

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

Затверджую

Зав. кафедрою КН

Довбиш А.С.

" ____ " ____ 12 ____ 2020 р.

Кваліфікаційна робота магістра
зі спеціальності 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

на тему

**Система керування відділенням розкладання
виробництва двоокису титану**

Керівник

Журавльов О.Ю.

Виконав:

студент гр. СУмз - 91С

Гурин В.С.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

Затверджую

Зав. кафедрою КН

Довбиш А.С.

" ____ " 12 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра студенту

Гурину Володимиру Сергійовичу

1. Тема роботи: Система керування відділенням розкладання виробництва двоокису титану

Затверджена наказом ректора університету № 1798-III от «19 » 11. 2020 р.

2. Термін здачі студентом роботи " 16 " 12 2020 г.

3. Вихідні дані по проекту: Технічна документація, звіт з переддипломної практики

4. Зміст пояснювальної записки (питання, які мають бути розроблені): Технологія виробництва двоокису титану, модернізація відділення розкладання ільменітового концентрату. Недоліки існуючої системи управління ділянкою розкладання. АСУ відділення розкладання на базі контролера Siemens S7-300. Дослідження і моделювання АСУ ТП виробництва двоокису титану. Охорона праці.

5. Перелік графічних матеріалів: 1. Управління мішалкою мірника 240. Схема електрична принципова 2. Система управління відділенням розкладання. Схема функціональна автоматизації. 3. Автоматизована система управління відділенням розкладання цеху з виробництва двоокису титану. Схема принципова електрична формування вихідних дискретних сигналів. 4. Система управління відділенням розкладання. Схема структурная 5. Контролер Siemens S7-300. Організація дискретних виходів. Схема монтажна

6. Календарний план

№ етапу	Зміст етапу	Терміни виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Підбір та аналіз джерел інформації	21.10.20- 29.10.20
2	Аналіз технології виробництва двоокису титану і технологічного процесу відділення розкладання.	30.10.20- 03.11.20
3	Аналіз модернізації системи автоматизації процесу розкладання і опис технологічного процесу.	04.11.20- 08.11.20
4	Розробка функціональної схеми автоматизації, вибір приладів і засобів автоматизації, розробка схеми електричної принципової	09.11.20- 12.11.20
5	Вибір керуючого мікропроцесорного пристрою підготовки, розробка загальної характеристики системи управління	13.11.20- 15.11.20
6	Основи програмування керуючого мікропроцесорного пристрою, робота програми, розробка програмного продукту.	16.11.20- 21.11.20
7	Дослідження і моделювання АСУ ТП виробництва двоокису титану	22.11.20- 24.11.20
8	Розробка схем	25.11.20- 28.11.20
9	Розгляд питань охорони праці	29.11.20- 03.12.20
10	Оформлення та здача роботи керівнику	04.12.20- 16.12.20

8. Дата видачі завдання " 20 " 10 2020 г.

Керівник роботи _____ Журавльов О.Ю.

До розробки прийняв:

студент-дипломник групи СУмз-91С _____ Гурин В.С.

РЕФЕРАТ

Гурин Володимир Сергійович. Система керування відділенням розкладання виробництва двоокису титану. Кваліфікаційна робота магістра. - Сумський Державний Університет, Суми, 2020.

Кваліфікаційна робота магістра містить 90 стор. пояснюючої записки, у тому числі 18 рис., 19 таблиць.; конструкторську документацію, що містить 5 схем.

Робота присвячена вивченню системи управління технологічним процесом відділення розкладу. Даний процес і узятий за основу при вивченні системи управління. Були вивчені основні принципи роботи системи управління, ознайомлення із загальною схемою виробництв пігментної і спеціальних марок двоокису титану. Окремим питанням ширше був вивчений процес розкладання, локальні системи автоматичного контролю виміру, управління і регулювання технологічним процесом розкладання, засобами виміру, контролю і регулювання технологічних параметрів.

Досліджена динаміка об'єкта управління, динаміка об'єкта управління при заданому впливі і динаміка поведінки АСР в реакторі розкладання температури суміші на виході з ємності в різних ситуаціях при різних параметрах налаштування регулятора, пропускної здатності клапанів і законах регулювання.

У даній роботі поєднується інформація про технологічний об'єкт і можливість його управління з допомогою АСУ ТП, використовуючи інформацію, отриману за час навчання в університеті.

Ключові слова: автоматизована система управління, технологічний процес, аналогові сигнали, дискретні сигнали, двоокис титану, розкладання, об'єкт управління, програмне забезпечення.

ABSTRACT

Gurin Vladimir Sergeevich. Control system of decomposition division of the titanium dioxide production. Qualifying work of the master. - Sumy State University, Sumy, 2020.

The master's thesis contains 90 pages. explanatory note, including 18 figures, 19 tables .; design documentation containing 5 schemes.

The work is devoted to the study of the automated control system of the technological process of the schedule department. This process is taken as a basis for studying the control system. The basic principles of operation of the control system, acquaintance with the general scheme of production of pigment and special brands of titanium dioxide were studied. A separate issue was more widely studied the decomposition process, local systems of automatic control of measurement, control and regulation of the technological process of decomposition, means of measurement, control and regulation of technological parameters.

The dynamics of the control object, the dynamics of the control object at a given influence and the dynamics of the ACP behavior in the decomposition reactor of the mixture temperature at the outlet of the tank in different situations with different parameters of the regulator settings, valve capacity and control laws.

This paper combines information about the technological object and the possibility of its management with the help of ACS TP, using the information obtained during his studies at the university.

Keywords: CAS of management, technological process, analog signals, discrete signals, decomposition, management object, software.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	4
ВСТУП.....	5
1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДВООКИСУ ТИТАНУ.....	9
1.1 Пігментний двоокис титану.....	9
1.2 Опис технологічної схеми виробництва	10
2 ПРИЗНАЧЕННЯ І ЦІЛІ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ	13
3 НЕДОЛІКИ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДІЛЯНКОЮ РОЗКЛАДАННЯ	15
3.1 Аналіз роботи відділення розкладання.....	15
3.2 Статистичний аналіз стабільності показників складу пульпи	15
4 АСУ ВІДДІЛЕННЯ РОЗКЛАДАННЯ НА БАЗІ КОНТРОЛERA SIEMENS S7-300.....	22
4.1 Вимоги до системи в цілому.....	22
4.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою.....	23
4.3 Вимоги до видів забезпечення.....	23
4.4 Технічні засоби автоматизації.....	39
4.5 Проведення технологічного режиму.....	51
4.6 Порядок підготовки проведення процесу в автоматичному режимі.....	51
4.7 Завдання технологічного режиму розкладання.....	52
4.8 Вибір режиму перевірки операцій.....	53
4.9 Пуск реактора в роботу.....	54
4.10 Порядок проведення процесу в автоматичному режимі	54
4.11 Порядок роботи блокувань.....	59
4.12 Порядок роботи з регуляторами.....	60
5 ДОСЛІДЖЕННЯ І МОДЕЛЮВАННЯ АСУ ТП ВИРОБНИЦТВА ДВООКИСУ ТИТАНУ.....	62
5.1 Загальні чисельні дані підсистеми реактора розкладання	62

5.2 Подання реактора розкладання як об'єкта управління.....	63
5.3 Математичний опис динаміки об'єкта управління.....	64
5.4 Моделювання динаміки об'єкта управління і процесів, що відбуваються в ньому.....	68
5.5 Моделювання динаміки об'єкта управління при вхідному заданому впливі у вигляді кусочно-лінійної залежності.....	70
5.6 Моделювання автоматизованої системи регулювання реактора розкладання.....	73
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	79
6.1 Загальні питання охорони праці.....	79
6.2 Розрахунок занулення.....	83
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	89
ДОДАТКИ	

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСУ ТП - автоматичні системи управління технологічним процесом

ЦПУ - центральна панель управління

КВП і А - служба контрольно вимірювальних приладів і автоматики

НТР - нормативно технічний режим

КТС - комплексно технічні засоби

ОС - операторська станція

ПО - програмне забезпечення

ЕОМ - електронно-обчислювальна машина

АСР - автоматична система регулювання

ТСМ - термометр опору

ЕП - електроперетворювач

БЖ - блок живлення

КБЗ - клемноблочне з'єднання

М - електромагнітний привід

КМ - контактний пускач

К - контакти реле

НМ - клапан з електроприводом

ВСТУП

Найважливіше місце серед науково-технічних проблем розвитку хімічної промисловості відводиться автоматизації виробничих процесів виробництв. Автоматизація виробництва - це процес у розвитку машинобудування, при якому функції управління і контролю, раніше виконувані людьми, перекладаються на прилади та автоматичне обладнання.

Основними завданнями автоматизації є інтенсифікація виробництв на основі впровадження нових досягнень науки і техніки, скорочення числа технологічних переходів, впровадження безперервних схем виробництва, подальший розвиток рівня механізації і автоматизації. В умовах науково-технічного прогресу автоматизація є однією з його рушійних сил. Вона впливає на удосконалення технології, механізацію виробничих процесів, забезпечує умови для створення більш складних високопродуктивних процесів, які без автоматизації розробити і реалізувати неможливо. Масштабність завдань, розв'язуваних хімічною промисловістю, вимагає створення заводів, цехів з високим ступенем автоматизації виробництва, удосконалення форм планування та управління якістю продукції, технологічними процесами і виробництвом на базі ЕОМ; створення приладів і систем автоматизації на базі традиційних технічних засобів, а також мікропроцесорної техніки. Успішне функціонування технологічних процесів, отримання високої якості можуть бути забезпечені лише при багатомасштабному впровадженні автоматизації, при якому функції управління і контролю передаються приладам і автоматизованим системам. Розвиток автоматизації підприємств здійснюється в трьох напрямках:

Перший напрямок - розробка приладів і засобів автоматизації;

Другий напрямок - створення систем автоматичного управління і регулювання, в тому числі з використанням мікропроцесорів і мікро-ЕОМ;

Третій напрямок - створення автоматизованих систем управління технологічними процесами з використанням керуючих міні і мікро-ЕОМ.

В даний час розвиток хімічного виробництва заснованого на безперервності технологічного процесу з використанням основного безперервно діючого устаткування, є всі передумови для комплексної та повної автоматизації технологічних процесів. Зростання продуктивності праці в хімічній промисловості, розробка нових технологій, спрямованих на поліпшення якості та підвищення ефективності виробництва, потребують оновлення і вдосконалення систем управління на базі новітніх засобів вимірювання і автоматизації. Автоматизація технологічних процесів є найважливішим засобом підвищення продуктивності праці, скорочення витрат матеріалів і енергії, поліпшення якості продукції, впровадження прогресивних методів управління виробництвом і підвищення надійності роботи.

При будь-якому виді управління в тій чи іншій мірі виконуються наступні етапи:

- отримання інформації про стан об'єкта управління;
- обробка та аналіз отриманої інформації, на підставі якої формується рішення про необхідність і характер впливу на об'єкт управління;
- реалізація прийнятого рішення, наприклад, шляхом зміни матеріальних або енергетичних потоків.

Виконання першого етапу пов'язано з визначенням значень величин, які характеризують стан об'єкта управління: тисків, температур, витрат робочих середовищ, рівнів в технологічних апаратах, фізико-хімічних показників речовин, які переробляються на різних стадіях технологічного процесу і т.д. При ручному управлінні людина виконує всі функції по аналізу технологічного процесу, прийняття здійснення рішень про вплив на процес. Використовується також ручне дистанційне керування, коли людина впливає на процес на відстані за допомогою спеціальних пристроїв. У цьому випадку він отримує інформацію про параметри процесу за допомогою систем автоматичного контролю за показниками автоматичних контрольно-вимірювальних приладів. При автоматизації безперервних технологічних процесів велике значення має окремий випадок керування - регулювання. Призначення автоматичних систем

регулювання (АСР) - підтримка заданих або оптимальних значень величин, які визначають перебіг технологічного процесу.

Автоматичні системи регулювання принципово можуть бути здійснені за допомогою досить простих технічних засобів - локальних регуляторів. Однак функціональні можливості таких систем дуже обмежені. Автоматизувати більш складні функції управління, такі, як оптимізація технологічного процесу або прийняття рішень при неприпустимих порушеннях в ході технологічного процесу, неможливо без використання засобів обчислювальної техніки і пристроїв оперативного обміну інформацією між виробничим персоналом і технічними засобами. У зв'язку з цим стали широко використовувати автоматизовані системи управління (АСУ). Вони призначені як для керування технологічними процесами, так і для організаційного управління виробництвами. На відміну від автоматичних систем управління, які можуть функціонувати без участі людини, в автоматизованих системах управління передбачено участь людини (адміністративний і виробничо-технічний персонал, і оператори і т.д.). Одним з найбільш важливих і складних питань в цій сфері є автоматизація контрольних операцій. Вона може здійснюватися по лінії автоматизації як технологічного (активного), так і післяопераційного контролю, який відображає два принципово різних напрямки розвитку технічного контролю. Обидва методи мають важливе значення з точки зору забезпечення необхідної якості (точності) розмірних та інших параметрів винаходів ще в процесі їх отримання, є більш прогресивним, а відповідно і перспективним. Нові можливості для високоефективної автоматизації хімічних виробництв відкриває використання мікропроцесорів і мікро-ЕОМ, робототехніки. Використання мікропроцесорів і мікро-ЕОМ для автоматизації машин, обладнання, приладів, для створення АСУ ТП дає можливість використання в хімічній промисловості у великій кількості високопродуктивних енерго- і матеріалозберігаючих технологій.

Використання мікропроцесорів і мікро-ЕОМ розширює функціональні можливості обладнання, систем управління, значно підвищує надійність їх роботи і в кінцевому рахунку позитивно відображається на якості виробленої

продукції. Впровадження робототехніки дозволяє звести до мінімуму малопродуктивну ручну працю, відкриває можливість для створення заводів-автоматів. Впровадження сучасної техніки автоматизації хімічних виробництв, підвищення ефективності її використання можливі лише за участю висококваліфікованого персоналу, що експлуатує автоматичні і автоматизовані системи управління, що володіє технічною базою автоматизації, основними розробками і проектуванням автоматичних і автоматизованих систем управління технологічними процесами в різних сферах хімічної промисловості. Метою автоматизації є підвищення ефективності праці, поліпшення якості продукції, що випускається, створення умов для оптимального використання всіх ресурсів виробництва. В умовах науково-технічного прогресу автоматизація є однією з його рушійних сил. Вона істотно впливає на вдосконалення технологій, автоматизацію виробничих процесів, забезпечує умови для створення більш складних високопродуктивних процесів, які без автоматизації розробити і реалізувати неможливо. Тому до чинників підвищення економічної ефективності можна віднести: підвищення якості продукції, зменшення витрат сировини, скорочення відходів виробництва. Таким чином, автоматизація сприяє інтенсифікації хімічних виробництв, дає суттєвий економічний ефект.

1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДВООКИСУ ТИТАНУ

Даний розділ розкриває область застосування і значимість виробленого продукту, його технологію виробництва в цілому, а також описує технологію відділення чорної фільтрації, так як воно є значущим етапом у виробництві і потребує модернізації, як системи управління, так і технології в цілому для досягнення найкращих технологічних і економічних результатів. Також розкривається постановка задач проектування: систем управління, зміна методики ведення технологічного процесу.

1.1 Пігментний двоокис титану

Лакофарбові покриття мають велике значення в машинобудуванні і будівництві. Лакофарбові покриття слід розглядати як невід'ємну складову частину кожної машини, кожної споруди. Із загальної суми витрат на фарбування (включаючи підготовку поверхні) в промисловості і будівництві не менше 70% припадає на частку витрат, пов'язаних з нанесенням покриття, і не більше 30% - на частку вартості самих лакофарбових матеріалів. У складі самої фарби найбільш дорогою частиною є плівкоутворююча речовина. На частку пігменту відводиться не більше 30% вартості фарби. Таким чином, витрати на придбання пігмента складають менше 10% загальної вартості забарвлення. Тим часом властивості пігменту в значній мірі визначають термін служби лакофарбового покриття. Нерідко заміна менш стійкого пігменту більш стійким дозволяє продовжити термін служби покриття в 2-3 рази. Тому властивості пігменту чинять вирішальний вплив на економіку лакофарбової промисловості, і навіть складні і дорогі способи виготовлення пігментів виявляються економічно доцільними, якщо вони помітно підвищують термін служби покриттів. Лакофарбова промисловість випускає фарби різних кольорів і відтінків, але найбільш поширені покриття світлих відтінків: блакитні, бежеві, рожеві, світло-

зелені і т.п. Такі фарби виготовляють із суміші пігментів, причому до 80% цієї суміші доводиться на частку білих пігментів. Отже, білий пігмент необхідний не тільки для білих, а й для всіх фарб світлих відтінків. З числа білих пігментів найбільше значення має двоокис титану, що відрізняється високою інтенсивністю, гарною покривістістю, сумісністю з будь-якими синтетичними плівкоутворювачами, атмосферостійкістю і іншими цінними, властивостями. У 1965 р в США із загального випуску двоокису титану 520 000 т лакофарбової промисловістю було використано 58%.

Висока термостійкість, дисперсність і хімічна інертність двоокису титану, особливо рутильної форми, забезпечили широке її застосування в промисловості пластичних мас. У 1965-1967 рр. в США на виробництво пластичних мас, лінолеуму і штучного волокна витрачалося близько 15% загального випуску двоокису титану. Двоокис титану є незамінним мінеральним продуктом для матування перлона і віскозного шовку. Для цієї мети застосовують спеціальні сорти двоокису титану, що не містять частинок більше 1 мк і не коагулюють в віскозному розчині. Великими споживачами двоокису титану є також паперова промисловість, в якій в 1965 р було використано до 14% продукції, що випускається в США двоокису титану для виробництва вищих сортів білого паперу, і гумова промисловість (5%). Двоокис титану служить також важливою нешкідливою складовою частиною пудри, кремів та інших косметичних продуктів.

1.2 Опис технологічної схеми виробництва

У діючих і споруджуваних цехах з виробництва двоокису титану в СНД і на більшості діючих заводів за кордоном все ще застосовується сірчаноокислотний спосіб переробки ільменітового концентрату, принципова схема якого наведена нижче. Спосіб полягає в розкладанні ільменітового концентрату міцної сірчаної кислотою, вилуговування отриманої суміші

сульфатів човна з ліпною водою, відновлення тривалентного заліза в двовалентне, очищення розчину від механічних суспензій, виділення з розчину частини залізного купоросу кристалізацією і центрифугуванням його. Розчин упарюється під вакуумом, проводиться гідроліз сульфату титану, в результаті якого з розчину випадає білий осад гідроокисів титану, так звана метатитанова кислота. Операції, що передують гідролізу, здійснюються однаково при отриманні як анатазної, так і рутильної форми двоокису титану. Режим гідролізу і властивості добавок, що вводяться, в значній мірі визначають кристалічну будову двоокису титану. Має значення і режим прожарювання. Осад метатитанової кислоти відокремлюється від маточного розчину, який носить назву «гідролізна кислота», ретельно промивається хімічно очищеною і слабо підкисленою водою. Після введення добавок (фосфорна, вольфрамова кислоти та ін.) метатитанова кислота, призначена для випуску двоокису титану анатазної форми, прожарюється при 900°C , а при отриманні двоокису титану рутильної форми і введенні рутилізуючих зародків - при 850°C . Далі двоокис титану піддається поверхневій обробці, характер якої залежить від необхідних властивостей двоокису титану, що випускається. Принципова схема виробництва двоокису титану приведена на рисунку 1.1.

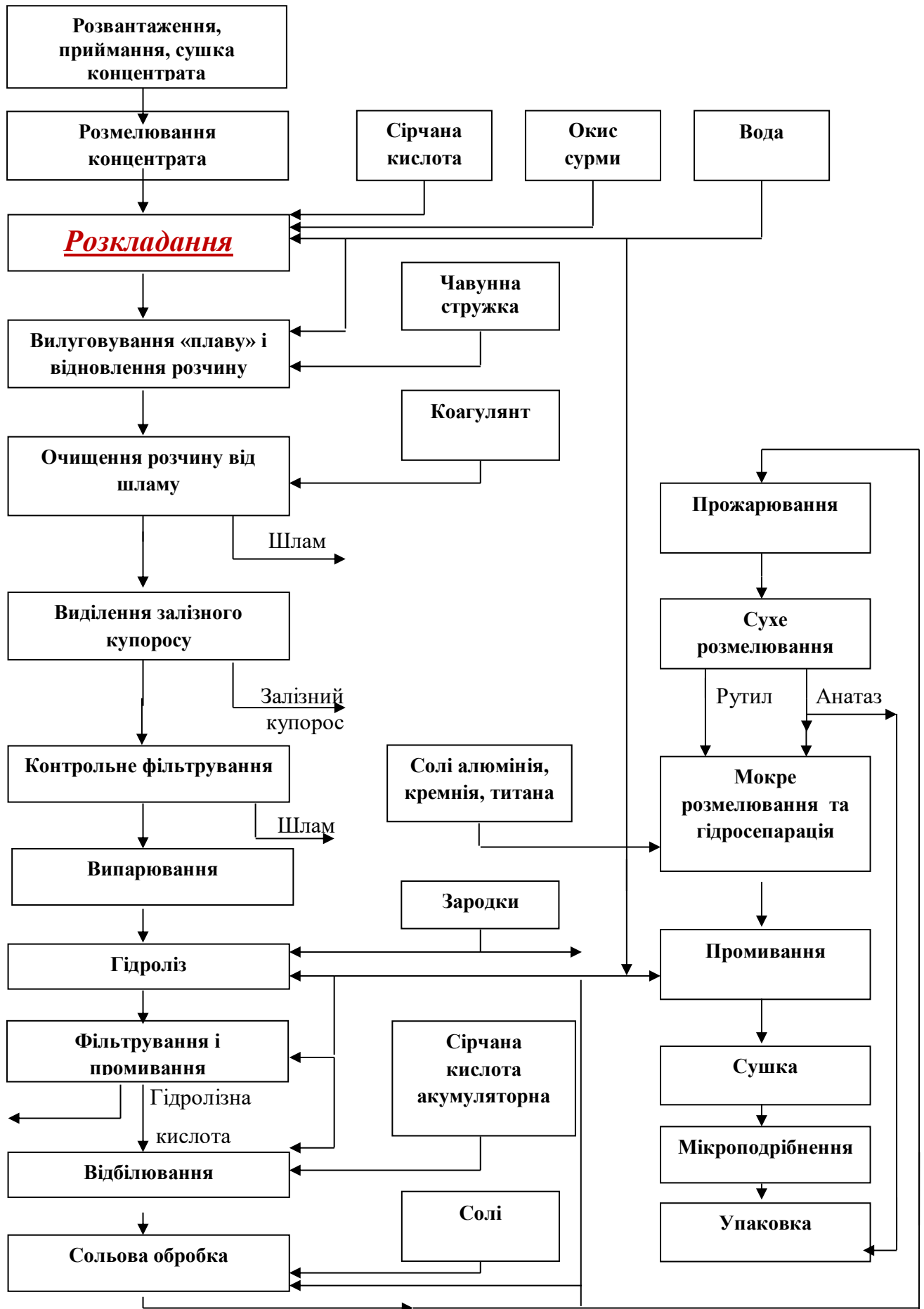


Рисунок 1.1 - Принципова схема виробництва двоокису титану

2 ПРИЗНАЧЕННЯ І ЦІЛІ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ

Основним завданням побудови АСУ ТП «Розкладання» є розробка та впровадження заходів, спрямованих на підвищення стабільності операцій процесу розкладання і підвищення продуктивності ділянки розкладання.

Метою створення автоматизованої системи управління технологічним процесом є отримання економічного ефекту за рахунок:

- стабілізації складу пульпи, що подається на відновлення;
- заміни морально і фізично застарілих існуючих засобів автоматизації;
- збільшення кількості автоматично контрольованих і регульованих параметрів;
- підвищення технологічної дисципліни за рахунок постійного контролю за послідовністю виконання технологічних операцій;
- аналізу виникаючих ситуацій і своєчасне прийняття рішень;
- підвищення професійної підготовки технологічного персоналу.

Автоматизована системи управління технологічним процесом - АСУ ТП «Розкладання» призначена для автоматичного управління параметрами процесу розкладання ільменітового концентрату згідно заданої технологічної режимної карти:

- продування реактора повітрям;
- дозування сірчаної кислоти;
- дозування ільменіту;
- перемішування;
- дозування штовхаючої води;
- підігрів суміші;
- основна реакція;
- продування плаву;
- визрівання;
- охолодження плаву;

- дозування кислого розчину;
- дозування гарячої води;
- вилуговування;
- автоматичної реєстрації параметрів, що контролюються, дій оператора і подій з метою їх подальшого аналізу;
- організація обліку витрат сировини;
- поліпшення умов роботи обслуговуючого персоналу.

3 НЕДОЛІКИ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДІЛЯНКОЮ РОЗКЛАДАННЯ

3.1 Аналіз роботи відділення розкладання

Виконаний на підставі даних зібраних в період його обстеження.

У роботі відділення є наступні недоліки:

- виконавчі механізми не мають «зворотного зв'язку» з системою управління, що призводить до порушення послідовності операцій при завантаженні компонентів в реактор;
- великий вплив «людського фактора». Мають місце помилки оператора в порядку проведення технологічних операцій; на мірниках сірчаної кислоти та ільменіту встановлені тензодатчики, що мають низьку точність і великий фізичний знос. Недостатньо точно витримується співвідношення сірчана кислота / ільменіт;
- не оптимальний режим вилуговування плаву. Відсутня схема приготування і дозування кислоти води; відсутній контроль дозування води в реактори розкладання; недостатня стабільність складу пульпи після кожного розкладання.

3.2 Статистичний аналіз стабільності показників складу пульпи

Для стадії розкладання ільменітового концентрату показником, який визначає технологічну ефективність впровадження АСУТП, прийнята стабілізація групи параметрів технологічного процесу. В якості групи технологічних параметрів використовуються показники складу пульпи після розкладання. Статистична оцінка стабільності групи технологічних параметрів проводиться по діаграмі Парето. Методи розрахунку діаграми відображені в основних положеннях стандартів ISO-9001 та СТП підприємства.

До переліку параметрів для оцінки стабільності складу пульпи в системі управління АСУТП «Розкладання» включені наступні показники:

- коефіцієнт виходу;
- кислотний фактор;
- щільність пульпи.

В якості базових значень прийняті показники складу пульпи за червень 2019 року. Показники складу пульпи наведені. Визначення значень параметрів проводиться цеховою лабораторією згідно з графіком аналітичного контролю. Оцінка стану параметрів проводиться шляхом розрахунку наступних статистичних показників:

- середнє значення параметра в обсязі вибірки (μ);
- стандартне відхилення - середньоквадратичне відхилення параметра від його середнього значення (S);
- % відхилень від норм технологічного режиму;
- діаграма Парето - інтегральна оцінка стабільності технологічного процесу по вище перерахованих показниках.

Для розрахунку % відхилень від норм технологічного режиму для кожного параметра були задані (умовно) нижня і верхня межі НТР з серединою, що дорівнює середньому значенню параметра μ .

Діаграма Парето розраховується з умови, що кількість замірів для всіх параметрів повинна бути однаковою. Кількість замірів для кожного параметра прийнято рівним 133.

Виходячи з рівної для всіх кількості вимірів, розраховувалося, скільки параметр мав би порушень при кількості вимірів, рівній 133:

$$m_p = 133 \times m_i/n_i,$$

де m_i - кількість відхилень від НТР, m_p приведена кількість відхилень і параметра. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Відхилення від НТР

№	Найменування параметра в складі пульпи	Кількість замірів (n)	Серед. значення (μ)	Серед. квадратичне відхилення (S)	Норми режиму		Кільк. відхил. від НТР (m_i)	Приведене відхил. (m_p)	Доля в діаграмі Парето P(%)
					Ниж. границя	Верх. границя			
1	Коефіцієнт (Квих., %)	133	94.95	1.75	94.2	95.7	57	57	47.1
2	Кислотний фактор	133	0.74	0.0492	0.69	0.79	25	25	20.6
3	Щільність г/см ³	133	1.535	0.0122	1.525	1.545	39	39	32.3
Сума		399							100
Всього наведених відхилень								121	

Загальна кількість наведених порушень склала 121. Частка порушень параметра в діаграмі Парето розраховувалась як

$$P = T_p \times 100/121.$$

У діаграмі Парето параметри розташовуються у напрямку зниження їх частки в загальній кількості порушень. Діаграма будується з наростаючим підсумком. Подальша точка є сумою % відхилень всіх попередніх. На рис. 3.1 показана діаграма Парето для базових значень складу пульпи.

Гістограма показує частку, яку вносить кожен параметр в загальну нестабільність складу пульпи.

Після впровадження АСУТП «Розкладання» діаграма будується повторно. Для розрахунку можуть бути обрані інші границі НТР, але з попередньою величиною діапазону. Залишається тим самим кількість замірів для кожного параметра (133) показання вимірів наведені в таблицях 3.2, 3.3 і 3.4, а сума наведених відхилень (121). Розрахунок повторюється для того ж набору параметрів. Зниження (від 100%) інтегральної складової є критерієм визначення ступеня ефективності впровадження АСУТП «Розкладання».

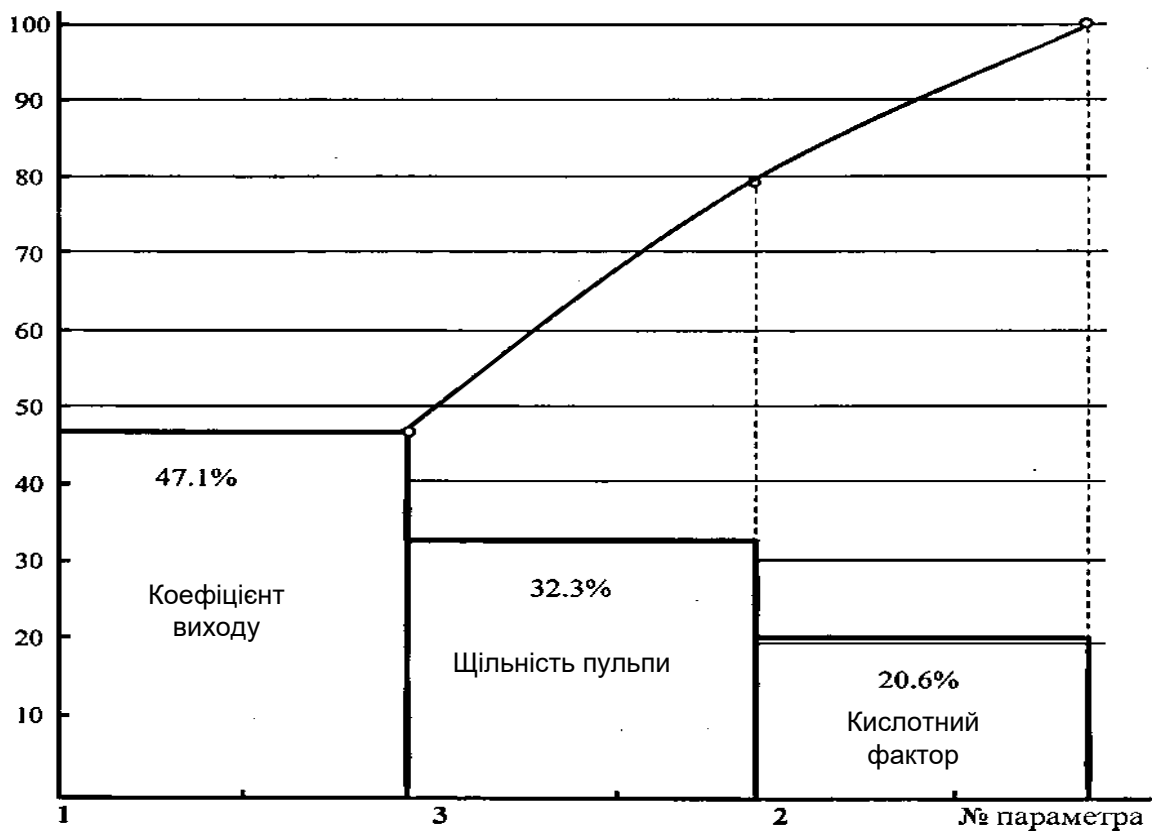


Рисунок 3.1- Діаграма Парето вихідного стану стабільності складу пульпи

Таблиця 3.2-Коефіцієнт виходу за червень 2019 р

93,7	95	95,6	95,7	
94,9	96,5	93,2	95,4	
95	95,7	91	94,5	
95,8	95	93,6	95,9	
93,7	82,8	92,1	95,6	
96	95,3	92,8	96,2	
93,2	95	94,6	94	
92,7	95,3	95,6	94,7	
93,5	93,9	83,9	94,9	
93,8	95,3	94,5	90,9	
93,5	95	96,2	94,5	
95,6	95,5	95,7	93,8	
93,2	94	95,6	94,8	
95,9	95,8	95,3		
95,5	94,8	95,1		
96,2	95,1	95,3		
95,6	95,3	96,1		
95,6	95,9	95,6		
95	95,9	95,4		
96	96,1	96,6		
95,6	93,7	94,5		
95,8	95,1	95,5		
95,6	95,5	95,2		
95,6	95,3	96,7		
95,7	95,1	98		
96,6	94,9	95,1		
96,1	96,2	93,5		
95,5	94,9	95,3		
95	96	95,9		
96,1	95,2	95,9		
95	95,2	95,7		
95,6	95	95,3		
94,4	97,2	96		
96	96	95,5		
94,9	95,7	96,3		
96,5	96,5	97,1		
95,3	95,2	95,6		
95,4	94,8	95,7		
93,7	95,6	95,2		
97	96,6	94,4		
95,145	95,0725	94,905	94,68462	94,9517
1,060225	2,111505	2,211734	1,349596	1,7532

Середнє значення 94,95

Середньо квадратичне відхилення 1,753

Кількість замірів 133

Границі НТР 94,2-95,7

Кількість відхилень від НТР 57%

% відхилень від НТР 42,8

Таблиця 3.3-Кислотний фактор за липень 2019

0,71	0,79	0,74	0,74	
0,77	0,7	0,55	0,72	
0,79	0,72	0,82	0,73	
0,73	0,75	0,7	0,78	
0,8	0,76	0,71	0,7	
0,72	0,72	0,74	0,75	
0,71	0,71	0,75	0,67	
0,87	0,7	0,64	0,76	
0,68	0,72	0,77	0,71	
0,79	0,73	0,7	0,77	
0,74	0,69	0,7	0,76	
0,75	0,82	0,72	0,78	
0,73	0,83	0,73	0,76	
0,77	0,76	0,72		
0,76	0,77	0,76		
0,73	0,75	0,77		
0,79	0,73	0,75		
0,75	0,44	0,73		
0,68	0,76	0,8		
0,76	0,78	0,84		
0,72	0,71	0,74		
0,79	0,73	0,79		
0,74	0,71	0,71		
0,69	0,75	0,72		
0,74	0,8	0,67		
0,7	0,68	0,81		
0,72	0,72	0,76		
0,76	0,77	0,85		
0,72	0,75	0,75		
0,7	0,72	0,76		
0,73	0,7	0,68		
0,73	0,74	0,83		
0,69	0,68	0,73		
0,68	0,78	0,72		
0,77	0,74	0,63		
0,73	0,72	0,84		
0,8	0,75	0,7		
0,7	0,72	0,75		
0,74	0,75	0,73		
0,74	0,73	0,76		
0,7405	0,732	0,73925	0,740	0,73813
00,040125	0,058887	0,059545	0,033	0,049323

Середнє значення 0,74

Середньо квадратичне відхилення 0,0492

Кількість замірів 133

Границі НТР 0,69-0,79

Кількість відхилень від НТР 25%

% відхилень від НТР 18,70%

Таблиця 3.4- Щільність пульпи за червень 2019 р

0,71	0,79	0,74	0,74	
0,77	0,7	0,55	0,72	
0,79	0,72	0,82	0,73	
0,73	0,75	0,7	0,78	
0,8	0,76	0,71	0,7	
0,72	0,72	0,74	0,75	
0,71	0,71	0,75	0,67	
0,87	0,7	0,64	0,76	
0,68	0,72	0,77	0,71	
0,79	0,73	0,7	0,77	
0,74	0,69	0,7	0,76	
0,75	0,82	0,72	0,78	
0,73	0,83	0,73	0,76	
0,77	0,76	0,72		
0,76	0,77	0,76		
0,73	0,75	0,77		
0,79	0,73	0,75		
0,75	0,44	0,73		
0,68	0,76	0,8		
0,76	0,78	0,84		
0,72	0,71	0,74		
0,79	0,73	0,79		
0,74	0,71	0,71		
0,69	0,75	0,72		
0,74	0,8	0,67		
0,7	0,68	0,81		
0,72	0,72	0,76		
0,76	0,77	0,85		
0,72	0,75	0,75		
0,7	0,72	0,76		
0,73	0,7	0,68		
0,73	0,74	0,83		
0,69	0,68	0,73		
0,68	0,78	0,72		
0,77	0,74	0,63		
0,73	0,72	0,84		
0,8	0,75	0,7		
0,7	0,72	0,75		
0,74	0,75	0,73		
0,74	0,73	0,76		
0,7405	0,732	0,73925	0,740	0,73813
00,040125	0,058887	0,059545	0,033	0,049323

Середнє значення 1,535

Середньо квадратичне відхилення 0,0122

Кількість замірів 133

Границі НТР 1,525-1,545

Кількість відхилень від НТР 39%

% відхилень від НТР 29,30%

4 АСУ ВІДДІЛЕННЯ РОЗКЛАДАННЯ НА БАЗІ КОНТРОЛЕРА SIMENS S7-300

4.1 Вимоги до системи в цілому

Для створення АСУ вибираємо контролер Simatic S7-300 фірми Siemens. Структурна система КТЗ. При проектуванні комплексу технічних засобів (КТЗ) автоматизованої системи управління АСУ ТП «Розкладання» використовували такі вихідні дані:

- платформа автоматизації - Simatic S7-300 фірми Siemens;
- архітектура вводу\виводу - централізована; аналогові входи -4 .. .20мА;
- аналогові виходи -4 .. .20мА;
- дискретні входи - сухі контакти датчиків положення і реле, живлення 24В постійного струму;
- дискретні виходи - сухі контакти контролера, живлення 24В постійного струму.

До складу КТЗ АСУ ТП «Розкладання» (Додаток А) входять:

- дві операторські станції - це ЕОМ звичайного виконання, призначена для організації збору, обробки та зберігання інформації;
- контролерна станція - будується на базі програмованих контролерів Simatic S7-300;
- мнемосхема - панель з умовним зображенням керованого об'єкта, яка наочно показує стан об'єкта та хід виробничого процесу за допомогою індикаторів; датчики, перетворювачі і виконавчі механізми.

4.2 Вимоги до функцій, що виконується системою

Режим функціонування АСУ ТП - цілодобовий, безперервний. АСУ ТП повинна забезпечувати наступні режими управління:

- «автоматичний» - АСУ ТП підтримує задану програму без втручання людини;
- «дистанційний» - керування здійснюється з пульта оператора;
- «місцевий» - управління проводиться за допомогою апаратури управління, розташованої безпосередньо поблизу обладнання.

АСУ ТП повинна забезпечувати виконання таких функцій:

- контроль параметрів;
- управління виконавчими механізмами;
- збір і первинна обробка інформації; розрахунок вторинних параметрів;
- реєстрація контрольованих параметрів;
- відображення контрольованих і розрахункових параметрів; ведення аварійних протоколів;
- контроль справності обладнання і каналів зв'язку;
- підготовка звітів.

4.3 Вимоги до видів забезпечення

4.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення

В основу інформаційного забезпечення АСУ ТП покладено принцип збору і первинної обробки інформації:

- отримання сигналів;
- перетворення сигналів;
- запис інформації в оперативну базу.

Сигнали приймаються від датчиків і перетворювачів з уніфікованим вихідним сигналом постійного струму 4...20 мА, датчиків дискретних сигналів типу «сухий контакт».

Опитування датчиків здійснюється не рідше одного разу в секунду. Інформація, що виводиться, відображається в наступних основних форматах:

- таблиці;
- графіки;
- мнемосхеми.

При відображенні поточних значень параметрів індикуються:

- найменування параметру;
- значення параметру.

При відображенні архівних значень індикуються:

- найменування параметра;
- значення параметру;
- час реєстрації.

При виході значень контрольованих параметрів за допустимі межі, невідповідність стану технічних засобів виданій команді та інших позаштатних ситуаціях виводиться відповідне інформаційне повідомлення, яке супроводжується звуковою та світловою сигналізацією.

АСУ ТП забезпечує підготовку звітів в заданому форматі.

Перелік і формати звітів визначаються на етапі розробки програмного забезпечення. Друк звітів здійснюється з використанням друкувальних пристроїв.

4.3.2 Вимоги до програмного забезпечення

Ефективність і якість розроблюваного програмного продукту багато в чому залежать від правильності обраних методів і засобів проектування та розробки програмного забезпечення. Якість проектування чинить вирішальний вплив на успіх проекту, тобто на продуктивність і надійність розроблюваного ПЗ.

Оснoву промислoвoгo програмнoгo забезпечення SIMATIC становить пакет STEP 7, щo працює під управлінням операційних систем Windows 2000\XP PROF.

В даний час найбільш ефективним засобом розробки ПЗ систем диспетчерського управління, збору і обробки інформації є так звані SCADA-системи (Supervisory Control And Data Acquisition). SCADA-система АСУ ТП «Розкладання» побудована на базі ліцензійного програмного продукту Rockwell Software RSVIEW 32 на 1500 тегів.

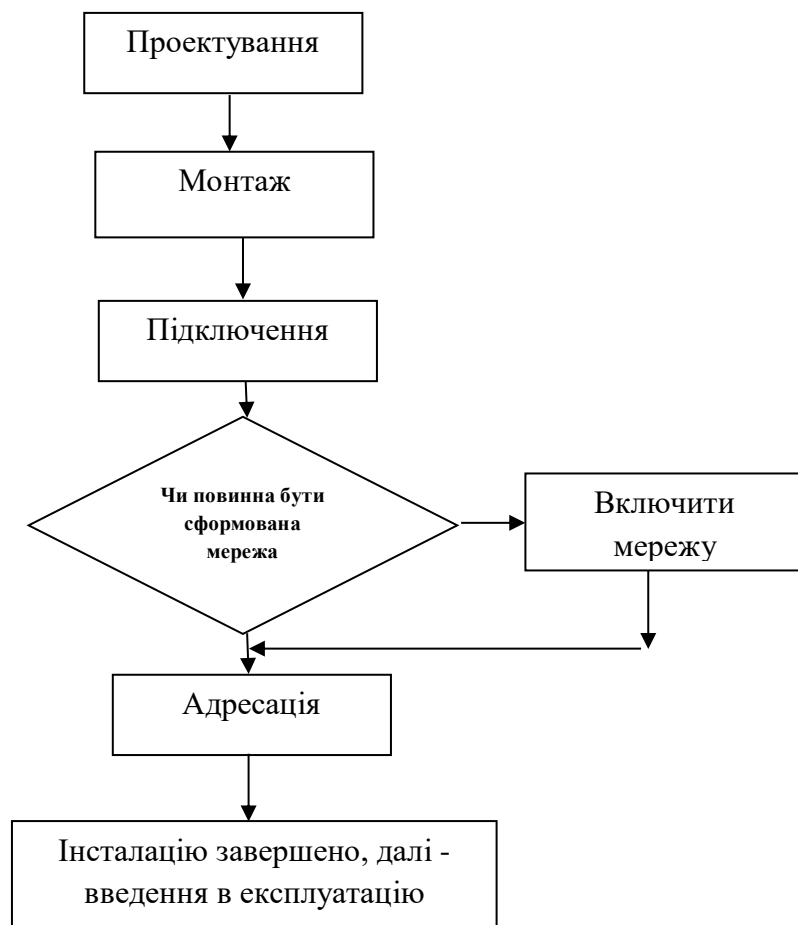


Рисунок 4.1-Алгоритм виконання програми

Основою АСУ ТП є промислове програмне забезпечення SIMATIC, щo є основою для розробки всіх систем автоматичного управління, створених на базі виробів SIMATIC. Це програмне забезпечення надає користувачеві повний комплект інструментальних засобів, необхідних для всіх етапів розробки та

експлуатації системи управління. Всі дані проекту зберігаються в єдиній базі даних. Вони можуть виводитися тільки один раз, після чого стають доступними для всіх програмних компонентів. Управління всіма інструментальними засобами і компонентами здійснюється централізовано. ПЗ забезпечує доступ (через пароль) з операторської станції до всіх параметрів налаштування регуляторів, часовим вставкам, а також можливості коригування. Замовнику передаються всі паролі після проведення навчання.

Блок програми, написаної на мові SCADA наведено в додатку А, а додаткові і спеціальні команди в таблиці 4.1.

4.3.3 Вимоги до технічного забезпечення

На підставі переліку аналогових, дискретних вхідних-вихідних параметрів і функцій, реалізованих системою, складається:

- перелік вимірювальних каналів;
- перелік керуючих і обчислювальних каналів;
- склад контролерної станції;
- склад операторської станції;
- вимоги до точності вимірювальних каналів;
- вимоги до сумісності технічних засобів. Перелік дискретних і аналогових параметрів перераховані в таблицях 4.2 і 4.3

Таблиця 4.1 Додаткові і спеціальні команди програмування

	Addresses	Symbol	Symbol comment
1	Q 8.0	"Agitator"	Запускає мішалку
2	Q 8.3	"Agitator_fault"	Лампа «електродвигун мішалки несправний»
3	Q 8.4	"Agitator_maint"	Лампа «ремонт електродвигуна мішалки»
4	Q 8.2	"Agitator_off"	Лампа «мішалка не працює»
5	Q 8.1	"Agitator_on"	Лампа «мішалка працює»
6	I 1.0	"Agitator_running"	Відповідний сигнал електродвигуна мішалки
7	I 1.1	"flow_A"	Інгредієнт А надходить
8	I 1.2	"Flow_B"	Інгредієнт В надходить
9	C 1	"counter"	
10	Q 9.5	"Drain"	Запускає випускний вентиль
11	I 0.7		
12	Q 9.7	"Drain_closed_disp"	Лампа «випускний вентиль закритий»
13	I 0.6		
14	Q 9.6	"Drain_open_disp"	Лампа «випускний вентиль відкритий»
15	I 1.6		
16	Q 4.4	"Feed_pump_A"	Включає живильний насос для інгредієнта А
17	Q 4.5	"Feed_pump_A_fault"	Лампа «живильний насос А несправний»
18	Q 4.6	"Feed_pump_A_maint"	Лампа «ремонт живильного насоса А»
19	Q 4.3	"Feed_pump_A_off"	Лампа «живильний насос інгредієнта А не працює»
20	Q 4.2	"Feed_pump_A_on"	Лампа «живильний насос інгредієнта А працює»
21	I 0.0		
22	I 0.1		
23	Q 5.4	"Feed_pump_B"	Включає живильний насос для інгредієнта В
24	Q 5.5	"Feed_pump_B_fault"	Лампа «живильний насос В несправний»
25	Q 5.6	"Feed_pump_B_maint"	Лампа «ремонт живильного насоса В»
26	Q 5.3	"Feed_pump_B_off"	Лампа «живильний насос інгредієнта В не працює»
27	Q 5.2	"Feed_pump_B_on"	Лампа «живильний насос інгредієнта В працює»
28	I 0.3		
29	I 0.4		
30	Q 4.1	"Feed_valve_A"	Включає живильний вентиль для інгредієнта А
31	Q 5.1	"Feed_valve_B"	Включає живильний вентиль для інгредієнта В

Таблиця 4.2 - Перелік аналогових параметрів відділення розкладання АСУ ТП

№ п/п	Шифр КВП	Повне найменування	Од. вим.	Шкала		НТР		Сигналізація.		Точ. вим.	Тип сигналу	Примітка
				НГ	ВГ	НГ	ВГ	min	max			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вузол підготовки ільменіту												
1д	WiwSI1	Маса ільменіту в мірнику SI1	т	0	40	2	30			0.5 %	4-20mA	Тензодатчики НВМ, блок перетворення БПТ-2
2д	WmiSI2	Маса ільменіту в мірнику SI2	т	0	40	2	30			0.5 %	4-20mA	
3	IET1	Струмове навантаження елеватора ЕТ-1	А	0	30	0	20			1.0 %	4-20mA	перетворювач змінного струму ПНС-3
4	1ЕД3	Струмове навантаження шлюзовика ЕД-3	А	0	10	0	7			1.0 %	4-20mA	
5	IET2	Струмове навантаження елеватора ЕТ-2	А	0	30	0	20			1.0 %	4-20mA	
6	1ЕД4	Струмове навантаження шлюзовика ЕД-4	А	0	10	0	7			1.0 %	4-20mA	
Вузол підготовки сірчаної кислоти												
7	LCK5	Рівень сірчаної кислоти в сховищі №5	%	0	100	30	90			0.5 %	4-20mA	ультразвуковий рівнемір Probe LU
8	LCK6	Рівень сірчаної кислоти в сховищі №6	%	0	100	30	90			0.5 %	4-20mA	
9	WCK	Маса кислоти	т	0	60	5	55					Витратомір Кориоліса (протокол обміну Profibus DP)
	DCK	Щільність кислоти	г/см ³	1.83	1.88	1.84	1.86					
	Тек	Температура кислоти	°C	0	100	20	40					
10р	TCKF1	Температура кислоти після F1	°C	0	100	20	60			0.5 %	4-20mA	перетворювач температури ТП2088 (ТХК), перетворювач БПТ-22;заслінка Inter App с пневмопозиціонером
Вузол підготовки штовхоючої води												
11д	LTBSR2	Рівень води в мірнику SR2	%	0	100	20	80			0.5 %	4-20mA	ультразвуковий рівнемір Probe LU
12д	LTBSR3	Рівень води в мірнику SR3	%	0	100	20	80			0.5 %	4-20mA	
Вузол підготовки кислої води												
13д	LKBSR9\1	Рівень кислої води в SR9U003	%	0	100	20	80			0.5 %	4-20mA	ультразвуковий рівнемір Probe LU
14	TKBSR9\1	Температура кислої води в SR9U003	°C	0	100	30	60			0.5 %	4-20mA	перетворювач температури ТП2088 (ТХК), перетворювач БПТ-22
Вузол підготовки гарячої води												
15д	LreSR4	Рівень гарячої води в SR4	%	0	100	20	80			0.5 %	4-20mA	ультразвуковий рівнемір Probe LU

Продовження таблиці 4.2

16д	ТгвSR4	Температура гарячої води в SR4	°C	0	100	40	60			05	4-	перетворювач температури ТП2088 (ТХК), перетворювач БПТ-22
17р	FB3A1	Витрата повітря в реактор А1	м³/ч	0	320	0	320			2.0	4-	перетворювач різниці тисків PR-28, заслінка Inter App з пневмопозиціонером
18р	FB3A2	Витрата повітря в реактор А2	м³/ч	0	320	0	320			2.0	4-	
19р	FB3A3	Витрата повітря в реактор А3	м³/ч	0	320	0	320			2.0	4-	
20р	FB3A4	Витрата повітря в реактор А4	м³/ч	0	320	0	320			2.0	4-	
21	РвзА1	Тиск повітря в реактор А1	МПа	0	0.4	0	0.3			0.3	4-	перетворювач тиску PC-28
22	РвзА2	Тиск повітря в реактор А2	МПа	0	0.4	0	0.3			0.5	4-	
23	РвзА3	Тиск повітря в реактор А3	МПа	0	0.4	0	0.3			0.5	4-	
24	РвзА4	Тиск повітря в реактор А4	МПа	0	0.4	0	0.3			0.5	4-	
25д	ТрА1	Температура розчину в реакторі А1	°C	0	250	20	190			0.5	4-	перетворювач температури ТП2088 (ТХК), перетворювач БПТ-22
26д	ТрА2	Температура розчину в реакторі А2	°C	0	250	20	190			0.3	4-	
27д	ТрА3	Температура розчину в реакторі А3	°C	0	250	20	190			0.5	4-	
28д	ТрА4	Температура розчину в реакторі А4	°C	0	250	20	190			0.3	4-	
29	Fск	Витрата сірчаної кислоти в сховище №5-6	м³/ч	0	80	0	60			1.0	4-	Індукційний витратомір Sitrans
30	FB31	Витрата повітря в 1-е відділення	м³/ч	0	125	200	900			2.0	4-	перетворювач різниці тисків PR-28
31	Рвз1	Тиск повітря в 1-е відділення	МПа	0	0.6	0.4	0.5			0.3	4-	
32	Твз1	Температура повітря в 1-е відділення	°C	-50	50	10	25			0.5	4-	перетворювач температури ТП2088 (ТХК), перетворювач БПТ-22
		Примітка:										
		р- регулювання аналогове										
		д- регулювання дискретне										

Таблиця 4.3 - Перелік дискретних параметрів відділення розкладання

№ П/П	Шифр	Повне найменування	Управл.	Сигналіз.		Тип сигналу	Примітка
				min	max		
1	2	3	4	5	6	7	8
Вузол підготовки ільменіту							
1	LmaxSI1	Максимальний рівень в бункері SI1			+	24В	вібраційний сигналізатор RCM-410-3
2	LmaxSI2	Максимальний рівень в бункері SI2			+	24В	вібраційний сигналізатор RCM-410-3
3	ET1	Управління роботою елеватора ET-1	так				
4	ED3	Управління роботою шлюзовіка ED-3	так				
5	ET2	Управління роботою елеватора ET-2	так				
6	ED4	Управління роботою шлюзовіка ED-4	так				
7	WилA1	Дозування ільменіту в реактор A1	так	+	+	24В	
8	WилA2	Дозування ільменіту в реактор A2	так	+	+	24В	Засувка шиберна з пневмоприводом
9	WилA3	Дозування ільменіту в реактор A3	так	+	+	24В	
10	WилA4	Дозування ільменіту в реактор A4	так	+	+	24В	
11	Wил	Продувка ільменіту в реактор A1	так				
12	WB3A2	Продувка ільменіту в реактор A2	так			24В	
13	WB3A3	Продувка ільменіту в реактор A3	так			24В	Клапан соленоїдний
14	WB3A4	Продувка ільменіту в реактор A4	так			24В	
Вузол підготовки сірчаної кислоти							
15	Lmax5	Максимальний рівень кислоти в сховищі №5		+	+	24В	сигналізатор рівні рідини DPZ-7R
16	Lmax6	Максимальний рівень кислоти в сховищі №6			+	24В	сигналізатор рівні рідини DPZ-2R
17	PC1	Управління роботою насоса PC1	так	+		24В	
18	PC2	Управління роботою насоса PC2	так	+	+	24В	
19	КоPC1/2	Відсікання всмоктування насоса PC1/2	так	+	+		
20	КоA	Відсікання дозування кислоти	так	+	+	24В	
21	WckA1	Дозування сірчаної кислоти в реактор A1	так	+	+	24В	заслінка Inter App с пневмоприводом
22	WckA2	Дозування сірчаної кислоти в реактор A2	так	+	+	24В	і кінцевими датчиками положення
23	WckA3	Дозування сірчаної кислоти в реактор A3	так	+	+	24В	електропневморозподілювачем
24	WckA4	Дозування сірчаної кислоти в реактор A4	так	+	+	24В	

Продовження таблиці 4.3

25	КоО	Відсікання дозування кислоти на вибілювання	так	+	+	24В	
Вузол підготовки штовхаючої води							
26	WbSR2	Заповнення водою мірника SR2	так	+	+	24В	заслінка Inter App з пневмоприводом, кінцевим датчиками положення, електропневморозподілювачем
27	WbSR3	Заповнення водою мірника SR3	так	+	+	24В	
28	WtвA1	Дозування штовхаючої води в реактор A1	так	+	+	24В	
29	WtвA2	Дозування штовхаючої води в реактор A2	так	+	+	24В	
30	WtвA3	Дозування штовхаючої води в реактор A3	так	+	+	24В	
31	WtвA4	Дозування штовхаючої води в реактор A4	так	+	+	24В	
Вузол підготовки кислої води							
32	WbSR9\1	Заповнення водою ємності SR9M003	так	+	+	24В	заслінка Inter App з пневмоприводом, кінцевим датчиками положення, електропневморозподілювачем
33	WckSR9\1	Заповнення кислотою ємності SR9M003	так	+	+	24В	
34	WbзSR9\1	Повітряне перемішування ємності SR9M003	так	+	+	24В	
35	WквSR9\1	Злив кислої води з SR9M003	так	+	+	24В	
36	WквA1	Дозування кислої води в реактор A1	так	+		24В	
37	WквA2	Дозування кислої води в реактор A2	так	+	+	24В	
38	WквA3	Дозування кислої води в реактор A3	так	+	+	24В	
39	WквA4	Дозування кислої води в реактор A4	так	+	+	24В	
Вузол підготовки гарячої води							
40	WbSR4	Заповнення водою SR4	так	+	+	24В	заслінка Inter App з пневмоприводом, кінцевим датчиками положення, електропневморозподілювачем
41	WкSR4	Заповнення конденсатом SR4	так	+	+	24В	
42	WнSR4	Нагрівання води в SR4	так	+	+	24В	
43	PC4	Управління роботою насоса PC4	так	+	+	24В	
44	КоPC4	Відсікання насоса PC4	так	+	+	24В	заслінка Inter App з пневмоприводом, кінцевим датчиками положення, електропневморозподілювачем

Продовження таблиці 4.3

45	WreA1	Дозування гарячої води в реактор А1	так	+	+	24В	
46	WreA2	Дозування гарячої води в реактор А2	так	+	+	24В	
47	WreA3	Дозування гарячої води в реактор А3	так	+	+	24В	
48	WreA4	Дозування гарячої води в реактор А4	так	+	+	24В	
Реактор розкладання							
49	WпA1	Нагрівання розчину в реакторі А1	так	+	+	24В	заслінка Inter App з пневмоприводом, кінцевим датчиками положення, електропневморозподілювачем
50	WпA2	Нагрівання розчину в реакторі А2	так		+	24В	
51	WпA3	Нагрівання розчину в реакторі А3	так			24В	
52	WпA4	Нагрівання розчину в реакторі А4	так	+	+	24В	
Звукова сигналізація							
53	Зв1	Звукова сигналізація 1	так			24В	
54	Зв2	Звукова сигналізація 2	так			24В	

4.3.4 Контролерна станція

Склад контролерної станції для побудови системи АСУ ТП «Розкладання» включає в себе наступні пристрої і модулі:

- центральний процесор - 6ES7315-2AG10-0ABO - 1шт;
- профільна шина - 6ES7390-1AE80-0AAO - 2шт;
- блок живлення - 6ES7307-1EA00-0AAO - 2шт;
- інтерфейсний модуль - 6ES7365-0BA0I-0AAO - 1 шт;
- модуль аналогового вводу - 6ES7331-1KF01-0ABO - 5шт;
- модуль аналогового виводу - 6ES7332-5HF00-0ABO - 1 шт;
- модуль дискретного вводу - 6ES7321-1BL00-0AAO - 3шт;
- модуль дискретного виводу - 6ES7322-1BL00-0AAO -3шт;
- карта пам'яті - 6ES7953-8LI11-0AAO - 1шт;
- фронтальний з'єднувач - 6ES7392-1AM00-0AAO - 12шт;
- комунікаційний процесор - 6GK1561-1AM01 - 1шт;
- комунікаційний процесор - 6GK1551-2AA00 - 1шт;

-з'єднувач для підключення до Profibus - 6ES7972-OBV12-OXAO - 3 шт;

- з'єднувальний кабель - 6XV 18300ET10 - 1 шт.

Основні технічні характеристики блоків контролера наведені в таблицях 4.4-4.10.

Таблиця 4.4 - Технічні характеристики центрального процесора
6ES7315-2AG 1 0-0ABO

Характеристика	Значення
Пам'ять	
Робоча пам'ять:	
• вбудована, RAM	128Кбайт
• розширення	Ні
Завантажувана пам'ять:	
• вбудована	Ні
• мікро карта пам'яті	До 8 Мбайт
Мінімальний час виконання:	
• логічних операцій	0.1 мкс
• операцій зі словами	0.2 мкс
• арифметичних операцій з фіксованою точкою	0.2 мкс
• арифметичних операцій з плаваючою точкою	6.0 мкс
Лічильники:	
S7- лічильники:	256
• Загальна кількість	Налаштовується: C0...C256
• з них зберігають стан при перебоях в живленні	
• числовий діапазон рахунку	1...999
Програмування:	
Мови програмування	STEP 7 V5.2 SP1, S7-SCL, S7-GRAPH
Структура програми	Лінійна, розгалужена
Годинник реального часу	+ -10с за добу
1-й вбудований інтерфейс	
Тип інтерфейсу	RS 485
Гальванічне розділення зовнішніх і внутрішніх кіл	Є
Струм споживання, не більше	200мА\=15...30 В
Функції:	
• MPI	Є
• PROFIBUS-DP	Ні
• ptp	Ні

Таблиця 4.5 - Технічні характеристики модулів аналогового вводу 6ES7331-
 ІКFOI –ОАВО

Характеристика	Значення
Загальні технічні дані	
Загальна кількість входів	8
• з них для вимірювання	8
Довжина екранованого кабелю, не більше	200м
Напруга, струми, потенціали	
Напруга живлення електроніки модуля	=5В, от внутрішньої шини
Захист від неправильної полярності напруги живлення	Ні
Гальванічне розділення:	
• між каналами і внутрішньою шиною	Є
• між каналами і колом	Ні
Похибки вимірювання	
Робоча похибка перетворення (У всьому температурному діапазоні, по відношенню до межі вимірювання):	+ -0.5%
• сигнали напруги	+ -0.5%
• сигнали сили струму	+ -0.5%
Дані для вибору датчиків	
Параметри вхідних сигналів:	+ -5В\2МОм, 1.. .5В\2МОм, + -10В
• датчики напруги	0.. .20мА\2500м, + -20мА\2500м,
• датчики сили струму	4.. .20мА\2500м

Таблиця 4.6 - Технічні характеристики модулів аналогового вводу 6ES7332-5HF00-0ABO

Характеристика	Значення
Загальні технічні дані	
Загальна кількість виходів	8
Довжина екранованого кабелю, що не більше	200м
Фронтальний з'єднувач	40-полюсний
Напруга, струми, потенціали	
Напруга живлення навантаження	=24В
• захист від неправильної полярності	Є

Таблиця 4.7- Технічні характеристики модулів дискретного вводу 6ES7321-1BL00- OAAO

Характеристика	Значення
Загальні технічні дані	
Кількість входів	32
Довжина кабелю, не більше	200м
• звичайного	600м
Фронтальний з'єднувач	1000м
Дані для вибору датчиків	
Вхідна напруга:	
• номінальне значення	=24В
• допустимий діапазон змінений	20.4...28.8 В
• високого рівня	13...30В
• низького рівня	-30...+5В

Операторська станція. Склад операторської станції для побудови системи АСУ ТП «Розкладання» включає в себе наступні пристрої:

- монітор - TFT панель 19 ";
- системний блок - системна плата Gigabyt на 915 чіпсеті з інтегрованим відео і мережевим контролером, жорсткий диск ємністю 80ГБ, ОЗУ 512 Мб, корпус в промисловому виконанні з системою фільтрів. Дод. Б.

Зовнішній вигляд CPU наведено на рисунку 4.2. Розміщення входів і виходів на CPU наведені на рисунку 4.3. Принципова схема вбудованої цифрової периферії CPU приведена на рисунку 4.4.

Таблиця 4.8- Технічні характеристики модулів дискретного виводу 6ES7322-1BL00-0AAO

Характеристика	Значення
Загальні технічні дані	
Кількість виходів	32
Довжина кабелю, не більше	200м
• звичайного	600м
• екранованого	1000м
Напруга, струми, потенціали	
Напруга живлення навантаження	
• номінальне значення	- 24В
• допустимий діапазон зміни	20.4...28.8В
• захист від неправильної полярності	Ні
Гальванічне розділення:	
• між виходами і внутрішньої шиною	Є
• між групами виходів	Є
Дані для вибору приводів	
Вихідна напруга логічної одиниці, не менше	L+-0.8В
Вихідний струм високого рівня:	
• номінальне значення	0.5А
• допустимий діапазон	0/5мА...0.6А

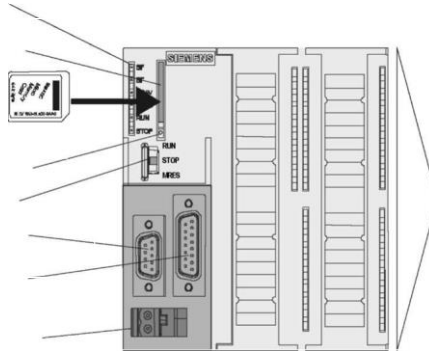


Рисунок 4.2-Елементи і структура

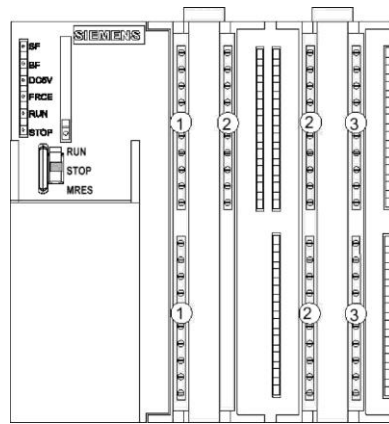


Рисунок 4.3-Вбудовані входи і виходи CPU

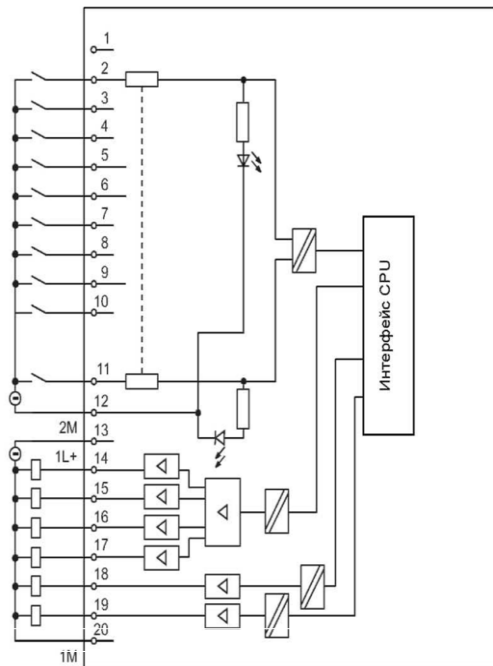


Рисунок 4.4-Принципова схема вбудованої цифрової периферії CPU

4.3.5 Вимога до організаційного забезпечення

Вимоги до структури та функцій підрозділів, що беруть участь і забезпечують експлуатацію системи управління:

- начальник цеху, на підставі даних, одержуваних від АСУ ТП, здійснює технічне та адміністративно-господарське керівництво;
- технолог цеху, начальник відділення на підставі результатів лабораторних аналізів оперативних даних, одержуваних від АСУ ТП, здійснює управління технологічним процесом через начальника зміни;
- начальник зміни, керуючись оперативними даними від АСУ ТП і даними цехової лабораторії, здійснює контроль над технологічним процесом протягом зміни, приймає рішення щодо його корегування;
- апаратники здійснюють контроль за ходом процесу і оперативне управління стадіями виробництва, введення в систему АСУ ТП даних аналітичного контролю;
- майстер КВП і А спільно з відділом АСУ здійснює керівництво ТО і РВ комплексу технічних засобів АСУ ТП відділення;
- енергетик цеху здійснює керівництво ТО і РВ електрообладнання, керованого АСУ ТП;
- механік цеху здійснює керівництво ТО і РВ технологічного обладнання, керованого АСУ ТП, в тому числі регулюючих механізмів;
- інженер-електронник здійснює поточний ремонт обчислювальної техніки АСУ ТП відповідно до інструкції по експлуатації.

4.3.6 Вимога до методичного забезпечення

У складі нормативно-технічної документації системи передбачити наступні інструкції:

- інструкція з експлуатації АСУ ТП для технологічного персоналу;
- інструкція з експлуатації програмно-технічного комплексу АСУ ТП і службами КВП і А і відділом АСУ.

4.4 Технічні засоби автоматики

Основні технічні характеристики датчиків, перетворювачів і виконавчих механізмів. Тензодатчики НВМ RTN 0.05I15T - клас точності 0.05%, робочий коефіцієнт передачі 2.85 mV/V, вхідний опір 4480 Ом, вихідний опір 4100 Ом, еталонна напруга живлення 5В, номінальна напруга живлення 5 .. 30 В, номінальний діапазон температур -10 ... + 40°C, робочий діапазон температур -40 ... + 80°C, ступінь захисту IP68.

Блок перетворення сигналів тензодатчиків БПТ-2 кількість незалежних каналів - один, напруга живлення датчика 10 В, робочий коефіцієнт передачі -0.8 .. 0.3 mV/V, початкове значення вхідного сигналу 0 mV, діапазон зміни вхідного сигналу 28.5В, діапазон вихідного сигналу 4 .. 20 мА, найбільша похибка перетворення + \ - 0.25%.

Ультразвуковий рівнемір Probe LU - діапазон виміру до 6 м, точність 6 мм, частота 54 кГц, діапазон вихідного сигналу 4 .. 20 мА, матеріал контактує з середовищем PVDF, робочий діапазон температур - 40...+ 80°C, ступінь захисту IP68.

Масовий витратомір - діаметр умовного проходу 80 мм, відносна похибка вимірювання маси 0.2 %, відносна похибка вимірювання щільності 1.0 %, відносна похибка вимірювання температури 1.0 %, протокол обміну Profibus DP, діапазон вихідного сигналу по витраті 4.. 20 мА, робочий діапазон температур - 50 ... + 180°C, ступінь захисту IP67.

Індукційний витратомір - діаметр умовного проходу 100 мм, фланцевого виконання, футерування PTFE, діапазон температур середовища вимірювання - 20 ... 100°C, діапазон вихідного сигналу 4...20 мА, напруга живлення перетворювача 220 В, відносна похибка вимірювання + \ -0.5 %, ступінь захисту IP65.

Перетворювач тиску Aplisens PC-28 - діапазон зміни вхідного сигналу 0...0.4МПа (0 .. 0.6 МПа), напруга живлення 12 .. 36 В постійного струму, діапазон температур середовища вимірювання -50...120°C, діапазон вихідного

сигналу 4...20 мА, відносна похибка вимірювання $\pm 0.25\%$, ступінь захисту IP65.

Перетворювач різниці тисків Aplisens PR-28 - діапазон зміни вхідного сигналу 0 ... 6.3 кПа (0 .. .25кПа), напруга живлення 12 .. .36 В постійного струму, діапазон температур середовища вимірювання -50... 120°C, діапазон вихідного сигналу 4 ...20 мА, приєднувальний пристрій для монтажу з вентиляним блоком, відносна похибка вимірювання $\pm 0.3\%$, ступінь захисту IP65.

Перетворювачі температури термоелектричні - статична характеристика ХК (L), діапазон вимірюваних температур -40 ...+ 600°C, матеріал захисної арматури 1 2 X 1 8Н 1 ОТ, матеріал головки АГ-4В, ступінь захисту IP54.

Блок перетворення сигналів термопар БПТ-22 – кількість незалежних каналів - два, схема підключення двопровідна, статична характеристика ХК (L), діапазон вимірюваних температур 0 ... 100°C (0 ... 250°C, 0 ... 50°C), діапазон вихідного сигналу 4 .. .20 мА, найбільша похибка перетворення $\pm 0.25\%$.

Перетворювач змінного струму ПНС-3 - діапазон зміни вхідного сигналу 0...5А, діапазон вихідного сигналу 4...20 мА, напруга живлення 220В, найбільша похибка перетворення $\pm 0.25\%$.

Сигналізатор рівня рідини DPZ-2R - чутливість - 7.5 кОм, здатність перемикачя - 8 А, 380 В, 2000 ВА, температура навколишнього середовища - 25...+ 50°C, матеріал електрода титан, ступінь захисту IP54.

Клапан дисковий поворотний Inter App - тиск до 166 атм., корпус чавун GGG40, диск Nalar (нерж. ст. 1.4408), ущільнення EPDM, температура робочого середовища до 130°C, в комплекті з пневмоприводом двосторонньої дії, блоком кінцевих вимикачів або позиціонером. Функціональна схема наведена.

Короткий опис алгоритмів технологічних операцій і опис алгоритмів допоміжних операцій наведені в таблиці 4.9. Перелік матеріалів і механічних робіт наведені в таблиці 4.10.

Таблиця 4.9 - Короткий опис алгоритмів технологічних операцій ділянки розкладання ільменіту. Опис алгоритмів допоміжних операцій

ШИФР АСУТП	Параметри, які беруть участь в операціях процесу	Найменування і опис алгоритму операції	Виконавчий механізм	Примітка
Приготування кислої води в ємності SR9 / 1003.				
Приготування кислої води проводиться дискретним регулятором LKBSR9 \ 1 у ручному або автоматичному режимах. Вибір режиму, введення завдання управління заслінками проводиться з панелі управління регулятора. Панель викликається з загального кадру ділянки розкладання або з групи регуляторів				
WBSR9\1 WB3SR9M WCK WCKSR9\1 LKB SR9\1	Дозування води в SR9/1003 Дозування технічного повітря в SR9/1003 Маса кислоти Дозування сірчаної кислоти в SR9 / 1003 Рівень кислої води в SR9 / 1003	Автоматичний режим. №1. Дозування води в SR9/1003. Відкриття клапана WBSR9\1 при виконанні умов: $LKBSR9\1 < LKBSR9\1_{min}$, клапан зливу WKBSR9\1 закритий. Закриття клапана WBSR9\1 при $LKBSR9\1 > LKBSR9\1_{Ha4} + ALKBSR9\1$. №2. Дозування сірчаної кислоти в SR9/1003. Пуск насоса PC 1,2 відкриття клапана відсічення KoPC1\2, відкриття клапана відсічення KoA, відкриття клапана дозування кислоти WCKSR9\1 при: клапана дозування кислоти в реактора WCKA1...A4 закриті, клапан дозування кислоти на вибілювання KoO закритий. Зупинка насоса PC 1,2 при WCK = WCKSR9\1 заданий. Після зупинки PC 1,2 закриття клапана відсічення KoPC1\2, закриття клапана відсічення KoA, закриття клапана дозування сірчаної кислоти WCKSR9\1. №3. Дозування технічного повітря в SR9/1003. Відкриття клапана повітря WB3SR9M при: клапан дозування кислоти WCKSR9\1 відкритий. Закриття клапана WB3SR9M автоматично через певний час ATWB3SR9\1. Під час виконання операцій №1,2,3 блокування команд на відкриття заслінки зливу WKBSR9\1. Кінець приготування і готовність дозування кислої води в реактори після закінчення часу AtWвзSR9\ . Ручний режим. Відкриття/закриття клапанів з панелі регулятора LkbSR9\1 операторської станції	Клапан на трубопроводі води в ємність SR9/1003 Клапан на трубопроводі кислоти в ємність SR9/1003. Клапан на трубопроводі повітря в ємність SR9/1003. Клапан зливу кислої води з ємності SR9/1003	LKBSR9\1 min задаються з панелі регулятора. Wск заданий - задається з панелі регулятора LKBSR9/1. Дублювання пуск/стоп PC 1,2 на пульті оператора. ATWB3SR9\1 задається на панелі регулятора LKBSR9\1. Дублювання відкр/закр заслінок на пульті оператора.

Продовження таблиці 4.9

<p>Заповнення мірника SI1 ільменітом</p> <p>Заповнення мірника ільменітом проводиться дискретним регулятором WtlSI1 в ручному або автоматичному режимах. Вибір режиму, введення завдання управління електроустаткуванням проводиться з панелі регулятора. Панель викликається з загального кадру ділянки розкладання або з групи регуляторів.</p>				
<p>WtlSI1 ET-1 ED-3 WtlA1 WtlA2</p>	<p>Маса ільменіту в мірнику SI1. Управління роботою елеватора ET-1. Управління роботою шлюзовика ED-3 Дозування ільменіту в реактор A1. Дозування ільменіту в реактор A2</p>	<p>Автоматичний режим. Включення елеватора ET-1. включення шлюзовика ED-1 при: шибєрні заслінки WtljA1, WtlA2 завантаження ільменіту в реактора закриті, маса ільменіту в мірнику WtlSI1 <WtlSI1min. Вимкнення шлюзовика ED-3, вимкнення елеватора ET-1 при WtlSI1 > WtlSI1max. Ручний режим. Пуск/стоп елеватора і шлюзовика з панелі управління регулятора WtlSI1 операторської станції.</p>	<p>Елеватор ET-1, шлюзовик ED-3</p>	<p>WtlSI1min WtlSI1max задається з панелі регулятора. Дублювання пуск/стоп елеватора і шлюзовика з пульта оператора.</p>
<p>Заповнення мірника SI2 ільменітом</p> <p>Заповнення мірника ільменітом проводиться дискретним регулятором WtlSI2 в ручному або автоматичному режимах. Вибір режиму, введення завдання управління електроустаткуванням проводиться з панелі регулятора. Панель викликається з загального кадру ділянки розкладання або з групи регуляторів.</p>				
<p>WtlSI2 ET-2 ED-4 WtlA4</p>	<p>Маса ільменіту в мірнику SI2. Управління роботою елеватора ET-2. Управління роботою шлюзовика ED-4. Дозування ільменіту в реактор A3. Дозування ільменіту в реактор A4.</p>	<p>Автоматичний режим. Включення елеватора ET-2. включення шлюзовика ED-2 при: шибєрні заслінки WtlA3, WtlA4 завантаження ільменіту в реактор закриті, маса ільменіту в мірнику WtlSI2 < WtlSI2min. Вимкнення шлюзовика ED-4 вимкнення елеватора ET-2 при WtlSI2 > WtlSI2max. Ручний режим. Пуск/стоп елеватора і шлюзовика з панелі управління регулятора WtlSI2 операторської станції.</p>	<p>Елеватор ET-2, шлюзовик ED-4</p>	<p>WtlSI2min WtlSI2max задається з панелі регулятора. Дублювання пуск/стоп елеватора і шлюзовика з пульта оператора.</p>
<p>Приготування гарячої води в SR4</p> <p>Приготування гарячої води проводиться дискретним регулятором LSR903 і аналоговим регулятором TSR401 в ручному або автоматичному режимах. Вибір режиму, введення завдання управління заслінками виконується з панелей управління регуляторами. Панелі викликаються з загального кадру ділянки розкладання або з групи регуляторів.</p>				

Продовження таблиці 4.9

LГвSR4 ТГвSR4 WBSR4 WBSR4	Рівень гарячої води в SR4 Температура водиSR4 Дозування води в SR4 Дозування конденсату в SR4	Автоматичний режим заповнення. Відкриття клапана WBSR4 подачі води в ємність або клапана WКСR4 при: насос РС4 зупинений, LГвSR4 <LГвSR4min. Блокування всіх команд на пуск насоса РС4 Закриття клапана при LГвSR4> LГвSR4max. Автоматичний режим підігріву. Підтримка температури відповідно до завдання регулятора ТГвSR4. РУЧНИЙ режим заповнення. Відкриття/закриття заслінок з панелі регулятора LГвSR4 операторської станції. Ручний режим нагріву. Регулювання положення клапана.	Заслінки на трубопроводі води і конденсату в ємність SR4. Клапан на трубопроводі пари в ємність SR4	LГвSR4min LГвSR4max задається з панелі регулятора. Дублювання відкр/закр заслінок води і конденсата з пульта оператора
Приготування штовхаючої води в SR2 штовхаючої води в мірнику SR2 проводиться дискретним регулятором LГBSR2 В ручному або автоматичному режимах, НМА, введення завдання проводиться з панелей управління регулятором. Панель викликається з загального кадру ділянки розкладання або з регуляторів.				
LTBSR2	Рівень штовхаючої води в SR2	Автоматичний режим. Відкриття клапана WBSR2 при: заслінки дозування штовхаючої води WTBA1,2 закриті, LГвSR2 <LГвSR2min. Блокування команд на відкриття WTBA1,2. Закриття клапана WTBSR2 при LГBSR2> LГвSR2max. РУЧНИЙ режим Відкриття/закриття клапана з панелі регулятора LTBSR2 операторської станції.	Заслінка на тру бопроводі води в SR2	Заслінка на трубопрово ді води в SR2 LГвSR2min LГвSR2max задається з панелі регулятора. Дублювання відкр /закр заслінкі води з пульта оператора
Приготування штовхаючої води в мірнику SR2 проводиться дискретним регулятором LTBSR3в ручному або автоматичному режимах. Вибір режиму, введення завдання проводиться з панелей управління регулятором. Панель викликається з загального кадру ділянки розкладання або з групи регуляторів.				
LTBSR3	Рівень штовхаючої води в SR3	LTBSR3 Автоматичний режим. Відкриття клапана WBSR3 при: заслінки дозування штовхаючої води WTBA3,4 закриті, LTBSR3 <LTBSR3min. Блокування команд на відкриття WTBA3,4. Закриття клапана WTBSR3 при LTBSR3> LTBSR3max.	Заслінка на трубопроводі води в SR3	LГвSR3min LГвSR3max задається з панелі регулятора.

Продовження таблиці 4.9

		Ручний режим відкриття/закриття клапана з панелі регулятора ЛтвSR3 операторської станції.		Дублювання відкрити/закрити заслінки води з пульта оператора
--	--	---	--	--

ПІДГРІВ міцної кислоти

TckF1	ТЕМПЕРАТУРА КИСЛОТИ ПІСЛЯ F1	АВТОМАТИЧНИЙ РЕЖИМ. ПІДТРИМКА ЗАДАНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ЗГІДНО ЗАВДАННЯ РЕГУЛЯТОРА TCKF1. ПЕРЕМИКАННЯ УПРАВЛІННЯ ЗАСЛІНКАМИ ВОДИ АБО ПАРИ. Ручний режим. РЕГУЛЮВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ КЛАПАНА	КЛАПАН ПАРИ АБО ВОДИ НА ТРУБОПРО ВОДІ ДО ТЕПЛОБ-МІННИКА F1	
--------------	------------------------------	--	--	--

Опис алгоритмів операцій процесу розкладання в автоматичному режимі

№ ОПЕРАЦІЇ	ПАРАМЕТРИ, ЯКІ БЕРУТЬ УЧАСТЬ У ОПЕРАЦІЯХ РОЗКЛАДАННЯ	НАЙМЕНУВАННЯ І ОПИС АЛГОРИТМУ ОПЕРАЦІЇ	ВИКОНАВЧИЙ МЕХАНІЗМ	ПРИМІТКА
------------	--	--	---------------------	----------

НАВЕДЕНИЙ ОПИС АЛГОРИТМУ РОЗКЛАДАННЯ ДЛЯ РЕАКТОРА A1 Є АНАЛОГІЧНИМИ ДЛЯ ІНШИХ РЕАКТОРІВ. УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ РЕАКТОРА ПРОВОДИТЬСЯ З ПАНЕЛІ УПРАВЛІННЯ РЕАКТОРОМ. НА ПАНЕЛІ ВІДОБРАЖАЮТЬСЯ ПОТОЧНІ ЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ, ЗАВДАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ РЕАГЕНТІВ, ФАКТИЧНО ЗАВАНТАЖЕНА КІЛЬКІСТЬ, ВИКОНУВАНА ОПЕРАЦІЯ І ЧАС ЇЇ ВИКОНАННЯ. ЗАВДАННЯ НА КОЖНУ ОПЕРАЦІЮ РОЗКЛАДАННЯ ВСТАНОВЛЮЄТЬСЯ В РЕЖИМНІЙ КАРТІ РЕАКТОРА. ПРИ ЗНАЧЕННЯХ ПАРАМЕТРІВ = 0 ОПЕРАЦІЯ ПРОГРАМОЮ НЕ ВИКОНУЄТЬСЯ.

Продувка реактора повітрям

1	FвзA1- ВИТРАТА ПОВІТРЯ В РЕАКТОР A1	ВІДКРИТТЯ ЗАСЛІНКИ ПОДАЧІ ПОВІТРЯ FВЗА1 НА 100% (ЗАВДАННЯ 31Fвз1). ЗАКРИТТЯ КЛАПАНА ПІСЛЯ ЗАДАНОГО ЧАСУ AT 1.	ЗАСЛІНКА НА ТРУБОПРО ВОДІ ПОВІТРЯ В РЕАКТОР A1	31FвзA1, At1 ЗАДАЄТЬСЯ В ТЕХ-НОЛОГІЧ-НІЙ КАРТІ РЕАКТОРА
---	-------------------------------------	---	--	---

Продовження таблиці 4.9

Дозування сірчаної кислоти				
2	<p>FB3A1- витрата повітря в реактор A1</p> <p>Dck - щільність сірчаної кислоти</p> <p>Wck - маса сірчаної кислоти</p>	<p>Регулятору FB3A1 встановлюється завдання ЗгРвзA1, автоматична підтримка витрати повітря відповідно до завдання протягом виконання операції.</p> <p>Пуск насоса PC 1,2 відкриття клапана відсічення КоPC1 \ 2, відкриття клапана відсічення КоА, відкриття клапана дозування кислоти WckA1 при: клапана дозування кислоти в реакторі WckA2 ... 4 закриті, клапан дозування кислоти на вибілювання КоО закритий, клапан дозування кислоти в смінь WckSR9 \ 1 закритий. Зупинка насоса PC 1,2 при Wck = WckA1 заданий. Блокування команд на відкриття заслінок які беруть участі в операції. Після зупинки PC 1,2 закриття клапана відсічення КоPC1 \ 2, закриття клапана відсічення КоА, закриття клапана дозування сірчаної кислоти WckA1.</p> <p>Маса кислоти, що завантажується в реактор обчислюється в т. моногідрату.</p> <p>Значення концентрації кислоти визначається за результатами автоматичного визначення її щільності.</p>	<p>Заслінка на трубопроводі повітря в реактор A1.</p> <p>Засувка на трубопроводі сірчаної кислоти в реактор A1.</p> <p>Відсічний клапан на трубопроводі сірчаної кислоти.</p> <p>Насос PC8</p>	<p>ЗгФв205, WкA1/4 заданий задається в технологічній карті реактора</p>
Дозування ільменіту				
3	<p>FB3A1- витрата повітря в реактор A1</p> <p>WlSI1 - маса ільменіту в мірнику SI1</p>	<p>Регулятору FB3A1 встановлюється завдання ЗзРвзA1, автоматична підтримка витрати повітря відповідно до завдання протягом виконання операції.</p> <p>Відкриття шиберной заслінки WvзA1 при виконанні умов: завершення попередньої операції, заслінка WlA2 закрита, маса ільменіту в мірнику WlSI1 > WlSI1max. Закриття заслінки при WlSI1 = WlSI1 поч - AWlSI1. Величина A WlSI1 коригується за фактом завантаження сірчаної кислоти згідно з коефіцієнтом співвідношення ільменіт / кислота (Ki / k)</p>	<p>Заслінка на трубопроводі повітря в реактор A1.</p> <p>Шиберна заслінка завантаження ільменіту в реактор A1</p>	<p>AWlSI1, Ki/k, ЗгФв3A1 задається в технологічній карті реактора.</p>
Перемішування				
4	<p>FB3A1- витрата повітря в реактор A1</p>	<p>Регулятору FB3A1 встановлюється завдання З4Фв3A1, автоматична підтримка витрати повітря відповідно до завдання протягом виконання операції. Завершення операції після закінчення часу Дт4.</p>	<p>Заслінка на трубопроводі воз-духа в реактор A1.</p>	<p>З4Фв3М, А т4 - задається в технологічній карті реактора.</p>

Продовження таблиці 4.9

Дозування штовхаючої води				
5	<p>ФвзА1- витрата повітря в реактор А1</p> <p>ЛтвSR2 - рівень води в мірнику SR2</p>	<p>Регулятору ФВ3А1 встановлюється завдання 35ФвзА1, автоматична підтримка витрати повітря відповідно до завдання протягом виконання операції.</p> <p>Відкриття заслінки штовхаючої води WтвА1 за умови: заслінка штовхаючої води WтвА2 в реактор А2 закрита, $L_{твSR2} > L_{твSR2max}$.</p> <p>Закриття клапана води при $L_{твSR2} = L_{твSR2Ha4} - A_{ЛтвSR2}$. $A_{ЛтвSR2}$ може розраховуватися за завданням концентрації розведення $C_{розв}$ і фактичної концентрації кислоти і її завантаження.</p>	<p>Заслінка на трубопроводі повітря в реактор А1.</p> <p>Заслінка на трубопроводі штовхаючої води в реактор А1.</p>	<p>3₅ФвзА1</p> <p>$A_{ЛтвSR2}$ задається в технологічній карті реактора</p>
Підігрів суміші				
6	<p>ФВ3А1- витрата повітря в реактор А1.</p> <p>ТрА1 - температура розчину в реакторі А1.</p>	<p>Регулятору ФвзА1 встановлюється завдання 36ФвзА1, автоматична підтримка витрати повітря відповідно до завдання протягом виконання операції. Відкриття клапана пари при витраті повітря, відповідній завданню. Включається таймер проведення підігріву (At6). Закінчення операції підігріву після закінчення At6.</p>	<p>Заслінка на трубопроводі повітря в реактор А1.</p> <p>Клапан на трубопроводі пари в реактор А1.</p>	<p>3₆ФвзА1, ТрА1</p> <p>заданий задається в технологічній карті реактора</p>
Основна реакція				
7	<p>ФвзА1-витрата повітря в реактор А1</p> <p>РвзА1 - тиск повітря в реактор А1.</p>	<p>Регулятору ФвзА1 встановлюється завдання 37ФвзА1, автоматична підтримка витрати повітря відповідно до завдання протягом виконання операції. Момент закінчення реакції визначається за характером зміни тиску повітря в реактор.</p>	<p>Заслінка на трубопроводі повітря в реактор А1.</p>	<p>3₇ФвзА1</p> <p>задається в технологічній карті реактора</p>
Продування плаву				
8	<p>ФВ3А1- витрата повітря в реактор А1.</p>	<p>Відкриття клапана повітря в реактор на 100% протягом At8, на n разів n - кількість продувок.</p>	<p>Заслінка на трубопроводі повітря в реактор А1</p>	<p>At8, n</p> <p>задається в технологічній карті реактора</p>

Продовження таблиці 4.9

Визрівання				
9	ФвзА1- витрата повітря в реактор А1	Регулятору ФвзА1 встановлюється завдання 39ФвзА1. Включається таймер проведення визрівання (At9). Закінчення операції визрівання після закінчення At9.	Заслінка на трубопроводі повітря в реактор А1	39ФвзА1, At9 - задається в технологічній карті реактора
Охолодження плаву				
10	ФвзА1- витрата повітря в реактор А1. ТрА1 — температура розчину в реакторі А1.	Регулятору ФвзА1 встановлюється завдання 310ФвзА1. Включається таймер проведення визрівання (At10). Закінчення операції визрівання після закінчення At10	Заслінка на трубопроводі повітря в реактор А1	310ФвзА1, At10 - задається в технологічній карті реактора
Дозування кислотої води				
11	ФвзА1- витрата повітря в реактор А1 ЛквSR9\1 - уровень кислотої води в SR9/1003	Регулятору ФвзА1 встановлюється завдання 310ФвзА1 автоматична підтримка витрати повітря відповідно до завдання протягом виконання операції. Відкриття заслінки зливу WkbSR9 \ 1 з ємності SR9 / 1003, відкриття заслінки дозування кислотої води WквА1 в реактор А1 за умови: заслінки кислотої води WквА2 ... 4 в реактора А2, А3, А4 закриті і ЛквSR9 \ 1 > ЛквSR9 \ 1max. Блокування команд на дозування кислотої води в реактори А2, А3, А4. Закриття заслінки зливу WквSR9 \ 1 з SR9 / 1003 і заслінки дозування WквА1 при ЛквSR9 \ 1 = ЛквSR9 \ 1на4 - АЛквSR9 \ 1.	Заслінка на трубопроводі повітря в реактор А1. Заслінка на трубопроводі зливу SR9/1003, заслінка дозування в реактор.	АЛквSR9\1, 311ФвзА1 задається в технологічній карті реактора
Дозування гарячої води				
12	ФвзА1- витрата повітря в реактор А1 ЛгвSR4 - рівень гарячої води в SR4	Регулятору ФвзА1 встановлюється завдання 312ФвзА1 автоматична підтримка витрати повітря відповідно до завдання протягом виконання операції Відкриття заслінки всмоктування КоPC4 насоса PC4, пуск насоса PC4, відкриття заслінки дозування гарячої води WгвА1 в реактор А1 при умовах: заслінки дозування гарячої води WгвА2 ... А4 в реактори А2, А3, А4 закриті, ЛгвSR4 > ЛгвSR4max. Блокування команд на дозування гарячої води в реактори А2, А3, А4. Зупинка насоса PC4 при ЛгвSR4 = ЛгвSR4на4 - АЛгвSR4, закриття заслінок КоPC4 і дозування WгвА1.	Заслінка на трубопроводі повітря в реактор А1 Заслінка на всмоктування насоса рс4 и на трубопроводі гарячої води	АЛгвSR49 312ФвзА1 задається в технологічній карті реактора
			Насос PC4	

Таблиця 4.10 - Перелік механічних робіт і матеріалів необхідних для впровадження АСУ ТП

	Шифр	Повне найменування	Перелік механічних робіт	Перелік матеріалів
1	2	3	4	5
ВУЗОЛ ПІДГОТОВКИ ІЛЬМЕНІТУ				
1	WилSI1	Маса ільменіту в мірнику SI1	Виконати проект установки тензодатчиків за наданими ескізами (або узгодити ескізи на виготовлення і установку датчиків). Ревізія існуючих домкратів-8 шт. (Виготовлення і заміна дефектних деталей). Виготовлення маятникових опор. Демонтаж існуючих тензодатчиків-8 шт., монтаж нових 8 шт.	Лист6=20,Ст.30,28 ² ; Лист6=12,Ст.3,0,2м; КругD4548,Ст.3,L=0,72мл.; КругП27,Ст.3,L=0,24м.п.; Болти M10x20 - 10шт..
2	Wил SI2	Маса ільменіту в мірнику SI2		
3	Lmax SI1	Максимальний рівень в бункері SI1	Виготовити 4 фланця Ду50.Врізати: патрубок з фланцем Ду50, у відповідь фл. Ду50, ст.3	Лист 6=15-20, Ст.3 - 0,16м ² ; Труба D89 Ст.3 L=0,3 мл.; Болти M16x55 - 10шт; Гайка M16 - 10 шт.
4	Lmax SI2	максимальний рівень в бункері SI2		
4	WилA1	Дозування ільменіту в реактор A1	Виконати проект на установку шибєрних засувок Ду200 - 4 шт. Виготовити: 4 переходи Ду300/Ду200; 8 фланців Ду200, Ру1,0 МПа; 48 шпильок M20. Врізати на кожен ліній подачі ільменіта в реактор: 1-перехід і 2-фланця Ду200.	Лист 6=27, Ст3 - 1 ДМ ² ; Труба D325, Ст.3, L=1,6 мл.; Труба D219, Ст.3, L=1 мл.; Круг D20, Ст.3, L=8 мл.; ГайкаM20-96шт.
6	WилA2	Дозування ільменіту в реактор A1		
7	WилA3	Дозування ільменіту в реактор A1		
8	WилA4	Дозування ільменіту в реактор A1		
9	WвзA1	Продувка ільменіту повітрям в реактор A1		
10	WвзA2	Продувка ільменіту повітрям в реактор A2	Врізати соленоїди клапана Ду20 на лінії повітря продувки ільменіту	Труба D25, L=4,0 мл.;
11	WвзA3	Продувка ільменіту повітрям в реактор A3		
12	WвзA4	Продувка ільменіту повітрям в реактор A4		
Теплоенєргооблік				
13	Fск	Витрата сірчаної кислоти в сховище №5-6	Виконати проект на установку витратоміра Ду 100. Змінити розведення кислоти - подачу кислоти в цех виконати до витратоміра. Виготовити: 2 фланця Ду 100, Ру 1,6 МПа .; 4 шпильки M16. Виконати врізку витратоміра	Лист 6=20, Ст.3 - 0,1 м ² ; Круг □ 16, Ст3, L=1 м.п, Гайка M16 - 8 шт.
14	Fвз1	Витрата повітря в 1-є відділення	Ревізія витратомірного вузла.	
15	Pвз1	Тиск повітря в 1-є відділення	Виготовити бобишку. Врізати добірне пристрій тиску.	Круг D30,Ст3. L=0,05мл
16	Tвз1	Температура повітря в 1-є відділення	Виготовити і врізати температурні кишені	ТрубаD20,Ст3. L=0,2м.п,

Продовження таблиці 4.10

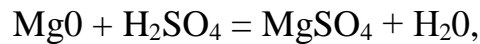
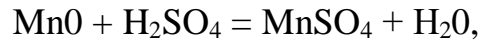
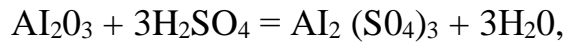
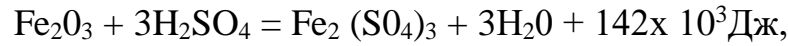
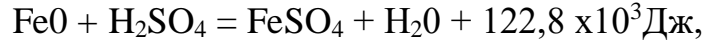
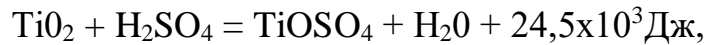
17	LmaxS	Максимальний рівень кислоти в сховищі №5	LmaxS №5 Виконати проект установки датчиків максимального рівня. Виготовити 4 фланця Ду 50. Врізати 2 штуцери Ду50 в сховище N 5,6.	Лист б=15Сталь 10X17H13M2T - 0,1м ² ; Труба 050, Сталь 10X17H13M2T.;Болт М 16x65 - 8 шт.; Гайка М16 - 8 шт.
18	Lmaxб	Максимальний рівень кислоти в сховищі №6		
19	Wck	Маса кислоти в реакторі	Виконати проект на установку масового витрагоміра. У проекті передбачити кріплення трубопроводу кислоти до і після приладу. Змінити розведення трубопроводу кислоти. Виготовити 2 фланця Ду80	Лист б=20, Сталь 10X17H13M2T - 0,08 м ² .Болт М16x65 - 8 шт.; Гайка М16- 8 шт.
	Dck	Щільність кислоти в реакторі		
	Tck	Температура кислоти в реакторі		
20	TckFI	Температура кислоти після теплообмінника	Виконати проект на установку теплообмінника. У проекті передбачити поворотні заслінки напору-Ду80; на лінії міцної кислоти, після теплообмінника- кишеною для датчика температури. Виготовити: 2 фланця Ду80, Ру4,0 МПа; 8 шпильок Мx16; бобишку, кишено. Виконати: врізку поворотних заслінок на лініях подачі пари.	Листб=20,Ст.3.0,177м ² ; Круг□16,Ст.3,Л-1,1мл; КругСШ,Сталь 10X17H13M2T (06XH28МДТ), L-0,05 мл; Труба 020,10X17H13M2T (06XH28МДТ), Ь-0,2мл.; Гайка М16 -16 шт.
21	KoPC12	Відсічка всмоктування насоса PC12	Виконати проект на врізку поворотних заслінок Ду 100-2шт. : на всмоктуванні насоса і після теплообмінника. Виготовити 4 фланця Ду100, Ру1,6 МПа, 8 шпильок М16. Врізати заслінку.	Лист б=20, Сталь 10X17H13M2T - 0,16м ² ; Круг □ 16, Ст.3, , Гайка М16 -16 шт.
22	KoA	Відсічка дозування кислоти		
23	WckA1	Дозування сірчаної кислоти в реактор А1	Дозування сірчаної кислоти в реактор А1 Виконати проект на врізку поворотних заслінок Ду 100 4шт.: перед реакторами А1-А4. Виготовити: 8 фланців Ду100, Ру1,6 МПа, 16 шпильок М16. Врізати: 4 поворотних заслінки.	Лист б=20, Сталь 10X17H13M2T- 0,4м ² ;Круг □ 16, Ст.3, L<2,25 мл, ГайкаМ 16- 32 шт.
24	WckA2	Дозування сірчаної кислоти в реактор А2		
25	WckA3	Дозування сірчаної кислоти в реактор А3		
26	WckA4	Дозування сірчаної кислоти в реактор А4		
Вузол підготовки штовхаючої води				
27	LtvSR2	Рівень води в мірнику SR2	Виконати проект установки датчиків вимірювання рівня. Виготовити 4 фланця Ду 100, Ру 1,0МПа. Врізати 2 штуцери Ду 100 в мірники SR2, SR3	Лист б=15-20, Ст. 3 - 0,194м ² ; Труба □ 108, Ст.3 Ь=0,3мл.; Болт М16x65 - 8 шт.; Гайка М16 - 8 шт.
28	LtvSR3	Рівень води в мірнику SR3		
29	WbSR2	Заповнення водою мірника SR2	Виготовити: 4 фланця Ду50 Ру1.6 МПа; 8 фланців накладних Ду100, Ру1,6 Мпа; 24 шпильки М16. Врізати: 2 заслінки Ду50 на подачі води в мірники SR1 і SR2; 4 заслінки Ду 100 на лініях подачі води в реактори А1 -А4.	Лист б=20, Ст.3-0,5м ² ; Круг □ 16, Ст3, L*3,5 мл, Труба поліпропіленова □ 110, L=1,6 мл
30	WbSR3	Заповнення водою мірника SR3		

Продовження таблиці 4.10

31	WтвA1	Дозування штовхаючої води в реактор A1		
32	WтвA1	Дозування гарячої води в реактор A1	Виготовити: 4 накладних фланця Ду 150, Ру 1,6 МПа; 24 шпильки М16; 2 відбортовки Ду 150. Виконати об'язку збірки і змонтувати поворотні заслінки на лініях: заповнення водою Ду 100, заповнення конденсатом Ду50, нагрів води Ду80 (пар 0,6 МПа), відсічення насоса Ду 150, дозування гарячої води Ду 100 - 4 шт. в кожен реактор.	
33	WтвA2	Дозування гарячої води в реактор A2		
34	WтвA3	Дозування гарячої води в реактор A3		
35	WтвA4	Дозування гарячої води в реактор A4		
Реактори розкладання				
36	FвзA1	Витрата повітря в реактор A1	Виготовити: 8 фланців Ду 100, Ру 1,6 МПа; 16 шпильок М16; Демонтаж існуючих клапанів Ду 100 - 4 шт., Монтаж поворотних заслінок Ду 100 -4 шт. ; ревізія витратомірних вузлів - 4 шт.	Лист 6=20, Ст3-0,4 м ² ; Круг \square 16, Ст.3, L=2.1 м.п, ГайкаМ16-32 шт.
37	FвзA2	Витрата повітря в реактор A2		
38	FвзA3	Витрата повітря в реактор A3		
39	FвзA4	Витрата повітря в реактор A4		
40	PвзA1	Тиск повітря в реактор A1	Виготовити 4 бобишки. Врізати 4 бобишки в трубопровід стисненого повітря.	Круг D30, Ст3, L=0,25 м.п.
41	PвзA2	Тиск повітря в реактор A2		
42	PвзA3	Тиск повітря в реактор A3		
43	PвзA4	Тиск повітря в реактор A4		
44	ТрA1	Температура розчину в реакторі A1	Ревізія існуючих кишень 4 -шт. Виготовлення та заміна дефектних кишень.	
45	ТрA2	Температура розчину в реакторі A2		
46	ТрA3	Температура розчину в реакторі A3		
47	ТрA4	Температура розчину в реакторі A4		
48	WпA1	Нагрівання розчину в реакторі A1	Виконати проект на врізку поворотних заслінок Ду80 4 шт. на лінії подачі пари в колектор пароповітряної суміші. Виготовити 8 фланців Ду80, Ру4,0 МПа, 16 шпильок М 16. Виконати врізку поворотних заслінок Ду80 4 шт.	Лист 6=20, Ст.3 - 0,4 м ² ; Круг \square 16, Ст.3, L=2.1 м.п, ГайкаМ16-32шт.
49	WпA2	Нагрівання розчину в реакторі A2		
50	WпA3	Нагрівання розчину в реакторі A3		

4.5 Проведення технологічного режиму

Основні реакції процесу розкладання:



4.6 Порядок підготовки проведення процесу в автоматичному режимі

Для підготовки реактора до автоматичного проведення процесу апаратник повинен:

- провести візуальний огляд стін і днища реактора;
- відкрити ручні засувки на трубопроводах штовхаючої, гарячої, кислої води, сірчаної кислоти, пари, стиснутого повітря в реактор і на продувку ільменіту;
- закрити донну засувку реактора.

В автоматичному веденні процесу розкладання - задіяні такі виконавчі механізми:

- клапан подачі сірчаної кислоти в реактор;
- шиберна заслінка завантаження ільменіту в реактор;
- заслінка продувки ільменіту;
- заслінка регулювання витрати повітря в реактор;
- заслінка подачі штовхаючої води;
- заслінка подачі пари в реактор.

4.7 Завдання технологічного режиму розкладання

Завдання технологічного режиму процесу розкладання проводиться в режимній карті реактора технологом відділення або цеху. На панелі головного меню натискається кнопка «режимна карта 1-4» Режимна карта складається з 13 операцій, які можуть бути виконані в процесі розкладання. Кожна операція має задані дії, які необхідно виконати для переходу до наступної операції. Спостереження можна проводити з мнемосхеми і з монітора.

Операція ~ 1 - продування реактора встановлюється: витрата повітря і час продувки.

Операція ~ 2 - завантаження сірчаної кислоти встановлюється: витрата повітря, кількість завантаженої кислоти в тоннах моногідрату і в тоннах натурі.

Операція ~ 3 - завантаження ільменіту встановлюється: витрата повітря кількість завантаженого ільменіту, коефіцієнт співвідношення.

Операція ~ 4 - перемішування встановлюється: витрата повітря, час перемішування.

Операція ~ 5 - дозування штовхаючої води встановлюється: витрата повітря, кількість завантаженої води в м³, концентрація розведення.

Операція ~ 6 - підігрів суміші встановлюється: витрата повітря, температура до якої необхідно підігріти суміш в реакторі, або час нагрівання.

Операція ~ 7 - основна реакція встановлюється витрата повітря.

Операція ~ 8 - продування плаву встановлюється: витрата повітря, кількість продувок, час продувки.

Операція ~ 9 - визрівання встановлюється: витрата повітря - час визрівання

Операція ~ 10 - охолодження плаву встановлюється: витрата повітря, час охолодження, або температура, до якої необхідно охолодити плав.

Операція ~11 - дозування кислоти води встановлюється витрата повітря, кількість завантаженого в реактор кислого розчину в%.

Операція ~ 12 - дозування гарячої води встановлюється: витрата повітря, кількість завантаженої в реактор гарячої води в м³, коефіцієнт співвідношення. Коефіцієнт співвідношення встановлює кількість гарячої води на 1 тону завантаженого ільменіту.

Операція ~ 13 - вилуговування встановлюється: витрата повітря, час вилуговування.

4.8 Вибір режиму перевірки оперцій

Перед початком роботи з реактором через операторську станцію необхідно переконатися, що виконавчі механізми управлінням реактора підключені до контролера. При відключенні реактора від контролера у верхній комірці другої колонки висвічується «Р». Для підключення реактора до контролера необхідно на пульті ручного управління перевести перемикач режиму даного реактора в положення «А». При цьому в другій колонці панелі управління висвічується «А». Будь-яка операція процесу розкладання може проводитися в автоматичному або ручному режимі. Вибір способу проведення операції здійснюється на панелі управління реактором. Приклад панелі управління реактора показаний на додаток В. На панелі керування навпроти кожної стадії знаходиться кнопка вибору режиму. Положення кнопки «Р» означає ручний режим проведення операції. Положення кнопки «А» означає автоматичний режим проведення операції. У третій колонці панелі «виконавчий механізм» позначені заслінки і насоси, які задіяні в виконанні даної операції. У режимі «Р» в колонці «виконавчий механізм» знаходяться кнопки відкриття/закриття заслінки і пуску/зупинки насосів. За допомогою цих кнопок апаратником проводиться дистанційне керування заслінками і насосами під час виконання операції. При переході на наступну операцію дія кнопок блокується. Завдання витрати повітря проводиться на панелі регулятора витрати повітря, який знаходиться з правого боку панелі управління. Закінчення проведення операції фіксується натисканням

кнопки «З» в колонці завершення операції. У режимі «А» в колонці «виконавчий механізм» знаходиться тільки сигналізація стану виконавчого механізму. Управління проводиться програмою процесу відповідно до завдання, встановленого: в режимній карті.

4.9 Пуск реактора в роботу

Після закінчення вибору режиму проведення операцій проводиться пуск програми проведення процесу. Пуск проводиться з режимної карти реакторів шляхом натискання клавіші «пуск реактора» дод. Г. З пуском програми починає виконуватися перша операція. Свідоцтво про її виконанні на панелі управління починає працювати таймер операції і встановлюється витрата повітря відповідно до завдання дод. Д.

4.10 Порядок проведення процесу в автоматичному режимі

Всі операції, що мають автоматичний режим роботи, виконуються в заданій послідовності без втручання апаратника. На панелі управління зеленою стрічкою позначається виконувана операція. На загальному кадрі «Розкладання» і на кожному реакторі відображається виконувана операція, витрата і тиск повітря, температура в реакторі, положення всіх заслінок. З відкриттям заслінки змінюється і колір лінії, яка показує напрямок руху потоку.

При підході до операції з режимом роботи «Р» програма зупиняється і чекає дій апаратника. Апаратник поводить управління заслінками і насосами в ручному режимі дистанційно. Після закінчення операції на панелі управління в колонці «Завершення операції» натискається кнопка «З» і програма переходить до виконання наступної операції, якщо вона знаходиться в автоматичному режимі.

Продування. Регулятору витрати повітря встановлюється завдання згідно режимної карти реактора. Включається таймер операції. Продування закінчується по закінченні заданого часу. Програма переходить до виконання наступної операції.

Завантаження сірчаної кислоти. Перед початком виконання операції завантаження перевіряється положення заслінок завантаження кислоти в реактори і насоси РС1, РС1. Якщо все заслінки знаходяться в закритому положенні, то операція виконується. Якщо є сигнал відкриття будь-якої заслінки, на панелі управління реактором з'являється напис «ІМ не відповідає виконуваний операції», а в колонці «операція завершена» кнопка «ОК». В цьому випадку апаратник повинен з'ясувати причину повідомлення, усунути її або продовжити виконання операції, натиснувши кнопку «ОК». Операція реактор виконується в наступній послідовності:

- відкривається заслінка завантаження кислоти в реактор при цьому блокуються команди на відкриття заслінок в інші реактори, в ємність 9/1, в дозатор 4/5;

- відкривається заслінка на всмоктуванні насоса РС, включається насос; через 2 сек відкривається заслінка на нагнітанні насоса;

- кількість кислоти, що надходить, вимірюється масовим витратоміром, встановленим на всмоктуванні насоса.

Вимірювання проводиться в тонах моногідрату (мнг.) і в тонах (т). Сумарне значення завантажуваної кислоти в реактор показано в колонці «поточне значення». Якщо в панелі управління задане завантаження кислоти в тоннах мнг. (Показана кнопка «ТМ»), то при рівності сумарного значення і завдання в т. мнг. завантаження зупиняється. Якщо в панелі управління -завдання завантаження кислоти в тоннах (показана кнопка «Т»), то при рівності сумарного значення і завдання в т., завантаження зупиняється; при зупинці одночасно закриваються заслінки завантаження кислоти в реактор і на нагнітанні насоса, зупиняється насос, через кілька секунд закривається заслінка на всмоктуванні насоса і знімається блокування команд на відкриття інших заслінок сірчаної кислоти.

Після закінчення операції в колонці «факт» (панелі управління) відображаються маса фактично завантаженої кислоти. Значення фактично завантаженої кислоти підсумовується окремо і використовується в функції «Облік».

Завантаження ільменіту. Перед початком завантаження перевіряється наявність ільменіту в мірнику Si1. Маса ільменіту в мірнику повинна бути рівною або більшою за максимальну масу, задану в регуляторі заповнення мірнику Si 1. Дозування ільменіту в реактор може проводитися в автоматичному режимі і режимі співвідношення. В автоматичному режимі дозування ільменіту проводиться згідно із завданням, встановленим в режимній карті.

У режимі співвідношення (включається натисненням кнопки «С») завантаження ільменіту відбувається відповідно до коефіцієнта співвідношення. Коефіцієнт співвідношення визначає, в якому співвідношенні ільменіт повинен бути завантажений до кількості завантаженої кислоти. Наприклад, при фактично завантаженій кислоті 49 т. і коефіцієнті співвідношенні 1.77 завдання на завантаження ільменіту складе $49 / 1.77 = 27.68$ т. Ця величина стає завданням і відбивається в колонці «завдання» панелі управління. Дозування ільменіту проводиться в наступній послідовності:

- відкривається клапан подачі повітря на продувку ільменіту;
- відкривається шиберна заслінка завантаження ільменіту в реактор;
- закривається клапан повітря при завантаженні 96% від завдання;
- закриття шиберної заслінки при закінченні завантаження.

Закінчення завантаження визначається за однакової кількості різниці між масою ільменіту на момент відкриття шиберної заслінки і поточному завданні, встановленому в колонці «завдання» панелі управління. По закінченню операції в колонці «факт» (панелі управління) показується маса фактично завантаженого ільменіту.

Перемішування. Регулятору витрати повітря встановлюється завдання згідно схемної карти реактора. Включається таймер операції перемішування. Після закінчення заданого часу для перемішування програма переходить до виконання наступної операції.

Завантаження штовхаючої води. Перед початком завантаження перевіряється наявність води в мірнику SR2, SR3: рівень води в мірнику повинен дорівнювати або більше максимального рівня, встановленого в регуляторі заповнення мірника. Завантаження штовхаючої води може проводитися в режимі «автомат» і корекції концентрації розведення - кнопка «КР». У режимі «А» штовхаюча вода заливається відповідно до завдання, встановленого в режимній карті. Після закінчення заданого часу для перемішування програма переходить до виконання наступної операції.

Завантаження штовхаючої води. Перед початком завантаження перевіряється наявність води в мірнику SR2, SR3: рівень води в мірнику повинен дорівнювати або більше на злив штовхаючої води. Відкривається заслінка подачі води в реактор. Блокується команди на відкриття заслінок на інші реактора. Регулятор повітря встановлює необхідну витрату. Вимірювання кількості води, що зливається, проводиться в м³. Після закінчення операції в колонці «факт» (панелі управління) відображається кількість завантаженої води в реактор.

Підігрів. Відкривається клапан подачі пари в реактор. Регулятору витрати повітря встановлюється завдання згідно режимної карти реактора. У режимній карті встановлюється температура нагріву або час нагрівання. При завданні температури нагріву операція триває до досягнення заданої температури нагріву. При завданні часу нагріву операція триває до закінчення часу нагріву.

Основна реакція. Регулятору витрати повітря встановлюється завдання згідно режимної карти реактора. Системою управління контролюється характер зміни тиску повітря під час операції. Основна реакція вважається закінченою після закінчення 3-х хвилин після зменшення тиску повітря на 0.3 Атм.

Продування. Регулятору витрати повітря встановлюється завдання згідно режимної карти реактора. Кількість продувок встановлюється в режимній карті.

Визрівання. Регулятору витрати повітря встановлюється завдання згідно режимній карті реактора. Включається таймер операції визрівання. Після закінчення заданого часу для визрівання програма переходить до виконання наступної операції.

Охолодження. Регулятору витрати повітря встановлюється завдання згідно режимної карти реактора. У режимній карті встановлюється час охолодження або температура охолодження. При проведенні операції за часом витрата повітря залишається стабільною до закінчення заданого часу. При проведенні операції по температурі витрата повітря залишається стабільною до досягнення заданої температури. У разі завдання в режимній карті витрати повітря і температури охолодження рівним 0, дана операція програмою не виконується і переходить до виконання наступної операції.

Дозування кислого розчину. Перед початком завантаження перевіряється наявність кислої води в мірнику SR\9. Рівень води в мірнику має дорівнювати або більше мінімального рівня в мірнику. В іншому випадку операція не виконується. Закінчення дозування кислої води відбувається при рівності різниці рівнів на момент відкриття заслінки зливу і поточного, заданого в режимній карті реактора. Після закінчення операції в колонці «факт» (панелі управління реактора) відображається кількість завантаженої води в реактор.

Дозування гарячої води. Перед початком завантаження перевіряється наявність гарячої води в мірнику SR4. Рівень води в мірнику повинен дорівнювати або більше максимального рівня; встановленого в регуляторі заповнення мірника (WSR4). В іншому випадку операція не виконується і в вікні проведеної операції висвічується повідомлення. Завантаження може проводитися в режимі «автомат» або «співвідношення». У режимі «А» гаряча вода заливається відповідно до завдання, встановленого в режимній карті реактора. У режимній карті кількість води, що завантажуються, задається в%. У режимі «співвідношення» завантаження гарячої води відбувається відповідно до коефіцієнта співвідношення до кількості фактично завантаженого ільменіту.

Завантаження води проводиться в такій послідовності:

- відкривається заслінка на всмоктуванні насоса РС6;
- проводиться пуск насоса РС6;
- відкривається заслінка на завантаження гарячої води в реактор;

- блокуються команди на відкриття заслінок гарячої води в інші реактори;
- після закінчення завантаження зупиняється насос РС6, через кілька секунд закривається заслінка завантаження в реактор і на всмоктуванні насоса.

Закінчення дозування відбувається при рівності різниці рівнів на момент пуску насоса РС і поточному, заданому в режимній карті реактора. Після закінчення операції в колонці «факт» (панелі управління реактора) відображається кількість завантаженої води в реактор.

Вилуговування. Регулятору витрати повітря встановлюється завдання згідно режимної карти реактора. Таймер операції визрівання включається на початку завантаження кислої води. Після закінчення заданого часу для вилуговування програма зупиняє процес. Витрата повітря встановлюється рівною «0». Для проведення відкачування розчину з реактора відкривається засувка зливу розчину вручну.

4.11 Порядок роботи блокувань

На всіх виконавчих механізмах, що беруть участь у завантаженні компонентів в реактор встановлені кінцеві вимикачі, які сигналізують про фактичний стан виконавчого механізму. Всі сигнали від кінцевих вимикачів надходять в контролер АСУ і виносять схему ділянки розкладання. У контролері відбувається їх блокування або управління заслінками. Блокування управління заслінками проводиться по групах:

- заслінки завантаження сірчаної кислоти в реактори А1 = 4, в SR9/1, в SR4\5; заслінки завантаження штовхаючої води в реактори А1,2 і заслінка заповнення SR2 водою;
- заслінки завантаження штовхаючої води в реактори А3,4 і заслінка заповнення SR3 водою;
- заслінки дозування кислої води в реактори А1 = 4;

- заслінка зливу з ємності SR9\1 з заслінками заповнення SR9\1 водою і кислотою;
- заслінки дозування гарячої води в реактори A1 = 4;
- заслінка всмоктування насоса PC і заслінка заповнення SR4 водою;
- заслінки дозування ільменіту в реактори A1, A2 і робота редлеру ET1;
- заслінки дозування ільменіту в реактори A3, A4 і робота редлеру ET2.

Якщо реактор підключений до контролера, то заслінки і насоси, що беруть участь в його роботі, контролюються системою управління. Наприклад, якщо проводиться завантаження сірчаної кислоти в реактор A1, то блокується відкриття заслінок в реактори A2 = 4 і ємності SR9/1, і SR4\5211 = 1.

Блокування діє на автоматичний і ручний режими управління реактором. Якщо під час автоматичного виконання операції завантаження сірчаної кислоти виявилися відкриті (або надходять сигнали, що відкриті) інші заслінки, то програма зупиняється і у вікні проведеної операції висвічується повідомлення «ВМ не відповідає проведеній операції» Апаратник повинен перевірити стан засувки на трубопроводі і може продовжити операцію, натиснувши кнопку «ОК». Реактор може бути відключений від контролера. Відключення реактора проводиться на пульті ручного управління переключенням ключа в положення «Р». На панелі управління висвічується буква «Р» В цьому випадку управління заслінками виконується з пульта на розсуд апаратника.

Все заслінки реактора і ємностей від системи блокування відключаються.

4.12 Порядок роботи з регуляторами

Перехід в кадр індивідуального регулятора може проводитися з загального кадру ділянки і з панелі груп регуляторів. Проводиться встановлення курсору на необхідний регулятор, при цьому активується рамка. Натисканням на клавішу «миші» відкривається вікно необхідного регулятора.

Перехід в кадр групи регуляторів проводиться натисненням на номер групи. При цьому відкривається панель регулятора або панелі обраної групи з трендом поточних значень параметрів. Поточне значення змінних, які супроводжують роботу цих регуляторів, представлені в нижній частині кадру. У нижній частині панелі регуляторів відображаються дійсні значення змінних. Стовпчасті діаграми показують:

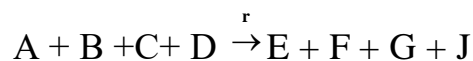
- перший стовпчик - поточне значення регульованої величини,
- другий стовпчик - значення завдання, що введено оператором;
- третій - дія виконавчого механізму по виконанню завдання.

У разі роботи регулятора в ручному режимі поточне значення регульованої величини збігається з кривою дії виконавчого механізму. У нижній частині регулятора знаходиться клавіша «Історія», при натисканні якої відбувається перехід в кадр індивідуального регулятора. Кожен регулятор забезпечений таблицею коефіцієнтів налаштування (кнопки «налаштування PID»). Коефіцієнти налаштування служать для регулювання швидкості і часу виконання введеного оператором завдання. Коефіцієнти можуть бути змінені в процесі налаштування регулятора. Налаштування регулятора виконує відповідальний за технічний стан і експлуатацію АСУТП «Розкладання».

5 ДОСЛІДЖЕННЯ І МОДЕЛЮВАННЯ АСУ ТП ВИРОБНИЦТВА ДВООКИСУ ТИТАНУ

5.1 Загальні чисельні дані підсистеми реактора розкладання

У реактор розкладання з постійним об'ємом реакційної суміш, завантажується рідка суміш речовин А, В, С, D температурою $t_{\text{вх}} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$, концентрацій $C_{\text{A}}^{\text{вх}} = 354,8 \text{ моль/м}^3$, $C_{\text{B}}^{\text{вх}} = 42,0 \text{ моль/м}^3$, $C_{\text{C}}^{\text{вх}} = 13,8 \text{ моль/м}^3$ і $C_{\text{D}}^{\text{вх}} = 32,9 \text{ моль/м}^3$. У реакторі протікає хімічна реакція за схемою



зі швидкістю реакції $r = A * \exp(-E / (R * T) * C_i * C_j \text{ моль} / (\text{м}^3 * \text{с}))$. Тут множник $A = 30 (\text{моль} * \text{с} * \text{м}^3)^{-1}$, енергія активації $E = 12000 \text{ Дж/моль}$, універсальна газова стала $R = 8.314 \text{ Дж} / (\text{моль} * \text{К})$ і температура суміші в реакторі $T, \text{ К}$. Тепловий ефект екзотермічної хімічної реакції 287200 Дж/моль . для підтримки необхідних умов протікання реакції в сорочку для нагріву подається теплоносієм температурою $t_{\text{гр}}^{\text{вх}} = 150^\circ\text{C}$, для охолодження $t_{\text{ох}}^{\text{вх}} = 70^\circ\text{C}$. Коефіцієнт теплопередачі від теплоносія до реакційної маси $K_{\text{T}} = 1000 \text{ Дж}/(\text{м}^2 * \text{с} * \text{К})$. На вході в сорочку встановлені клапани для подачі гарячого і холодного теплоносія з пропускною спроможністю K_{v1} і K_{v2} відповідно. Тиск теплоносія перед клапаном $P_{\text{T}} = 230000 \text{ Па}$. Тиск теплоносія в сорочці $P_{\text{a}} = 101325 \text{ Па}$. Теплоємності і щільності реакційної маси і теплоносія вважаються постійними і дорівнюють відповідно $C_{\text{PM}} = 3500 \text{ Дж}/(\text{кг} * \text{К})$, $\rho_1 = 800 \text{ кг/м}^3$; $C_{\text{T}} = 4100 \text{ Дж}/(\text{кг} * \text{К})$, $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$. Параметри системи регулювання: ПІ - регулятор, зона нечутливості $\Delta = 0\%$, інерційність датчика $T = 170 \text{ с}$, діапазон виміру від -50 до $+120 \text{ }^\circ\text{C}$.

5.2 Подання реактора розкладання як об'єкта управління

Розглянемо хімічний реактор розкладання як об'єкт управління. Будь-який технологічний процес як об'єкт управління характеризується наступними основними групами змінних.

1. Змінні, зміною яких система регулювання може впливати на об'єкт з метою управління. Сукупність цих змінних називають вектором регулюючих впливів. Зазвичай регулюючими впливами служать зміни витрат матеріальних потоків або потоків енергії.

2. Змінні, зміна яких не пов'язані з впливом системи регулювання. Ці зміни відображають вплив на регульований об'єкт зовнішніх умов, зміни характеристик самого об'єкта і т.п. Їх називають збурюючими впливами

В першу групу вхідних змінних необхідно включити G_t і T_t , а у другу- $C_{A-вх}$, $C_{B-вх}$, $C_{C-вх}$, $C_{D-вх}$, $T_{вх}$, P_t і P_a . Вихідні змінні об'єкта - це ті, значення які внаслідок зміни вхідних змінних змінюються. У нашому випадку такими є $C_{A-вих}$, $C_{B-вих}$, $C_{C-вих}$, $C_{D-вих}$, $C_{E-вих}$, $C_{F-вих}$, $C_{G-вих}$, $C_{J-вих}$, $G_{T_{вих}}$, $T_{T_{вих}}$, $T_{вих}$.

Таким чином, хімічний реактор розкладання може бути проілюстрований на рис. 5.1.

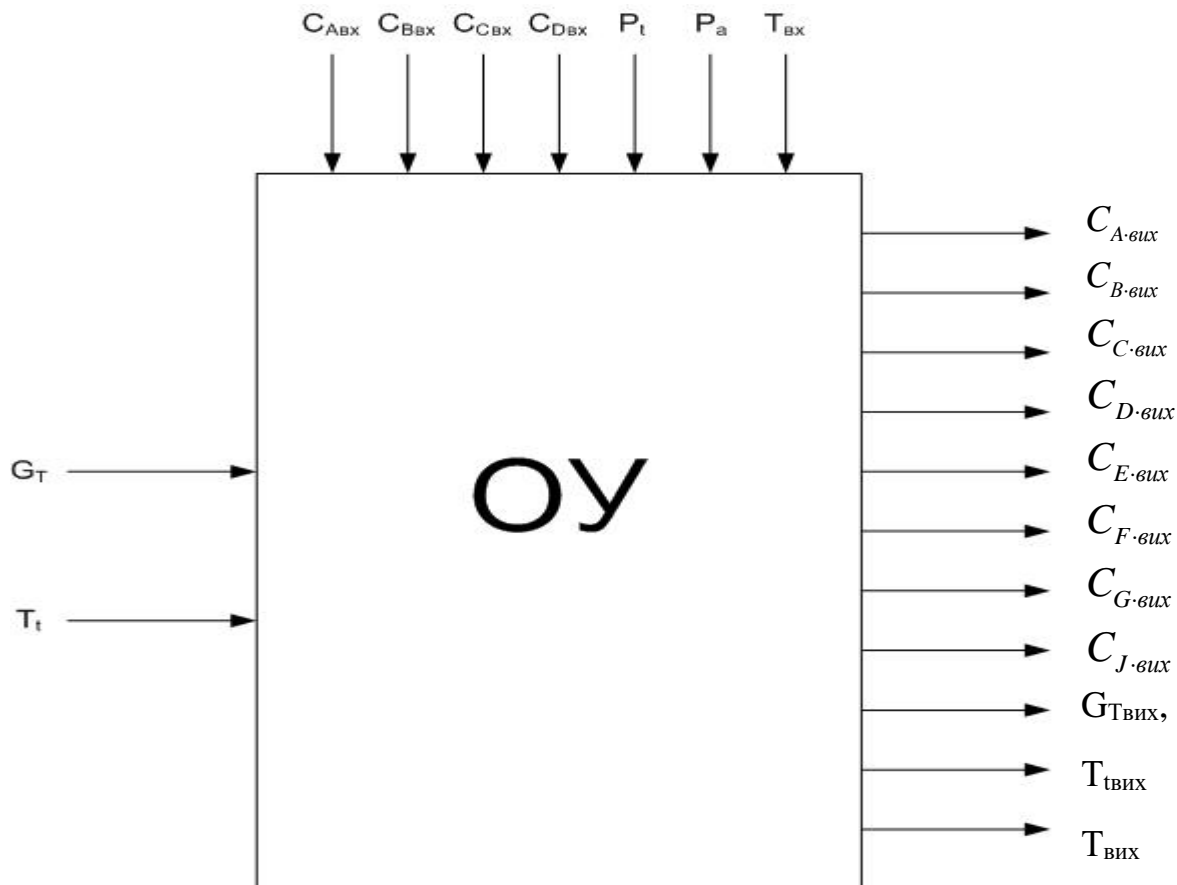


Рисунок 5.1 - Хімічний реактор розкладання як ОУ

5.3 Математичний опис динаміки об'єкта управління

Запишемо рівняння динамічних режимів досліджуваного об'єкта. Складемо відповідні рівняння для кожної з вхідних змінних.

1) Покомпонентний матеріальний баланс в динамічному режимі отримуємо так:

[Накопичення комп. X] = [прихід комп. X] - [убування комп. X]

$$\Delta(C_A * V_1) = G_{\text{вх}} * C_{A_{\text{вх}}} * \Delta t - r * V_1 * \Delta t.$$

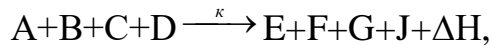
Помножимо це рівняння на $1/\Delta t$ і спрямуємо Δt до нуля, за умови, що обсяг суміші в апараті залишається постійним $V_1 = \text{const}$, тоді маємо:

$$V_1 * d(C_A) / dt = G_{1ВХ} * C_{АВХ} - r * V_1 \quad (5.1)$$

$$C_A|_{t=0} = C_{АВХ}$$

У рівнянні (3.1) r - швидкість накопичення компонента, c ; V_1 - об'єм суміші в апараті, [моль/(м³*с)].

Так як в нашому випадку в реакторі протікає необоротна ендотермічна реакція за схемою



де k - константа швидкості хімічної реакції

$$k = A * \exp(-E/RT)$$

$$r_{ij} = k * C_i * C_j$$

$$r_{ij} = -A * \exp(-E/(R*T)) * C_i * C_j \quad (5.1')$$

Т.ч. враховуючи періодичність процесу і допускаючи, що обсяг реактора заповнюється повністю за один цикл, отримуємо рівняння для речовини А:

$$dC_A/dt = -A * \exp(-E/(R*T)) * (C_A * C_B + C_A * C_C + C_A * C_D) \quad (5.2)$$

Для компонентів В, С, D, Е, F, G, J по аналогії отримаємо:

$$dC_B/dt = -A * \exp(-E/(R*T)) * C_A * C_B \quad (5.3)$$

$$C_B|_{t=0} = C_{BВХ}$$

$$dC_C/dt = -A * \exp(-E/(R*T)) * C_A * C_C \quad (5.4)$$

$$C_C|_{t=0} = C_{CВХ}$$

$$dC_D/dt = -A * \exp(-E/(R*T)) * C_A * C_D \quad (5.5)$$

$$C_D|_{t=0} = C_{DВХ}$$

$$dC_E/dt = A * \exp(-E/(R*T)) * (C_A * C_B + C_A * C_C + C_A * C_D) \quad (5.6)$$

$$C_E \Big|_{t=0} = 0$$

$$dC_F/dt = A * \exp(-E/(R*T)) * C_A * C_B \quad (5.7)$$

$$C_F \Big|_{t=0} = 0$$

$$dC_G/dt = A * \exp(-E/(R*T)) * C_A * C_C \quad (5.8)$$

$$C_G \Big|_{t=0} = 0$$

$$dC_J/dt = A * \exp(-E/(R*T)) * C_A * C_D \quad (5.9)$$

$$C_J \Big|_{t=0} = 0$$

Тут $C_A, C_B, C_C, C_D, C_E, C_F, C_G, C_J$ - концентрації речовин А, В, С, D, E, F, G, J відповідно, [моль/м³]; T- температура суміші на виході, [°C]; A- тепловий множник, [моль/с*м³]; E - енергія активації, [Дж/моль]; R = 8,31 [Дж/моль*К] газова постійна;

2) Запишемо тепловий (енергетичний) баланс для об'єму реактора, враховуючи, що прихід і відхід компонентів відсутній:

$$\Delta(C_{p1} * \rho_1 * V_1 * T_{\text{ВЫХ}}) = K * S * (T_{\text{ВЫХ}} - T_{\text{ВЫХ}}) * \Delta t +$$

$$+ \Delta H * A * \exp(-E/(R*T)) * (C_A * C_B + C_A * C_C + C_A * C_D) * V_1 * \Delta t \quad (5.10)$$

$$T \Big|_{t=0} = T_{\text{ВХ}}$$

де K-коефіцієнт теплопередачі [Дж/(м²*с*К)]; S - площа бічної поверхні реактора, [м²]; C_{p1} - теплоємність суміші [Дж/(кг*К)]; V_1 -об'єм реактора, [м³]; ρ_1 - щільність суміші, [кг/м³]; ΔH - ентальпія, [Дж/моль].

Перетворимо рівняння (5.10)

$$C_{p1} * \rho_1 * V_1 * dT_{\text{ВЫХ}}/dt = K * S * (T_{\text{ВЫХ}} - T_{\text{ВЫХ}}) + \\ + \Delta H * A * \exp(-E/(R * T)) * (C_A * C_B + C_A * C_C + C_A * C_D) * V_1 \quad (5.11) \\ T \Big|_{t=0} = T_{\text{ВХ}}$$

3) Запишемо тепловий баланс для сорочки:

$$\Delta(C_{p2} * \rho_2 * V_2 * T_{\text{ВЫХ}}) = G_{\text{ТВХ}} * \rho_2 * C_{p2} * (T_{\text{ВХ}} - T_{\text{ВЫХ}}) * \Delta t - \\ - K * S * (T_{\text{ВЫХ}} - T_{\text{ВЫХ}}) * \Delta t \quad (5.12) \\ T \Big|_{t=0} = T_{\text{ВХ}}$$

C_{p2} - теплоємність теплоносія [Дж/(кг*К)]; V_2 -об'єм сорочки, [м³]; ρ_2 - щільність теплоносія, [кг/м³]; G_T - витрата теплоносія, [м³/с].

Перетворимо рівняння (5.12):

$$C_{p2} * \rho_2 * V_2 * d(T_{\text{ВЫХ}})/dt = G_{\text{ТВХ}} * \rho_2 * C_{p2} * (T_{\text{ВХ}} - T_{\text{ВЫХ}}) - \\ - K * S * (T_{\text{ВЫХ}} - T_{\text{ВЫХ}}) \quad (5.13) \\ T \Big|_{t=0} = T_{\text{ВХ}}$$

4) Матеріальний баланс для сорочки:

Запишемо загальний матеріальний баланс:

$$G_{\text{ТВХ}} = G_{\text{ТВЫХ}} \\ G_T = 0.1 * (k_{v1} + k_{v2}) * \left(\sqrt{\frac{P_t - P_a}{\rho_2}} \right) / 3600 \quad (5.14)$$

- де k_{v1} і k_{v2} - пропускна здатність клапанів гарячого і холодного теплоносія відповідно; P_t - тиск теплоносія перед клапаном, Па; P_a - тиск теплоносія в сорочці, Па.

Отже, є одинадцять рівнянь для визначення значень одинадцяти вихідних змінних $C_A, C_B, C_C, C_D, C_E, C_F, C_G, C_J, G_{T_{вих}}, T_{T_{вих}}, T_{вих}$. Таким чином, математичний опис динаміки реактора розкладання періодичної дії являє собою систему диференціальних рівнянь (5.2), (5.3), (5.4), (5.5), (5.6), (5.7), (5.8), (5.9), (5.11), (5.13), (5.14) з початковими умовами.

5.4 Моделювання динаміки об'єкта управління і процесів, що відбуваються в ньому

Для отримання деякої перехідної характеристики об'єкта управління необхідно кожен раз вирішувати систему рівнянь, що описує його динаміку, яку ми записали в попередньому розділі. За допомогою робочого середовища MATLAB ми розробили програму (Додаток А), яка моделює динаміку нашого об'єкта управління при подачі теплоносія в сорочку реактора розкладання. Були отримані графіки перехідних характеристик, які наведені на рис. 5.2, 5.3.

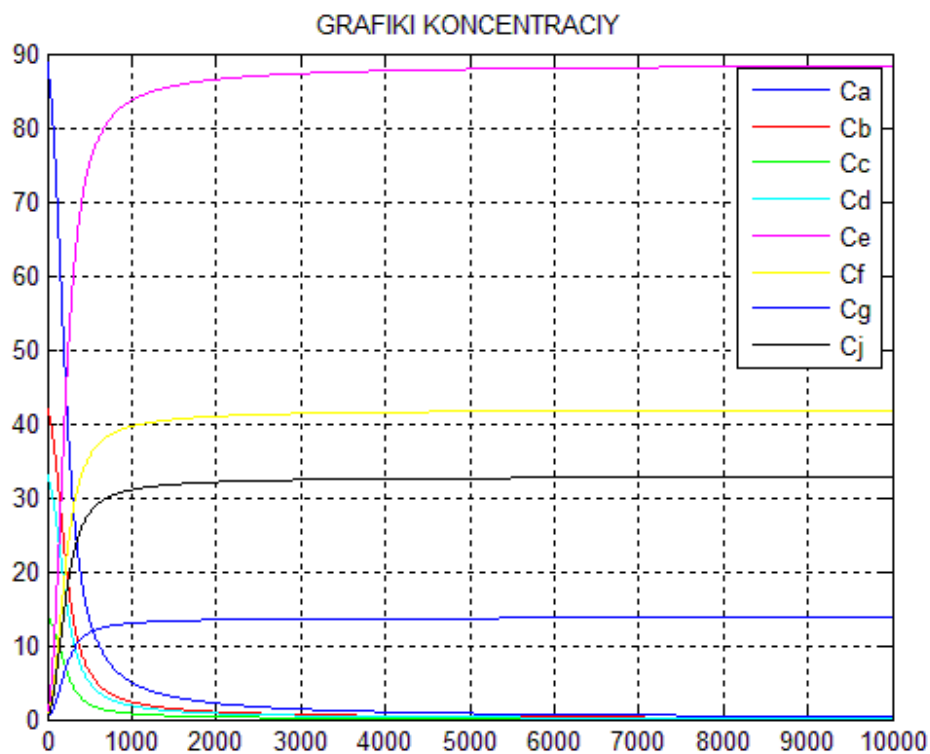


Рисунок 5.2 - Перехідні характеристики компонентів $C_A(t)$, $C_B(t)$, $C_C(t)$, $C_D(t)$, $C_E(t)$, $C_F(t)$, $C_G(t)$, $C_J(t)$, об'єкта при подачі гарячого теплоносія в сорочку (співвідношення сірчаної кислоти та ільменітового концентрату 1:1).

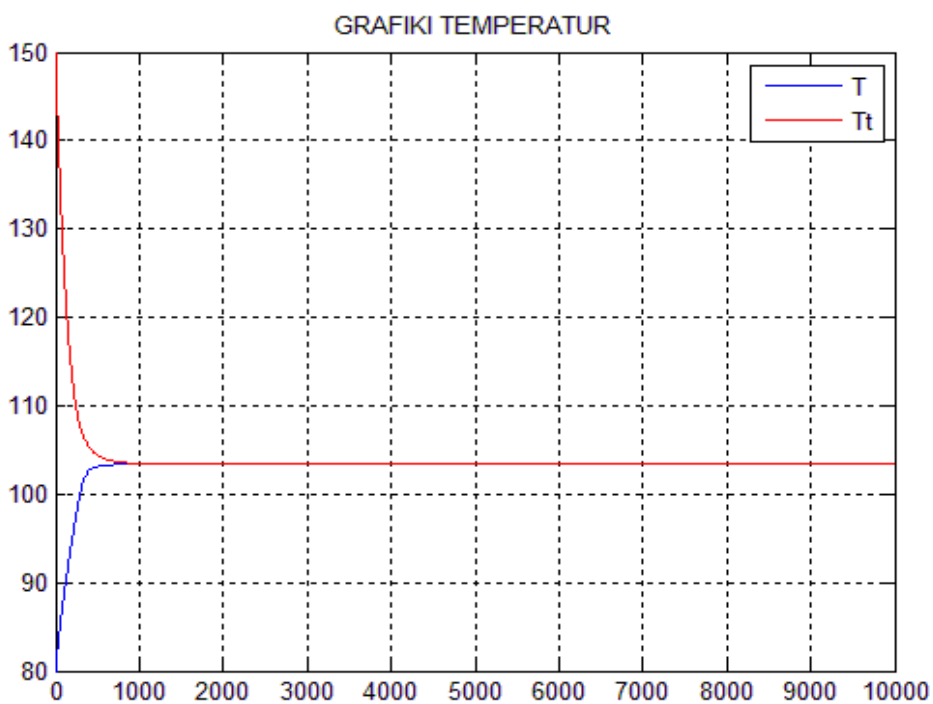


Рисунок 5.3 - Перехідні характеристики $T(t)$, $T_t(t)$ об'єкта при подачі гарячого теплоносія в сорочку

З графіка (рис. 5.2) перехідної характеристики компонентів $C_A(t)$, $C_B(t)$, $C_C(t)$, $C_D(t)$, $C_E(t)$, $C_F(t)$, $C_G(t)$, $C_J(t)$ видно, що при співвідношенні сірчаної кислоти та ільменітового концентрату 1:1 всі компоненти вступають в реакцію. В результаті чого кількість невикористаних компонентів дорівнює нулю. А молярне число вихідних компонентів дорівнює молярному числу вхідних.

Графік перехідних характеристик $T(t)$, $T_t(t)$ (рис. 5.3) при подачі гарячого теплоносія в сорочку показує, що температура в реакторі розкладання встановлюється на значенні 104°C і постійно підтримується на одному рівні за допомогою теплоносія в сорочці реактора.

5.5 Моделювання динаміки об'єкта управління при вхідному заданому впливі у вигляді кусочно-лінійної залежності

Були отримані перехідні характеристики об'єкта по каналах $G_{T_{\text{вх}}}$, $T^{\text{вх}} \rightarrow C_A^{\text{вих}}$, $C_B^{\text{вих}}$, $C_C^{\text{вих}}$, $C_D^{\text{вих}}$, $C_E^{\text{вих}}$, $C_F^{\text{вих}}$, $C_G^{\text{вих}}$, $C_J^{\text{вих}}$, $T_t^{\text{вих}}$, $T^{\text{вих}}$ при подачі теплоносія в сорочку, в разі, якщо на об'єкт діє поетапний вплив, представлений на рис. 5.4. Даний вплив, що задається, можливо, змінювати в залежності від бажаних результатів, які висуваються до підсистеми «реактор розкладання». Отримані перехідні характеристики були побудовані в середовищі MATLAB за допомогою програми (див. Додаток Б), і представлені на графіках (рис. 5.5- 5.6).

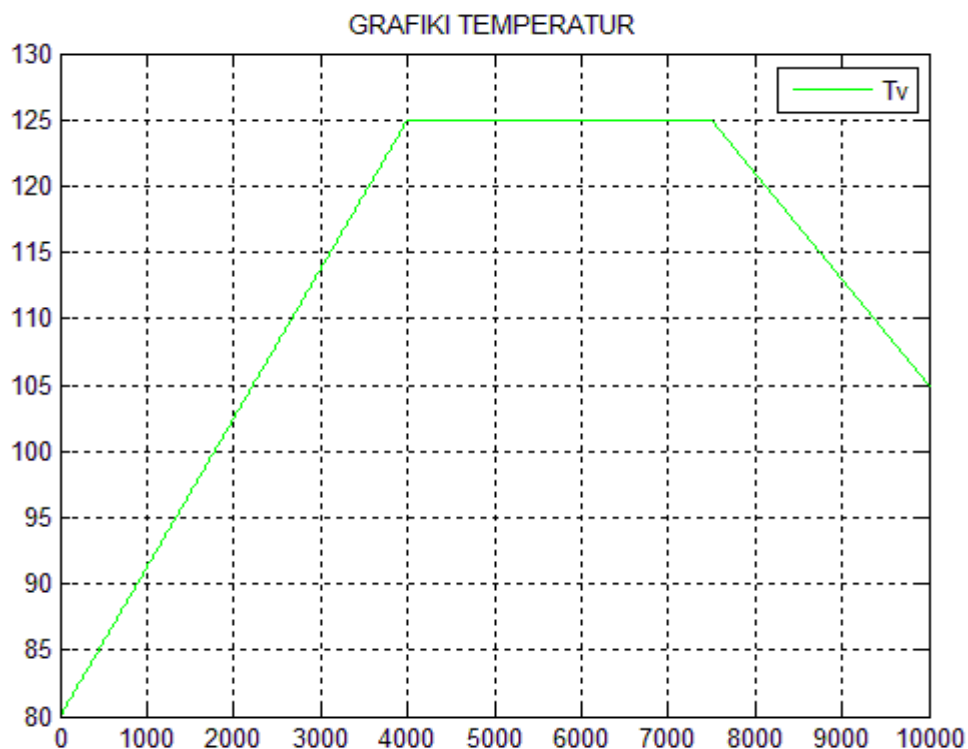


Рисунок 5.4 – Вплив, що задається у вигляді кусочно-лінійної залежності

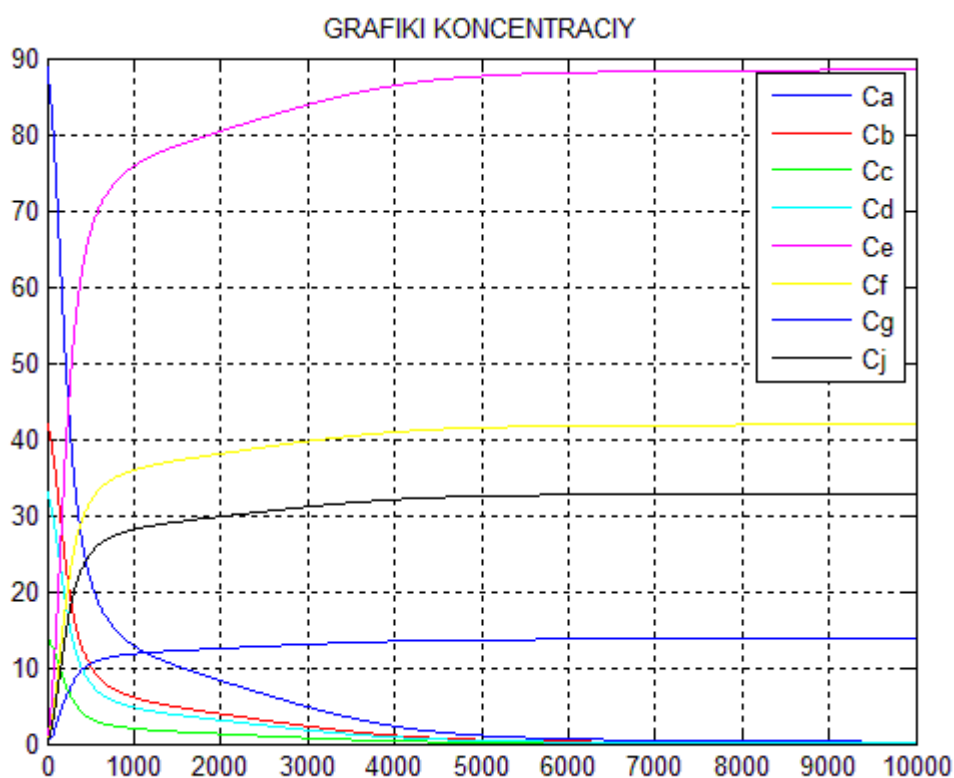


Рисунок 5.5 - Перехідна характеристика об'єкта по каналах $C_A^{вих}$, $C_B^{вих}$, $C_C^{вих}$, $C_D^{вих}$, $C_E^{вих}$, $C_F^{вих}$, $C_G^{вих}$, $C_J^{вих}$ в разі, якщо на об'єкт діє ступеневе збурення (співвідношення сірчаної кислоти та ільменітового концентрату 1:1).

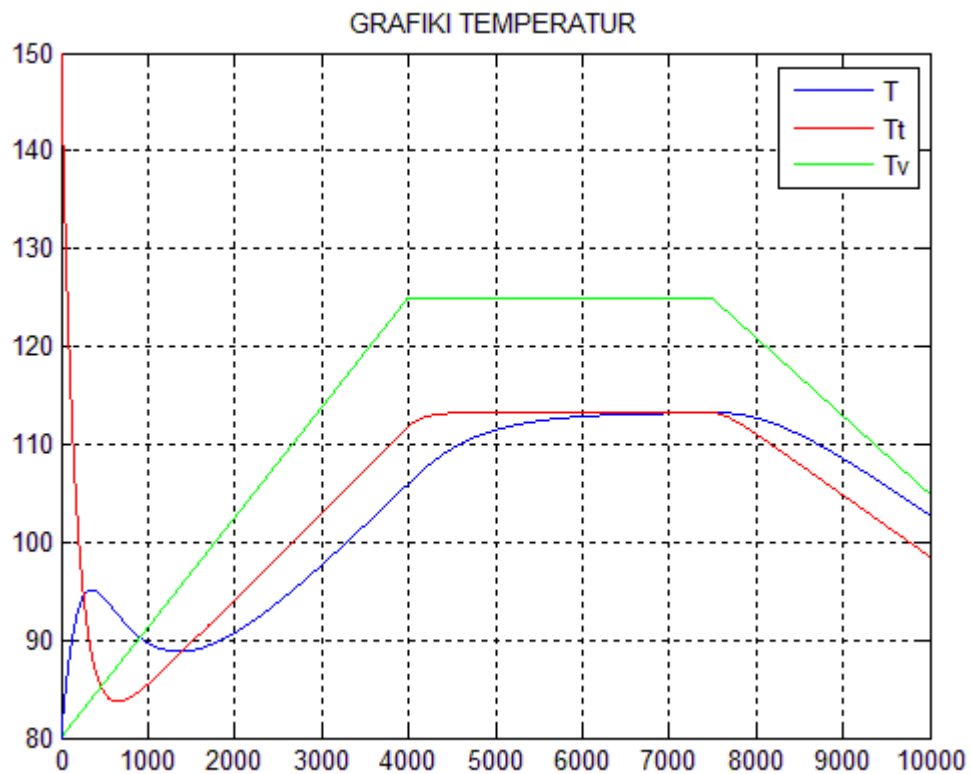


Рисунок 5.6 - Перехідна характеристика об'єкта по каналах $T_{вих}$, T_v , $T_{вих}$ в разі, якщо на об'єкт діє ступеневе збурення

З графіка (рис. 5.5) перехідної характеристики компонентів $C_A(t)$, $C_B(t)$, $C_C(t)$, $C_D(t)$, $C_E(t)$, $C_F(t)$, $C_G(t)$, $C_J(t)$ видно, що при співвідношенні сірчаної кислоти та ільменітового концентрату 1:1 всі компоненти вступають в реакцію. В результаті чого кількість невикористаних компонентів дорівнює нулю. А молярне число вихідних компонентів дорівнює молярному числу вхідних. Дані перехідні характеристики володіють більшою мірою інерційності, що позначається на швидкодії підсистеми в цілому.

Графік перехідних характеристик $T(t)$, $T_t(t)$ (рис. 5.6) при подачі гарячого теплоносія в сорочку показує, що температура в реакторі розкладання не відповідає впливу, що задається. Рекомендація щодо усунення недоліків полягає в наступному: включити ланку регулювання в об'єкт управління.

5.6 Моделювання автоматизованої системи регулювання реактора розкладання

Для регулювання температури суміші на виході реактора, що відповідає номінальному статичному режиму, можна змінювати пропускну здатність клапанів гарячого і холодного теплоносіїв на вході в сорочку, подаючи їх поперемінно. Необхідно також підібрати оптимальні налаштування регулятора, при яких об'єкт буде мати характеристику, максимально наближену до заданого значення. В якості чутливого елемента є датчик температури на виході реактора. Структурна схема цієї АСР представлена на рис.5.7.

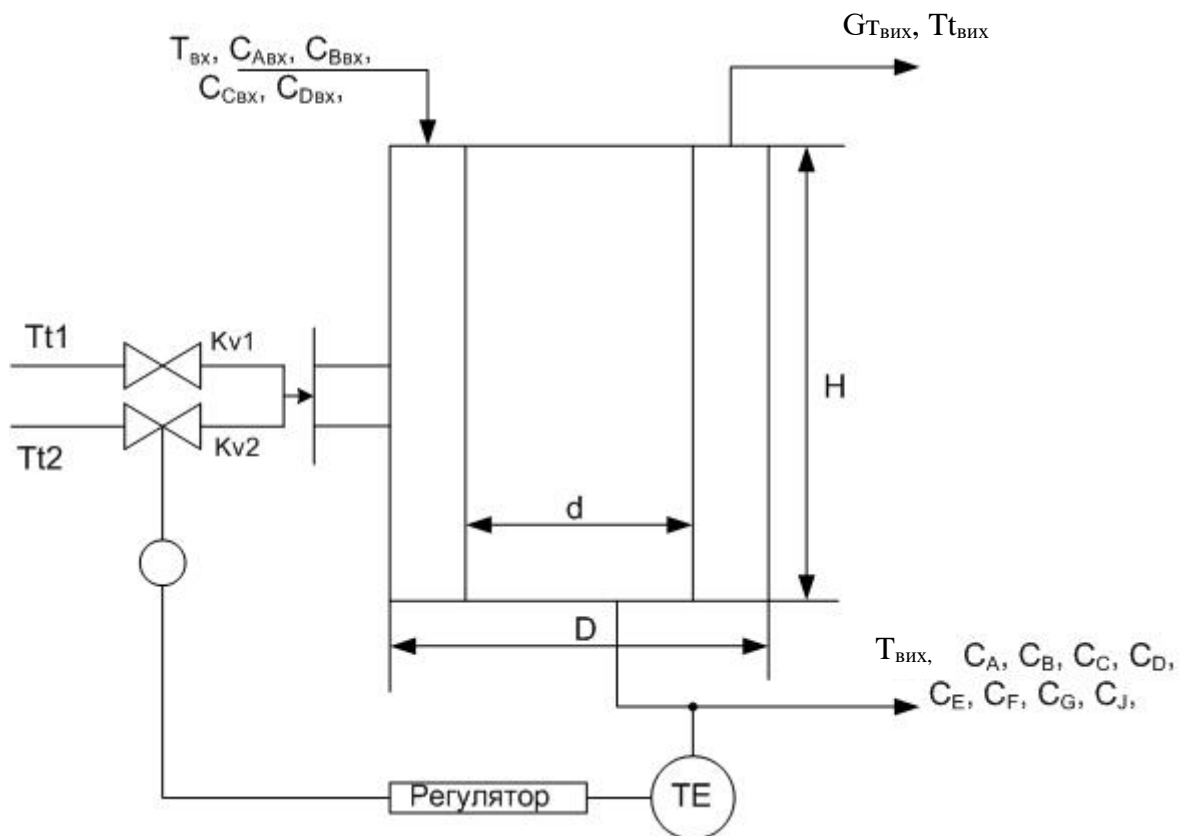


Рисунок 5.7 - Схема АСР температури суміші на виході з реактора

Для моделювання перехідних процесів в АСР температури суміші в реакторі, необхідно мати математичний опис цієї системи регулювання.

Рівняння регулятора, в якості якого в нашому випадку обраний ПІ-регулятор (об'єкт інерційний), з введенням динамічної помилки для заданої зони нечутливості i в заданому діапазоні вимірювання температури, виглядає наступним чином:

$$X_p = K_p * E + 1/T_i \int E * dt,$$

де $E = T_{\text{вим}} - T_{\text{вх}}/E_0 * 100$ - динамічна помилка регулювання; E_0 - розмах шкали; X_p - відповідає за відкриття клапанів і знаходиться в межах обмеження на вихідні значення вихідного сигналу; K_p - коефіцієнт передачі регулятора; T_i - час ізодрома [с].

Запишемо рівняння для датчика температури на виході регулятора:

$$T_d * dT_{\text{вим}} / dt = -T_{\text{вим}} + T,$$

де T_d - інерційність датчика, с; $T_{\text{вим}}$ - температура суміші, яка вимірюється датчиком на виході; T - температура суміші на виході з реактора.

Для того, щоб розрахувати перехідний процес в АСР температури суміші в реакторі, якщо на систему діє представлений на рис. 5.4 збурюючий вплив, була розроблена програма (див. Додаток А), при цьому $T_{\text{вх}}$ в часі змінювалося відповідно до завдання, а інші вхідні змінні задавалися згідно номінального статичного режиму.

На рис. 5.8- 5.12 показані перехідні процеси при заданому впливі $T_v(t)$, представленою на рис. 5.4 з використанням ПІ-регулятора, перехідні процеси динаміки зміни компонентів в реакторі розкладання, а також зміна регулюючого значення X_p в часі при оптимальних налаштуваннях регулятора.

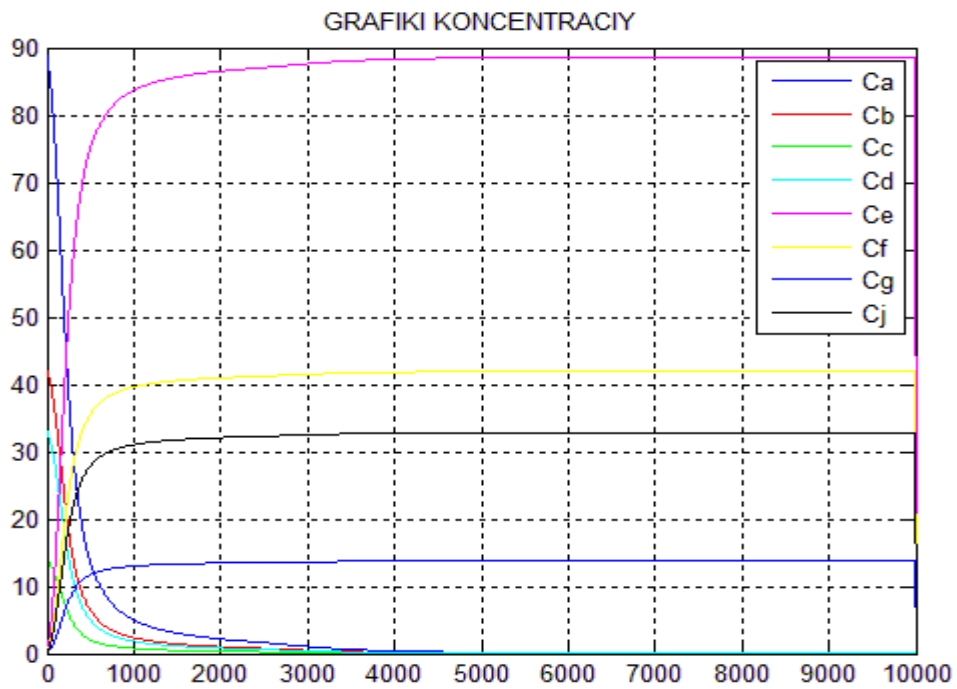


Рисунок 5.8 - Перехідна характеристика АСР в разі, якщо на об'єкт діє ступеневе збурення (співвідношення сірчаної кислоти та ільменітового концентрату 1:1)

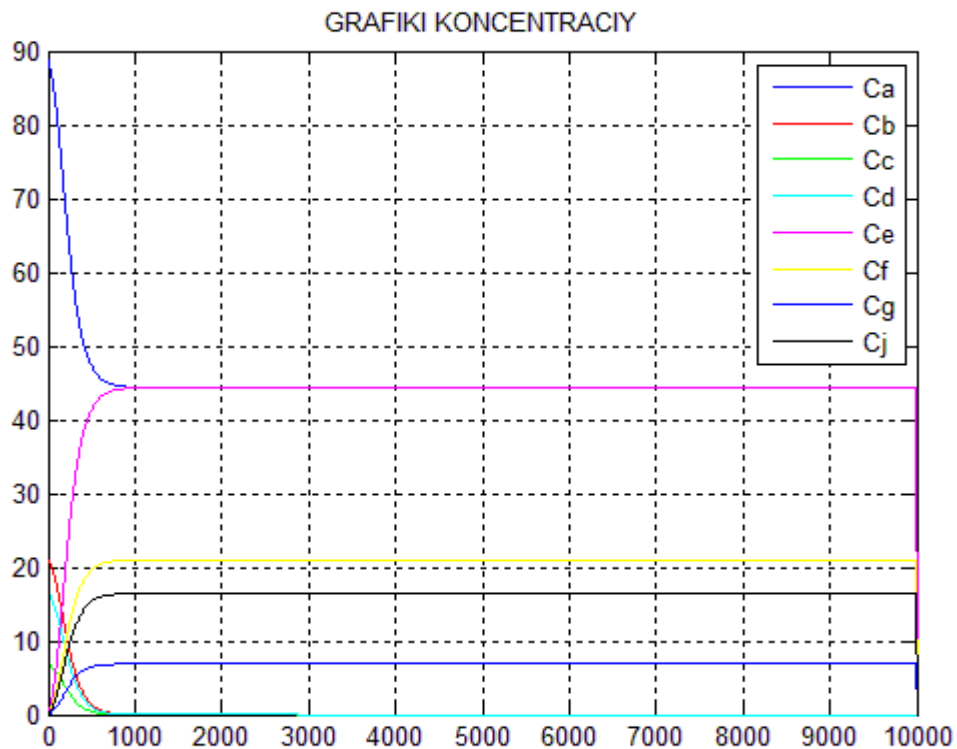


Рисунок 5.9 - Перехідна характеристика АСР в разі, якщо на об'єкт діє ступеневе збурення (співвідношення сірчаної кислоти та ільменітового концентрату 2:1).

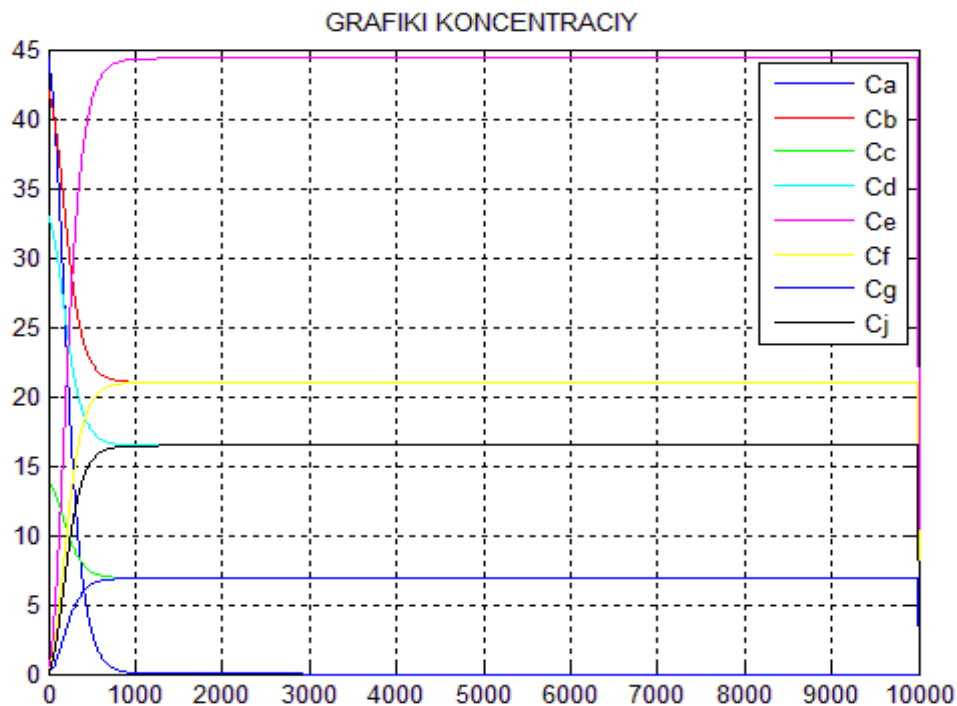


Рисунок 5.10 - Перехідна характеристика АСР в разі, якщо на об'єкт діє ступеневе збурення (співвідношення сірчаної кислоти та ільменітового концентрату 1:2).

З графіків (рис. 5.8- 5.10) перехідних характеристик компонентів $C_A(t)$, $C_B(t)$, $C_C(t)$, $C_D(t)$, $C_E(t)$, $C_F(t)$, $C_G(t)$, $C_J(t)$ видно, що при співвідношенні сірчаної кислоти та ільменітового концентрату 1:1, всі компоненти вступають в реакцію. В результаті чого кількість невикористаних компонентів дорівнює нулю. А молярне число вихідних компонентів дорівнює молярному числу вхідних. При співвідношенні 2:1 сірчаної кислоти до ільменітового концентрату, число молей ільменіту повністю відреагували з числом молей сірчаної кислоти, але при цьому залишається велика кількість молей сірчаної кислоти, що не прореагували. Сірчана кислота, що не прореагувала, залишається в реакторі і тим самим погіршує загальний стан суспензії, тобто погіршує кінцевий продукт. При співвідношенні 1: 2 сірчаної кислоти до ільменітового концентрату, число молей сірчаної кислоти повністю відреагували з ільменітом. А число молей ільменітового концентрату в повному обсязі відреагувало, таким чином ільменіт,

що не прореагував, також залишається в реакторі розкладання. Це веде до неправильного технологічного процесу і, як наслідок, браку на виході.

Дані графіки наочно показують протікання реакції отримання двоокису титану сульфатним способом. І модель повністю відповідає реальному об'єкту, це було продемонстровано вище.

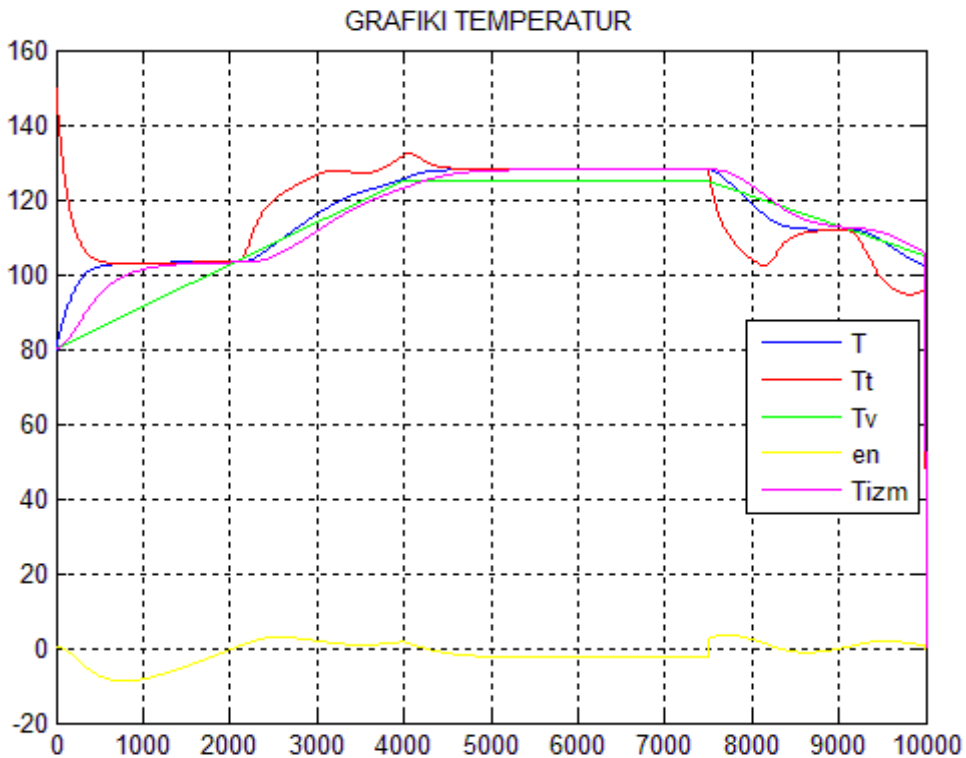


Рисунок 5.11 - Перехідна характеристика АСР по каналах $T_{вих}$, T_v , $T_{твих}$, E_n в разі, якщо на об'єкт діє ступеневе збурення

Графік перехідних характеристик $T(t)$, $T_t(t)$ (рис. 5.11) при подачі гарячого теплоносія в сорочку показує, що температура в реакторі розкладання підтримується на встановленому рівні. Датчик температури вимірює температуру реактора розкладання правильно, як показано на графіку. Інерційність перехідних характеристик викликана швидкістю протікання реакції.

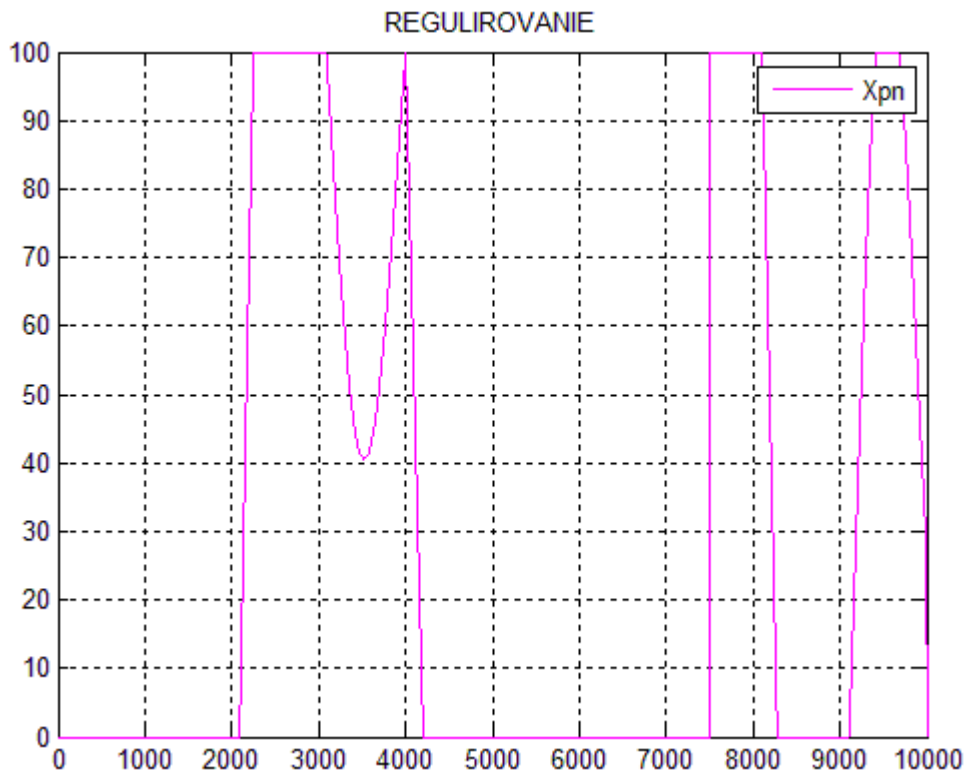


Рисунок 5.12 - Перехідна характеристика зміни регулюючого значення X_p в часі

Також при аналізі графіків (рис. 5.11- 5.12) було виявлено, що перехідні характеристики температури мають нелінійність, це вплив регулятора.

Таким чином, досліджена динаміка об'єкта управління, динаміка об'єкта управління при заданому впливі і динаміка поведінки АСР в реакторі розкладання температури суміші на виході з ємності в різних ситуаціях при різних параметрах налаштування регулятора, пропускної здатності клапанів і законах регулювання. Це дало певну інформацію про систему регулювання і дозволило виявити її характерні особливості і недоліки.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Загальні питання охорони праці

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних засобів і заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі роботи. (ДСТУ 2293-00).

При роботі відділення розкладання ільменітового концентрату на робочий персонал діють небезпечні та шкідливі фактори перераховані в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1-Перелік шкідливих і небезпечних виробничих факторів по ДСТ 12.0.003-74

Шкідливі і небезпечні фактори	Джерело факторів
1. Підвищений рівень шуму і вібрації, 80 дБ	Насоси, вентилятори
2. Підвищена напруга 220-380 В	Щит управління, насоси
3. Несприятливий мікроклімат (підвищена температура стін обладнання)	Трубопроводи, реактор
4. Сірчана кислота, ГДК=1мг/м ³ і оксид титану ГГДК=10мг/м ³	Технологічне обладнання: реактор, трубопроводи

Промислова санітарія. Обробка ільменітового концентрату полягає в його розкладанні під дією сірчаної кислоти при температурі 100-120⁰С, з виділенням оксиду титану TiO₂. Останній використовується як пігмент для виготовлення фарб. Через негерметичність технологічного обладнання в повітря робочої зони можуть потрапляти пари, в яких міститься сірчана кислота. Концентрація цих парів відповідає ГДК. ГДК в повітрі робочої зони і по ДСТ 12.1.007-88 ССБТ дорівнює: для сірчаної кислоти ГДК = 1 мг/м³ а для оксид титану ГДК = 10 мг/м³. Способи усунення та захисту від шкідливих факторів приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Способи усунення та захисту від шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Шкідливі і небезпечні виробничі фактори	Джерело виникнення	Способи усунення та захисту
1. Підвищений рівень шуму і вібрації, 80 дБ	Насоси і вентилятори	Звукоізоляція кожухами, віброізоляція, вібродемпфування установок
2. Підвищена напруга 220-380 В	Електродвигуни	Ізоляція проводів і захисне заземлення обладнання ГОСТ 12.1.030-81
3. Несприятливий мікроклімат (підвищена температура стін обладнання)	Паропроводи і реактори	Використання теплоізоляції обладнання вентиляція приміщень
4. Сірчана кислота і оксид титану	Ємності для зберігання, реактора, трубопроводи	Герметизація обладнання, способи індивідуального захисту

Відділення розкладання ільменітового концентрату перебувають на відкритому повітрі. Цех КВП і операторська розміщуються окремо за межами технологічного об'єкта. Вплив шкідливих і небезпечних факторів можливий тільки при проведенні ремонтних робіт. У приміщенні цехів використовується центральне водяне опалення та кондиціонування повітря для підтримки температури в операторській зоні згідно СН і П 2.04.05.-92. Категорія робіт - середньої складності П⁶ (енерго втрати 172-232 Вт -технологи і працівники КВП і А). Параметри мікроклімату приведені в таблиці 6.3. Після вжитих заходів мікроклімат в приміщенні щитової відповідає вимогам ДНС 3.36-042-99.

Таблиця 6.3-Допустимі норми мікроклімату в операторській КВП

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодний	Середньої складності П ^б	17 – 23	≤ 75	0,2
Теплий	Середньої складності П ^б	18 - 23	≤ 75	0,3 – 0,4

Вентиляція. Так як технологічний об'єкт є відкритим спорудою, а операторська винесена за його межі, то вентиляція в цих приміщеннях не передбачена. Існуюча система кондиціонування передбачена для підтримки умов мікроклімату в операторській, обумовлених в попередньому пункті.

Освітлення. Згідно СНиП 2-4-79, для IV "в" E_{min} дорівнює 200 лк, а коефіцієнт природного освітлення к.п.о. (e_н) - 1.5%. Освітлення в операторській використовується комбіноване. У світлий час доби використовується природне освітлення, а в темний - штучне.

У приміщеннях передбачене аварійне освітлення для продовження робіт при відключенні робочого освітлення. Для аварійного освітлення використовуються лампи розжарювання з джерелом живлення від акумулятора.

Шум і вібрація. У відділеннях розкладання ільменітового концентрату джерелом шуму і вібрації є насоси. Для зниження шуму і вібрації використовують покращений режим експлуатації обладнання, центрування і балансування механізмів, використовують матеріали, що демпфують - капронове волокно і пористу штукатурку. В результаті вжитих заходів, рівень шуму і вібрації відповідає вимогам ГОСТ 12.1.003 - 83 і ГОСТ 12.1.012 - 90.

Техніка безпеки. До обслуговування обладнання допускаються особи, які пройшли спеціальну підготовку з техніки безпеки і протипожежної безпеки, ознайомлені з конструкцією апаратів, установок, тех. процесу, інструкціями з експлуатації основного і комплексного обладнання. Обладнання та

трубопроводи, які мають гарячі поверхні, ізолювані азбестовим покриттям. Апарати, які працюють під тиском, встановлені манометри і запобіжні клапани. У проєкті передбачена система аварійної сигналізації на пульті управління, а використання ЕОМ дозволяє прогнозувати і виключати аварійні ситуації.

Електробезпека. За небезпекою ураження електричним струмом приміщення належить, згідно ПУЕ-87, до приміщень з підвищеною небезпекою, так як для живлення приладів використовується змінна напруга 220 В частотою 50 Гц. На установці і в операторській передбачено захисне заземлення всіх щитів, пультів КВП, насосів згідно ГОСТ 12.1.030-81.

Пожезна безпека. Відділення розкладання ільменітового концентрату не є вибухопожежонебезпечним виробництвом. Джерелом виникнення пожежі можуть бути фарби і мастильні матеріали. Категорія згідно ОНТП 24-86 і ступінь вогнестійкості згідно СНіП 2.01.02-85 наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 - Категорії провадження у вибухонебезпечній безпеки і ступеня вогнестійкості цеху

Будинок, споруда	Категорія виробництва	Ступінь вогнестійкості будівлі
1. Приміщення пультів управління	Д- пожежонебезпечна	2
2. Установка розкладання ільменіту	Д- пожежонебезпечна	2

Методи попередження про пожежі - зв'язок і сигналізація. Перерахування первинних способів пожежогасіння наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5-Первинні засоби пожежегасіння

Приміщення	Площа , м ²	Первинні засоби пожежегасіння	Кількість, шт.
Виробництво	720	Пожежний щит: ручні вогнегасники	
		ОУ-2	4
		ОУ-8	10
		Ящик з піском	3
		Лопата	6
		Азбестова тканина	3
Операторська	120	Вуглекислотні вогнегасники:	
		ОУ-2, ОУ-5	2 2

6.2 Розрахунок занулення

Спроекувати занулення електрообладнання з номінальною напругою 220 В і номінальним струмом 10 А. Для живлення комп'ютерів від цехової силової збірки використовується дріт марки АЛП 3х2,5, що прокладається в сталевій трубі. Споживач підключений до третьої ділянки живильної магістралі. Перша ділянка магістралі виконана чотирьохжильним кабелем марки АВРЕ з алюмінієвими жилами перерізом (3*50 + 1*25) мм в поліхлорвініловій оболонці. Довжина першої ділянки - 0,25 км. Ділянка захищена автоматом А 3110 з комбінованим роз'єднувачем на струм Іном = 100 А. Другу ділянку прокладено кабелем АВРЕ (3*25 + 1*10) мм довжиною 0,075 км. Ділянка захищена автоматичним вимикачем А 3134 на струм 80 А. Магістраль живиться від трансформатора типу ТМ = 1000 з первинною напругою 6 кВ і вторинною 400/220 В. Магістраль занулення на перших двох ділянках виконана четвертою

жилою живильного кабелю, на третій ділянці - сталевую трубою. Вибираємо стандартний запобіжник на 15 А-АЕ1031.

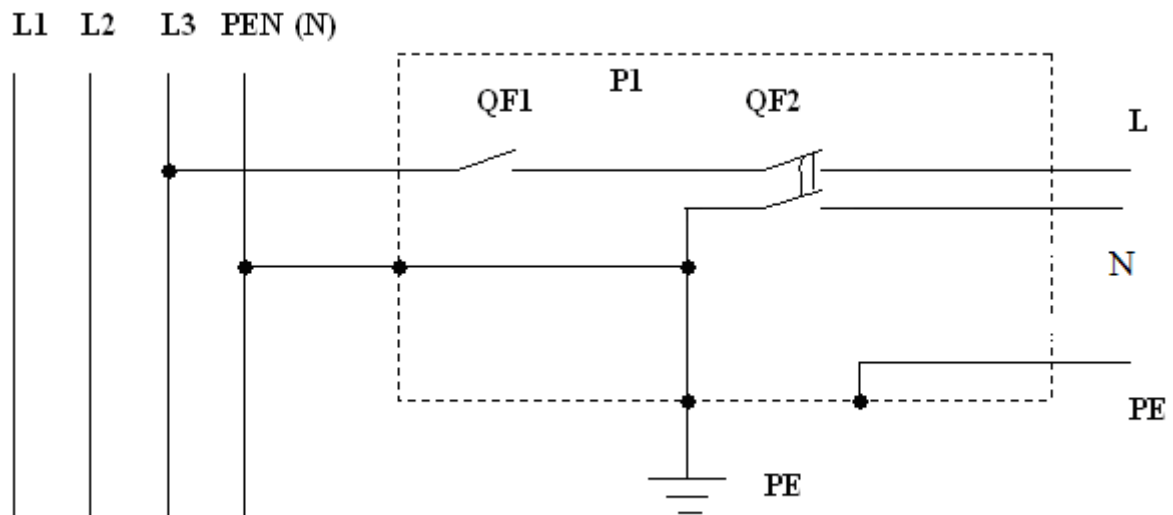


Рисунок 6.1-Принципова схема занулення електрообладнання: QF1 – ввідний автомат або пакетний вимикач. QF2 - Пристрій захисної відсічки

Розрахункова перевірка занулення

Визначимо розрахункове значення опору трансформатора: Розрахуємо активний опір фазного дрота для кожного з ділянок:

$$R_{\Phi} = \rho \frac{l}{S} \quad (6.1)$$

де: l - довжина проводу; S - перетин дроту; ρ - питомий опір матеріалу (для алюмінію $\rho = 0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{км}$).

Розрахуємо активний опір фазних проводів для трьох ділянок:

$$R_{\Phi 1} = \rho \frac{l}{S} = 0,028 \frac{250}{50} = 0,14 \text{ Ом}$$

$$R\Phi 2 = \rho \frac{l}{S} = 0,028 \frac{75}{25} = 0,084 \text{ Ом}$$

$$R\Phi 3 = \rho \frac{l}{S} = 0,028 \frac{30}{2,5} = 0,336 \text{ Ом}$$

Повний активний опір фазного дрота:

$$R\Phi_{\Sigma} = \sum R\Phi_{1,2,3} = 0,56 \text{ Ом}$$

Розрахуємо активний опір нульового захисного провідника:

$$RM 1 = \rho \frac{l}{S} = 0,028 \frac{250}{25} = 0,28 \text{ Ом}$$

$$RM 2 = \rho \frac{l}{S} = 0,028 \frac{75}{10} = 0,21 \text{ Ом}$$

Для труби зі сталі: $\rho = 0,18 \text{ Ом / км}$

$$RM 3 = \rho \frac{l}{S} = 0,18 \frac{30}{100} = 0,054 \text{ Ом}$$

Таким чином, сумарний опір магістралі занулення дорівнює:

$$RM_{\Sigma} = \sum RM_{1,2,3} = 0,544 \text{ Ом}$$

Визначаємо зовнішні індуктивні опори. Для фазового проводу:

$$X'_{\Phi} = X'_{\Phi M} - X_{\Phi L}. \quad (6.2)$$

Для магістралі занулення:

$$X'_{M3} = X'_{M3 M} - X_{M3 L}. \quad (6.3)$$

де X'_{M3} і $X'_{\Phi M}$ індуктивні опори, обумовлені взаємоіндукцією фазового проводу та магістралі занулення; X_{M3} і $X_{\Phi 1}$ зовнішні індуктивні опори самоіндукції. Індуктивні опори, обумовлені взаємоіндукцією фазового проводу і магістралі занулення визначаються за формулою:

$$X'_{\Phi M} = X'_{M3} M = 0,145 \lg(d_{\Phi M3}), \quad (6.4)$$

де d - відстань між фазним і нульовим проводом. Для 1 і 2 $d = 15$ мм, для 3 $d = 9.5$ мм)

$$X'_{\Phi M1} = X'_{M3M} = 0,145 \lg 15 = 0,17 \text{ Ом.}$$

$$X'_{\Phi M2} = X'_{M3M} = 0,145 \lg 15 = 0,17 \text{ Ом.}$$

$$X'_{\Phi M3} = X'_{M3M} = 0,145 \lg 9,5 = 0,142 \text{ Ом.}$$

Сумарний опір на всіх ділянках:

$$X'_{\Phi M} = X'_{M3M} = X'_{\Phi M1} + X'_{\Phi M2} + X'_{\Phi M3} = 0,482 \text{ Ом}$$

Зовнішній індуктивний опір визначаються за формулою:

$$X_{\Phi L} = X'_L * L,$$

де X'_L - питомий опір самоіндукції, Ом / м.

$$X'_L1 = 0,09 * 0,25 = 0,023 \text{ Ом}$$

$$X'_L2 = 0,068 * 0,075 = 0,005 \text{ Ом}$$

$$X'_L3 = 0,03 * 0,03 = 0,0009 \text{ Ом}$$

Сумарний зовнішній індуктивний опір фазового проводу:

$$X_{\Phi L} = 0,029 \text{ Ом}$$

$$X_{M3L1} = 0,068 * 0,25 = 0,017 \text{ Ом}$$

$$X_{M3L2} = 0,03 * 0,075 = 0,0025 \text{ Ом}$$

Сумарний зовнішній індуктивний опір магістралі занулення:

$$X_{M3L} = 0,024 \text{ Ом}$$

Сумарний зовнішній індуктивний опір:

$$X_{\Phi}' = 0,482 + 0,029 = 0,511 \text{ Ом}$$

$$X_{M3}' = 0,482 + 0,024 = 0,506 \text{ Ом}$$

Повний опір фазного проводу та магістралі занулення:

$$Z_{\Pi} = \sqrt{\left(R_{\Phi\Sigma} + R_{M\Sigma}\right)^2 + \left(X_{\Phi}' + X_{M3}'\right)^2} \text{ Ом} \quad (6.5)$$

Струм однофазного КЗ визначимо за формулою:

$$I_{K3} = \frac{U}{Z_{\Pi}} = \frac{220}{\sqrt{(0,56 + 0,544)^2 + (0,511 + 0,506)^2}} = 146,7 \text{ А} \quad (6.6)$$

Порівняємо розрахункові параметри з допустимими:

$$I_{K3} = 146,7 \text{ А} > 12 \text{ А}$$

Номінал автомата вибирається, виходячи з допустимого струмового навантаження провідників (яке визначається перетином провідника і його матеріалом) та із споживаної потужності споживачів. Важливим параметром є також струм короткого замикання. Коротким замиканням (КЗ) називається

з'єднання струмоведучих частин різних фаз або потенціалів між собою або на корпус обладнання, з'єднаний з землею, в мережах електропостачання або в електроприймачах. При КЗ шлях струму коротшає, оскільки він йде, минаючи опір навантаження, тому струм збільшується до критичних величин, якщо напруга не відключиться при спрацьовуванні захисту. Але захист може не спрацювати, якщо КЗ відбувається в віддаленій точці, оскільки опір кола може виявитися занадто великим і струм виявиться недостатнім для спрацьовування захисту. У зв'язку з цим і виникає необхідність розрахунку струму короткого замикання (СКЗ).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. В.Н. Скомороха. Производство двуокиси титана пигментной сульфатным способом.; Сумы 2002г.- 420с.
2. Швець, С.В. Основи системного аналізу: навч. посіб. / С.В. Швець, У.С. Швець. - Суми: СумДУ, 2017. - 126 с.
3. THE CONTROL (VOLUME I) EDITOR WILLIAM S. LEVINE. Jaico First Impression : 1999
4. Павлов, А.В. Нелинейные системы автоматического управления конспект лекций для студ. спец. 8.05020101 "Компьютеризированные системы управления и автоматика" дневной, заочной и дистанционной форм обучения / А.В. Павлов, А.Ю. Журавлев. - Сумы: СумГУ, 2016. - 79 с
5. Павлов, А.В. Дискретні системи автоматичного управління: конспект лекцій для студ. спец. 8.05020101 "Комп'ютеризовані системи управління та автоматика" денної, заочної та дистанційної форм навчання / А.В. Павлов, О.Ю. Журавльов. - Суми: СумДУ, 2017. - 77 с.
6. Павлов А. В. Багатовимірні системи автоматичного управління: конспект лекцій для студ. за спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної, заочної та дистанційної форм навчання / А. В. Павлов, О. Ю. Журавльов, Г. А. Олексієнко. — Суми : СумДУ, 2018. — 67 с.
7. Соколов С. В. Контроль і вимірювання в технологічних та енергетичних системах: конспект лекцій для студ. спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" освітнього ступеня "бакалавр" усіх форм навчання / С. В. Соколов, О. С. Соколов, С. Антоненко. — Суми : СумДУ, 2020. — 242 с.
8. F. S. Hillier, and G. J. Lieberman Introduction to operations research. McGraw – Hill Education, New York, 2015
9. 4 Osaki S., Sakai H., Suzuki R.O. Direct Production of Ti–29Nb–13Ta–4,6Zr Biomedical Alloy from Oxide Mixture in Molten CaCl₂. – J. Electrochemical Society. – 2010. – V. 157 (8) E. – P. 117–121.

10. Durfft L.D, Latesy S.L., Rothwell Ian H, Huffman J.C., Folting R. Chemical and Electrochemical Reduction of Titanium(IV) Aryloxides. Inorg. Chem., 1985. – 24 (26). – pp 4569 – 4573.
11. В.В Ванін, А.В. Блюк, Гнітецька Г.О. Оформлення конструкторської документації. Навчальний посібник.- К.: « Каравела » 2016 р.- 200с.
12. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів : монографія/ А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай . – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408с.
13. Таранцева К.Р. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие / К.Р. Таранцева, А.А. Таранцева. – М.: Инфра-М, 2015.
14. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами:/Луцька Н.М., Ладанюк А.П. – К.: Видавництво „Ліра-К”, 2015. – 288 с.
15. Оптимальні системи управління: навч. посіб. / О. А. Стенін, В. П. Пасько, А. Д. Лемешко, О. М. Польшакова. — К. : Нац. техн. ун-т Укр. "Київський політехн. ін-т ім. І. Сікорського", 2017. — 172 с
16. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник [для студентів напряму "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" при виконанні курсового і дипломного проектування] / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2017. — 376 с.
17. Шудренко І. В. Основи охорони праці : навч. посіб. / І. В. Шудренко. – Житомир : Видавець, О. О. Євенок, 2016. – 214 с. ISBN 978-617-7483.
18. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.