираємо виходячи із забезпечення необхідної швидкодії, обсягу пам'яті, можливості узгодження з АРМ, простоти налаштування і експлуатації, а також з огляду на кількість входів і виходів, їх вид.

Вхідні і вихідні сигнали зведені відповідно до табл. 5.1 і табл. 5.2.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Вхідні сигнали

Визначення сигналу	Вид сигналу	Величина
Температура реакційної маси у Реакторі 1	Аналоговий	4...20 мА
Температура трихлорметану в Реакторі 3	Аналоговий	4...20мА
Рівень хлору в мірнику	Аналоговий	4...20мА
Рівень лугу в мірнику	Аналоговий	4...20мА
Рівень артезіанської води в мірнику	Аналоговий	4...20мА
Рівень ацетону в мірнику	Аналоговий	4...20мА
Рівень технічного трихлорметану у Реакторі 3	Аналоговий	4...20мА
Диференціальний тиск у фільтрі	Аналоговий	4...20мА
Тиск у Реакторі 3	Аналоговий	4...20мА
Витрата хлору	Аналоговий	4...20мА
Витрата лугу	Аналоговий	4...20мА
Витрата 20% -го розчину соди	Аналоговий	4...20мА
Кислотність реакційної маси у Реакторі 1	Аналоговий	4...20мА
Маса кальцію хлористого у ваговому дозаторі	Аналоговий	4...20мА
Маса кальцинованої соди у ваговому дозаторі	Аналоговий	4...20мА

Вхідних сигналів 15: аналогових - 15, дискретних – 0.

Таблиця 5.2 – Вихідні сигнали

Призначення сигналу	Вид сигналу
Управління температурою в Реакторі 1	Аналоговий
Управління температурою в Реакторі 3	Аналоговий
Управління рівнем хлору у мірнику поз. 1 за	Позиційний
Управління рівнем лугу у мірнику поз. 2	Позиційний
Управління рівнем артезіанської води у мірнику поз. 3	Позиційний
Управління рівнем ацетону у мірнику поз.4	Позиційний
Управління рівнем технічного трихлорметану у Реакторі 3	Позиційний
Управління тиском у фільтрі поз. 9	Позиційний
Управління тиском у реакторі 3	Аналоговий
Управління витратою хлору	Позиційний
Управління витратою лугу	Позиційний
Управління витратою 20%-го розчину соди	Позиційний
Управління кислотністю реакційної маси у Реакторі 1	Позиційний
Управління масою кальцію хлористого у ваговому дозаторі поз. 7	Позиційний
Управління масою кальцинованої соди у ваговому дозаторі поз. 5	Позиційний

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Вихідних сигналів 15: аналогових - 3, дискретних – 12.

Таким чином, для управління технологічним процесом можливе використання таких контролерів:

а) Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК154-220.И [12]

Технічні характеристики представлені в табл. 5.3:

Таблиця 5.3 - Технічні характеристики

загальні відомості	
Конструктивне виконання	Уніфікований корпус для кріплення на DIN-рейку
Ступінь захисту корпусу	IP20
Напруга живлення	□90...264 В 47...63 Гц (номін. □200 В) або =110...230 В
Споживана потужність	6 Вт
Індикація передній панелі	Індикація харчування і стану дискретних входів / виходів
Ресурси	
Центральний процесор	32-х розрядний RISCпроцессор 200 МГц на базі ядра ARM9
Обсяг оперативної пам'яті	8 Мбайт
Обсяг енергозалежної пам'яті зберігання програм і архівів	3 Мбайт (Flashпам'ять, спеціалізована файлова система)
Дискретні входи	
Кількість дискретних входів	4
Гальванічна розв'язка	на 1,5 В, групова
Максимальна частота сигналу, що подається на дискретний вхід	10 кГц (в режимі енкодера – 1 кГц)
Аналогові входи	
Кількість аналогових входів	4
Межа основної зведеної похибки	0,5%

Продовження таблиці 5.3

Типи підтримуваних датчиків і вхідних сигналів	Термоопори, термопари, струм (0) 4 ... 20 мА, 0 ... 5 мА, напруга 0 ... 1 В, 0 ... 10 В, опір 0 ... 5 кОм. Підключення датчиків струму і напруги здійснюється безпосередньо і не вимагає узгоджувальних резисторів
Розрядність ЦАП	16 біт
Мінімальний час опитування всіх аналогових входів	1,5 с
Дискретні виходи	
Кількість дискретних виходів	4 є/м реле
Гальванічна розв'язка	На 1,5 кВ, індивідуальна
Аналогові виходи	
Кількість аналогових виходів	4
Розрядність ЦАП	10 бит
Наявність вбудованого джерела живлення	Загальний, гальванічно ізольований (1,5 кВ)
інтерфейси зв'язку	
Інтерфейси	Ethernet 10/100 Mbps, RS485, RS232
Протоколи	ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII, DCON, Modbus TCP, GateWay (протокол CoDeSys) Можливе підключення зовнішніх пристроїв з нестандартним протоколом
програмування	
Середовище програмування	CoDeSys 2.3
Мови програмування	IL, ST, LD, SFC, FBD + додаткова мова CFC
Інтерфейс для програмування і налагодження	RS232, Ethernet
Вартість	2242 грн.

Також є вбудований годинник реального часу, вбудоване акумуляторне джерело резервного живлення. Існує можливість розширення шляхом підключення модулів вводу/виводу.

Модуль введення аналоговий ОВЕН МВА8 [12]

Технічні характеристики представлені в табл. 5.4.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.4 – Технічні характеристики

Живлення	
Напруга живлення	90...264 В змін. струму частотою 47...63 Гц
Споживана потужність	не більше 6 ВА
Входи	
Кількість входів	8
Мінімальний час опитування одного входу	0,3 с
Мінімальний час опитування 8 входів	2 с
Напруга джерела живлення активних датчиків	24±3 В постійного струму
Максимальний струм навантаження джерела живлення активних датчиків	180 мА
Максимальна напруга перевантаження на вході	15 В
Інтерфейс	
Тип інтерфейсу	RS-485
Максимальна довжина лінії зв'язку	1200 м
Протоколи передачі даних	ОВЕН; Modbus ASCII; Modbus RTU; DCON
Процесор	
вбудований процесор	АТМega128
Таймер	сторожовий
гальванічна ізоляція	
Допустима напруга ізоляції між входами і лінією інтерфейсу	1500 В
Корпус	
Тип корпусу	На DIN-рейку
Ступінь захисту корпусу	IP20
Вартість	795,60 грн.

Модуль виведення керуючий ОВЕН МУ110-220.16Р [12]

Технічні характеристики представлені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Технічні характеристики

Напруга живлення	220 В мз іншого струму
Споживана потужність	не більше 6 ВА
Кількість виходів	16

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Продовження таблиці 5.5

Тип інтерфейсу	RS-485
Максимальна швидкість обміну	115200 біт/с
Протоколи передачі даних	ОВЕН; Modbus ASCII; Modbus RTU; DCON
Тип корпусу	На DIN-рейку або стіну
Ступінь захисту корпусу	IP20
Вартість	919,20 грн.

Модуль виведення керуючий ОВЕН МУ110-220.8Р

Має технічні характеристики такі ж, як і у модуля МУ110-220.16Р, але кількість виходів менша (8 виходів) і вартість 586 грн.

б) контролер мікропроцесорний МИК-52 [13]

Компактний програмований МК призначений для автоматичного регулювання та логічного керування ТП в різних галузях (енергетичній, хімічній, машинобудівній, харчовій і т.п.). Застосовується для побудови керуючих та інформаційних систем автоматизації ТП різного рівня складності, а також для побудови окремих локальних і розподільних підсистем складних АСУТП.

Таблиця 5.6 – Технічні характеристики

загальні відомості	
Конструктивне виконання	DIN 43700
Ступінь захисту корпусу	IP30
Напруга живлення	200 В 50 Гц, =24 В
Ресурси	
Максимальне число функціональних блоків в програмі	99
Час циклу	Не більше 0,1 с
Обсяг пам'яті	ПЗП 128 кбайт, ОЗП 4 кбайти
Входи	
Кількість дискретних входів	3
Кількість аналогових входів	8
Типи вхідних уніфікованих сигналів	0...5 мА, 0(4)...20 мА, 0...10 В
Гальванічна ізоляція	Індивідуальна (по входу, живленню)
Період опитування одного каналу	не більше 0,1 с
Похибка вимірювання	0,2 %

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 5.6

Виходи	
Кількість аналогових виходів	1
Кількість дискретних виходів	5
інтерфейси зв'язку	
Інтерфейси	RS485
Протоколи	Modbus RTU
Швидкість передачі	2400...921600 біт/с
Вартість	2155 грн.

Також є вбудований годинник реального часу з батареєю резервного живлення і існує можливість розширення кількості дискретних виходів шляхом підключення модулів розширення МР-51.

Порівнявши технічні характеристики промислових контролерів ПЛК154 і МІК-52, можна робити висновок, що ПЛК154 при незначно більшій вартості має більший обсяг пам'яті, кількість інтерфейсів і протоколів з якими працює ПЛК, а також наявність середовища для програмування і можливість налагодження. Тому будемо використовувати промисловий контролер ПЛК154.

5.5 Вибір інтерфейсу

Для забезпечення необхідної достовірності передачі даних при великій дальності використовується уніфікований інтерфейс RS485. Тому для зв'язку модулів розширення з промисловим контролером, будемо використовувати вказаний інтерфейс з відповідними протоколами.

Інформаційні мережі, засновані на даному інтерфейсі, набули найбільшого поширення при проектуванні промислових мереж автоматизації. Це високошвидкісний і завадостійкий послідовний інтерфейс, який дозволяє створювати мережі шляхом паралельного підключення до 32 пристроїв до однієї фізичної лінії. По інтерфейсу RS485 дані передаються за допомогою «симетричного» (диференціального) сигналу двома лініями (А і В). Максимальна довжина лінії зв'язку між крайніми пристроями може становити до 1200 м (і більше з використанням повторювачів). Швидкість передачі становить 115200 біт/с.

Для зв'язку промислового контролера з АРМ також будемо використовувати інтерфейс RS485. Оскільки для під'єднання зовнішнього обладнання до ПК використовується інтерфейс RS232, то для узгодження двох даних інтерфейсів необхідно використовувати автоматичний перетворювач інтерфейсів. Для цих цілей будемо використовувати автоматичний перетворювач інтерфейсів RS232/RS485 ОВЕН АС3-М-220 [11]. Перетворювач забезпечує взаємне перетворення сигналів даних інтерфейсів, автоматичне визначення напрямку передачі даних.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики представлені в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Технічні характеристики перетворювача інтерфейсів АСЗ-М-220

Живлення	
Напруга	85...245 В, 47...60 Гц
Споживана потужність	не більше 0,5 ВА
Допустима напруга гальванічної ізоляції входів	не менше 1500 В
Інтерфейс RS-232	
Діапазон напруги вхідного сигналу	±5...15 В
Діапазон напруги вихідного сигналу	±9...11 В
Довжина лінії зв'язку із зовнішнім пристроєм	не більше 10 м
Швидкість обміну даними	до 115200 біт/с
Використовувані лінії передачі даних	TxD, RxD, GND
Інтерфейс RS-485	
Діапазон напруги вхідного сигналу	0,2...5 В
Діапазон напруги вихідного сигналу	1,5...5 В
Довжина лінії зв'язку із зовнішнім пристроєм	не більше 1200 м
Кількість приладів в мережі	без використання підсилювача сигналу не більше 32; з використанням підсилювача сигналу не більше 256
Використовувані лінії передачі даних	A(D +), B(D –)
Корпус	
габаритні розміри	54x95x57 мм
Ступінь захисту	IP20
Кріплення	на DIN-рейку

						СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			51

6 АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Перед запуском процесу проводиться попередня перевірка готовності до роботи. Перевіряється працездатність і справність двигунів і виконавчих механізмів. Проводиться опитування всіх датчиків і установка параметрів регулювання. Потім система переходить в режим очікування команди оператора. Після підтвердження оператором готовності система починає цикл виконання етапів виробництва трихлорметану.

Алгоритм управління процесом виробництва трихлорметану дає уявлення про послідовність реалізованих дій. Розглянемо докладніше процес виробництва трихлорметану, який складається з 5 етапів. На першому етапі проводиться дозування реагентів; на другому етапі безпосередньо готується технічний трихлорметан; на третьому етапі технічний трихлорметан стабілізується кальцієм хлористим; на четвертому етапі проводиться очищення технічного трихлорметану; на п'ятому етапі виконується вакуумна перегонка. Кожен етап управляється окремою підпрограмою.

Підпрограма дозування реагентів. Спочатку проводиться відкриття клапанів подачі хлору, лугу, артезіанської води та ацетону у мірники. Потім проводиться опитування 4-х датчиків рівня, після чого отримані дані обробляються. Підпрограма опитування датчиків полягає в знятті показань і записи даних в масив даних. Підпрограма обробки даних полягає в порівнянні масиву отриманих даних з масивом граничних значень регульованих величин. У разі виходу і-го параметра за встановлені межі система видає керуючий вплив, що полягає в закритті відповідного клапана. Після закриття клапанів подачі хлору, лугу, артезіанської води та ацетону в мірники відкривається клапан подачі артезіанської води у Реактор 1. Після зливу артезіанської води закривається відповідний клапан. Потім включається двигун М1 і відкривається клапан подачі кальцинованої соди у Реактор 1. Проводиться опитування датчика маси. Коли маса кальцинованої соди досягає необхідного значення проводиться закриття клапана подачі кальцинованої соди у Реактор 1. Далі система переходить до виконання підпрограми наступного етапу. Решта етапів виконуються так само.

Опитування датчиків температури і тиску. Проводиться запис показання датчика. Потім порівнюється отримане значення з заданим. Якщо показання датчика не відповідають нормі, то виконується ПІ-регулювання і видається необхідний керуючий вплив. В результаті регулювання відбувається стабілізація параметра на заданому рівні.

Підпрограма ПІ-регулювання. На початку підпрограми відбувається обнулення початкових значень інтеграла і помилок. Потім зчитується значення керованого параметра і обчислюється відхилення від норми (неузгодженість). Потім обчислюються пропорційна і інтегральна складові керуючого впливу. Потім видається керуючий вплив. Для подальшого процесу необхідно перевизначення змінних і узгодження швидкодії.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

У разі виникнення аварійної ситуації система виконує зупинку двигунів, припиняє подачу хімічних речовин і вмикає сигналізацію.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

7 ОПИС ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНАМИ

Схема призначена для управління електродвигунами вакуум-насосів і мішалок апаратів технологічного процесу.

Схемою управління передбачено включення двигунів, як за місцем, так і дистанційно.

Для включення двигуна М1 за місцем необхідно натиснути кнопку SB1. В результаті чого на пристрій плавного пуску подається сигнал, що дозволяє пуск двигуна. Потім ППП виконує включення двигуна. При натисканні кнопки SB2 на пристрій плавного пуску подається сигнал, що дозволяє зупинку двигуна. ППП виконує відключення двигуна.

При включенні двигуна дистанційно сигнали, що дозволяють пуск і останов двигуна видаються контролером відповідно до алгоритму роботи системи управління.

Для включення/відключення двигуна М2 контролер, відповідно до алгоритму роботи системи управління, видає сигнали на ПЧ, що дозволяють пуск/зупинку двигуна. Також здійснюється керування швидкістю електродвигуна.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

8.1 Ідентифікація об'єкта

Мета ідентифікації полягає в тому, щоб отримати математичний опис об'єкта. Завдання ідентифікація може бути вирішена двома способами: аналітично і експериментально. Аналітичний метод ґрунтується на аналізі та використанні фізичних законів, що визначають хід процесів, що протікають в об'єкті. Експериментальний метод базується на процесі отримання необхідних даних (кривої розгону) безпосередньо з об'єкта. Експериментальний метод використовується для перевірки адекватності моделі, отриманої аналітичним шляхом.

8.1.1 Аналітичне визначення математичної моделі [14]

Об'єкт є реактором періодичної дії, виконаним у вигляді товстостінного резервуара, в якому проводиться хімічна реакція. Реакція протікає екзотермічно. Кількість тепла, що виділяється в результаті цієї реакції в одиницю часу визначається з виразу:

$$\Phi = k \cdot q_p \quad (8.1)$$

где k - швидкість реакції, q_p - тепловий ефект від реакції.

Швидкість реакції визначається з рівняння Арреніуса:

$$k = k_0 \cdot e^{-E/RT} \quad (8.2)$$

де k_0 - передекспоненційний множник, що залежить від числа зіткнень реагуючих молекул, E - енергія активації (кДж/кмоль), R - газова постійна (кДж/кмоль·К), T - абсолютна температура (°С).

В основу математичного опис належить рівняння теплового балансу для вмісту реактора, яке може бути записано у вигляді:

$$M \cdot c \cdot \frac{d}{dt} T = q_{cm} + \Phi \quad (8.3)$$

де M - маса реакційної суміші, c - теплоємність реакційної суміші, q_{cm} - тепловий потік від стінки до реактору, який розраховується за такою формулою:

$$q_{cm} = a_{cm} \cdot S \cdot (T_{cm} - T) \quad (8.4)$$

де a_{cm} - коефіцієнт тепловіддачі від стінки реакційної суміші, S - площа тепловіддачі, T_{cm} - середня температура стінок реактора.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для знаходження T_{cm} складаємо рівняння теплового балансу стінки:

$$M_{cm} \cdot c_{cm} \cdot \frac{d}{dt} T_{cm} = q_n - q_{cm} \quad (8.5)$$

де M_{cm} - маса стінки, c_{cm} - теплоємність стінки, q_n - тепловий потік від парової сорочки до стінки.

Залежність теплового потоку, переданого від сорочки до стінки, пов'язана з температурою пари в сорочці в такий спосіб:

$$q_n = a_n \cdot S \cdot (T_n - T_{cm}) \quad (8.6)$$

Виконавши підстановку (6) і (4) в (5) і виразимо T_{cm} :

$$T_{cm} = \frac{a_n \cdot S \cdot T_n + a_{cm} \cdot S \cdot T}{M_{cm} \cdot c_{cm} \cdot p + a_n \cdot S - a_{cm} \cdot S_{cm}} \quad (8.7)$$

де $p = \frac{d}{dt}$

Потім підставляємо (8.1) і (8.7) в (8.3) отримуємо вираз:

$$T \cdot (M \cdot c \cdot M_{cm} \cdot c_{cm} \cdot p^2 + (M \cdot c \cdot a_n \cdot S + a_{cm} \cdot S \cdot M \cdot c + a_{cm} \cdot S \cdot M_{cm} \cdot c_{cm} - \Phi \cdot M_{cm} \cdot c_{cm}) \cdot p + a_n \cdot S^2 \cdot a_{cm} - \Phi \cdot a_n \cdot S - \Phi \cdot a_{cm} \cdot S) = a_{cm} \cdot S^2 \cdot a_n \cdot T_n$$

З огляду на слабкий характер нелінійності, і, прийнявши допущення про незначність відхилення вихідної координати в процесі нормальної роботи від деякого початкового значення T_0 , проведемо лінеаризацію нелінійності, тобто заміну існуючої нелінійності $k_0 \cdot e^{-E/RT}$ лінійною характеристикою методом розкладання в ряд Тейлора в біля робочої точки T_0 з відкиданням членів розкладання другого і вище порядків. Отримуємо

$$f(T)|_{T=T_0} = k_0 \cdot e^{-E/RT} \approx \frac{df(T)}{dT} \cdot T_0 = k_0 \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \quad (8.8)$$

В результаті лінійне диференціальне рівняння математичного опису набуде вигляду

$$T \cdot (M \cdot c \cdot M_{cm} \cdot c_{cm} \cdot p^2 + (M \cdot c \cdot a_n \cdot S + a_{cm} \cdot S \cdot M \cdot c + a_{cm} \cdot S \cdot c_{cm} \cdot M_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \times \\ \times M_{cm} \cdot c_{cm}) \cdot p + a_n \cdot S^2 \cdot a_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_n \cdot S - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_{cm} \cdot S) = \\ = a_{cm} \cdot S^2 \cdot a_n \cdot T_n$$

Потім виконавши формальну заміну змінних $T = y$, $T_n = u$ і підстановку

$$a_0 = M \cdot c \cdot M_{cm} \cdot c_{cm}$$

$$a_1 = M \cdot c \cdot a_n \cdot S + a_{cm} \cdot S \cdot M \cdot c + a_{cm} \cdot S \cdot c_{cm} \cdot M_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot M_{cm} \cdot c_{cm}$$

$$a_2 = a_n \cdot S^2 \cdot a_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_n \cdot S - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_{cm} \cdot S$$

$$K_u = a_{cm} \cdot S^2 \cdot a_n$$

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

маємо

$$a_0 \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + a_1 \cdot \frac{dy}{dt} + a_2 \cdot y = K_u \cdot u \quad (8.9)$$

Маючи на увазі виконання принципу суперпозиції для лінійних систем, на основі диференціального рівняння (8.9) отримуємо передавальну функцію об'єкта управління

$$W(p) = \frac{K_u}{a_0 \cdot p^2 + a_1 \cdot p + a_2} \quad (8.10)$$

параметри об'єкта:

- теплоємність реакційної суміші $c = 18 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;
- теплоємність стінки реактора $c_{cm} = 540 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;
- маса реакційної суміші $M = 1989 \text{ кг}$;
- маса стінки реактора $M_{cm} = 1000 \text{ кг}$;
- коефіцієнт тепловіддачі стінки реактора $a_{cm} = 62.8 \text{ Дж/с} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;
- коефіцієнт тепловіддачі пари $a_n = 87,2 \text{ Дж/с} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;
- площа тепловіддачі $S = 9,42 \text{ м}^2$;
- передекспоненційний множник $k_0 = 0,7$;
- енергія активації $E = 820 \text{ кДж/кмоль}$;
- газова постійна $R = 8.31 \text{ кДж/кмоль} \cdot \text{K}$;
- тепловий ефект від реакції $q_p = 112 \text{ Дж/кг}$;
- початкова умова по температурі $T(0) = 17 \text{ }^\circ\text{C}$.

Коефіцієнти передавальної функції з урахуванням зазначених даних:

$$a_0 = 1989 \cdot 18 \cdot 1000 \cdot 540 = 1.933 \cdot 10^{10}$$

$$a_1 = 1989 \cdot 18 \cdot 87.2 \cdot 9.42 + 62.8 \cdot 9.42 \cdot 1989 \cdot 18 + 62.8 \cdot 9.42 \cdot 540 \cdot 1000 - 0.7 \cdot 112 \cdot e^{-820/8.31 \cdot 17} \cdot \frac{820}{8.31 \cdot 289} \times \\ \times 1000 \cdot 540 = 3.7 \cdot 10^8$$

$$a_2 = 87.2 \cdot 88.74 \cdot 62.8 - 0.7 \cdot 112 \cdot e^{-820/8.31 \cdot 17} \cdot \frac{820}{8.31 \cdot 289} \cdot 87.2 \cdot 9.42 - 0.7 \cdot 112 \cdot e^{-820/8.31 \cdot 17} \cdot \frac{820}{8.31 \cdot 289} \times \\ \times 62.8 \cdot 9.42 = 4.858 \cdot 10^5$$

$$K_u = 62.8 \cdot 9.42 \cdot 87.2 = 4.859 \cdot 10^5$$

Передавальна функція з урахуванням коефіцієнтів:

$$W(p) = \frac{4.86 \cdot 10^5}{1.93 \cdot 10^{10} \cdot p^2 + 3.7 \cdot 10^8 \cdot p + 4.86 \cdot 10^5} = \frac{1}{3.97 \cdot 10^4 \cdot p^2 + 761 \cdot p + 1} \quad (8.11)$$

Виконуємо моделювання, використовуючи математичний пакет MatLab. Модель подана на рис. 8.1, а результати моделювання на рис. 8.2.

									СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
										57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

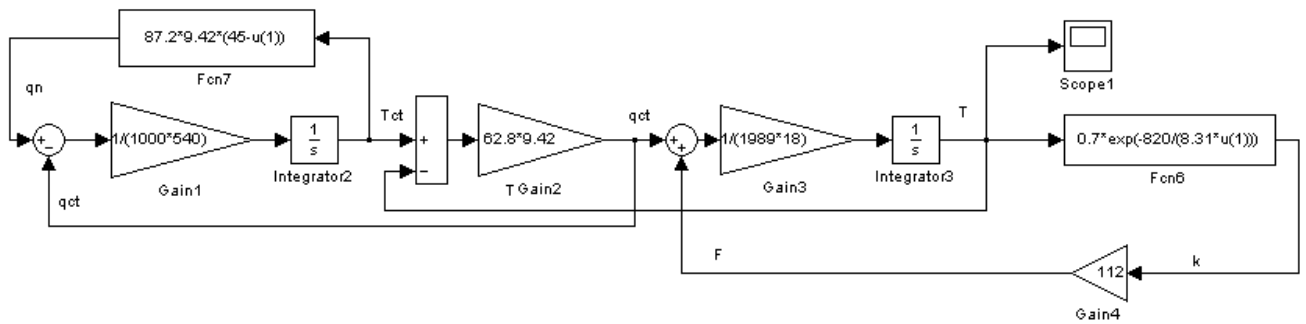


Рисунок 8.1 – Модель об'єкта регулювання

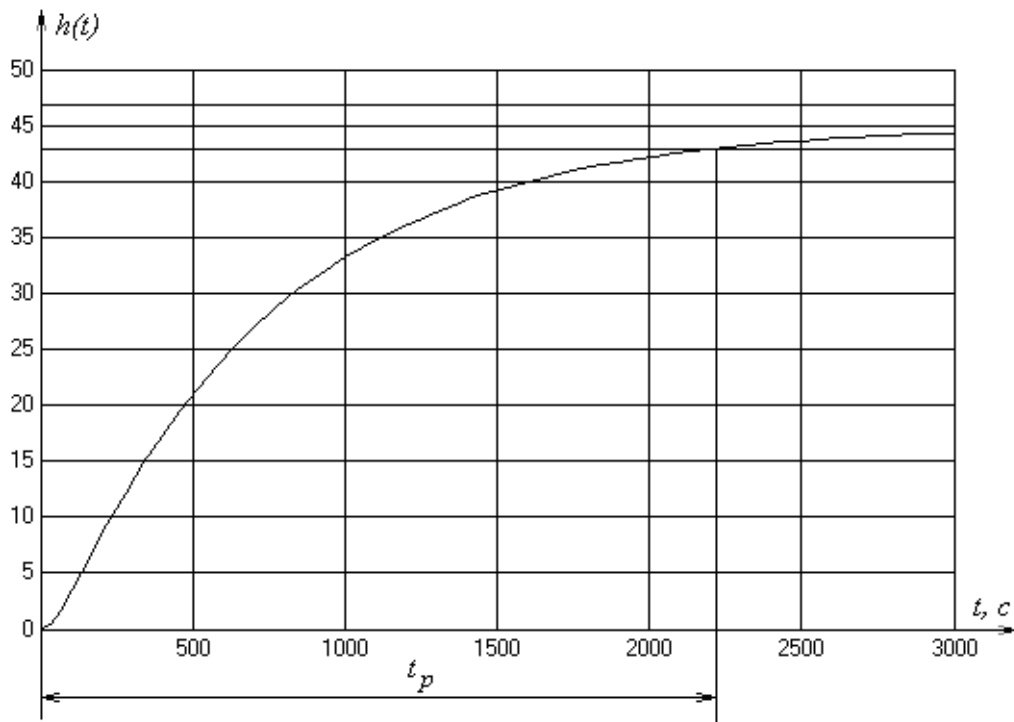


Рисунок 8.2 – Перехідна характеристика об'єкта регулювання

Час перехідного процесу $t_p = 2220 \text{ c} = 37 \text{ хв.}$

8.1.2 Перевірка адекватності математичної моделі

Для перевірки адекватності математичної моделі, отриманої аналітично, знімаємо криву розгону безпосередньо з об'єкта. Отримана характеристика представлена на рис. 8.3.

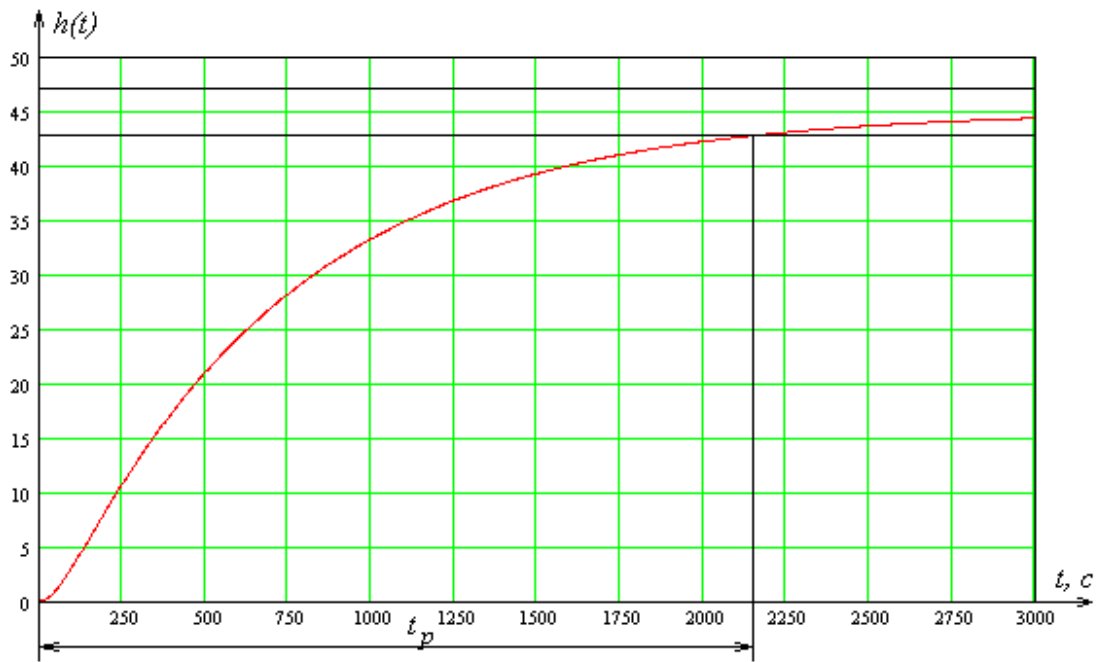


Рисунок 8.3 – Крива розгону об'єкта регулювання

Час перехідного процесу $t_p = 2230 \text{ c} = 37.2 \text{ мин.}$

Використовуючи метод найменших квадратів [15], перевіримо схожість двох кривих розгону (отриманої аналітичним і експериментальним способом). Для цього розбиваємо весь інтервал часу на 12 рівних частин. Визначаємо значення температури в відповідні моменти часу і зводимо їх в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Значення температури в фіксовані моменти часу

t	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
h отримані аналітично	0	11	21	28	33	37	39	41,5	42,5	43	43,5	44	44,5
h' отримані експериментально	0	10,9	21	27,9	33	36,9	39	41,5	42,4	43	43,5	44	44,5

Зробимо оцінку точності шляхом порівняння експериментальних значень досліджуваної величини з відповідними значеннями, отриманими аналітичним шляхом. Для цього обчислимо коефіцієнт детермінації R^2 (кореляції). Розрахунок базується на визначенні дисперсії, як показника, який оцінює ступінь розсіювання значень досліджуваної величини.

$$R^2 = \frac{S_{\tilde{h}}^2}{S_h^2} = \frac{\sum (\tilde{h}_i - \bar{\tilde{h}})^2}{\sum (h_i - \bar{h})^2} \quad (8.12)$$

де \bar{h} – середнє арифметичне

$$\bar{h} = \frac{\sum h_i}{n} = \frac{10.9 + 21 + 27.9 + 33 + 36.9 + 39 + 41.5 + 42.4 + 43 + 43.5 + 44 + 44.5}{12} = \frac{427.6}{12} = 35.63$$

$$\tilde{h} = \frac{\sum h_i}{n} = \frac{11 + 21 + 28 + 33 + 37 + 39 + 41.5 + 42.5 + 43 + 43.5 + 44 + 44.5}{12} = \frac{428}{12} = 35.67$$

$$R^2 = \frac{(11 - 35.67)^2 + (21 - 35.67)^2 + (28 - 35.67)^2 + (33 - 35.67)^2 + (37 - 35.67)^2 + (39 - 35.67)^2}{(10.9 - 35.63)^2 + (21 - 35.63)^2 + (27.9 - 35.63)^2 + (33 - 35.63)^2 + (36.9 - 35.63)^2 + (39 - 35.63)^2} + \frac{(41.5 - 35.67)^2 + (42.5 - 35.67)^2 + (43 - 35.67)^2 + (43.5 - 35.67)^2 + (44 - 35.67)^2 + (44.5 - 35.67)^2}{(41.5 - 35.63)^2 + (42.4 - 35.63)^2 + (43 - 35.63)^2 + (43.5 - 35.63)^2 + (44 - 35.63)^2 + (44.5 - 35.63)^2} = \frac{1245.6668}{1250.5268} = 0.99$$

Якщо коефіцієнт детермінації дорівнює 1, то значення, отримані експериментальним і аналітичним шляхом повністю збігаються. Якщо ж коефіцієнт детермінації близький до 1, то можна вважати, що модель адекватна реальному об'єкту.

8.2. Вибір і розрахунок параметрів регулятора [16]

8.2.1 розрахунок налаштувань П-регулятора

Передавальна функція П-регулятора $W_n(p)$ є коефіцієнт підсилення регулятора k_n :

$$W_n(p) = k_n \quad (8.13)$$

Розрахунок регулятора проведемо методом визначення оптимальних параметрів за показником коливальності (метод В.Я. Ротача).

Визначаємо межу зони, в якій замкнута система управління буде мати запас стійкості буде не нижче заданого показника коливальності $M \leq M_3$. При цьому вважається, що САУ має необхідний запас стійкості, якщо її показник коливальності знаходиться в діапазоні $M = 1.3 \dots 2.3$, що відповідає ступеню згасання $\psi = 0.95 \dots 0.75$. Таким чином, вибираємо ступінь коливальності $M = 1.55$.

Частотна передаточна функція об'єкта управління $W_{об}(\omega)$ і П-регулятора $W_p(\omega)$:

$$W_{об}(\omega) = \frac{1}{3.97 \cdot 10^4 \cdot (j \cdot \omega)^2 + 761 \cdot j \cdot \omega + 1} \quad (8.14)$$

$$W_p(\omega) = k_p \quad (8.15)$$

Будуємо АФЧХ розімкнutoї системи $W(\omega) = W_n(\omega) \cdot W_{об}(\omega)$, використовуючи математичний пакет Mathcad. Потім знаходимо такий коефіцієнт підсилення k_p , при якому ця характеристика торкатиметься окружності, для заданого значення M . Результати побудови представлені на рис. 8.4.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

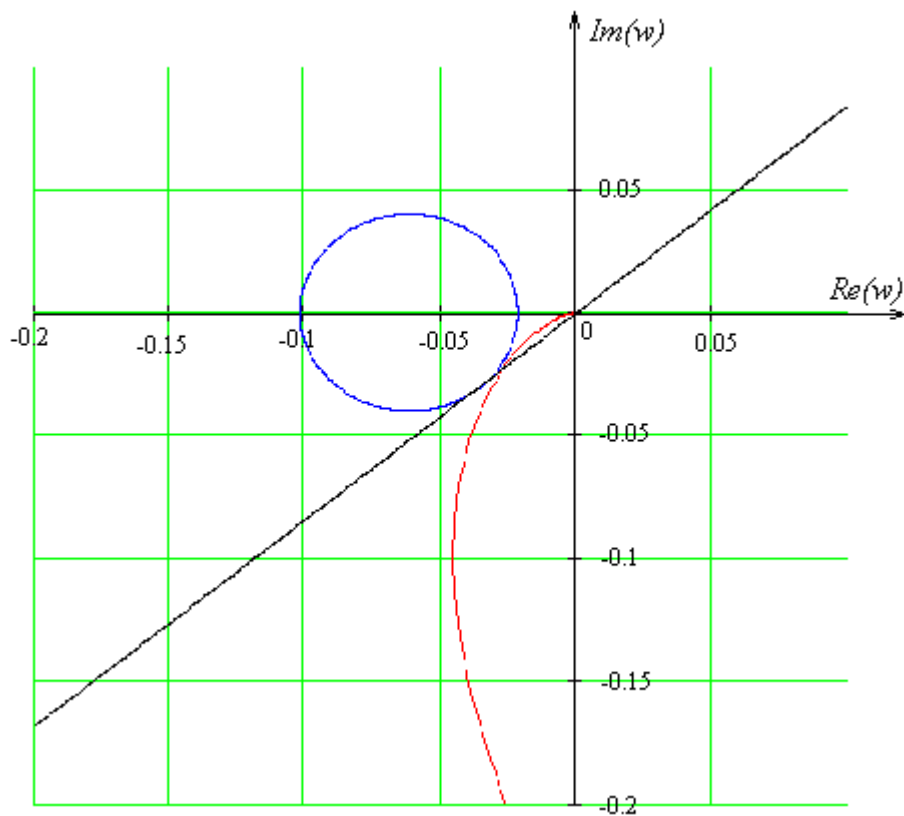


Рисунок 8.4 – АФЧХ розімкнутої системи і заборонена область

Величину коефіцієнта підсилення П-регулятора визначаємо відповідно до формули (8.16).

$$k_p = \frac{M}{M^2 - 1} \cdot \frac{1}{r_{окр}} \tag{8.16}$$

де $r_{окр}$ – радіус кола забороненої області.

$$k_p = 27.585$$

Графік перехідної характеристики $h(t)$ замкнутої системи при оптимальних настройках регулятора представлений на рис. 8.5.

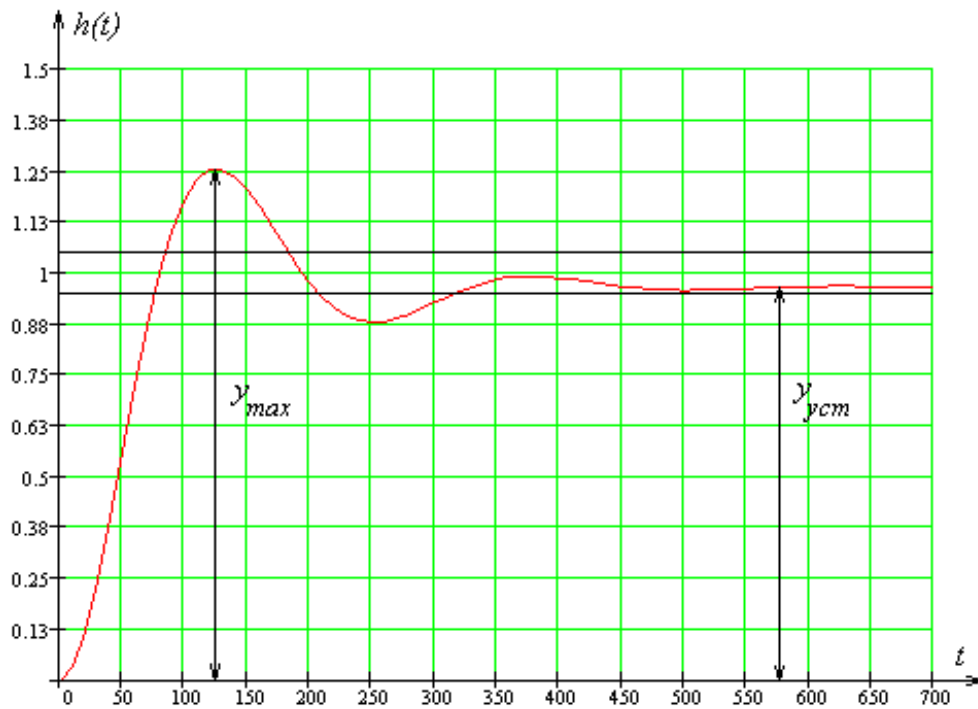


Рисунок 8.5 – Перехідна характеристика замкнутої системи при $k_n = 27.585$

Прямі показники якості, відповідно до отриманого графіку, такі:

- Перерегулювання $\sigma = \frac{y_{\max} - y_{\text{уст}}}{y_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{1.25 - 1}{1} \cdot 100\% = 25\%$, (8.17)
- Час перехідного процесу $t_p = 318 \text{ c}$,
- Статична помилка 3%.

8.2.2 розрахунок налаштувань ПІ-регулятора

Передавальна функція ПІ-регулятора $W_p(p)$ має вигляд:

$$W_p(p) = k_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_u p} \right) \quad (8.18)$$

де k_p - коефіцієнт передачі (підсилення) регулятора

T_u - час ізодрома

Частотна передавальна функція ПІ-регулятора $W_p(\omega)$:

$$W_p(\omega) = k_p + \frac{1}{T_u \cdot j \cdot \omega} \quad (8.19)$$

Будуємо сімейство АФЧХ розімкнутої системи $W(\omega) = W_p(\omega) \cdot W_{\text{об}}(\omega)$ для різних фіксованих значень часу ізодрома T_u , використовуючи математичний пакет Mathcad. Потім знаходимо такі коефіцієнти посилення k_p , при яких ці характеристики будуть торкатися кола, для заданого значення M . Результати побудови представлені на рис. 8.6.

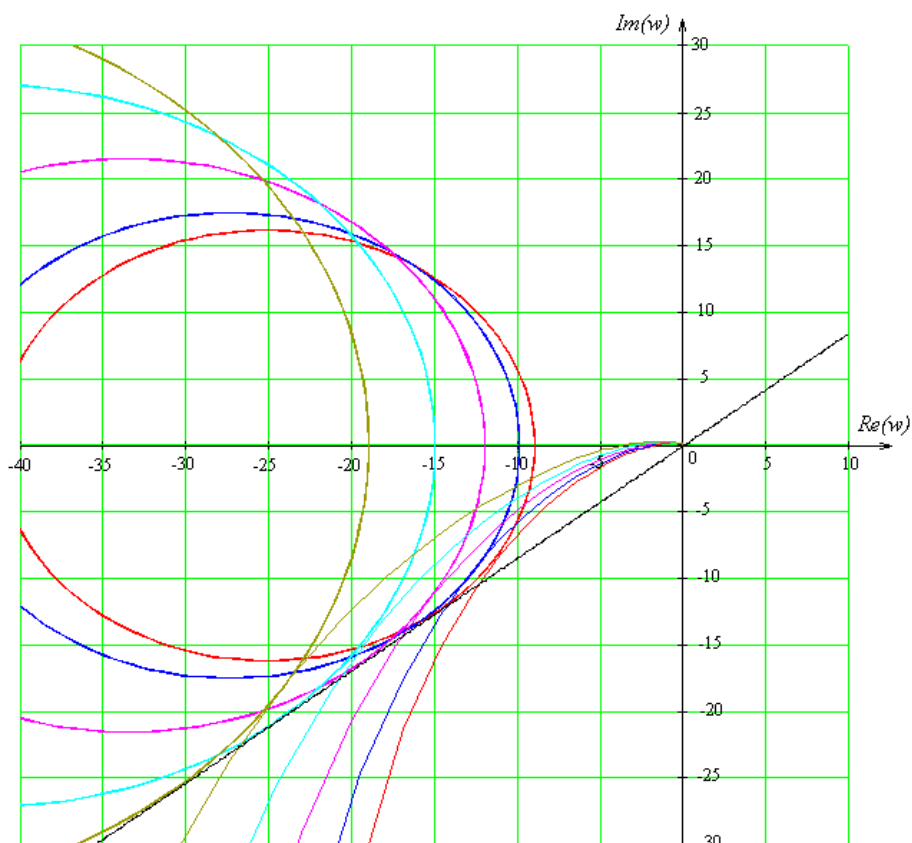


Рисунок 8.6 – Сімейство АФЧХ розімкнутої системи

Величини коефіцієнта підсилення ПІ-регулятора визначаємо відповідно до формули (8.16)

для кожного значення T_u .

Отримані пари налаштувань зводимо в табл. 8.2.

Таблиця 8.2 – коефіцієнти налаштування ПІ-регулятора

T_u	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43
k_p	3,26	3,42	3,58	3,61	3,74	3,97	4,53	4,83	5,12	5,71	6,24	7,39

За результатами будуюмо графік залежності (рис. 8.7).

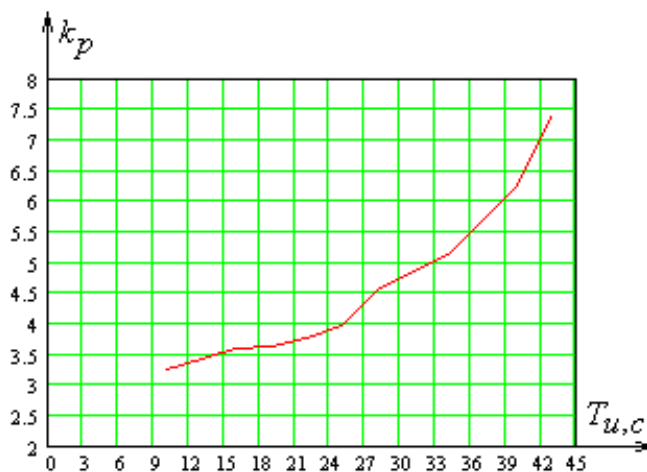


Рисунок 8.7 – Межа області заданого М

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для визначення того, яка пара налаштувань дає найкращі показники якості, будемо графіки перехідних характеристик замкнутої системи для декількох значень T_u ($T_u = 25 \text{ c}, T_u = 31 \text{ c}, T_u = 37 \text{ c}, T_u = 43 \text{ c}$). Результати подані на рис. 8.8.

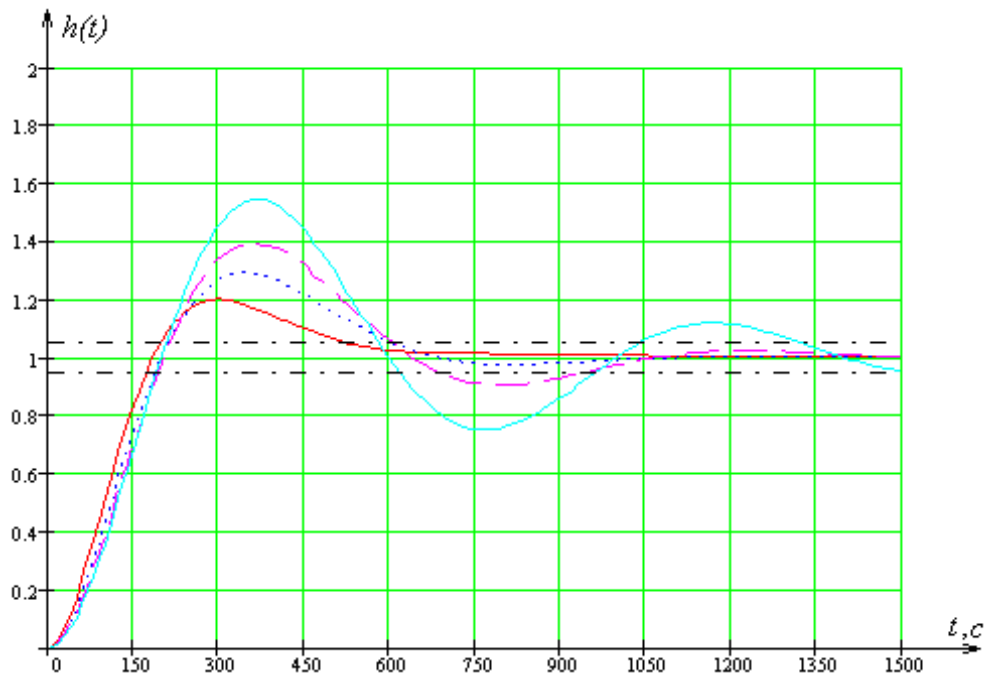


Рисунок 8.8 – Перехідні характеристики САУ для заданого М при різних значеннях часу ізодрома

Найкращі показники якості забезпечує пара налаштувань регулятора $k_p = 7,39, T_u = 43 \text{ c}$. Графік перехідної характеристики замкнутої системи при оптимальних настройках регулятора поданий на рис. 8.9.

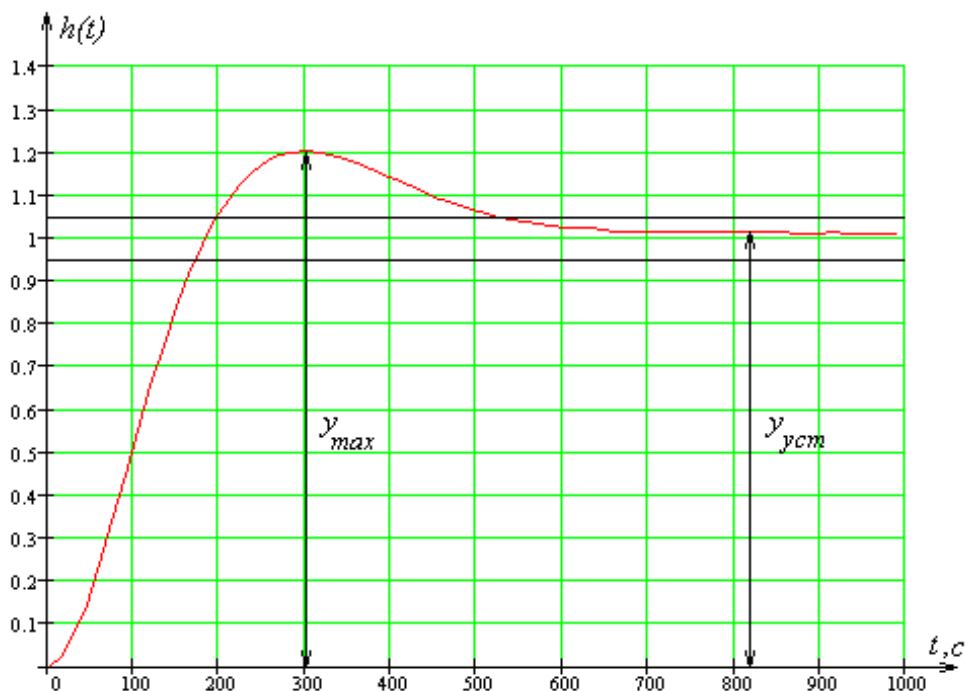


Рисунок 8.9 – Перехідна характеристика замкнутої системи при $k_p = 7,39 T_u = 43 \text{ c}$

									Арк.
									64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

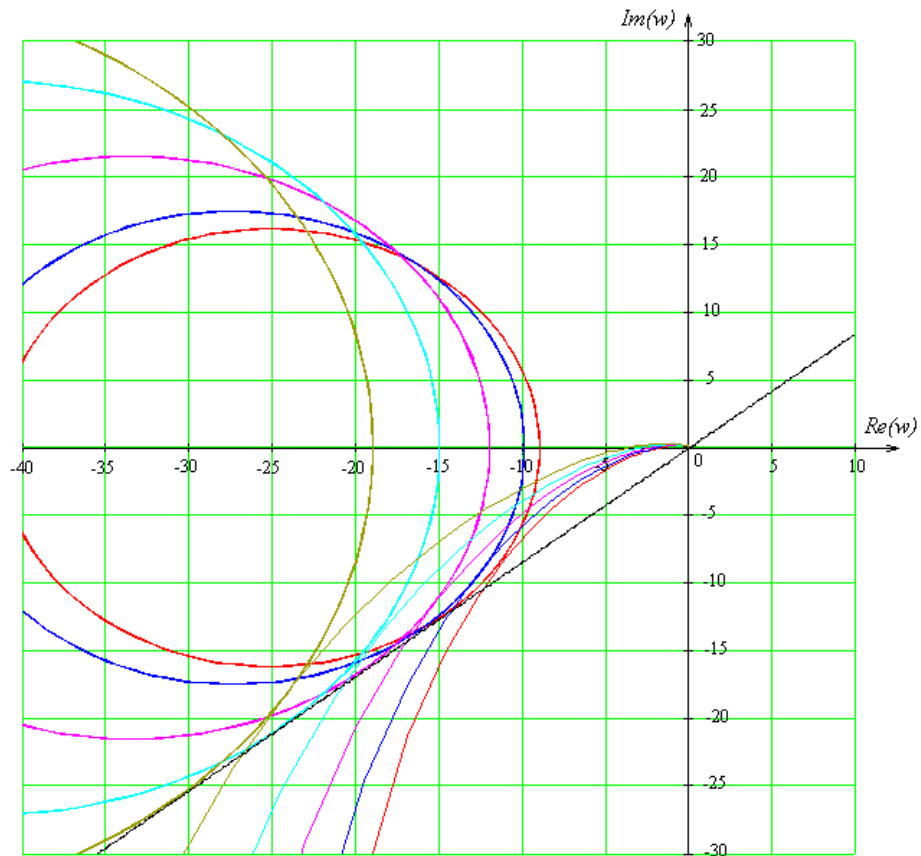


Рисунок 8.10 – Сімейство АФЧХ розімкнутої системи

Величини коефіцієнта підсилення ПІД-регулятора визначаємо відповідно до формули (8.16) для кожного значення T_u .

Отримані налаштування зводимо в табл. 8.3:

Таблиця 8.3 – коефіцієнти налаштувань ПІД-регулятора

T_u	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43
T_δ	2	2,6	3,2	3,8	4,4	5	5,6	6,2	6,8	7,4	8	8,6
k_p	3,29	3,46	3,61	3,63	3,72	3,95	4,54	4,83	5,13	5,69	6,22	7,41

За результатами будемо графік залежності $k_p(T_u)$ (рис. 8.11).

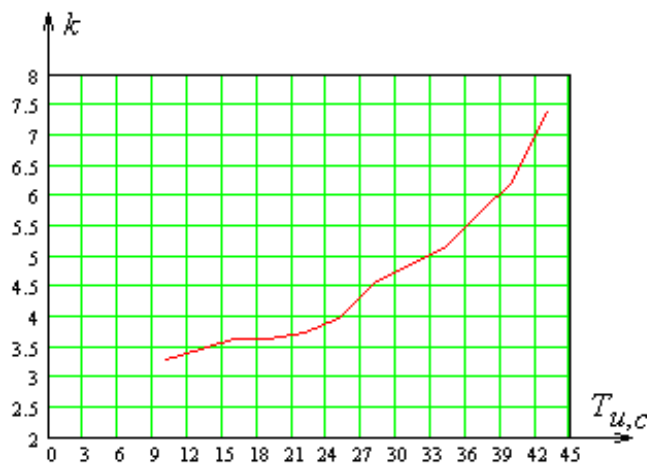


Рисунок 8.11 – Межа області заданого М

Для визначення того, яка пара налаштувань дає найкращі показники якості, будуюмо графіки перехідних характеристик замкнутої системи для декількох значень T_u ($T_u = 25 \text{ c}, T_u = 31 \text{ c}, T_u = 37 \text{ c}, T_u = 43 \text{ c}$). Результати подані на рис. 8.12.

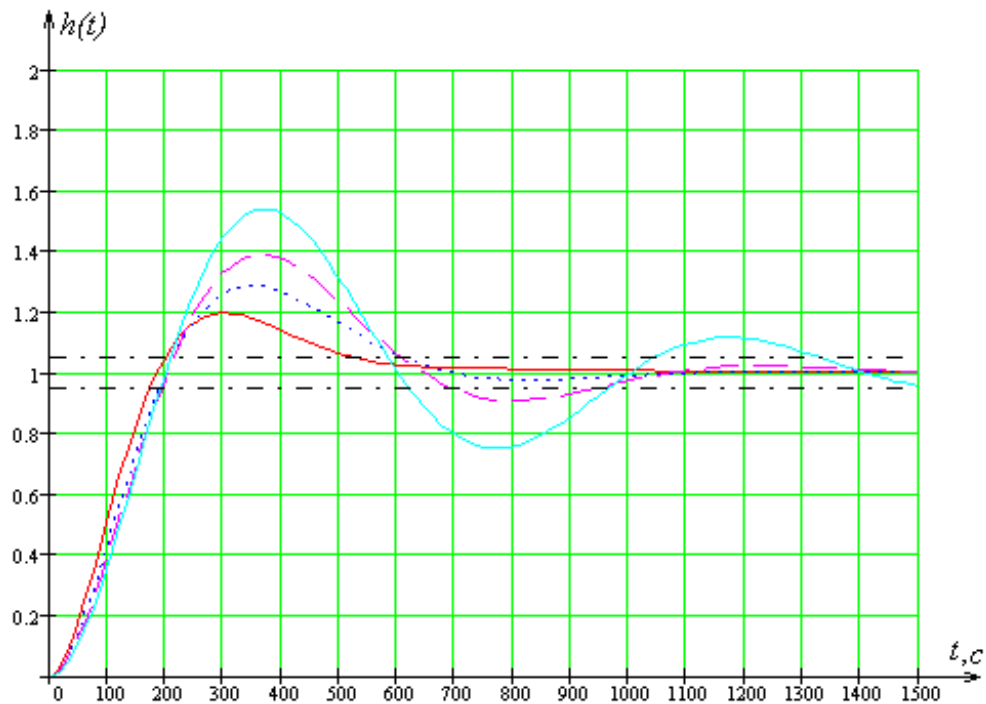


Рисунок 8.12 – Перехідні характеристики САУ для заданого М при різних значеннях часу ізодрома

Найкращі показники якості забезпечує пара налаштувань регулятора $k_p = 7,41, T_u = 43 \text{ c}$.

Графік перехідної характеристики замкнутої системи при оптимальних налаштуваннях регулятора поданий на рис. 8.13.

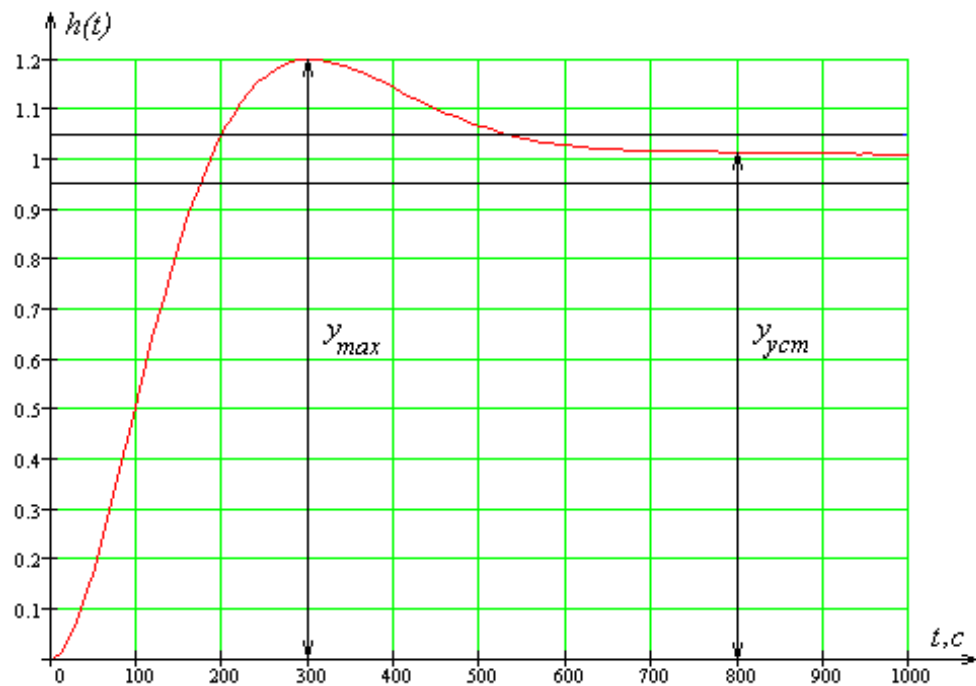


Рисунок 8.13 – Перехідна характеристика замкнутої системи при $k_p = 7,41 T_u = 43 \text{ c}$

										Арк.
										67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Прямі показники якості, відповідно до отриманого графіку, такі:

- Перерегулювання $\sigma = \frac{y_{\max} - y_{\text{уст}}}{y_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{1.2 - 1}{1} \cdot 100\% = 20\%$,
- Час перехідного процесу $t_p = 535 \text{ c}$.

Порівнюючи отримані результати, бачимо, що П-регулятор дає статичну помилку, а також перерегулювання 25%, що не задовольняє заданим умовам. ПІ-регулятор і ПІД-регулятор дають незначно відмінні результати. Оскільки ПІД-регулятор більш чутливий до завад і складніший в реалізації, то для управління температурою в реакторі будемо використовувати ПІ-регулятор.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ВИСНОВОК

У проєкті були вирішені питання, пов'язані з розробкою системи управління виробництвом трихлорметану (хлороформу). Було виконано аналіз технологічного процесу, зроблено вибір засобів автоматизації, а саме датчиків, виконавчих механізмів і контролера. Також були розроблені схема структурна, функціональна, електрична принципова, монтажньо-комутаційна і схема з'єднань, розрахований і обраний регулятор контуру управління температурою в реакторі 1.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
						69
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 1. Технологічний регламент виробництва трихлорметану (хлороформу)
2. В.А. Голубятников, В.В. Шувалов Автоматизация производственных процессов в химической промышленности, – М.: Химия, 1972. – 248с.
3. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ пос. / А.С. Клюев Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев; под ред. А.С. Клюева – М.: Энергоатомиздат, 1990.-464 с.
4. Каталог. Засоби вимірювання температури, – <http://termopribor.msk.ru/catalog.php>.
5. Каталог. Рівнеміри Метран, – Режим доступу:
<https://www.emerson.com/documents/automation/%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3-%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%8B-metran-%D0%B2%D1%8B%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA-2020-ru-ru-61704.pdf>.
6. Вимірювальні перетворювачі тиску SITRANS P MPS, – Режим доступу: http://en-res.ru/wp-content/uploads/2016/08/F1%2001-1_2015rus.pdf.
7. Каталог. Датчики тиску Метран, – Режим доступу:
<https://www.emerson.com/documents/automation/%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3-%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA%D0%B8-%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-%D0%B2%D1%8B%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA-2019-ru-ru-61692.pdf>.
8. Каталог. Засоби автоматизації ОВЕН, – Режим доступу: <https://www.kobold.com>.
9. Каталог. Регулююча арматура компанії АДЛ, – Режим доступу:
https://adl.ru/files/156e1b53-deb0-11e5-9f63-001f296a5bc2/КТА14_Reguliruyshaia_armatura.pdf.
10. Каталог. Продукція компанії Lenze, – Режим доступу: <https://www.lenze-ru.com/CatalogSite>.
11. Каталог. Пристрої плавного пуску фірми АББ, – Режим доступу: http://www.trevisvkv.com/assets/files/abb/16_Softstarter.pdf.
12. Каталог. Продукція фірми ОВЕН, – Режим доступу: <https://owen.ua/ua/news/novuj-katalog-produkciji-owen>

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

13. Каталог. Продукція фірми Микрол, – Режим доступу: http://www.microl.ua/index.php?page=shop.browse&category_id=24&option=com_virtuemart&Itemid=71&lang=ru.
14. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. – М.: Химия, 1969. – 564с.
15. Регрессионный анализ, – Режим доступу: <http://sumdu.edu.ua/textbooks//11882/134613/index.html>.
16. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного регулювання. – Підручник. К.: Либідь, 1997. – 544 с.
17. Інструктивні вказівки до виконання курсових і дипломних проектів з напрямку підготовки «Системна інженерія» і спеціальності «Комп'ютеризовані системи управління і автоматика», – Суми.: СумДУ, 2013. – 69 с.

					СУЗТ-51Ш.6.050201.12.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71