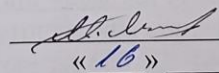
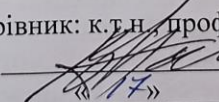


**Бакалаврська кваліфікаційна робота
(у формі проєкту) на тему:**

**«ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ НАФТОПЕРЕРОБНОГО
ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА»**

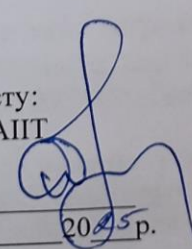
Виконав: студент IV курсу, групи АКТР-23мс,
спеціальності 174 – Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка

 Микола ЩІПЦОВ
« 16 » 08 2025 р.

Керівник: к.т.н., проф. кафедри АІТ
 Володимир ПАПІНОВ
« 17 » 08 2025 р.

Рецензент: проф. каф. КСУ, к.т.н.
Микола БИКОВ
« 17 » 08 2025 р.

Допущено до захисту:
завідувач кафедри АІТ
Олег БІСІКАЛО


« 18 » 08 2025 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 17 – «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»
Спеціальність 174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
Освітньо-професійна програма Інтелектуальні комп'ютерні системи управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри АІТ

д.т.н., професор Олег БІСІКАЛО

“ ” 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Щіпцову Миколі Ігоровичу

1. Тема роботи «Інтегрована система автоматизації нафтопереробного промислового виробництва»

керівник проекту Папінов Володимир Миколайович, к.т.н., проф.

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

затверджені наказом ВНТУ від « 20 » березня 2025 року № 97 .

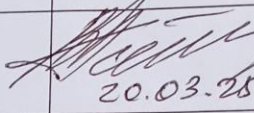
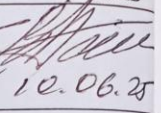
2. Термін подання студентом роботи 10 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи На нафтопереробному промисловому виробництві застосовується установка для промислового каталітичного крекінгу, яка має наступні геометричні характеристики: висота реактора складає 10 м, регенератора - 12м, відстань між піччю та реактором-10м, між реактором і регенератором-25м. Установка знаходиться на відстані 400м від приміщення оператора. Температура в нагрівальній печі до 600 °С. Температура сировини на виході з нагрівальної печі до 500 °С. Температура в реакторі до 600 °С. Температура в регенераторі до 700 °С. Рівень сировини у реакторі в діапазоні 0-10м. Витрати каталізатору з реактора до регенератора в діапазоні 0-1500 кг/год. Витрати каталізатору з регенератора до реактора в діапазоні 0-1500 кг/год. Закоксованість в діапазоні 0-100%. Проектування інтегрованої системи управління даним виробництвом здійснювати на основі рекомендацій діючих стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

4. Зміст текстової частини (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проекту. 2) Проектування технічної частини системи. 3) Проектування програмної частини системи

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1) Концепція функціональної структури інтегрованої системи автоматизації. Плакат демонстраційний 2) Автоматизована система управління технологічним процесом. Схема електрична структурна. 3) Автоматизована система управління технологічним процесом. Схема автоматизації функціональна.

6. Консультанти розділів проєкту

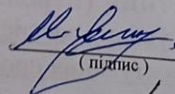
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Папінов В.М., професор кафедри АІТ	 20.03.25	 10.06.25

7. Дата видачі завдання 20.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

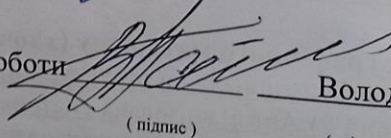
№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи (у формі проєкту)	Термін виконання		Примі
		початок	закінчення	
1	Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту	03.10.2024	09.10.2024	Вик
2	Розробка концепції функціональної структури інтегрованої системи автоматизації	12.03.2025	29.03.2025	Вик
3	Розробка технічного завдання на дипломне проєктування	01.04.2025	26.04.2025	Вик
4	Розробка електричної структурної схеми системи	29.04.2025	10.05.2025	Вик
5	Розробка функціональної схеми автоматизації системи	13.05.2025	24.05.2025	Вик
6	Проектування програмного забезпечення системи	27.05.2025	31.05.2025	Вик
7	Перевірка ПЗ на відповідність вимогам	03.06.2025	07.06.2025	Ак
8	Попередній захист, доопрацювання, та рецензування БКР	10.06.2025	15.06.2025	Вик
9	Захист БКР	16.06.2025	23.06.2025	Ак

Студент


(підпис)

Микола ШЧПЦОВ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Володимир ПАПІНОВ
(прізвище та ініціали)

Анотація

Бакалаврська кваліфікаційна робота у формі проекту складається з 87 сторінок формату А4, на яких є 26 рисунків, 4 таблиць, список використаних джерел містить 19 найменувань.

Метою роботи є пошук концептуального рішення інтегрованої системи автоматизації (ІСА) промислового каталітичного крекінгу на нафтопереробному виробництві, яка побудована на основі комплексної системи автоматизації його основного технологічного процесу.

У загальній частині роботи проведений аналіз існуючих аналогічних систем автоматизації, обґрунтована концепція більш досконалої інтегрованої системи автоматизації промислового каталітичного крекінгу та розроблено технічне завдання на проектування автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП). В розрахунково-конструкторській частині роботи спроектована технічна частина АСУТП (схема функціональної структури, електрична структурна схема, функціональна схема автоматизації) та програмне забезпечення робочої станції оператора АСУТП (схема даних, загальна архітектура, окремі програмні модулі, графічний ЛМІ).

Ключові слова: інтегрована система автоматизації, автоматизована система управління технологічним процесом, каталітичний крекінг

Abstract

Bachelor's qualification work in the form of a project consists of 87 pages of A4 format, which contain 26 figures, 4 tables, the list of used sources contains 19 items.

The aim of the work is to find a conceptual solution for an integrated automation system (ISA) for industrial catalytic cracking in oil refining, which is built on the basis of a comprehensive automation system for its main technological process.

In the general part of the work, an analysis of existing similar automation systems was carried out, the concept of a more advanced integrated automation system for industrial catalytic cracking was substantiated, and a technical task for the design of an automated process control system (ACST) was developed. In the design and calculation part of the work, the technical part of the ACST (functional structure diagram, electrical structural diagram, functional automation diagram) and the software of the ACST operator's workstation (data diagram, general architecture, individual program modules, graphical LMI) were designed.

Keywords: integrated automation system, automated process control system, catalytic cracking

Зміст

Вступ.....	4
1 Техніко – економічне обґрунтування кваліфікаційного проекту.....	6
1.1 Аналіз технологічного процесу, що підлягає автоматизації	6
1.2 Аналіз існуючих аналогічних АСУ технологічним процесом.....	7
1.3 Вимоги діючих стандартів до проектування ІСА виробництва	15
1.4 Обґрунтування концепції побудови нової ІСА.....	19
2 Проектування технічної частини системи.....	28
2.1 Деталізація функціональної структури системи	28
2.2 Електрична структурна схема системи	33
2.3 Функціональна схема автоматизації системи	39
3 Проектування програмної частини системи.....	44
3.1 Вибір інструментальної системи проектування	44
3.2 Схема даних програмного забезпечення ПК оператора	46
3.3 Архітектура програмного забезпечення ПК оператора	48
3.4 Проектування окремих програмних модулів	55
3.5 Проектування графічного ЛМІ оператора	63
3.6 Програмне забезпечення формування звітності	64
Висновки	66
Література	67
Додаток А (обов’язковий) Технічне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу (у формі проекту).....	70
Додаток Б (обов’язковий) Графічна частина.....	77
Концепція функціональної структури інтегрованої системи автоматизації. Плакат демонстраційний	78
Автоматизована система управління технологічним процесом. Схема електрична структурна	79
Автоматизована система управління технологічним процесом. Схема автоматизації функціональна	80
Додаток В (довідниковий) Екран «Основний» графічного ЛМІ оператора.....	81
Додаток Г (довідковий) Екран «Тренди вимірюваних величин» графічного ЛМІ оператора.....	82
Додаток Д (довідковий) Екран «Поточні тривоги» графічного ЛМІ оператора	83
Додаток Ж (довідковий) Екран «Архів тривог» графічного ЛМІ оператора	84
Додаток К (довідковий) Екран «Звітність» графічного ЛМІ оператора	85

					08-31.БДР.015.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Щіпцом М.І.				Інтегрована система автоматизації нафтопереробного промислового виробництва. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Папінов В.М.							
Реценз.						ВНТУ, гр. АКІТР-23мс		
Н. контр.	Овчинников К.В.							
Затверд.	Бісікало О.В.							

Додаток Л (довідковий) Екран «Меню» графічного ЛМІ оператора	86
Додаток М (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи ...	87

Вступ

В промисловій автоматизації вже протягом 30 років сформувалася стійка тенденція переходу від автономних розподілених систем управління (PCY) до інтегрованих систем автоматизації (ICA) промисловим виробництвом у цілому в масштабах підприємства, холдингу або об'єднання. Передумовою цього процесу став поточний рівень розвитку усіх апаратно-програмних засобів автоматизації, який досягнутий на основі принципів міжнародної стандартизації та уніфікації [1].

Економічною причиною інтеграції є прагнення керівників підприємств шукати реальні додаткові джерела підвищення економічної ефективності виробничої діяльності підприємства. На кожному підприємстві такі джерела є, треба тільки вміти їх знайти, а для цього необхідно забезпечити збір, обробку і аналіз інформації оперативних даних з усіх технологічних і виробничих ділянок. Саме оперативної, а не в кінці зміни, робочого дня або місяця. Для того, щоб керувати собівартістю продукції треба поряд з інформацією про вартість сировини і робочої сили знати скільки сировини, електроенергії, пари, води і палива пішло на виготовлення кінцевої продукції.

Будь-яке промислове виробництво створюється на конкретному технологічному процесі, завдяки чому він вважається основним. Саме тому створення ICA даного промислового виробництва у першу чергу вимагає впровадження комплексної автоматизації його основного технологічного процесу [2]. Така комплексна автоматизація дозволяє значно зменшити вплив людського фактору на якісні показники як управління основним технологічним процесом, так і всім виробничим процесом, побудованим на його основі. В результаті система автоматизації основного технологічного процесу стає надійним фундаментом для подальшої побудови інтегрованої системи управління всім виробництвом, яка об'єднує усі взаємопов'язані процеси виробництва, керуючи ними як єдиним цілим для досягнення поставлених перед виробництвом кількісних та якісних завдань.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту є пошук концептуального рішення інтегрованої системи автоматизації промислового каталітичного крекінгу, побудованої на основі комплексної системи автоматизації його основного технологічного процесу.

Нова інтегрована система автоматизації призначається для роботи у складі інтегрованої системи автоматизованого управління нафтопереробним підприємством.

Об'єктом розробки є процес управління виробничою діяльністю з промислового каталітичного крекінгу на нафтопереробному підприємстві.

Предметом розробки є автоматизація процесу управління виробничою діяльністю нафтопереробного підприємства шляхом застосування інтегрованої системи управління.

Для досягнення мети розробки мають бути вирішені такі задачі:

1. Техніко – економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту.
2. Розробка концепції інтегрованої системи автоматизації.
3. Розробка технічного завдання на кваліфікаційне проєктування.
4. Розробка електричної структурної схеми системи.
5. Розробка функціональної схеми автоматизації системи.
6. Проєктування програмного забезпечення системи

Інноваційна новизна отриманих результатів полягає в тім, що на відміну від існуючих, нова інтегрована система управління спроектована з урахуванням рекомендацій діючих міжнародних стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва, що дозволило суттєво зменшити її загальну вартість за рахунок раціонального проєктного рішення системи як на рівні управління виробництвом, так і на рівні управління основним технологічним процесом.

Практична цінність отриманих результатів проєктування полягає в тім, що завдяки раціональності проєктних рішень системи, її легко реалізувати на нафтопереробному підприємстві навіть власними силами фахівців ІТ та КВПіА відділків.

Апробація результатів проєктування: концептуальні результати виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту опубліковані в матеріалах LIV науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2025) [3].

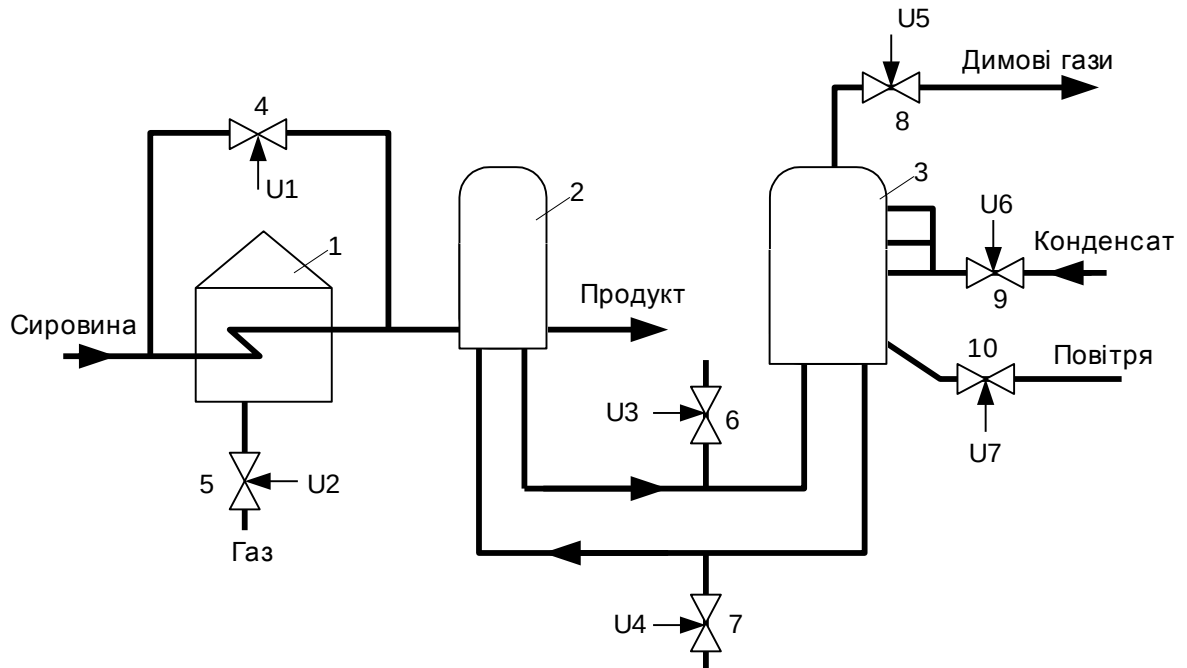
Розробка інтегрованої системи автоматизації промислового каталітичного крекінгу виконувалась на основі індивідуального завдання, виданого кафедрою АІТ, та складеного технічного завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу у формі проєкту (додаток А).

1 Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту

1.1 Аналіз технологічного процесу, що підлягає автоматизації

Каталітичний крекінг різних видів дистилятної та остаточної сировини призначений для отримання компонентів високооктанових бензинів і газу з високою концентрацією пропан-пропиляних і бутан-бутиленових фракцій.

Основним вузлом установки каталітичного крекінга є реакторно-регенераторний блок. Типова технологічна схема каталітичного крекінгу [4-6] з реакторно-регенераторним блоком наведена на рисунку 1.1.



1-нагрівальна піч; 2-реактор; 3-регенератор; 4-10-регулюючі вентилі

Рисунок 1.1- Типова технологічна схема каталітичного крекінгу з реакторно-регенераторним блоком

Сировина потрапляє безпосередньо до печі 1, де нагрівається, після чого потрапляє до реактора 2, де з нею відбувається хімічна реакція. Реакція відбувається під впливом каталізатора, який регенерується в регенераторі 3.

На схемі присутні ряд регулюючих вентилів, які виконують різні функції. Вентиль 4 регулює подачу холодної сировини через байпас в обхід печі до реактора з метою регулювання температури в ньому. Вентиль 5 регулює подачу газу до нагрівальної печі з метою нагріву сировини. Подача газу впливає на температуру сировини на виході з печі та на температуру сировини в реакторі. Вентилі 6 та 7 регулюють подачу транспортуючого агента до трубопроводів, по яким подається каталізатор до регенератора і з

нього до реактора. Вентиль 8 регулює видалення димових газів з регенератора, чим впливає на рівень сировини в реакторі.

Вентиль 9 служить для регулювання температури в регенераторі шляхом подачі конденсату до охолоджуючого змійовика. Вентиль 10 подає повітря до регенератора, змінюючи тим самим закоксованість каталізатора.

1.2 Аналіз існуючих АСУ технологічним процесом

Типова система регулювання реакторно-регенераторного блоку установки каталітичного крекінгу складається з ряду взаємопов'язаних контурів, що забезпечують стабілізацію наступних характеристик процесу: температури підігріву сировини в нагрівальній печі, рівня шару, що кипить, в реакторі, витрат закоксованого каталізатора, що виходить із реактора, витрат регенованого каталізатора, що виходить з регенератора, температури шару, що кипить, в регенераторі, закоксованості каталізатора.

На основі даної інформації система формує керуючі впливи U1-U7 для вентилів (див. рисунок 1.1), що регулюють процеси реакторно-регенераторного блоку установки каталітичного крекінгу. Недоліками існуючої типової системи регулювання є такі:

- моральна та фізична застарілість засобів автоматизації (датчиків, пристроїв вимірювання, сигналізації і управління, виконавчих механізмів);
- більшість існуючого обладнання вже не виготовляють, тому його ремонт або неможливий або виконується власними силами, що дорого та займає тривалий час;
- низька надійність системи регулювання, а також використанням електромеханічних пристроїв (реле, перемикачів, шляхових перемикачів, самописців, стрілочних вимірювальних приладів), транзисторів чи мікросхем низького ступеня інтеграції, аналогових ліній зв'язку, що призводить до втрат інформації;
- похибки вимірювання параметрів технічного процесу не відповідають сучасним вимогам до точності систем регулювання;
- слабка гнучкість системи регулювання, що унеможливорює модернізацію системи при зміні параметрів технічного процесу;
- обмін сигналами в системі не уніфікований, тому важко вбудувати до неї нові засоби автоматизації;
- неефективність засобів інформації про хід технологічного процесу (виконані у вигляді операторських щитів зі стрілковими приладами, паперовими самописцями та звичайними лампами сигналізації);
- конструктивне виконання робочих місць оператора (щити, пульти) не відповідає сучасним ергономічним вимогам;
- моральна застарілість засобів автоматичного документування результатів роботи системи та формування потрібної звітності;

- неможливість інтегрування існуючої системи регулювання до єдиної АСУ підприємством;
- існуюча система виконує стандартні функції АСУТП (контроль, регулювання, управління) і не може виконувати додаткові функції самодіагностики окремих приладів та системи в цілому, прогнозування аварійних подій тощо.

За останні десять років були зроблені спроби повної заміни типової системи автоматизації більш сучасними комп'ютеризованими системами.

Зокрема, була розроблена та впроваджена комп'ютеризована система управління блоком каталітичного крекінгу установки ГК-3 на нафтопереробному заводі ВАТ "Ангарська нафтохімічна компанія" (Узбекистан) [7].

До складу об'єкта управління системи входять реакторний блок (РБ), блок ректифікації (РЕКТ), прямоточний реактор (ПРР), казан-утилізатор 1 (КУ1) і загальні виміри (ЗВ). Основні процеси - каталітичний крекінг вакуумного погона на реакторному блоці, регенерація каталізатора, ректифікація продуктів крекінгу.

Система управління включає АСУТП установки каталітичного крекінгу й систему автоматичного протиаварійного захисту ТП і обладнання, що забезпечує постійний контроль і аварійну зупинку обладнання установки каталітичного крекінгу у відповідності зі схемами причинно-наслідкового зв'язку. Як апаратні засоби для реалізації всіх функцій контролю й управління використана система «PlantScape Process» (R500.1), інтегрована із системою протиаварійного захисту «Fail Safe Controller» (FSC 602 R).

До складу основних апаратних засобів включені:

- резервований сервер системи «PlantScape» (Сервер PS1A – «Primary Server» і Сервер PS1B – «Backup Server»), що забезпечує розподілену архітектуру системи за принципом “сервер-клієнт” і застосовуваний для зберігання програмного забезпечення (ПЗ) системи, інформації про конфігурацію системи, бази даних (БД) точок системи;

- 2 резервованих контролери C200 (C-1, C-2R і C-3, C-4R), що виконують збір сигналів (аналогових і цифрових) з польових пристроїв, первинну обробку сигналів, регулювання, логічні операції, управління, аналіз стану основних параметрів, сигналізацію їхніх граничних значень, комунікації від вузла до вузла (передача між рівноправними вузлами);

- 8 операторських і одна інженерна станція настільного виконання STN01, STN02,.....STN08, ENGR_STN, що забезпечують організацію робочих місць операторів-технологів каталітичного крекінгу й системного інженера, надання інформації про будь-яку точку процесу, документування результатів функціонування блоку, а також контроль дій обслуговуючого персоналу й виконання інших операцій;

- станція FSC_STN для конфігурування й обслуговування системи FSC;

–принтери системи PRN_A3 і PRN_A4, що реєструють сигналізацію й події в системі при їхньому виявленні, крім того, можливе одержання роздруківок по запиті для різних рапортів і системних журналів.

Одна з підсистем у системі управління блоком каталітичного крекінгу - система автоматичного протиаварійного захисту технологічного процесу (ТП) і обладнання FSC фірми Honeywell. Як апаратні засоби для забезпечення постійного контролю й аварійної зупинки обладнання використовується контролер безпеки FSC і станція користувача FSC.

Контролер протиаварійного захисту FSC із чотириразовим резервуванням центрального процесора й резервованих входів/виходів покликаний забезпечувати постійний контроль і аварійну зупинку обладнання ESD (Emergency ShutDown) у відповідності зі схемами причинно-наслідкового зв'язку. ПЗ використовуваної версії системи FSC встановлюється на платформі «Windows 2010», має широкі можливості в побудові функціональних логічних діаграм (FLDs).

Станція користувача FSC інстальована на персональний комп'ютер (ПК) і використовується як інтерфейс для:

- конфігурування пристроїв і точок FSC;
- створення й завантаження програм управління FSC;
- діагностики відмов системи FSC;
- примусової зміни змінних для налагодження контурів і обслуговування польових пристроїв;
- відстеження виконання програми управління FSC;
- роздруківки інженерної документації;
- перевірки конфігурації й програми управління компонентів FSC.

Модуль зв'язку FSC зв'язує процесор FSC з мережею Ethernet системи «PlantScape». Канал зв'язку з Ethernet є резервованим. Комунікаційний модуль 10018/E/1 призначений для виконання наступних основних функцій:

- обміну даними між власними таблицями й таблицями даних процесора управління FSC;
- збору й обробки інформації для FSC і програми управління;
- перетворення інформації в типи даних PlantScape;
- перетворення інженерних одиниць, обробки аварійних повідомлень, зв'язку, видачі діагностичних повідомлень;
- передачі модифікованої інформації відповідним пристроям Ethernet;
- збору й обробки інформації, одержуваної з Ethernet;
- перетворення інформації у відповідні формати;
- передачі модифікованої інформації FSC.

Стандартні екрани FSC дозволяють здійснювати конфігурацію контролера FSC, введення, запис і програмування змінних і функцій.

Мережна архітектура включає резервовану мережу Ethernet (рисунок 1.2) і мережу управління ControlNet (рисунок 1.3). Мережа управління

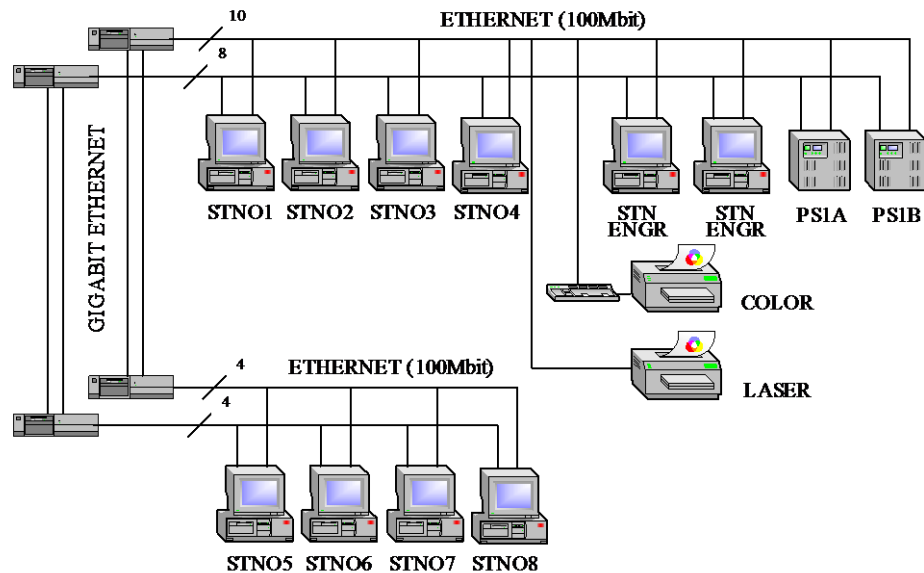


Рисунок 1.2 – Архітектура мережі Ethernet існуючої системи управління

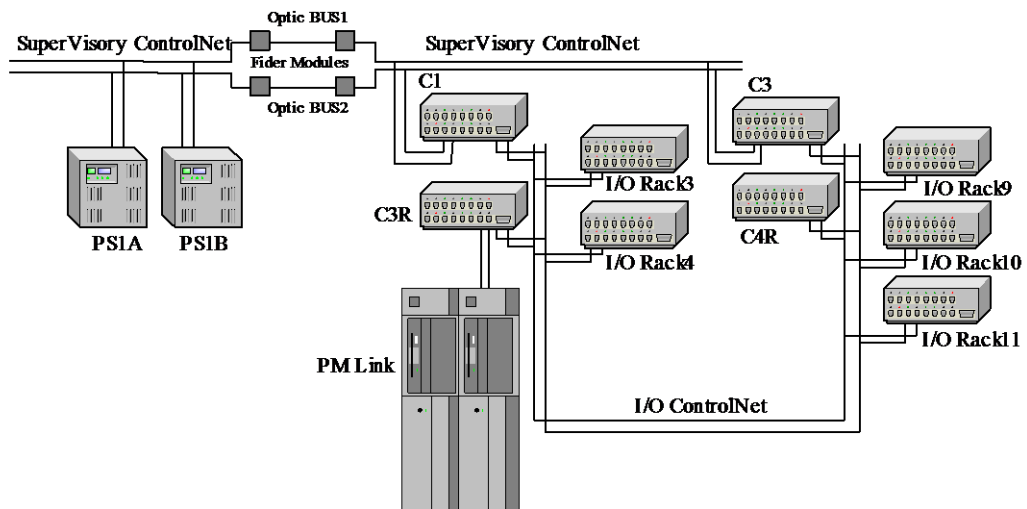


Рисунок 1.3 – Архітектура мережі «ControlNet» існуючої системи управління

ControlNet має дві гілки: мережа управління процесом «I/O ControlNet» (для системи управління блоком каталітичного крекінгу) і супервізорну мережу управління процесом «Supervisory ControlNet» (кабелі А та В).

Мережа управління «ControlNet» - детермінована мережа управління процесом у РЧ зі швидкістю передачі даних 5 Мбіт/с. Засіб передачі даних являє собою тонкий коаксіальний кабель із BNC – з'єднувачами в топології "Загальна шина". За допомогою резервованих коаксіальних кабелів (кабелі А та В) мережа забезпечує зв'язок "порт-до-порту" між контролерами системи С-1, С-2R і С-3, С-4R, супервізорний обмін між контролерами й людино-

машинним інтерфейсом (ЛМІ), а також між контролерами й своїми модулями входів/виходів, установленими в окремих каркасах розширення (шасі входів/виходів). Використання «ControlNet» у системі на двох рівнях гарантує високу надійність.

Найбільша можлива довжина для мідного кабелю однієї частини мережі становить 1 км (залежно від кількості відрізків і розгалужень). При використанні до 5 повторювачів довжина мідного кабелю може становити шість кілометрів. Установка сегментів на основі оптоволоконного з'єднання підтримує максимальну відстань 3 км на один сегмент.

Локальна інформаційна мережа (LAN) організована через Ethernet і зв'язує між собою сервери системи, сервер і станції системи, а також контролер FSC із сервером системи. Це відкрита мережа, побудована на основі готових апаратних засобів ПК, із протоколом передачі даних TCP/IP, що дозволяє також зв'язувати зовнішні пристрої системи й передавати дані далі в інформаційну мережу підприємства («Plant Information Network» - PIN). Конфігурація мережі Ethernet забезпечує резервуванням надійність роботи системи управління блоком каталітичного крекінгу установки ГК-3.

Інформація про стан технологічних параметрів і технологічного обладнання надходить із датчиків і технічних засобів автоматизації, пов'язаних із процесом, у формі аналогових і дискретних сигналів до відповідних термінальних панелей RTP і FTA, укомплектованим необхідним числом бар'єрів гальванічної розв'язки й іскрового захисту GMS, які підключені до відповідних плат входів/виходів контролерів C-1, C-2R, C-3, C-4R і контролера безпеки FSC. Далі сигнали обробляються процесорами контролерів відповідно до призначених функцій.

Контролер C-1 (C-2R) постачений модулем зв'язку I/O «Link Interface Module» (IOLIM), що забезпечує зв'язок контролера PlantScape з резервованими модулями введення/виведення високопродуктивного менеджера процесу (HPM), призначеними також для збору інформації.

Інформація записується до архівів по різних типах історій на різні носії інформації й документується у вигляді роздруківок рапортів, звітів або трендів, що містять як миттєві значення, так і значення за зазначений період. Інформаційний обмін між системою й оператором забезпечують PlantScape станції системи. Інтегрована клавіатура станції служить для завантаження команд оператора й організації запитів.

Загальне ПЗ й системне ПЗ «PlantScape» підтримують виконання всіх керуючих, інформаційних і допоміжних функцій, покладених на систему управління блоком каталітичного крекінгу установки ГК-3. До загального ПЗ відноситься ОС «Microsoft Windows» і «Windows 2010 Professional» операторських станцій. Системне ПЗ («PlantScape сервер», «PlantScape станція») забезпечує огляд і візуалізацію роботи системи, її конфігурування, тестування й діагностування, ведення БД, підтримує виконання прикладних програм управління технологічними процесами блоку каталітичного

крекінгу, а також моніторинг стану системи протиаварійного захисту.

ПЗ, що поставляється із системою «PlantScape Process» версії 500, забезпечує наступні системні можливості: конфігурування системи, комунікаційних портів і віддалених пристроїв, звітів, БД точок, аварійних сигналів (у тому числі відображення списку аварійних сигналів, занесення аварійних сигналів у журнал повідомлень), робота із графікою, інтерфейсна взаємодія із пристроями TCP/IP.

Для виконання функцій системи управління блоком каталітичного крекінгу системне ПЗ включає різні основні компоненти.

«Quick Builder» - додаток для конфігурування й модифікування зв'язку з апаратним забезпеченням і даними контролерів третіх постачальників у базі даних сервера. «Quick Builder» використовується для конфігурування:

- зв'язку зі станціями;
- зв'язку із принтерами;
- каналів зв'язку й комунікації з контролерами третіх постачальників.

Підсумком роботи додатка є створення конфігураційного файлу системи, що завантажується в БД сервера.

«Control Builder» - графічний будівельник алгоритмів управління. Різні стратегії управління в СРМ контролера конфігуруються на основі середовища виконання управління СЕЕ з використанням типових функціональних блоків (FB). Застосування цього додатка забезпечує високу ефективність проведення інжинірингових робіт із програмування функцій контролю й управління технологічним процесом. Утиліта ПЗ «Import/Export» підтримує імпорт/експорт даних між контролером і сервером.

«HMI Display Builder» - додаток для побудови об'єктно-орієнтованого графічного користувальницького інтерфейсу. Графічний додаток має зв'язок із БД точок системи й використовується для створення користувальницьких дисплеїв операторських станцій.

Супервізорне ПЗ містить додатка управління на основі сервера, воно забезпечує динамічне кешування даних, ведення інтегрованих БД (контролера й сервера), подій і сигналізації і надання за допомогою Бібліотеки інтерфейсу прикладних програм доступу до даних локальних і мережних клієнтів. Утиліти конфігурування й діагностування забезпечують підтримку інтерфейсів для обладнання Honeywell і інших постачальників.

ПЗ сервера «PlantScape» підтримує зв'язок з мережею управління процесом, забезпечуючи взаємодію за допомогою рівноправного зв'язку, а також здійснює облік даних, подання й зберігання історичної інформації. Записані у реальному часі (РЧ) дані сервер представляє локальним або мережним клієнтам. Клієнтами можуть бути додатки - такі, наприклад, як електронні таблиці й БД.

Центральний процесор контролерів ведення процесу відповідає за обробку сигналів, одержуваних від модулів входу/виходу. Конфігурація

функцій регулювання й управління базується на стандартній бібліотеці функціональних блоків (FB) - базових об'єктів для виконання різних функцій управління. Функціональні блоки групуються й містяться відповідно до призначених функцій у модулі управління «СМ» (Control Module - Модулі входів/виходів, СМ збору даних, СМ регуляторів, СМ управління пристроєм, допоміжні СМ, СМ логічного управління й т.д.).

Для кожного пойменованого блоку контролера будується точка в БД сервера. У контролері й БД сервера використовуються повні імена. Ім'я Точки/Модуля - унікальне. Функції точки визначаються набором параметрів. БД системи управління блоком каталітичного крекінгу установки ГК-3 містить близько 2000 точок. Модуль «Управління» включається з урахуванням власної швидкості його виконання від 5 мс до 2 с та в порядку, передбаченому алгоритмом управління.

Розроблені для системи управління блоком каталітичного крекінгу типові модулі (схеми контролю й управління ТП і обладнанням) покривають весь спектр необхідних функцій системи. Контури регулювання реалізуються ПЗ ПІД - регулятора. Можлива комутація структури режиму ручного управління, ручного автоматичного режимів, а також зміна параметра й обмеження швидкості зміни заданого значення. Специфіковані алгоритми можуть бути настроєні користувачем у режимі РЧ, що повною мірою використовувалося при пуску установки після її модернізації.

Для обслуговування блоку каталітичного крекінгу використовується спеціальне ПЗ «PlantScape Station», що становить основу візуалізації й індикації параметрів процесу. Воно виконується на операторських станціях і надає "єдине" вікно процесу. Це ПЗ реалізує наступні функції: виконання обслуговування блоку; обробку сигналізації; детальне й оглядове відображення процесу; подання трендів і рапортів (мережні принтери доступні для всіх «PlantScape станцій»).

«PlantScape» пропонує Windows-орієнтовану платформу користувача, що забезпечує операторові можливість повного спостереження ТП при санкціонованому доступі до управління за допомогою стандартних оглядових дисплеїв сигналізації, рапортів, трендів, операційних груп, а також детальних дисплеїв точок. За допомогою операторських станцій виконується обслуговування блоку каталітичного крекінгу, а також квітирування сигналізацій оператором.

Інтегрована клавіатура й маніпулятори типу "миша" використовуються як пристрій введення.

Для системи управління блоком каталітичного крекінгу здійснене проектування специфічного стандарту для мнемосхем, виконані зображення порушень процесу, управління й специфічних логічних зв'язків, проектування спеціальних функцій користувача. Всі призначені операторові тексти показуються символами кирилиці. Раціональна ієрархія побудованих мнемосхем дає можливість швидкої й цілеспрямованої навігації в області

процесу, що обслуговується.

Базове ПЗ «PlantScape Station» надає можливість перегляду даних процесу у вигляді графіків (трендів). Період для надання даних може встановлюватися для кожної точки індивідуально у вигляді 6 різних типів графіків з інтервалом від 5 с до доби. У процесі освоєння нової технології виникала необхідність виводу інформації по параметрам у їхньому різному сполученні, що дозволило оперативно до тонкощів аналізувати ситуації на технологічних об'єктах.

Кожне вікно тренда може відображати не менш 8 параметрів з можливістю прокручування, масштабування, відліку по візирній лінії, зміни меж зображення. Налаштування присвоювання параметрів осям тренда виконується із мнемосхеми простим копіюванням і вставкою. Є можливість інтерактивної конфігурації трендів і надання трендів історичних даних, а також комбінації режимів перегляду даних у РЧ і даних історії процесу на тому самому тренді.

Система підтримує копіювання даних із тренда і їхнє введення в прикладні програми Microsoft (приміром, MS- Excel) для того, щоб надати операторові можливість шляхом натискання на клавішу «миші» зробити виклик архівірованих даних для подальшого аналізу протікання ТП, подання в діловій графіці й т.д.

ПЗ «PlantScape Station» забезпечує аудіовізуальне оповіщення оператора при виникненні сигналізації. У системі «PlantScape» можливі наступні види сигналізації: перевищення граничних значень; сигналізація станів обладнання й програмних збоїв; системна сигналізація. Для аналогових точок виміру забезпечується можливість сигналізації дійсного значення (друга верхня межа, верхня межа, нижня межа, друга нижня межа), відхилення від заданого значення (верхня/нижня межа), швидкості зміни сигналу, обриву дроту/короткого замикання, причому кожному сигналу може бути привласнений один з наступних пріоритетів: журнальний; низький (Low); високий (High); аварійний (Emergency). Додатково до вищезгаданих пріоритетів сигналізації можуть бути настроєні від 0 до 15 надпріоритетів, які можуть використовуватися надалі як критерії сортування при аналізі БД.

У параметрів цифрової сигналізації є можливість сигналізації всіх 8 можливих станів точки виміру й сигналізації зворотного зв'язка. Всі сигнали, а також їх квітирування й повернення в нормальний стан відображаються й відповідно архівуються в протоколі сигналізації, де протоколюються всі втручання оператора, повідомлення системи й сигналізації PlantScape сервера. Вивід цього рапорту може відбуватися по запиту на екран, принтер або у файл. Можлива селекція подій і сигналізації по термінах, зонах, точках, можлива вибірка по пріоритету. Із протоколу сигналізації оператор може безпосередньо перейти в асоційований дисплей (графічне зображення), що відповідає конкретній точці виміру.

ПЗ надає можливість використання стандартних протоколів і

протоколів, що вільно форматуються.

Видача протоколу може провадитися періодично, по запиту оператора або залежно від наступу певних подій. Видача можлива на екран, принтер або у файл. По формах замовника в системі настроєні рапорти вільного формату.

1.3 Вимоги діючих стандартів до проєктування ІСА виробництва

Концепція комп'ютерно-інтегрованого виробництва «СІМ» (Computer Integrated Manufacturing) була сформована наприкінці ХХ століття, тоді ж були розроблені перші міжнародні стандарти у цій області [8-10]. Ці стандарти надають конкретні рекомендації як щодо організації самого комп'ютерно-інтегрованого виробництва (неперервного, дискретного, періодичного), так і щодо побудови відповідних інтегрованих систем автоматизації (ІСА) цього виробництва.

Так, в [8] визначена загальна ієрархічна структура ІСА промислового підприємства, яка має такі складові частини (горизонтальні рівні управління) – АСУП або ERP система (рівень управління бізнес процесами), АСУВ або MES/MOM система (рівень управління виробництвом), АСУТП або SCADA система (рівень управління окремими технологічними процесами та виробничими об'єктами).

В такій ІСА на рівні управління бізнес процесами (АСУП або ERP система) мають виконуватися об'ємне стратегічне й оперативне (місячне) планування, бюджетування, фінансування, логістика та взаємодія з постачальниками й споживачами продукції. На рівні управління виробництвом (АСУВ або MES/MOM система) мають виконуватися контроль, облік, календарне планування й оперативне управління виробництвом і всіма його обслуговуючими службами. На рівні управління окремими технологічними процесами та виробничими об'єктами (АСУТП або SCADA системи) мають виконуватися контроль, облік і оперативне управління виробничими переділами – технологічними агрегатами, транспортними лініями, сховищами (складами, силосами, газгольдерами, парками резервуарів), ділянками компаундування напівфабрикатів, секціями прийому сировинних компонентів і відпуску готової продукції.

Розглянемо більш детально вимоги діючих стандартів щодо побудови ІСА на рівні управління виробництвом, що є темою даного кваліфікаційного проєкту. Так, спеціальна міжнародна асоціація виробників систем управління виробництвом «MESA» зафіксувала в 1994 році типові функції систем рівня АСУВ/MES для підприємств всіх галузей промисловості дискретного, періодичного й безперервного типів [11]. Ця стандартна функціональна структура показана на рисунку 1.4. Ця структура містить такі функції:

- 1). Контроль стану й розподілу виробничих ресурсів (англ. Resource

Allocation and Status, RAS). Поточний аналіз наявних різних виробничих ресурсів, виявлення відсутніх і зайвих ресурсів, які можуть змінити оперативні виробничі плани. Дані вводяться зі складів і з виробничих ділянок.

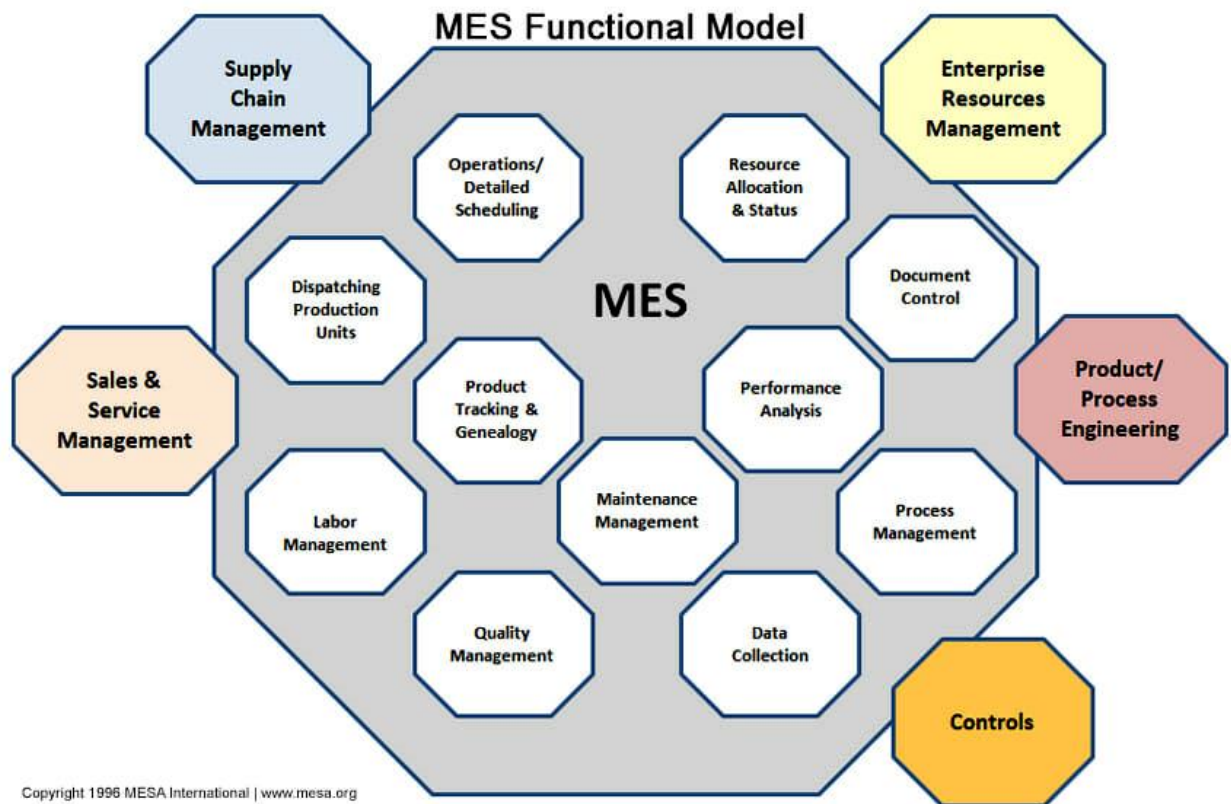


Рисунок 1.4 – Стандартна функціональна структура ICA на рівні АСУВ/MES

2). Оперативне (календарне) планування (детальний розклад) всіх виробничих процесів (англ. Operations/Detail Scheduling, ODS). Складання детального графіка роботи всього встаткування на поточний календарний інтервал, спостереження за його виконанням, необхідне коректування. Використовуються дані планового відділу, виробничі дані, дані складського обліку.

3). Диспетчеризація виробництва (англ. Dispatching Production Units, DPU). Забезпечення поточного контролю за ходом всіх виробничих процесів, за різними порушеннями в протіканні процесів і вироблення рекомендацій з їхнього усунення.

4). Управління документацією (англ. Document Control, DOC). Введення, зберігання й видача документів планового й звітного типів, конструкторського й технологічного змісту, повідомлень про технічні зміни й т.д. Формування загальних оперативних зведень про хід виробництва, необхідних для прийняття рішень у фінансово-господарських підрозділах

підприємства.

5). Збір інформації про хід виробництва й зберігання даних (англ. Data Collection/Acquisition, DCA). Інформаційна взаємодія різних виробничих систем для одержання, нагромадження, передачі всіх даних, що циркулюють у виробничому середовищі підприємства.

6). Управління персоналом у режимі реального часу (англ. Labor Management, LM). Узгодження графіка роботи виробництва з розподілом робочої сили.

7). Аналіз і управління якістю продукції (англ. Quality Management, QM). Збір інформації про якість сировини, напівфабрикатів, готової продукції й виявлення відхилень якості від заданих норм, які вимагають втручання керуючого персоналу.

8). Управління виробничими процесами і їхнім коректуванням (англ. Process Management, PM). Відстеження ходу виробничих процесів і їхніх режимів, виявлення відхилень і видача рекомендацій для їхньої компенсації.

9). Управління ремонтами встаткування (англ. Maintenance Management, MM). Моніторинг технічного стану встаткування, планування й оперативне управління ремонтами, контроль проведення робіт з обслуговування й по ремонтах.

10). Спостереження за місцем і часом виконання робіт з кожного виробу (англ. Product Tracking and Genealogy, PTG). Забезпечення керівництва підприємства всіма оперативними даними про хід виробничих процесів.

11). Аналіз продуктивності – порівняння планової й фактичної продуктивності (англ. Performance Analysis, PA). Формування звітів про продуктивність окремих ділянок виробництва, цехів, виробництва в цілому за різні інтервали часу. Зіставлення їх із плановими показниками, з попередніми результатами й вироблення рекомендацій.

В 2004-ом році із цього складу типових функцій MESA виключила три функції:

- «Оперативне планування», через наявність на ринку окремого класу систем досконалого планування - APS (Advanced Planning & Scheduling);

- «Управління документацією», через появу окремого класу систем електронного документообігу Docflow;

- «Управління ремонтами встаткування», через широке поширення окремого класу систем управління основними фондами підприємства - EAM (Enterprise Asset Management).

Комітет з розробки стандартів інтеграції керуючої й технологічної інформації міжнародної організації по стандартизації - ISA в 2000 р. випустив спеціальний стандарт - ISA-95 "Enterprise Control System Integration", що визначає основні положення розробки MES для будь-яких виробництв і підприємств всіх галузей промисловості [12]. Стандарт складається з п'яти частин, у яких формулюється термінологія, варіанти

використовуваних моделей, їхніх характеристик, взаємозв'язків виробничих процесів з бізнес процесами. Головні розглянуті в стандарті області: виробнича діяльність, технічне обслуговування, підтримка якості й операції із запасами. Стандарт визначає форми опису:

- виробництва, устаткування, матеріалів, персоналу;
- інформації про виробничі процеси, продукти, графіки роботи, параметри устаткування;
- функцій управління виробництвом, обслуговування встаткування, обліку запасів, оцінки якості продукції.

Стандарт також фіксує структури повідомлень між різними інформаційними системами підприємств (між автоматизованими функціями) та типові зв'язки між двома рівнями ІСА – рівнем «АСУВ/MES системи» і рівнем «АСУП/ERP системи».

Таким чином, стандартний функціонал ІСА на рівні «АСУВ/MES системи» повинен містити автоматизацію функцій контролю, обліку, календарного планування й оперативного управління виробництвом, які виходять за рамки окремих виробничих об'єктів і охоплюють все виробниче середовище або його досить самостійні окремі виробничі служби. З урахуванням цього весь функціонал даного рівня ІСА можна розділити на дві такі досить самостійні частини:

- базовий компонент, що є фундаментом для виконання будь-яких завдань управління виробництвом і без якого не може функціонувати будь-який інший компонент даного рівня ІСА. Таким базовим компонентом є інформаційна платформа, тобто, система контролю й обліку роботи виробництва і його окремих служб, яка виконує функції збору даних про поточний стан виробництва; їх математичної й логічної обробки й розрахунку необхідних для управління матеріальних, енергетичних, якісних, екологічних показників; зберігання й документування даних і показників; оперативного зв'язку з персоналом підприємства, зі спеціалізованими компонентами даного рівня ІСА, з АСУП/ERP системою і її бізнес процесами;

- спеціалізовані компоненти автоматизації різних служб виробництва, що опираються у своїй роботі на базовий компонент і автоматизують задачі контролю, обліку й управління, що реалізовані в різних виробничих службах. Спеціалізованими компонентами є системи автоматизації, що виконують функції зведення матеріального балансу по виробництву, календарного планування й оперативного управління виробництвом. До них належать також системи, що автоматизують роботу основних підрозділів виробництва: ремонтних служб виробничого встаткування різних класів і типів, виробничих лабораторій, служб електроенергетики і теплоенергетики.

Світова практика впровадження систем рівня «АСУВ/MES» дозволяє виділити такі основні особливості їх побудови:

- процес проєктування й впровадження всіх окремих компонентів, що входять у комплекс під назвою «АСУВ/MES», при умовах достатнього й безперервного фінансування робіт і послідовного впровадження окремих компонентів є досить витратним і тривалим у часі (не менше 3-5-ти років);

- окремі компоненти комплексу «АСУВ/MES» можуть розроблятися (і в переважній більшості випадків розробляються) різними організаціями на базі програмних і технічних засобів різних виробників, але з передбачуваною відкритістю використовуваних засобів автоматизації для досить вільної їх взаємодії один з одним;

- підприємства-замовники комплексу «АСУВ/MES», у переважній більшості, досить слабо представляють сучасні можливості автоматизації виробництва і його служб і не можуть самі скласти необхідні, досить повні й конкретні вимоги на компоненти даного комплексу і, відповідно, не можуть оцінити якість їхньої побудови.

Тепер на основі проведених вище аналізів вимог діючих стандартів до побудови ІСА виробництвом на рівні «АСУВ/MES» та існуючих аналогічних АСУТП можна сформулювати напрямки подальшого проєктування ІСА за темою кваліфікаційного проєкту та розробити її концептуальне рішення (концепцію), яка означить загальне бачення проєкту системи.

1.4 Обґрунтування концепції побудови нової ІСА

Враховуючи рекомендації діючих стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва нову ІСА промислового каталітичного крекінгу доцільно будувати за ієрархічним принципом, згідно з яким вона повинна включати два обов'язкових рівня управління – «АСУТП/SCADA система» та «АСУВ/MES система», які за допомогою інформаційних потоків об'єднуються у єдину цілісну систему. Світовий досвід застосування такого концептуального рішення ІСА показує, що воно зазвичай дає такі якісні результати:

- підвищення продуктивності виробничого процесу;
- стабілізація якості готової продукції виробництва;
- значне скорочення енерговитрати на виробництво;
- зниження витрати на обслуговування й ремонт устаткування;
- збільшення економічної ефективності виробництва;
- підвищення культури управління виробництвом.

Саме тому цю концепцію ми і застосуємо при побудові нової ІСА.

Вище було також відмічено, що рівень управління «АСУВ/MES система» в такій ІСА доцільно поділяти на дві досить самостійні частини:

- базовий компонент у вигляді інформаційної платформи;
- спеціалізовані компоненти автоматизації різних служб

виробництва.

По своїй суті інформаційна платформа рівня «АСУВ/MES система» являє собою систему контролю й обліку роботи виробництва, саме тому її ще йменують як «Manufacturing Information System» (MIS), тобто інформаційна виробнича система [12, 13]. В її функції входять збір, обробка, зберігання й видача користувачам оперативної, ретроспективної й нормативної інформації про різні аспекти роботи окремих переділів виробництва й про поточний стан виробництва. У цій системі також виконується збереження інформаційної моделі виробництва та узагальнюються усі дані про хід виробництва. Завдяки наявності цієї системи значно спрощується реалізація взаємозв'язків різних користувачів з будь-якою виробничою інформацією, виключається як будь-яке дублювання даних в окремих системах автоматизації виробництва, так і необхідність складного пошуку інформації про хід виробництва в ряді систем і засобів автоматизації окремих переділів виробництва.

Функціональний склад інформаційної платформи для рівня «АСУВ/MES система» можна розділити на такі групи: збір вихідних даних, їх математична й логічна обробка, видача оброблених даних і розрахованих показників для різних груп користувачів, довгострокове зберігання інформації про роботу виробництва.

Розглянемо детальніше існуючі рекомендації щодо реалізації в інформаційній платформі групи функцій «Збір вихідних даних». В [13] зазначається, що надходження цих даних до інформаційної платформи може здійснюватися як автоматично через реалізацію інформаційних зв'язків із системами й засобами автоматизації нижнього рівня управління (наприклад окремих технологічних процесів чи виробничих об'єктів, ділянок, служб), так і вручну через спеціальні комп'ютерні термінали, що установлені на робочих місцях оперативного персоналу (наприклад операторів технологічних процесів). При автоматичному збиранні даних відповідний інформаційний зв'язок може встановлюватися або з окремим локальним сервером конкретної системи нижнього рівня управління, або безпосередньо з програмою класу «АСУТП/SCADA», що виконується на робочій станції (комп'ютері) оперативного персоналу такої системи.

Крім того, для забезпечення надійної роботи інформаційної платформи (інформаційної виробничої системи), зменшення сторонніх перешкод, обмеження навантажень на її мережу й сервер, а також для спрощення її обслуговування, доцільно дотримуватися визначених правил при її реалізації в ІСА [13]. Ці правила можна конкретизувати у вигляді таких практичних рекомендацій:

- інформаційна платформа (інформаційна виробнича система) повинна замикатися лише на одному ієрархічному рівні управління - рівні управління виробництвом «АСУВ/MES»; це означає, що вона не повинна поєднуватися за технічною структурою й функціональним складом ні з будь-якою системою нижнього рівня (наприклад з АСУТП/SCADA системою), ні з

будь-якою системою верхнього рівня (наприклад з АСУП/ERP системою);

– інформаційна платформа (інформаційна виробнича система) повинна збирати, виробляти й видавати необхідну інформацію для керівництва підприємства, виробничих служб чи бізнес відділів, але вона не повинна замінити ці спеціалізовані системи автоматизації і зливатися з ними; це означає, що вона повинна тільки здійснювати взаємний обмін необхідною інформацією зі спеціалізованими системами автоматизації верхніх рівнів.

Враховуючи усі наведені вище рекомендації щодо побудови та реалізації ІСА виробництвом, можна запропонувати відповідну раціональну загальну архітектуру нової ІСА, яка показана на рисунку 1.5 та в додатку Б..

Як видно з рисунку, нова ІСА промислового каталітичного крекінгу складається з двох ієрархічних рівнів управління – «АСУТП/SCADA» (автоматизовані системи управління, вимірювання та контролю технологічного процесу) та «АСУВ/MES» (автоматизована система управління виробничим процесом). Нижній рівень системи утворюється двома автоматизованими системами – АСУТП каталітичного крекінгу та спеціалізованою автоматизованою системою (САС) вимірювання/контролю додаткових технологічних параметрів. Верхній рівень системи утворюється також двома автоматизованими системами – інформаційною виробничою системою (ІВС) та системою автоматизованих служб управління виробництвом. Перша система служить інформаційною платформою для реалізації функцій другої автоматизованої системи.

АСУТП здійснює усі функції щодо управління технологічним процесом в режимі реального часу, наприклад, збирає та зберігає відповідні цифрові дані про поточний стан та хід технологічного процесу. Усі ці дані повинні зберігатися на локальному сервері даної системи, а частина з них через цифрову мережу підприємства повинна передаватися до глобального сервера ІВС. До цього ж сервера через ту ж саму мережу підприємства передаються і усі додаткові цифрові дані про стан та хід технологічного процесу, які збирає САС вимірювання/контролю. Введення САС до складу ІСА пояснюється тим, що для реалізації тих чи інших управлінських функцій відповідними виробничими службами, як правило, недостатньо лише тих даних про ТП, які надає АСУТП.

В ІВС здійснюється збирання, збереження та оброблення тих цифрових даних про стан та хід виробничого процесу, які потрібні для автоматизованих служб управління виробництвом. Передавання цифрових даних з глобального сервера ІВС до автоматизованих служб здійснюватися або через загальну мережу підприємства, або, у окремих випадках, через інші канали передавання даних, наприклад, стільниковий зв'язок.

Підводячи підсумок розгляду даної архітектури, можна зазначити, що в ній враховані усі наведені вище рекомендації щодо її раціональної будови, наприклад, ІВС нової ІСА не поєднується за своєю технічною структурою й функціональним складом з будь-якою автоматизованою системою нижнього

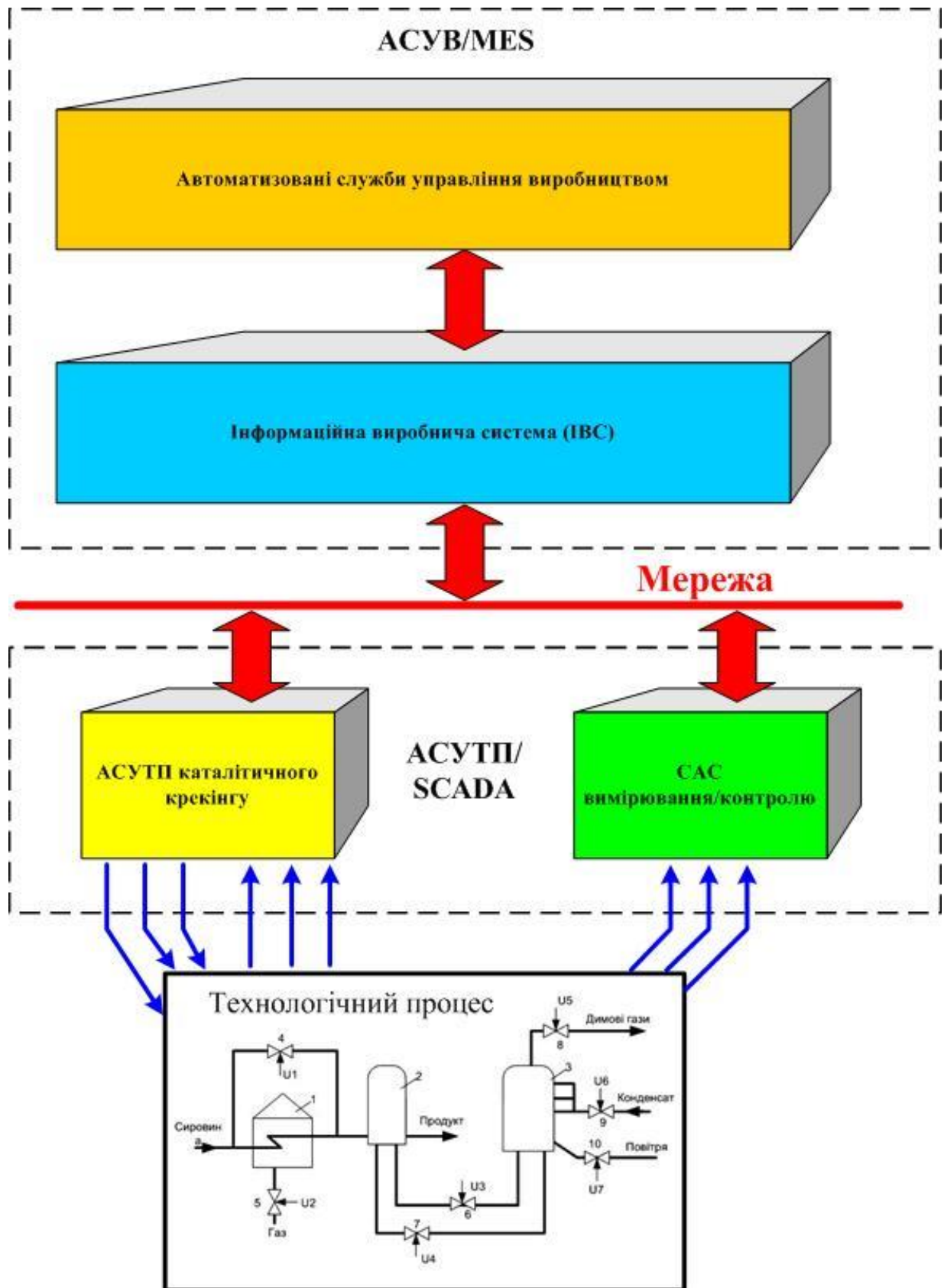


Рисунок 1.5 – Загальна архітектура нової ІСА

рівня управління (АСУТП або САС).

Сформуємо тепер напрями подальшого проектування кожної зі складових частин розробленої архітектури нової ІСА, зокрема, визначимо основні вимоги до їх проектування.

Розглянемо складову частину архітектури «АСУТП каталітичного крекінгу».

По-перше, поставимо задачу спроектувати її більш дешевою ніж існуючі аналогічні системи, що розглядались вище. Це може бути досягнуто завдяки використанню автоматизованого середовища (інструментальних засобів) проектування цієї системи, що не вимагатиме залучення праці висококваліфікованих програмістів, крім того, таке автоматизоване проектування різко скоротить і загальний термін розробки, що, як наслідок, теж сприятиме здешевленню отриманого проекту даної системи.

По-друге, при проектуванні АСУТП доцільно застосувати не менш ефективні, але більш дешеві, програмно-апаратні засоби автоматизації виробництва таких країн, як Корея, Тайвань і т.д., що, без сумніву, не тільки знизить вартість реалізації системи, але і дозволить зменшити вартість та витрати часу на її ремонт, підвищить надійність системи в цілому та окремих її складових частин, покращить якість управління процесом завдяки більш ефективному аналізу інформації з технологічних датчиків.

По-третє, застосування в складі даної системи сучасних датчиків та цифрових алгоритмів обробки їх сигналів дозволить різко підвищити точність управління всім технологічним процесом промислового виробництва сірчаної кислоти.

По-четверте, структура нової АСУТП повинна бути відкритою, що дозволить у разі зміни параметрів технологічного процесу або алгоритмів управління ним значно спростити нарощування чи переналагоджування системи, так як її складові взаємодіятимуть за стандартними уніфікованими сигналами та стандартними протоколами передачі даних.

По-п'яте, нова АСУТП повинна мати високу якість інформативного забезпечення операторів, щоб дозволити оператору на декількох екранах спостерігати результати управління/вимірювання/контролю задіяних параметрів технологічного процесу у відповідності з сучасними ергономічними вимогам.

По-шосте, нова АСУТП повинна дозволити повністю автоматизувати документування результатів своєї роботи та генерування різноманітних звітів для верхніх рівнів управління виробництвом та підприємством.

Тепер щодо умов експлуатації нової АСУТП. Система буде складатися з двох частин:

- тієї, що змонтована безпосередньо біля технологічного процесу;
- тієї, що змонтована в приміщенні оператора.

Для першої частини системи умови експлуатації наступні:

- температура повітря, °С.....від мінус 40 до плюс 60;

- відносна вологість, %.....не більше 93;
- ударні навантаженнянемає;
- вібрація:
 - частота, Гц.....10-30;
 - віброприскорення, м/с^2до 19,6;
 - лінійне прискорення, м/с^2немає;
- атмосферний тиск, кПа.....не більше 61.

Для другої частини системи встановлені такі умови експлуатації:

- температура повітря, $^{\circ}\text{C}$від плюс 10;
- відносна вологість, %.....не більше 83;
- вібрація:
 - частота, Гц.....10-30;
 - віброприскорення, м/с^2до 19,6;
 - лінійне прискорення, м/с^2немає;
- атмосферний тиск, кПа.....не більше 61.

Тепер визначимо основні кількісні характеристики роботи нової АСУТП.

В процесі роботи АСУТП має виконуватися регулювання восьми параметрів: температури в печі, температури сировини на виході з печі, температури в реакторі та в регенераторі, рівня сировини у реакторі, витрат каталізатора з реактора в регенератор та з регенератора в реактор, а також закоксованість каталізатора.

Номінальне значення температури в печі дорівнює 500°C , мінімальна границя дорівнює 450°C , максимальна границя дорівнює 550°C .

Номінальне значення температури сировини на виході з печі дорівнює 400°C , мінімальна границя дорівнює 350°C , максимальна границя дорівнює 450°C .

Номінальне значення температури реактора дорівнює 500°C , мінімальна границя дорівнює 450°C , максимальна границя дорівнює 550°C .

Номінальне значення температури регенератора дорівнює 600°C , мінімальна границя дорівнює 550°C , максимальна границя дорівнює 650°C .

Номінальне значення рівня сировини реактора дорівнює 6 м, мінімальна границя дорівнює 4 м, максимальна границя дорівнює 8 м.

Номінальне значення витрат каталізатора дорівнює 1000 л/год, мінімальна границя дорівнює 500 л/год, максимальна границя дорівнює 1300л/год.

Номінальне значення витрат каталізатора дорівнює 1000 л/год, мінімальна границя дорівнює 500 л/год максимальна границя дорівнює 1300 л/год.

Номінальне значення закоксованості каталізатора дорівнює 0%, мінімальна границя відсутня, максимальна границя дорівнює 80 %.

Всі параметри будуть регулюватися шляхом подачі на відповідні вентилі двох дискретних сигналів, що будуть відповідати за відкриття чи

закриття вентилів.

Вимірюванню підлягають вісім параметрів, що описані в попередньому пункті. Всі ці параметри підлягають контролю за встановленими допустимими їх границями.

Діапазони вимірювань параметрів наведені в першому розділі ТЗ, а границі контролю в попередньому.

Для регулювання температури печі автоматичним регулятором формується дискретних сигнали. Ці дискретні сигнали будуть відповідати за відкривання та закривання вентиля через подання їх на виконуючий механізм вентиля 5 (див. рисунок 1.1). Кожен з цих сигналів може подаватися лише при відсутності іншого, тобто в даний момент часу може здійснюватися поворот тільки в одному з напрямків - на закривання чи відкривання. Оскільки усі інші вентиля та їх виконавчі механізми аналогічні даному, то й аналогічно відбувається регулювання інших параметрів.

У разі виходу температури нагрівальної печі чи температури сировини на виході з печі за встановлені границі, оператор повинен за допомогою вентиля 5 (див. рисунок 1.1) у ручному режимі встановити номінальне значення температури печі, яке б повернуло параметри в допустимі границі.

У разі виходу температури реактора за встановлені границі оператору необхідно за допомогою вентиля 4 (див. рисунок 1.1) у ручному режимі встановити номінальне значення, яке б повернуло параметр в допустимі границі.

У разі виходу рівня сировини реактора за встановлені границі оператору необхідно за допомогою вентиля 8 (див. рисунок 1.1) у ручному режимі встановити номінальне значення, яке б повернуло параметр в допустимі границі.

У разі виходу температури регенератора за встановлені границі оператору необхідно за допомогою вентиля 9 (див. рисунок 1.1) у ручному режимі встановити номінальне значення, яке б повернуло параметр в допустимі границі.

У разі виходу витрат каталізатора за встановлені границі, оператору необхідно за допомогою вентиля 6 чи 7 (див. рисунок 1.1), відповідно, у ручному режимі встановити номінальне значення, яке б повернуло параметр в допустимі границі.

У разі виходу закоксованості каталізатора за встановлені границі оператору необхідно за допомогою вентиля 10 (див. рисунок 1.1) у ручному режимі встановити номінальне значення, яке б повернуло параметр в допустимі границі.

З ергономічної точки зору графічний людино-машинний інтерфейс (ЛМІ) оператора буде складатись з декількох екранів:

- основний;
- трендів вимірюваних величин;
- тривоги;

- архіву тривог;
- звітності;
- меню.

Основний екран - екран технологічного процесу, на якому будуть відображатися: технологічна схема процесу каталітичного крекінгу, поточні значення усіх параметрів процесу, стани пристроїв регулювання цих параметрів (вентилів).

Екран трендів вимірюваних величин технологічного процесу дасть можливість оператору сприймати інформацію про зміну в часі цих параметрів, а також можливість продивлятися ці параметри за попередні часові проміжки.

Екран тривог - один з найголовніших екранів, на якому відображаються повідомлення про відхилення від норм параметрів технологічного процесу.

Екран архіву тривог дає можливість відображення усіх попередніх тривог, їх часу виникнення та тривалості.

Екран звітності відображає параметри технологічного процесу за зміну. Виводиться на екран як в кінці зміни о 17⁰⁰, так і по бажанню оператора у будь-який час.

Екран меню - екран, що містить в собі функціональні клавіші для швидкого та ефективного переходу між усіма переліченими вище екранами.

Розглянемо тепер таку складову частину загальної архітектури ІСА як «САС вимірювання/контролю». Як було зазначено вище, ця спеціалізована автоматизована система нижнього рівня призначена для збирання даних про додаткові параметри ТП промислового каталітичного крекінгу, які потрібні для ефективного виконання автоматизованих функцій системами рівня «АСУВ/MES». Тому вимоги до даної складової частини означимо лише тоді, коли будуть остаточно сформовані напрями проєктування та вимоги до відповідних систем рівня «АСУВ/MES», що за нашим проєктом будуть входити до складу нової ІСА.

Це виробництво відноситься до неперервного або технологічного типу [14]. Тому функції автоматизованих служб управління ним мають певну специфіку реалізації у порівнянні з обов'язковими управлінськими функціями, що описані, наприклад, в стандарті «MESA-11» [11]. Тобто, на конкретному підприємстві вказані обов'язкові стандартні функції розподіляються між тими виробничими службами, які вже існують в організаційній структурі даного підприємства. Наприклад, стандартна функція «Контроль стану й розподілу виробничих ресурсів» на реальному підприємстві може бути розподілена між такими автоматизованими службами як виробнича, технологічна, економічна, головного механіка, головного енергетика та іншими.

Для подальшого проєктування ІСА промислового каталітичного крекінгу виберемо одну із складових частин архітектури нової ІСА (див.

рисунок 1.5), наприклад «АСУТП каталітичного крекінгу», і вже для неї розробимо детальне технічне завдання на бакалаврське кваліфікаційне проєктування. Це технічне завдання, оформлене за вимогами стандартів у вигляді окремого документу, наведено у додатку А.

2 Проєктування технічної частини системи

2.1 Деталізація функціональної структури системи

На основі вимог технічного завдання, що розроблене у попередньому розділі, деталізуємо функціональну структуру АСУТП промислового виробництва сірчаної кислоти. Відобразимо цю структуру у вигляді схеми, де будуть показані усі основні дані та процедури, що мають виконуватися програмно-апаратними засобами проєктованої системи (рисунок 2.1).

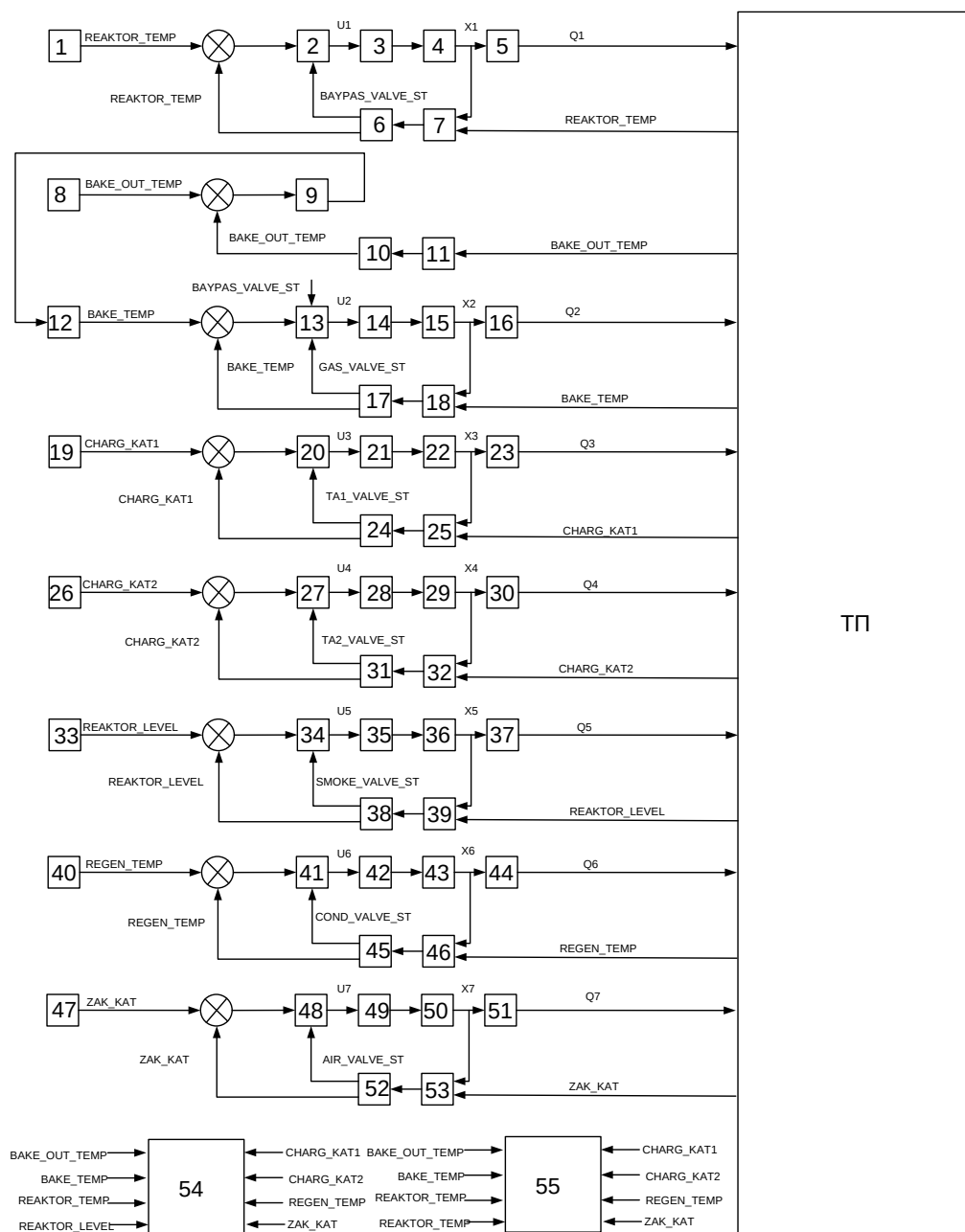


Рисунок 2.1 – Схема функціональної структури АСУТП

Для регулювання температури сировини у реакторі створюється незалежний контур регулювання, який складається з блоків 1-9:

- блок 1 - формування уставки "РЕАКТОР_TEMP₀*";
- блок 2 - регулювання температури сировини у реакторі "РЕАКТОР_TEMP";
- блок 3 - дистанційне передавання даних;
- блок 4 - виконання наказів регулятора;
- "U1"- сигнал управління вентилем;
- блок 5 - регулююча дія на об'єкт;
- "Q1"- витрати холодної сировини, що проходить через байпас;
- блок 6 - дистанційне передавання;
- блок 7 - вимірювання.

Регулювання температури "РЕАКТОР_TEMP" (блок 2) виконується на основі інформації про встановлену уставку "РЕАКТОР_TEMP₀*" (блок 1) та реальне значення температури "РЕАКТОР_TEMP*". Також враховується інформація про реальне положення регулюючого органа "БАЙПАС_VALVE_ST*". Вихідний управляючий сигнал у вигляді коду "U1*" передається (блок 3) для виконання (блок 4). В результаті здійснюється регулююча дія "Q1"- витрати холодної сировини, що проходить через байпас.

Реальні значення температури "РЕАКТОР_TEMP" та положення регулюючого органу "БАЙПАС_VALVE_ST" вимірюються (блок 7), а отримані коди "РЕАКТОР_TEMP*" та "БАЙПАС_VALVE_ST*" дистанційно передаються (блок 6) на вхід регулятора.

Для регулювання температури сировини на виході печі створюється незалежний контур регулювання, який складається з блоків 8-18:

- блок 8 - формування уставки "BAKE_OUT_TEMP₀*";
- блок 9 - регулювання температури сировини на виході печі "BAKE_OUT_TEMP";
- блок 10 - дистанційне передавання даних;
- блок 11 - вимірювання;
- блок 12 - формування уставки "BAKE_TEMP₀*";
- блок 13 - регулювання температури у печі "BAKE_TEMP";
- блок 14 - дистанційне передавання;
- блок 15 - виконання наказів регулятора;
- "U2" – сигнал управління вентилем;
- блок 16 - регулююча дія на об'єкт
- "Q2"- витрати газу, що спалюється в печі;
- блок 17 - дистанційне передавання;
- блок 18 - вимірювання;

Регулювання температури на виході з печі "BAKE_OUT_TEMP" (блок 9) виконується на основі інформації про встановлену уставку "BAKE_OUT_TEMP₀*" (блок 8) та реальне значення температури "BAKE_OUT_TEMP*". Реальне значення температури "BAKE_OUT_TEMP"

вимірюються (блок 11) та передаються регулятору (блок 10). Вихідний сигнал регулятора формує завдання “BAKE_TEMP^{*}” регулятору температури печі (блок 12). Після цього відбувається регулювання температури печі “BAKE_TEMP” на основі інформації про реальне значення температури печі “BAKE_TEMP^{*}” та уставку “BAKE_TEMP^{*}”. Також враховується інформація про реальне положення регулюючого органа “GAS_VALVE_ST^{*}”.

В процесі регулювання враховується ступінь відкриття клапана подачі холодної сировини через байпас “BAYPAS_VALVE_ST^{*}”, що є дією збурення.

Вихідний управляючий сигнал у вигляді коду “U2^{*}” передається (блок 14) для виконання (блок 15). В результаті здійснюється регулююча дія на об’єкт “Q2” (витрати газу, що спалюється в печі).

Реальні значення температури “BAKE_TEMP” та положення регулюючого органу “GAS_VALVE_ST” вимірюються (блок 18), а отримані коди “BAKE_TEMP^{*}” та “GAS_VALVE_ST^{*}” дистанційно передаються (блок 17) на вхід регулятора.

Для регулювання витрат каталізатора із реактора в регенератор створюється незалежний контур регулювання, який складається з блоків 19-25:

- блок 19 - формування уставки “CHARG_KAT1^{*}”;
- блок 20 - регулювання витрат каталізатора “CHARG_KAT1”;
- блок 21 - дистанційне передавання даних;
- блок 22 - виконання наказів регулятора;
- “U3” - сигнал управління вентилем;
- блок 23 - регулююча дія на об’єкт;
- “Q3” - витрати транспортуючого агента;
- блок 24 - дистанційне передавання;
- блок 25 - вимірювання.

Регулювання витрат каталізатора із реактора в регенератор (блок 20) виконується на основі інформації про встановлену уставку “CHARG_KAT1^{*}” (блок 19) та реальне значення витрат “CHARG_KAT1^{*}”. Також враховується інформація про реальне положення регулюючого органа “TA1_VALVE_ST^{*}”.

Вихідний управляючий сигнал у вигляді коду “U3^{*}” передається (блок 21) для виконання (блок 22). В результаті здійснюється регулююча дія на об’єкт “Q3” (витрати транспортуючого агента).

Реальні значення витрат каталізатору “CHARG_KAT1” та положення регулюючого органу “TA1_VALVE_ST” вимірюються (блок 25), а отримані коди “CHARG_KAT1^{*}” та “TA1_VALVE_ST^{*}” дистанційно передаються (блок 24) на вхід регулятора.

Для регулювання витрат каталізатора із регенератора в реактор створюється незалежний контур регулювання, який складається з блоків 26-

32:

- блок 26 - формування уставки “CHARG_KAT2₀” ;
- блок 27 - регулювання витрат каталізатора “CHARG_KAT2”;
- блок 28 - дистанційне передавання даних;
- блок 29 - виконання наказів регулятора;
- “U4” – сигнал управління вентилем;
- блок 30 - регулююча дія на об’єкт;
- “Q4” - витрати транспортуючого агента;
- блок 31 - дистанційне передавання;
- блок 32 - вимірювання.

Регулювання витрат каталізатора із регенератора в реактор (блок 27) виконується на основі інформації про встановлену уставку “CHARG_KAT2₀” (блок 26) та реальне значення витрат “CHARG_KAT2”. Також враховується інформація про реальне положення регулюючого органа “TA2_VALVE_ST”.

Вихідний управляючий сигнал у вигляді коду “U4” передається (блок 28) для виконання (блок 29). В результаті здійснюється регулююча дія на об’єкт “Q4” (витрати транспортуючого агента).

Реальні значення витрат каталізатору CHARG_KAT2 та положення регулюючого органа “TA2_VALVE_ST” вимірюються (блок 32), а отримані коди “CHARG_KAT2” та “TA2_VALVE_ST” дистанційно передаються (блок 31) на вхід регулятора.

Для регулювання рівня сировини у регенераторі створюється незалежний контур регулювання, який складається з блоків 33-39:

- блок 33 - формування уставки “РЕАКТОР_LEVEL₀” ;
- блок 34 - регулювання рівня сировини у реакторі “РЕАКТОР_LEVEL”;
- блок 35 - дистанційне передавання даних;
- блок 36 - виконання наказів регулятора;
- “U5” – сигнал управління вентилем;
- блок 37 - регулююча дія на об’єкт;
- “Q5” - витрати димових газів;
- блок 38 - дистанційне передавання;
- блок 39 - вимірювання.

Регулювання рівня сировини у реакторі “РЕАКТОР_LEVEL” (блок 34) виконується на основі інформації про встановлену уставку “РЕАКТОР_LEVEL₀” (блок 33) та реальне значення рівня “РЕАКТОР_LEVEL”. Також враховується інформація про реальне положення регулюючого органа “SMOKE_VALVE_ST”.

Вихідний управляючий сигнал у вигляді коду “U5” передається (блок 35) для виконання (блок 36). В результаті здійснюється регулююча дія на об’єкт “Q5” (витрати димових газів).

Реальні значення рівня сировини “РЕАКТОР_LEVEL” та положення

регулюючого органу “SMOKE_VALVE_ST” вимірюються (блок 39), а отримані коди “РЕАКТОР_LEVEL*” та “SMOKE_VALVE_ST*” дистанційно передаються (блок 38) на вхід регулятора.

Для регулювання температури у регенераторі створюється незалежний контур регулювання, який складається з блоків 40-46:

- блок 40 - формування уставки “РЕАКТОР_TEMP_0*”;
- блок 41 - регулювання температури у реакторі “РЕАКТОР_TEMP”;
- блок 42 - дистанційне передавання даних;
- блок 43 - виконання наказів регулятора;
- “U6” – сигнал управління вентилем;
- блок 44 - регулююча дія на об’єкт;
- “Q6”- витрати конденсату, що поступає в охолоджуючі змійовики

регенератора;

- блок 45 - дистанційне передавання;
- блок 46 - вимірювання.

Регулювання температури у реакторі “РЕАКТОР_TEMP” (блок 41) виконується на основі інформації про встановлену уставку “РЕАКТОР_TEMP_0*” (блок 40) та реальне значення рівня “РЕАКТОР_TEMP*”. Також враховується інформація про реальне положення регулюючого органу “COND_VALVE_ST*”.

Вихідний управляючий сигнал у вигляді коду “U6*” передається (блок 42) для виконання (блок 43). В результаті здійснюється регулююча дія на об’єкт “Q6” (витрати конденсату, що поступає в охолоджуючі змійовики регенератора).

Реальні значення рівня сировини “РЕАКТОР_TEMP” та положення регулюючого органу “COND_VALVE_ST” вимірюються (блок 46), а отримані коди “РЕАКТОР_TEMP*” та “COND_VALVE_ST*” дистанційно передаються (блок 45) на вхід регулятора.

Для регулювання закоксованості каталізатора створюється незалежний контур регулювання, який складається з блоків 47-53:

- блок 47 - формування уставки “ЗАК_КАТ_0*”;
- блок 48 - регулювання рівня закоксованості каталізатора “ЗАК_КАТ”;
- блок 49 - дистанційне передавання даних;
- блок 50 - виконання наказів регулятора;
- “U7” – сигнал управління вентилем;
- блок 51 - регулююча дія на об’єкт;
- “Q7”- витрати повітря;
- блок 52 - дистанційне передавання;
- блок 53 - вимірювання.

Регулювання закоксованості каталізатора “ЗАК_КАТ” (блок 48) виконується на основі інформації про встановлену уставку “ЗАК_КАТ_0*” (блок 47) та реальне значення рівня “ЗАК_КАТ*”. Також враховується

інформація про реальне положення регулюючого органа “AIR_VALVE_ST*”.

Вихідний управляючий сигнал у вигляді коду “U7*” передається (блок 49) для виконання (блок 50). В результаті здійснюється регулююча дія на об’єкт “Q7” (витрати повітря).

Реальні значення рівня сировини “ZAK_KAT” та положення регулюючого органа “AIR_VALVE_ST” вимірюються (блок 53), а отримані коди “ZAK_KAT*” та “AIR_VALVE_ST*” дистанційно передаються (блок 52) на вхід регулятора.

Для параметрів “РЕАКТОР_TEMP”, “BAKE_OUT_TEMP”, “BAKE_TEMP”, “РЕАКТОР_LEVEL”, “CHARG_KAT1”, “CHARG_KAT2”, “REGEN_TEMP”, “ZAK_KAT” в технічному завданні встановлені границі (мінімальна та максимальна), тому передбачаємо блок 54, який виконує функцію контролю цих границь та функцію сигналізації при їх порушенні.

Для формування звітності, а також для аналізу роботи системи передбачається реєстрація параметрів процесу (блок 55). Реєстрація буде виконуватись з певною періодичністю, а дані будуть записуватись у спеціальний локальний архів.

Після визначення усіх функцій проєктованої АСУТП каталітичного крекінгу можна розробити на основі конкретних засобів автоматизації її електричну структурну схему.

2.2 Електрична структурна схема системи

Для вибору засобів вимірювання складемо спеціальну таблицю 2.1 усіх фізичних величин та параметрів процесу, що підлягають вимірюванню в процесі управління. З довідкових джерел, доступних через Інтернет, вибираємо необхідні засоби вимірювання параметрів, перерахованих у таблиці 2.1.

Для вимірювання температури у реакторі “Reaktor_temp”, в нагрівальній печі “Bake_temp”, сировини на виході нагрівальної печі “Bake_out_temp” та температури в регенераторі “Regen_temp” застосуємо термопару Fe-CuNi, яка має наступні характеристики [15]:

- діапазон вимірювання температури, °C.....від 0 до 800;
- граничне відхилення, °C.....2,5;
- вихідний уніфікований сигнал, мВ.....від 0 до 40;
- характеристика вхід/вихід.....лінійна.

Для вимірювання рівня сировини у реакторі “Reaktor_level” використаємо радіолокаційний рівнемір УЛМ-11А1 [15]:

- діапазон вимірювання рівня, м.....від 0,6 до 15;
- максимальна похибка, мм.....3;
- вихідний уніфікований сигнал, мА.....від 0 до 20;
- характеристика вхід/вихід.....лінійна.

Таблиця 2.1 – Фізичні величини та параметри, що вимірюються

Контур системи	Фізична величина	Діапазон вимірювань	Похибка вимірювань	Примітка
1	2	3	4	5
Контур регулювання температури Reaktor_temp	Температура реактора	Від 0 до 600 °С	—	Монтується на трубопроводі
Контур регулювання температури Bake_out_temp	Температур сировини на виході печі	Від 0 до 500 °С	—	Монтується на трубопроводі
Контур регулювання температури Bake_temp	Температура в печі	Від 0 до 600 °С	—	Монтується на трубопроводі
	Температура реактора	Від 0 до 550 °С		
	Температура сировини на виході.	Від 0 до 360 °С		
Контур регулювання рівня Reaktor_level	Рівень сировини в реакторі	Від 0 до 10 м	—	Безконтактне вимірювання
Контур регулювання витрат каталізатора Charg_kat1	Витрати каталізатора	Від 0 до 1500 л/год.	—	Монтується на трубопроводі
Контур регулювання витрат каталізатора Charg_kat2	Витрати каталізатора	Від 0 до 1500 л/год.	—	Монтується на трубопроводі

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Контур регулювання температури регенератора Regen_temp	Температура регенератора	Від 0 до 700 °C	—	Монтується на трубопроводі
Контур регулювання закоксованості Zak_kat	Закоксованість каталізатора	Від 0 до 100 %	—	Монтується на трубопроводі

Для вимірювання витрат каталізатора “Charg_kat1” та “Charg_kat2” використаємо вихровий витратомір VFM 3100 [15], який має наступні параметри:

- діапазон вимірювання витрат, л/год.....від 2 до 15000;
- діапазон робочих температур, °C.....до 400;
- вихідний уніфікований сигнал, мА.....від 4 до 20;
- характеристика вхід/вихід.....лінійна.

Для вимірювання закоксованості каталізатора “Zak_Kat” використаємо датчик концентрації Searchpoint Optima Plus [15], який має наступні характеристики:

- діапазон вимірювання, %.....від 0 до 100;
- максимальна похибка, %.....2;
- вихідний уніфікований сигнал, мА.....від 0 до 20;
- характеристика вхід/вихід.....лінійна.

Тепер виберемо виконавчі пристрої для проекрованої системи. Для вибору цих пристроїв спочатку треба визначити основні технічні характеристики регулюючих органів, які приводяться до дії виконавчими механізмами. В якості регулюючих органів в проектованій системі застосовуються вентиля 4-10 (див. рисунок 1.1). Всі вони однотипні, тобто зроблені у вигляді заслінок.

Зведемо технічні характеристики регулюючих органів до таблиці 2.2.

Тепер виберемо виконавчі механізми, що задовольняють вимогам таблиці 2.2.

По-перше всі виконавчі механізми (в подальшому ВМ) повинні повертати вихідний важіль в границях одного обороту, тому вибираємо ВМ типу МЕО (механізм електричний однооборотний) виробництва „ЗЭиМ” (Росія) [34].

Момент обертання, що утворює цей ВМ на вихідному важелі, повинен дорівнювати або бути більшим за момент опору регулюючого органу (вентиля). Оскільки у всіх регулюючих органів однаковий момент опору, тому для них вибираємо ВМ типу МЕО-16.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики регулюючих органів

Номер вентилля	Контур регулювання	ХРО, %	Діапазон рухів	Момент опору, Н м
4	Регулювання температури реактора	Від 0 до 100	Від 0 до 90 градусів	15
5	Регулювання температури печі	Від 0 до 100	Від 0 до 90 градусів	15
6	Регулювання витрат каталізатора	Від 0 до 100	Від 0 до 90 градусів	15
7	Регулювання витрат каталізатора	Від 0 до 100	Від 0 до 90 градусів	15
8	Регулювання рівня сировини у реакторі	Від 0 до 100	Від 0 до 90 градусів	15
9	Регулювання температури регенератора	Від 0 до 100	Від 0 до 90 градусів	15
10	Регулювання закоксованості каталізатора	Від 0 до 100	Від 0 до 90 градусів	15

Вибрані нами ВМ управляються за допомогою реверсивних тиристорних пускачів типу ПБР – 2М. Функціональна схема пускача ПБР-2М зображена на рисунку 2.2.

Пускач керується зовнішніми контактами К1 та К2 пристрою зв'язку з об'єктом (ПЗО). В пускачі вбудоване джерело напруги $E1 = 24В$. Вихідні контакти К3 та К4 реалізовані у вигляді р-п - переходів тиристорів. Ці контакти змінюють підключення двох фазних обмоток електродвигуна ВМ до джерела живлення, при цьому змінюється напрямок його обертання.

У вибраних виконавчих механізмах типу МЕО обов'язково встановлюється датчик зворотного зв'язку, який вимірює положення вихідного важеля механізму.

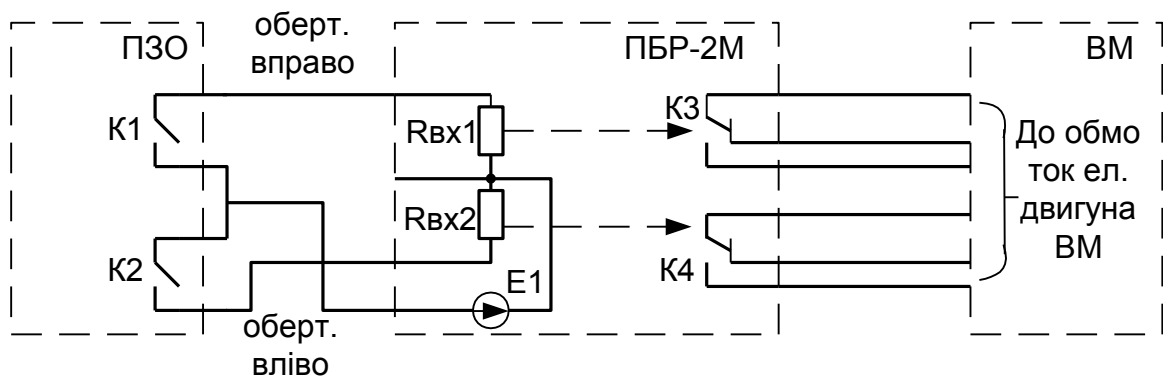


Рисунок 2.2- Функціональна схема пускача ПБР-2М

Нами буде встановлений такий датчик типу БСПІ-10. Він має наступні характеристики:

- робочий кут повороту, що вимірюється, град.....від 0 до 90;
- вихідна напруга постійного струму, мВ.....від 0 до 625;
- нелінійність характеристики вхід/вихід, % не більше.....2,5;
- живлення датчика змінною напругою, В/Гц.....12/50;

Після того, як вибрані усі вимірювальні пристрої та виконавчі механізми, можна вибрати необхідні типи пристроїв зв'язку з об'єктом. Для цього групуємо сигнали для введення та виведення. Для нашого випадку розіб'ємо їх наступним чином.

- група 1 - усі сигнали, що пов'язані з нагрівальною піччю;
- група 2 - усі сигнали, що пов'язані з реактором;
- група 3 - усі сигнали, що пов'язані з регенератором;

До групи 1 входять сигнали введення та виведення. До сигналів введення належать наступні сигнали:

- температури "Bake_temp".....аналоговий, від 0 до 40 мВ;
- температури "Bake_our_temp".....аналоговий, від 0 до 40 мВ;
- положення вентилі 5.....аналоговий, від 0 до 625 мВ.

До сигналів виведення:

- сигнал відкриття вентилі 5..... дискретний, плюс 24В;
- сигнал закриття вентилі 5..... ..дискретний, плюс 24В.

До групи 2 входять сигнали введення та виведення. До сигналів введення належать наступні сигнали:

- температури "Reaktor_temp".....аналоговий, від 0 до 40 мВ;
- рівня "Reaktor_level".....аналоговий, від 0 до 20 мА
- витрат "Charge_kat2"..... аналоговий, від 4 до 20мА;
- положення вентилі 4.....аналоговий, від 0 до 625мВ;
- положення вентилі 7.....аналоговий, від 0 до 625мВ;
- положення вентилі 8.....аналоговий, від 0 до 625мВ.

До сигналі виведення:

- сигнал відкриття вентиля 4..... дискретний, плюс 24В;
- сигнал закриття вентиля 4..... ..дискретний, плюс 24В;
- сигнал відкриття вентиля 7..... дискретний, плюс 24В;
- сигнал закриття вентиля 7..... ..дискретний, плюс 24В;
- сигнал відкриття вентиля 8..... дискретний, плюс 24В;
- сигнал закриття вентиля 8..... ..дискретний, плюс 24В.

До групи 3 входять сигнали введення та виведення. До сигналів введення належать:

- температури “Regen_temp”.....аналоговий, від 0 до 40 мВ;
- витрат “Charg_kat1”.....аналоговий, від 4 до 20 мА;
- закоксованості “Zak_Kat”.....аналоговий, від 0 до 20 мА;
- положення вентиля 6.....аналоговий, від 0 до 625 мВ;
- положення вентиля 9.....аналоговий, від 0 до 625 мВ;
- положення вентиля 10.....аналоговий, від 0 до 625 мВ.

До сигналів виведення належать:

- сигнал відкриття вентиля 6..... дискретний, плюс 24В;
- сигнал закриття вентиля 6..... ..дискретний, плюс 24В;
- сигнал відкриття вентиля 9..... дискретний, плюс 24В;
- сигнал закриття вентиля 9..... ..дискретний, плюс 24В;
- сигнал відкриття вентиля 10..... дискретний, плюс 24В;
- сигнал закриття вентиля 10..... ..дискретний, плюс 24В.

Згідно до технічного завдання об’єкт управління знаходиться на відстані 400 м від операторської, тому проектована система повинна бути розподіленою. Виберемо розподілену структуру на основі промислового контролера серії MELSEL FX_{2N}-32М виробництва фірми Mitsubishi, що підтримується вибраною SCADA системою, наприклад SCADA «Genie» [16].

Даний контролер містить в собі 16 вхідних та 16 вихідних дискретних входів. Оскільки нам необхідно виводити 14 дискретних, то нам вистачить виводів контролера без встановлення додаткових модульних блоків розширення.

Але крім цього нам необхідно і приймати 15 аналогових сигналів. Для цього нам необхідно буде встановлювати модульні блоки розширення для вводу аналогових сигналів.

Для сигналів групи 1 вибираємо для введення трьох аналогових сигналів модуль FX_{2N}-4AD [15].

Для сигналів групи 2 вибираємо для введення шести аналогових сигналів два модулі FX_{2N}-4AD;

Для сигналів групи 3 вибираємо для введення шести аналогових сигналів два модулі FX_{2N}-4AD.

В якості операторської станції беремо звичайний офісний комп’ютер (його вартість менша ніж у промислового). Такий комп’ютер не має інтерфейсу мережі RS-485, через який буде з’єднуватись контролер з операторською станцією, тому додатково до схеми системи вводимо модуль

перетворювача інтерфейсів RS-232/485 типу FX_{2N}-232IF [15].

На основі вибраних засобів автоматизації була розроблена електрична структурна схема АСУТП (додаток В). Блоки 1-3 позначають датчики групи 1, блоки 4-9 позначають датчики групи 2, а блоки 10-15 позначають датчики групи 3. Для введення аналогових сигналів цих датчиків призначені п'ять модулів FX_{2N}-4AD (блоки 16-20). Модулі через послідовну мережу Modbus підключені до контролера MELSEL FX_{2N}-32M (блок 21) [15]. В середині цього контролера на системній шині встановлена плата виведення 14 дискретних сигналів, які подаються на входи тиристорних реверсивних пускачів ПБР-2М (блоки 22-35). Контролер обмінюється інформацією з персональним комп'ютером оператора (блок 37) через мережу RS-485. Для узгодження параметрів цієї мережі з послідовним портом комп'ютера застосований модуль перетворювача інтерфейсів FX_{2N}-232IF (блок 36).

2.3 Функціональна схема автоматизації системи

Функціональна схема автоматизації (ФСА) відображає функціональну побудову системи автоматизації за допомогою умовних графічних позначень. Крім них на схемі наводиться ескіз технологічного процесу (установки, обладнання) [17].

Позначення засобів автоматизації розміщується в трьох зонах:

- на ескізі технологічного обладнання (засоби, що монтуються на цьому обладнанні);
- у верхньому рядку спеціальної таблиці, що називається “Прилади по місцю” (засоби автоматизації, що монтуються біля технічного обладнання);
- у нижньому рядку спеціальної таблиці, що називається “Прилади на пульті” (засоби, що монтуються в приміщенні оператора).

Функціональна схема автоматизації, що розроблена за цими принципами та на основі вибраних вище засобів автоматизації, наведена в додатку Б.

Контур регулювання температури печі “BAKE_TEMP” реалізований в проектованій системі як апаратними, так і програмними засобами. Програмна частина виконується в середовищі вибраної SCADA-системи, яка встановлена на комп'ютері оператора. Апаратна частина містить датчик температури (1-1, 1-2), модуль аналогового вводу FX_{2N}-4AD (10), тиристорний пускач ПБР2М (1-3), виконуючий механізм (1-4), датчик переміщень важеля БСПІ-10 (1-5). Датчик температури формує аналоговий сигнал, що подається на блок аналогового вводу, після чого цифровий код цього сигналу потрапляє до програмної частини системи регулювання.

Відображення температури печі “BAKE_TEMP” відбувається за допомогою пристрою відображення (функція ТІ), на який подається код

температури “BAKE_TEMP*”. Програмно реалізовані також пристрій реєстрації значень температури (функція TR), пристрій регулювання температури (функція TC), пристрій контролю та аварійної сигналізації (функція TA) та пристрій перетворення безперервного сигналу регулятора у два дискретних сигнали управління вентилем 5 (функція TY). Останній пристрій формує коди сигналів “GAS_VALVE_OP*” та “GAS_VALVE_CL*” управління вентилем, які виводяться через дискретні виводи контролера. При формуванні цих сигналів перетворювач використовує інформацію про реальне положення вентилля 5 (сигнал “GAS_VALVE_ST*”). Алгоритм роботи програмованого регулятора TC передбачає адаптацію до значення поточного положення вентилля на байпасі “BAYPAS_VALVE_ST*”

Уставку для контуру регулювання температури печі формує інший контур - контур регулювання температури сировини на виході з печі “BAKE_OUT_TEMP”, який реалізований в проектованій системі також як апаратними, так і програмними засобами. Апаратна частина містить датчик температури (2-1, 2-2), модуль аналогового вводу FX_{2N}-4AD (10). Датчик температури формує аналоговий сигнал, що подається на блок аналогового вводу, після чого цифровий код сигналу потрапляє до програмної частини системи регулювання. Відображення температури печі “BAKE_OUT_TEMP” відбувається за допомогою пристрою відображення (функція TI), на який подається код температури “BAKE_OUT_TEMP*”. Програмно реалізовані також пристрій реєстрації значень температури (функція TR), пристрій регулювання температури (функція TC), пристрій контролю та аварійної сигналізації (функція TA). Пристрій регулювання температури формує уставку “BAKE_OUT_0*” для подальшого регулювання температури сировини на виході печі через зміну температури у самій печі.

Контур регулювання температури реактора “REAKTOR_TEMP” реалізований в проектованій системі також апаратними і програмними засобами. Програмна частина виконується в середовищі SCADA-системи Citect. Апаратна частина містить датчик температури (3-1, 3-2), модуль аналогового вводу FX_{2N}-4AD (12), тиристорний пускач ПБР2М (3-3), виконавчий механізм (3-4), датчик переміщень важеля БСПІ-10 (3-5). Датчик температури формує аналоговий сигнал, що подається на блок аналогового вводу, після чого його цифровий код потрапляє до програмної частини системи регулювання. Відображення температури реактора “REAKTOR_TEMP” відбувається за допомогою віртуального пристрою відображення (функція TI), на який подається код температури “REAKTOR_TEMP*”. Програмно реалізовані також пристрій реєстрації значень температури (функція TR), пристрій регулювання температури (функція TC), пристрій контролю та аварійної сигналізації (функція TA) та пристрій перетворення безперервного сигналу регулятора у два дискретних сигнали управління вентилем 4 (функція TY). Останній пристрій формує коди сигналів “BAYPAS_VALVE_OP*” та “BAYPAS_VALVE_CL*” управління

вентилем, які виводяться через дискретні виводи контролера. При формування цих сигналів перетворювач використовує інформацію про реальне положення вентиля 4 (сигнал “BAYPAS_VALVE_ST*”). Програмно реалізований також пристрій формування сигналу уставки “REAKTOR_TEMP_0*”, що використовується оператором (функція HC).

Контур регулювання температури регенератора “REGEN_TEMP” реалізований в проектованій системі апаратними і програмними засобами. Програмна частина виконується в середовищі вибраної SCADA. Апаратна частина містить датчик температури (7-1, 7-2), модуль аналогового вводу FX_{2N}-4AD (16), тиристорний пускач ПБР2М (7-3), виконуючий механізм (7-4), датчик переміщень важеля БСПІ-10 (7-5). Датчик температури формує аналоговий сигнал, що подається на блок аналогового вводу, після чого його цифровий код потрапляє до програмної частини системи регулювання. Відображення температури реактора “REGEN_TEMP” відбувається за допомогою віртуального пристрою відображення (функція TI), на який подається код температури “REGEN_TEMP*”. Програмно реалізовані також пристрій реєстрації значень температури (функція TR), пристрій регулювання температури (функція TC), пристрій контролю та аварійної сигналізації (функція TA) та пристрій перетворення безперервного сигналу регулятора у два дискретних сигнали управління вентилем 9 (функція TY). Останній пристрій формує коди сигналів “COND_VALVE_OP*” та “COND_VALVE_CL*” управління вентилем, які виводяться через дискретні виводи контролера. При формування цих сигналів перетворювач використовує інформацію про реальне положення вентиля 9 (сигнал “BAYPAS_VALVE_ST*”). Також програмно реалізований пристрій формування сигналу уставки “REGEN_TEMP_0*”, який використовується оператором (функція HC).

Контур регулювання рівня сировини реактора “REAKTOR_LEVEL” реалізований в проектованій системі апаратними і програмними засобами. Програмна частина виконується в середовищі SCADA системи. Апаратна частина містить датчик температури (5-1, 5-2), модуль аналогового вводу FX_{2N}-4AD (12), пускач ПБР2М (5-3), виконуючий механізм (5-4), датчик переміщень важеля БСПІ-10 (5-5). Датчик рівня формує аналоговий сигнал, що подається на блок аналогового вводу, після чого його цифровий код потрапляє до програмної частини системи регулювання. Відображення температури реактора “REAKTOR_LEVEL” відбувається за допомогою віртуального пристрою відображення (функція LI), на який подається код сигналу рівня “REAKTOR_LEVEL*”. Програмно реалізовані також пристрій реєстрації значень рівня (функція LR), пристрій регулювання рівня (функція LC), пристрій контролю та аварійної сигналізації (функція LA) та пристрій перетворення безперервного сигналу регулятора у два дискретних сигнали управління вентилем 8 (функція LY). Останній пристрій формує коди сигналів “SMOKE_VALVE_OP*” та “SMOKE_VALVE_CL*” управління

вентилем 8, які виводяться через дискретні виводи контролера. При формування цих сигналів перетворювач використовує інформацію про реальне положення вентиля 8 (сигнал “SMOKE_VALVE_ST*”). Також програмно реалізований пристрій формування сигналу уставки “REAKTOR_LEVEL_0*”, що використовується оператором (функція HC).

Контур регулювання витрат каталізатора з реактора до регенератора “CHARGE_KAT1” реалізований в проектованій системі як апаратними, так і програмними засобами. Програмна частина виконується в середовищі вибраної SCADA системи - Citect, яка встановлена на комп’ютері оператора. Апаратна частина містить витратомір (4-1, 4-2), модуль аналогового вводу FX_{2N}-4AD (16), пускача ПБР2М (4-3), виконуючий механізм (4-4), датчик переміщень важеля БСПІ-10 (4-5). Витратомір формує аналоговий сигнал, що подається на блок аналогового вводу, після чого його цифровий код потрапляє до програмної частини системи регулювання. Відображення витрат “CHARGE_KAT1” відбувається за допомогою віртуального пристрою відображення (функція FI), на який подається код сигналу витрат “CHARGE_KAT1*”. Також програмно реалізовані пристрій реєстрації значень витрат (функція FR), пристрій регулювання витрат (функція FC), пристрій контролю та аварійної сигналізації (функція FA) та пристрій перетворення безперервного сигналу регулятора у два дискретних сигнали управління вентилем 6 (функція FY). Останній пристрій формує коди сигналів “TA1_VALVE_OP*” та “TA1_VALVE_CL*” управління вентилем 6, які виводяться через дискретні виводи контролера. При формування цих сигналів перетворювач використовує інформацію про реальне положення вентиля 6 (сигнал “TA1_VALVE_ST*”). Також програмно реалізований пристрій формування сигналу уставки “CHARGE_KAT1_0*”, що використовується оператором (функція HC).

Контур регулювання витрат каталізатора з регенератора до реактора “CHARGE_KAT2” реалізований в проектованій системі апаратними і програмними засобами. Програмна частина виконується в середовищі вибраної SCADA системи. Апаратна частина містить витратомір (6-1, 6-2), модуль аналогового вводу FX_{2N}-4AD (12), тиристорний пускач ПБР2М (6-3), виконуючий механізм (6-4), датчик переміщень важеля БСПІ-10 (6-5). Витратомір формує аналоговий сигнал, що подається на блок аналогового вводу, після чого його цифровий код потрапляє до програмної частини системи регулювання. Відображення витрат “CHARGE_KAT2” відбувається за допомогою віртуального пристрою відображення (функція FI), на який подається сигнал рівня “CHARGE_KAT2*”. Також програмно реалізовані пристрій реєстрації значень витрат (функція FR), пристрій регулювання витрат (функція FC), пристрій контролю та аварійної сигналізації (функція FA) та пристрій перетворення безперервного сигналу регулятора у два дискретних сигнали управління вентилем 7 (функція FY). Останній пристрій формує коди сигналів “TA2_VALVE_OP*” та “TA2_VALVE_CL*”

управління вентилем 7, які виводяться через дискретні виводи контролера. При формування цих сигналів перетворювач використовує інформацію про реальне положення вентиля 7 (сигнал “TA2 _VALVE_ST*”). Також програмно реалізований пристрій формування сигналу уставки “CHARGE _KAT2_0*”, що використовується оператором (функція HC).

Контур регулювання закоксованості каталізатора “ZAK_KAT” реалізований в проектованій системі як апаратними, так і програмними засобами. Програмна частина виконується в середовищі SCADA системи. Апаратна частина містить витратомір (8-1, 8-2), модуль аналогового вводу FX_{2N}-4AD (16), тиристорний пускач ПБР2М (8-3), виконуючий механізм (8-4), датчик переміщень важеля БСПІ-10 (8-5). Витратомір формує аналоговий сигнал, що подається на блок аналогового вводу, після чого його цифровий код потрапляє до програмної частини системи регулювання. Відображення витрат “ZAK_KAT” відбувається за допомогою віртуального пристрою відображення (функція QI), на який подається код сигналу закоксованості “ZAK_KAT*”. Також програмно реалізовані пристрій реєстрації значень витрат (функція QR), пристрій регулювання закоксованості (функція QC), пристрій контролю та аварійної сигналізації (функція QA) та пристрій перетворення безперервного сигналу регулятора у два дискретних сигнали управління вентилем 10 (функція QY). Останній пристрій формує коди сигналів “AIR_VALVE_OP*” та “AIR_VALVE_CL*” управління вентилем 10, які виводяться через дискретні виводи контролера. При формування цих сигналів перетворювач використовує інформацію про реальне положення вентиля 10 (сигнал “AIR _VALVE_ST*”). Програмно реалізований також пристрій формування сигналу уставки “ZAK_KAT_0*”, що використовується оператором (функція HC).

3 Проєктування програмної частини системи

3.1 Вибір інструментальної системи проєктування

Інструментальні системи, що використовуються при проєктуванні програмного забезпечення АСУТП, поділяються на:

- системи SCADA;
- засоби баз даних;
- універсальні системи програмування.

Системи SCADA дозволяють виконувати весь комплекс проєктних робіт в єдиному інструментальному середовищі, в результаті чого можна не тільки швидко розробити проєкт програмного забезпечення системи, але і провести в режимі емуляції його тестування та настройку, використовуючи при цьому програмні моделі об'єктів управління [16, 18, 19].

Головний недолік такої технології проєктування є зворотним боком його переваг. Швидкість проєктування і якість розроблювального ПЗ (ясність, стійкість, надійність, простота модифікації і налагодження) різко падають при спробі вийти за рамки стандартного набору функцій, здійснюваних засобами системи SCADA. Реалізація же нестандартних функцій зазвичай вимагатиме використання і додаткових ІЗ, і знання внутрішніх інтерфейсів і форматів даних (найчастіше незадокументованих). У результаті цього виявляється, що при реалізації будь-якої, навіть простої, нестандартної функції розробнику треба витратити більше зусиль, ніж при створенні решти ПЗ системи. Часто буває, що на якомусь етапі проєктування ПЗ або його модернізації раптом проявляється недостяга функціональність штатних засобів конкретної системи SCADA.

На відміну від систем SCADA, засоби баз даних, зазвичай, застосовуються для проєктування і реалізації АСУ виробництвом або підприємством, тобто верхніх рівнів ІСА. Тому ми не будемо розглядати їх детальніше для вибору інструментальної системи проєктування ПЗ АСУТП.

Третій клас інструментальних систем, які широко застосовуються в області промислової автоматизації, є інструментальні системи на основі розповсюджених універсальних мов програмування. Такі інструментальні системи, без сумніву, дають проєктувальнику найбільшу свободу дії. Застосовуючи ці сучасні інструментальні системи, можна, без сумніву, вирішити будь-яку проєктну задачу в області автоматизації. Проте, така свобода дій потребує і відповідної високої кваліфікації самого проєктувальника, в результаті чого, проєкт ПЗ, розроблений ним, буде вже набагато дорожчим, ніж при використанні систем SCADA. Крім того, такий програмний продукт важко буде супроводжувати і модифікувати, особливо якщо в цьому не може взяти участь сам проєктувальник.

Таким чином, виходячи з поставленої мети – зробити більш дешевий проєкт ІСА, а зачистити і АСУТП, вибираємо в якості інструментальної системи

проектування ПЗ системи управління технологічним процесом каталітичного крекінгу саме систему SCADA.

У таблиці 3.1 перераховані за критеріями вибору найбільш популярні системи SCADA, що широко використовуються у світовій практиці.

Таблиця 3.1 – Показники систем SCADA за критеріями вибору

SCADA-системи	Технічна підтримка	Наявність розробників в Україні	Наявність у ВНТУ	Ціна, умов. од.
Delta (США)	–	+	–	9 328,00
Genesis (США)	+	+	–	9 985,20
Genie (Тайвань)	+	+	+	954,00
Festo (США)	–	–	–	8 421,70
InTouch 5.0 (США)	+	+	–	13 472,60
Monitor Pro (Німеччина – США)	+	+	–	3 763,00
RSView (США)	–	–	–	7 425,30
Sitex (Велика Британія)	+	+	–	6 545,50
Trace Mode (Росія)	+	+	+	3 127,00
WinCC (Німеччина)	+	+	+	2 449,70
Citect 6 (Австрія)	+	+	+	700,00

Треба відмітити, що аналіз ринку таких систем SCADA виявляє сталий процес вирівнювання їх функціональних можливостей, а також розширення їх відкритості до програмних та технічних засобів автоматизації від різних виробників. Тому вибір системи SCADA з наведеного переліку

можна зробити за умови її мінімальної вартості, розуміючи, що основні функціональні можливості цих систем приблизно однакові.

Як видно з таблиці 3.1, найдешевшими системами SCADA є «Genie» виробництва «ADVANTECH» [16] та «Citect 6» виробництва «Citect Pty. Ltd» [19].

Враховуючи те, що програмний пакет «Citect 6» є найдешевшим, а також існує певний досвід роботи в цьому програмному середовищі, то вибираємо саме цю систему для подальшого проєктування ПЗ АСУТП промислового каталітичного крекінгу.

3.2 Схема даних програмного забезпечення ПК оператора

Перед тим, як виконувати проєктування за допомогою SCADA «Citect 6» ПЗ для АСУТП каталітичного крекінгу, необхідно обумовити основні процедури та їх послідовності для обробки даних, що буде виконувати це ПЗ у комп'ютері оператора.

На рисунку 3.1 наведена схема даних проєктованої системи управління, яка показує джерела даних, їх місця розміщення у пам'яті комп'ютера оператора системи, а також процедури та результати обробки цих даних. Згідно до цієї схеми початкові дані надходять до програми через послідовний порт COM2 з модулів введення системи, які взаємодіють з відповідними датчиками фізичних величин (температури, витрат, рівня). Ці дані являють собою певні пакети, що вимагає їх попередньої обробки: перетворення у масиви, визначення дійсних значень вимірюваних величин по їх вхідним кодам тощо.

Окремі дані передбачені для архівації (температури печі, температури сировини на виході з печі, температури реактора та регенератора, рівня сировини у реакторі, витрат каталізатора з реактора в регенератор та з регенератора в реактор, а також закоксованість каталізатора). Виконується встановлена часова вибірка цих даних та їх зберігання у локальних архівах. При необхідності оператор через клавіатуру може сформулювати запит на огляд цього архіву у вигляді звіту на моніторі, або на виведення цього звіту на друк.

Основне призначення системи – контроль та регулювання технологічного процесу. Тому для основних параметрів через клавіатуру встановлюються границі їх контролю (мінімальна та максимальна). Над отриманими даними виконується процедура перевірки на вихід за встановлені границі (наявність аварії). Будь-який факт аварії записується до файлу журналу аварій, який теж є локальним архівом. Крім запису до файлу кожна аварійна подія, що визначена системою, відображається на екрані монітору у вигляді технічної анімації, а також супроводжується виведенням на динаміки певних звукових файлів.

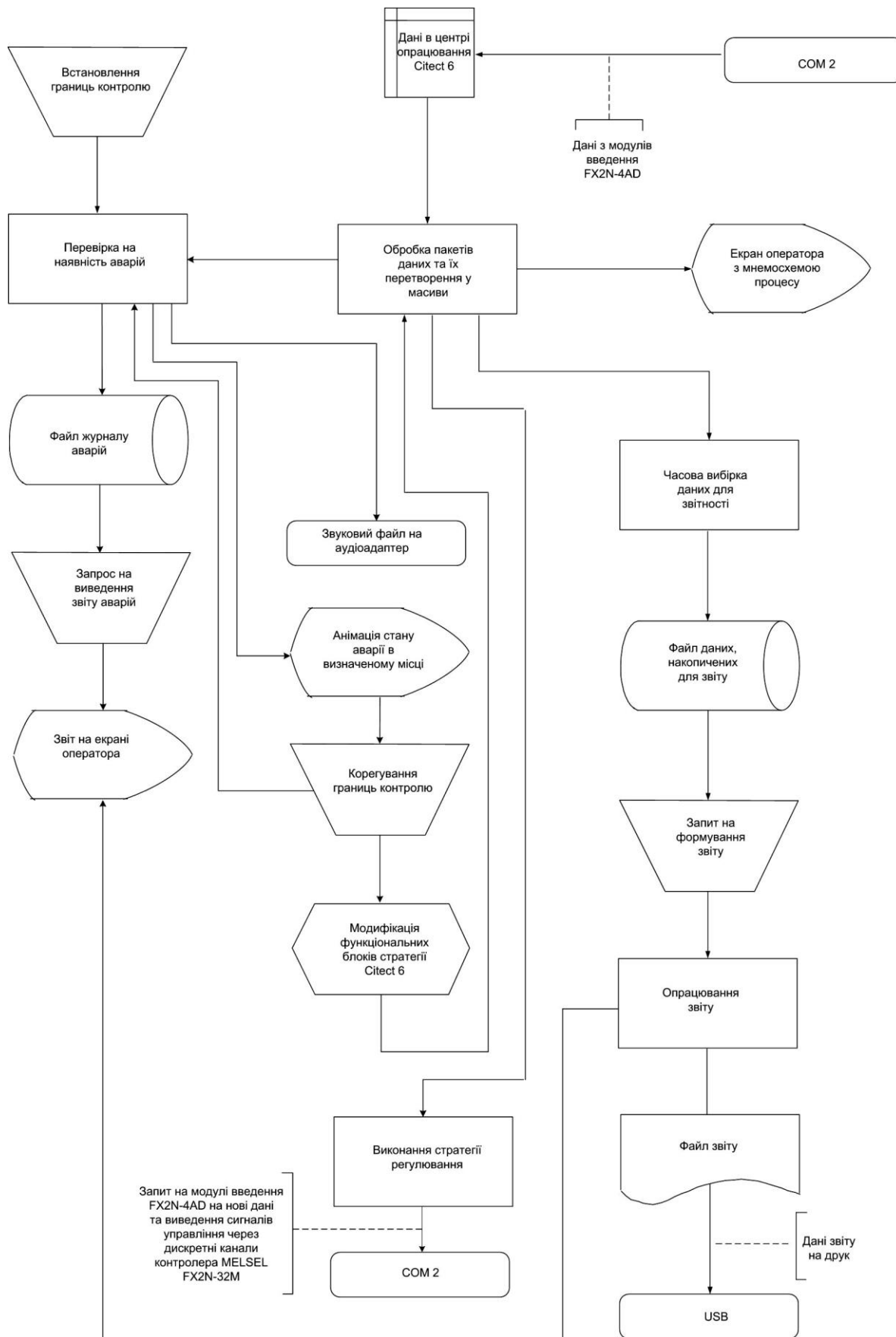


Рисунок 3.1 – Схема даних ПЗ комп'ютера оператора АСУТП

Оператор через клавіатуру може викликати журнал аварій для огляду на моніторі, а також вносити корективи до роботи програмного забезпечення (встановлювати нові границі контролю, корегувати стратегію регулювання через модифікацію її функціональних блоків).

Система може виконувати і інші функції – розрахунки додаткових величин, статистичну обробку даних, підтримку зв'язку з системою керування верхнього рівня управління.

Після виконання основних задач регулювання технологічних параметрів процесу каталітичного крекінгу виконується процедура виведення сигналів управління через канали дискретного виведення контролера. Виконується новий запит даних з модулів аналогового введення системи і процес їх обробки повторюється.

3.3 Архітектура програмного забезпечення ПК оператора

Архітектура програмного забезпечення ПК оператора АСУТП буде складатися з двох частин: ПЗ, що буде створене за допомогою SCADA системи «Citect 6» та ПЗ, що буде створене спеціально для контролера Mitsubishi в спеціальній програмі «GX IEC Developer 5.0» [20].

Перша частина ПЗ буде відповідати за відображення ходу технологічного процесу та управління ним в разі аварійної ситуації прямо з операторської. Друга частина ПЗ буде відповідати за автоматичне регулювання параметрів процесу. Обидві частини ПЗ будуть безпосередньо зв'язуватись одна з одною та обмінюватись необхідними даними.

Для того, щоб зв'язати дані контролера та операторської станції, створюємо ярлики змінних, що будуть визначати ці данні для передачі між контролером та операторською станцією. Кожен ярлик визначає унікальне ім'я змінної, тип даних, адресу, та пристрій вводу/виводу. Зведемо усі ярлики до таблиці 3.2

Таблиця 4.1 – Зв'язок змінних контролера та операторської станції

Опис даних	Тип даних	Адреса в контролері	Змінна в Citect	Розмірність
1	2	3	4	5
Температура печі	int	D0	“BAKE_TEMP”	°C
Температура сировини на виході з печі	int	D1	“BAKE_TEMP_OUT”	°C
Температура реактора	int	D2	“РЕАКТОР_TEMP”	°C

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
Температура регенератора	int	D6	“REGEN_TEMP”	°C
Рівень сировини в реакторі	int	D3	“REAKTOR_LEVEL”	м
Витрати каталізатору з реактора до регенератора	int	D4	“CHARGE_KAT1”	л/год
Витрати каталізатору з регенератора до реактору	int	D5	“CHARGE_KAT2”	л/год
Закоксованість каталізатора	int	D7	“ZAK_KAT”	%
Положення вентилі 5	int	D9	“GAS_VALVE_ST”	%
Положення вентилі 4	int	D11	“BAYPAS VALVE ST”	%
Положення вентилі 10	int	D17	“AIR_VALVE_ST”	%
Положення вентилі 6	int	D13	“TA1_VALVE_ST”	%
Положення вентилі 7	int	D15	“TA2_VALVE_ST”	%
Положення вентилі 9	int	D19	“COND_VALVE_ST”	%
Положення вентилі 8	int	D21	“SMOKE_VALVT_ST”	%
Уставка температури печі	int	D23	“BAKE_TEMP_0”	°C
Уставка температури сировини на виході печі	int	D24	“BAKE_TEMP_OUT_0”	°C

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
Уставка температури сировини у реакторі	int	D25	“REAKTOR_TEMP_0”	°C
Уставка температури регенератора	Int	D26	“REGEN_TEMP_0”	°C
Уставка рівня сировини	Int	D27	“REAKTOR_LEVEL_0”	м
Уставка витрат каталізатора CHARG_KAT1	Int	D28	“CHARG_KAT1”	л/год
Уставка витрат каталізатора CHARG_KAT2	int	D29	“CHARG_KAT2”	л/год
Уставка закоксованості каталізатора	int	D30	“ZAK_KAT_0”	%
K _p регулятора температури печі	int	D31	“BAKE_TEMP_KP”	-
K _i регулятора температури печі	int	D32	“BAKE_TEMP_KI”	-
K _d регулятора температури печі	int	D33	“BAKE_TEMP_KD”	-
K _p регулятора температури реактора	int	D34	“REAKTOR_TEMP_KP”	-
K _i регулятора температури реактора	int	D35	“REAKTOR_TEMP_KI”	-
K _d регулятора температури реактора	int	D36	“REAKTOR_TEMP_KD”	-

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
K_p регулятора рівня реактора	int	D37	“REAKTOL_LEVEL_KP”	-
K_i регулятора рівня реактора	int	D38	“REAKTOL_LEVEL_KI”	-
K_d регулятора рівня реактора	int	D39	“REAKTOL_LEVEL_KD”	-
K_p регулятора температури регенератора	int	D40	“REGEN_TEMP_KP”	-
K_i регулятора температури регенератора	int	D41	“REGEN_TEMP_KI”	-
K_d регулятора температури регенератора	int	D42	“REGEN_TEMP_KD”	-
K_p регулятора витрат каталізатора з реактора до регенератора	int	D43	“CHARG_KAT1_KP”	-
K_i регулятора витрат каталізатора з реактора до регенератора	int	D44	“CHARG_KAT1_KI”	-
K_d регулятора витрат каталізатора з реактора до регенератора	int	D45	“CHARG_KAT1_KD”	-
K_p регулятора витрат каталізатора з регенератора до реактора	int	D46	“CHARG_KAT2_KP”	-
K_i регулятора витрат каталізатора з регенератора до реактора	int	D47	“CHARG_KAT2_KI”	-

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
K_d регулятора витрат каталізатора з регенератора до реактора	int	D48	“CHARG_KAT2_KD”	-
K_p регулятора закоксованості каталізатора	int	D49	“ZAK_KAT_KP”	-
K_i регулятора закоксованості каталізатора	int	D50	“ZAK_KAT_KI”	-
K_d регулятора закоксованості каталізатора	int	D51	“ZAK_KAT_KD”	-

Розробимо тепер детальні схеми даних для регулювання окремих технологічних параметрів в проєктованій АСУТП.

Для регулювання температури печі ця схема деталізована даних наведена на рисунку 3.2

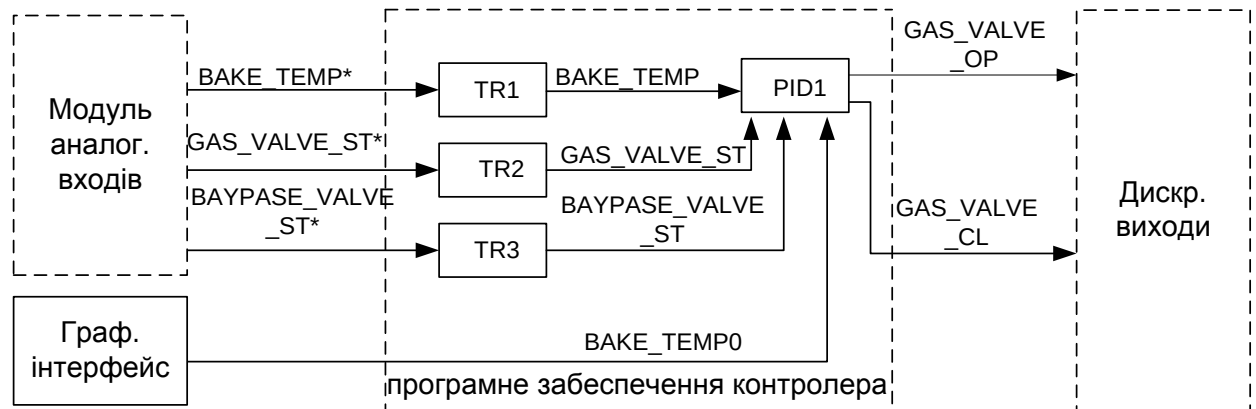


Рисунок 3.2 - Схема даних контуру регулювання температури печі

На схемі введені такі позначення: “TR1”-“TR3” - блоки трансляції апаратних значень у реальні; “PID1”- блок регулювання температури печі за PID-законом та формування двох сигналів управління виконавчим механізмом вентилі 5 (“GAS_VALVE_OP”, GAS_VALVE_CL”).

Для регулювання температури сировини на вході реактора схема даних наведена на рисунку 3.3.

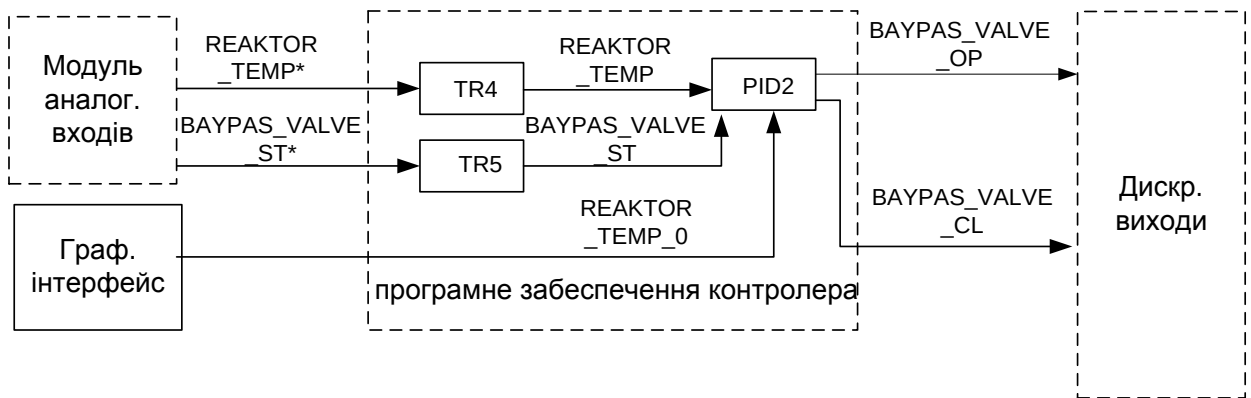


Рисунок 3.3 - Схема даних контуру регулювання температури сировини на вході реактора

На схемі введені такі позначення: “TR4”-“TR5” блок трансляції апаратних значень у реальні; “PID2” - блок регулювання температури сировини на вході реактора за PID-законом та формування двох сигналів управління виконавчим механізмом вентиля 4 (“BAYPAS_VALVE_OP” та “BAYPAS_VALVE_CL”).

Для регулювання рівня сировини в реакторі схема даних наведена на рисунку 3.4.

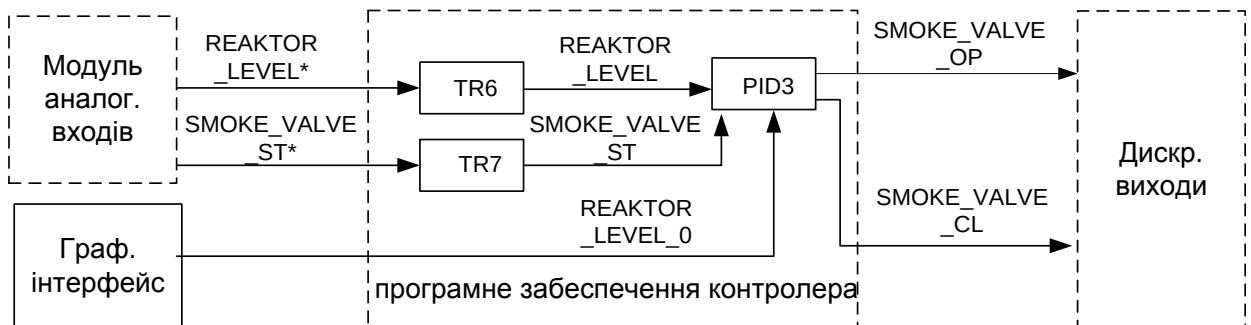


Рисунок 3.4 - Схема даних контуру регулювання рівня сировини в реакторі

На схемі введені такі позначення: “TR6”-“TR7” блок трансляції апаратних значень у реальні; “PID3” - блок регулювання рівня сировини в реакторі за PID-законом та формування двох сигналів управління виконавчим механізмом вентиля 8 (“SMOKE_VALVE_OP” та “SMOKE_VALVE_CL”). Для регулювання температури в регенераторі схема даних наведена на рисунку 3.5.

На схемі введені такі позначення: “TR8”-“TR9” блок трансляції апаратних значень у реальні; “PID4” - блок регулювання температури в регенераторі за PID-законом та формування двох сигналів управління

виконавчим механізмом вентиля 9 (“AIR_VALVE_OP” та “AIR_VALVE_CL”).

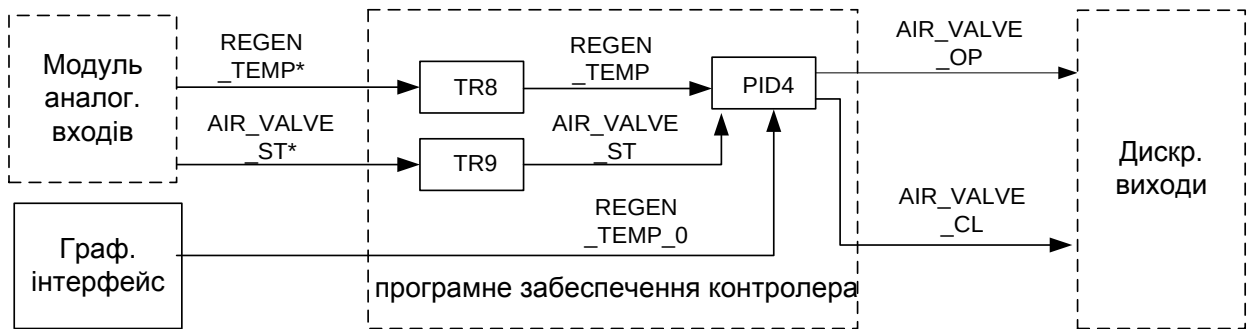


Рисунок 3.5 - Схема даних контуру регулювання температури в регенераторі

Для регулювання витрат каталізатора з реактора до регенератора схема даних наведена на рисунку 3.6.

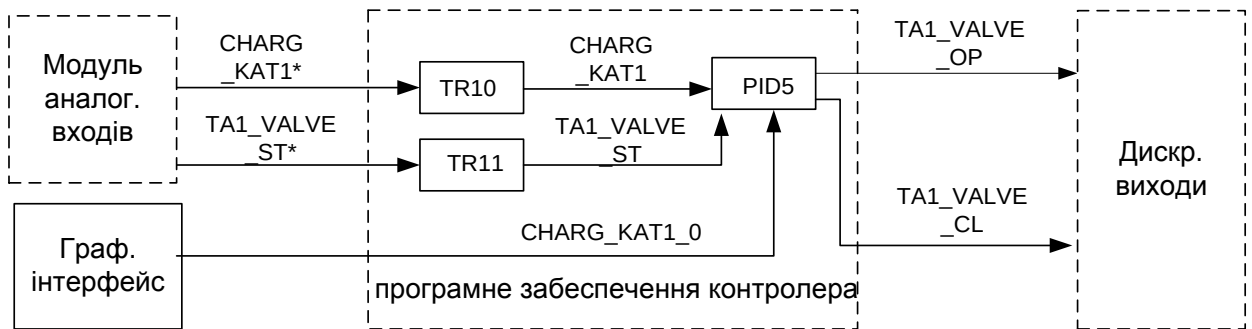


Рисунок 3.6 - Схема даних контуру регулювання витрат каталізатора з реактора до регенератора

На схемі введені такі позначення: “TR10”-“TR11” блоки трансляції апаратних значень у реальні; “PID5” - блок регулювання витрат каталізатора з реактора до регенератора за PID-законом та формування двох сигналів управління виконуючим механізмом вентиля 6 (“TA1_VALVE_OP” та “TA1_VALVE_CL”).

Для регулювання витрат каталізатора з регенератора до реактора схема даних наведена на рисунку 3.7.

На схемі введені такі позначення:

- “TR12”-“TR13” блок трансляції апаратних значень у реальні;
- “PID6” - блок регулювання витрат каталізатора з регенератора до реактора за PID-законом та формування двох сигналів управління виконуючим механізмом вентиля 6 (“TA2_VALVE_OP” та

“TA2_VALVE_CL”).

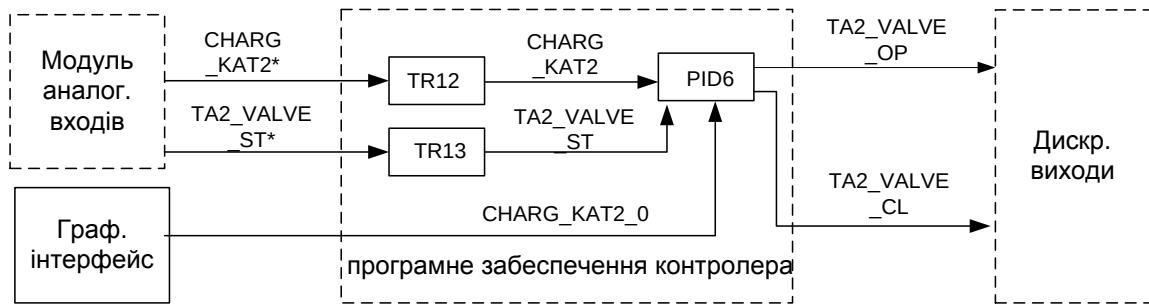


Рисунок 3.7 - Схема даних контуру регулювання витрат каталізатора з регенератора до реактора

Для регулювання закоксованості каталізатора схема даних наведена на рисунку 3.8.

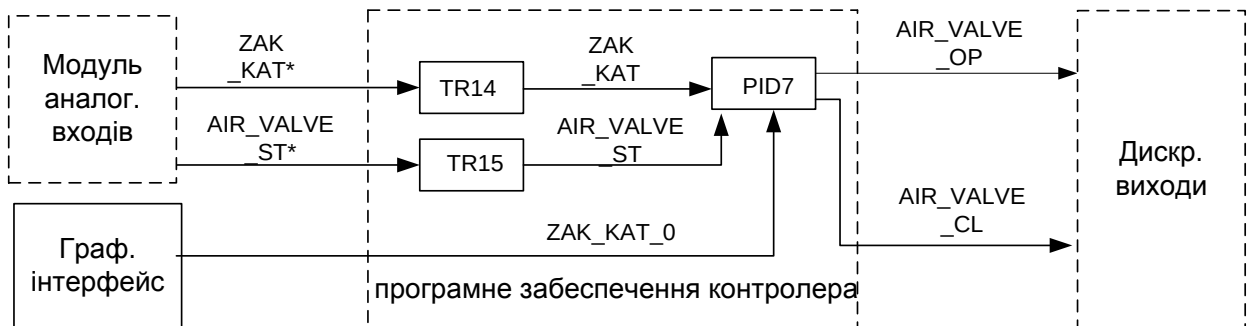


Рисунок 3.8 - Схема даних контуру регулювання закоксованості каталізатора

На схемі введені такі позначення:

- “TR14”-“TR15” блок трансляції апаратних значень у реальні;
- “PID7” - блок регулювання закоксованості каталізатора за PID-законом та формування двох сигналів управління виконуючим механізмом вентилів 6 (“AIR_VALVE_OP” та “AIR_VALVE_CL”).

Тепер спроектуємо окремі програмні процедури – програмні модулі.

3.4 Проектування окремих програмних модулів

Як вже описувалося раніше, ПЗ контролера буде писатися у спеціалізованій програмі «GX IEC Developer 5.0» за допомогою мови релейно-контактних схем (Ladder Diagram).

Нам необхідно буде робити перерахунок апаратного значення кодів, що приходять з АЦП модулів аналогового вводу у реальні значення

вимірювальних величин. Для цього буде розроблений спеціальний програмний блок. На нього необхідно буде подати тільки відповідні вхідні значення апаратної величини, діапазон її зміни та діапазон зміни апаратної величини коду, що поступає з АЦП.

Оскільки процедура трансляції буде аналогічною для всіх вимірювальних величин, то її опис представимо на прикладі розрахунку реальної величини витрат каталізатора. Датчик витрат видає вихідний сигнал у діапазоні, що починається не з нуля, а виміри витрат також ведуться у діапазоні, що також не починається з нуля, тобто має місце зміщення нуля.

Відповідно до схеми даних, яка була описана у попередньому підрозділі, блок трансляції буде називатись "TR11". Витратомір вимірює витрати каталізатора у діапазоні від 2 до 150000 л/год, при цьому видає вихідний сигнал струму в діапазоні від 4 до 20 мА, який далі перетворюється АЦП у кодову комбінацію від 0 до $2^{15}-1$ (оскільки маємо 16 розрядний АЦП).

Для розрахунку буде використовуватись спеціально створений алгоритмічний блок, що зображений на рисунку 3.9.

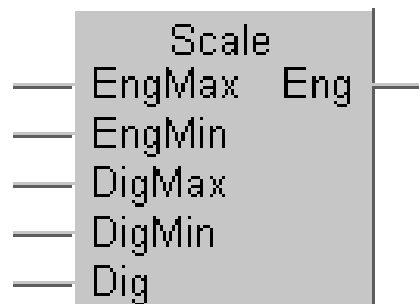


Рисунок 3.9 – Алгоритмічний блок трансляції

Даний блок перетворює вхідну величину коду АЦП у реальне значення величини на основі рівняння прямої, що задане двома точками. Для більшої наочності представимо дану пряму у вигляді характеристики "вхід-вихід" (рисунок 3.10).

Таким чином, даний алгоритмічний блок є універсальним і може виконувати трансляцію для будь-яких зміщень діапазонів, як вхідної, так і вихідної (інженерної) величин. Все, що необхідно, так це тільки задати ці діапазони. Тобто:

- Engmax - максимальне значення інженерної величини;
- Engmin- мінімальне значення інженерної величини;
- Digmax - максимальне значення вихідного коду АЦП;
- Digmin - мінімальне значення вихідного коду АЦП .

Як видно з рисунку 4.8, крім чотирьох вищеописаних величин, блок має також вхід Dig. На цей вхід подається код з АЦП.

Всі інші блоки, що використовуються нами, будуть описані в подальшому.

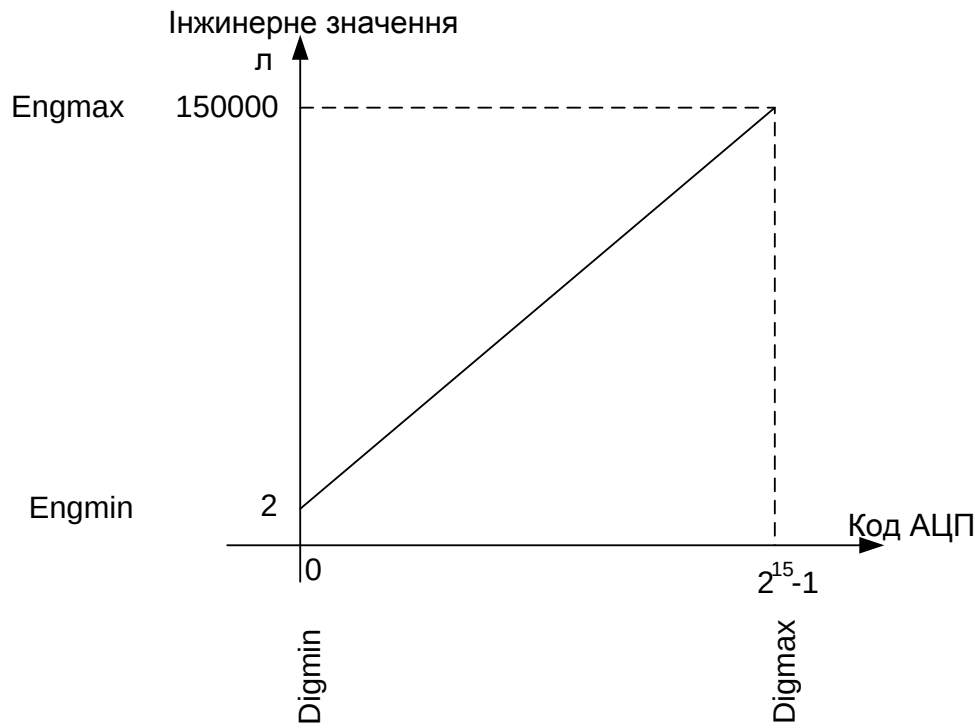


Рисунок 3.10 – Характеристика “вхід-вихід” алгоритмічного блоку трансляції

Для регулювання температури печі був розроблений програмний модуль, який зображений на рисунку 3.11.

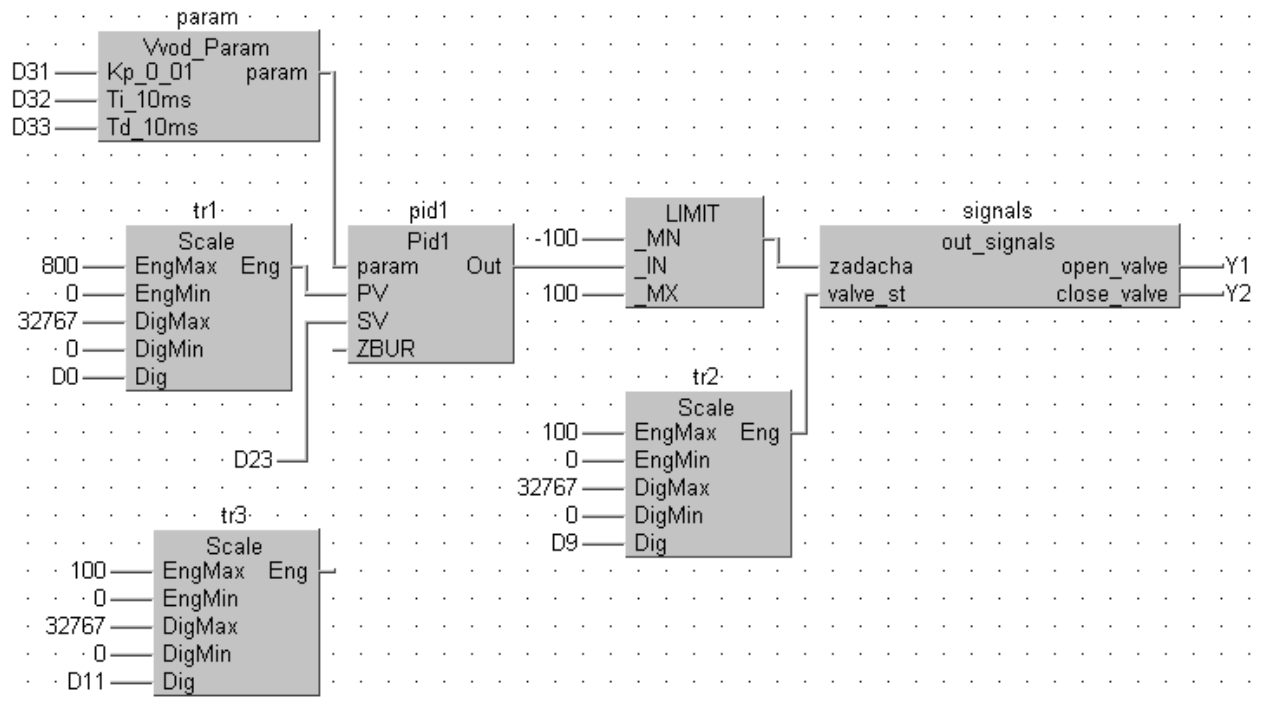


Рисунок 3.11 – Програмний модуль контуру регулювання температури печі

Алгоритмічний блок “param” приймає на своїх входах величину пропорційного, інтегрального та диференційного коефіцієнтів, що зберігаються в контролері у регістрах D31, D32, D33. Даний блок передає ці коефіцієнти на вхід блоку “pid1”. Алгоритмічні блоки “tr1”, “tr2”, “tr3” призначені для трансляції кодів АЦП у реальні значення вимірюваних величини (температура печі, рівень відкриття вентиля подачі газу 5, вентиля подачі сировини через байпас).

Алгоритмічний блок “pid1” призначений для розрахунку необхідного положення вентиля 5 подачі газу у піч. На його вхід поступають коефіцієнти з блоку “param”, реальне значення температури печі, що поступає з блоку “tr1”, а також величина уставки, що зберігається в регістрі D23 та величина збурення (величина відкриття вентиля подачі сировини через байпас, що зберігається в регістрі D11 і пройшла процедуру трансляції через блок “tr3”). Ця величина буде враховуватись при видачі необхідного положення вентиля подачі газу у піч. Алгоритмічний блок “limit” є обмежувачем величини відкриття вентиля і має границі (-100; 100). Алгоритмічний блок “Signals” використовується для виведення на дискретні виходи сигналів відкриття і закриття вентиля 5 подачі газу у піч. На вхід подається величина потрібного відкриття вентиля, що видається блоком “pid1” та обмежується (якщо, це необхідно) блоком “limit”. Також приймається величина поточного відкриття вентиля 5 подачі газу, яка зберігається у регістрі D9 контролера у вигляді коду АЦП після проходження процедури трансляції.

Для регулювання температури сировини на вході реактора був розроблений програмний модуль, який зображений на рисунку 3.12.

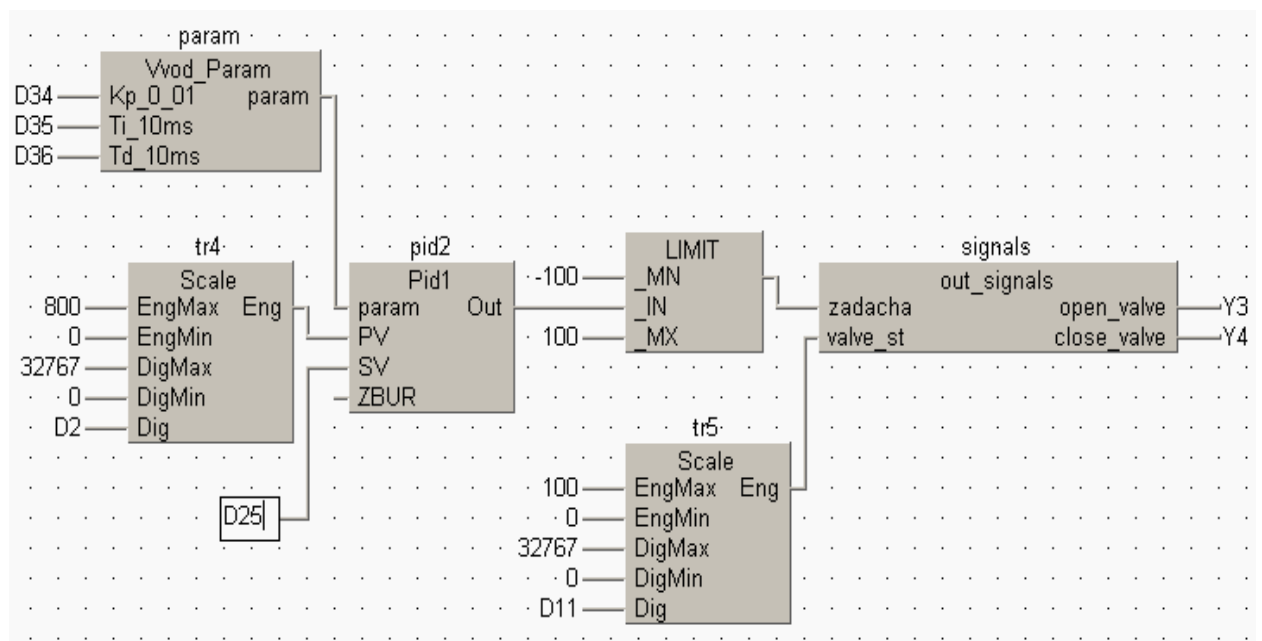


Рисунок 3.12- Програма для регулювання температури сировини в реакторі

Функціональний блок “param” приймає на своїх входах величину пропорційного, інтегрального та диференційного коефіцієнтів, що зберігаються в контролері у регістрах D34,D35,D36. Даний блок передасть ці коефіцієнти на вхід блоку “pid2”.

Функціональні блоки “tr4” та “tr5” служать для трансляції вхідної величини у реальну вимірювану величину. Даний блок був нами описаний раніше

Функціональний блок “pid2” служить для розрахунку необхідного положення клапану 4 подачі сировини через байпас. На його вхід поступають коефіцієнти з блоку “param”, реальне значення температури сировини в реакторі, що поступає з блоку “tr2”, а також величина уставки, що зберігається в регістрі D25. Функціональний блок “limit” є обмежувачем величини відкриття вентилі і має границі (мінус 100, плюс 100).

Функціональний блок “Signals” використовується для видачі на дискретні виходи сигналів відкриття і закриття вентилі 4 подачі сировини через байпас. На вхід подається величина потрібного відкриття вентилі, що видається блоком “pid2” та обмежується (якщо це необхідно) блоком “limit”. Також блок “Signals” приймає величину поточного відкриття клапану 4 подачі сировини через байпас, що подається з блоку “tr5”. Значення відкритості клапану зберігається у регістрі D11 контролера.

Для регулювання рівня сировини у реакторі нами буде використаний програмний код, який зображений на рисунку 3.13.

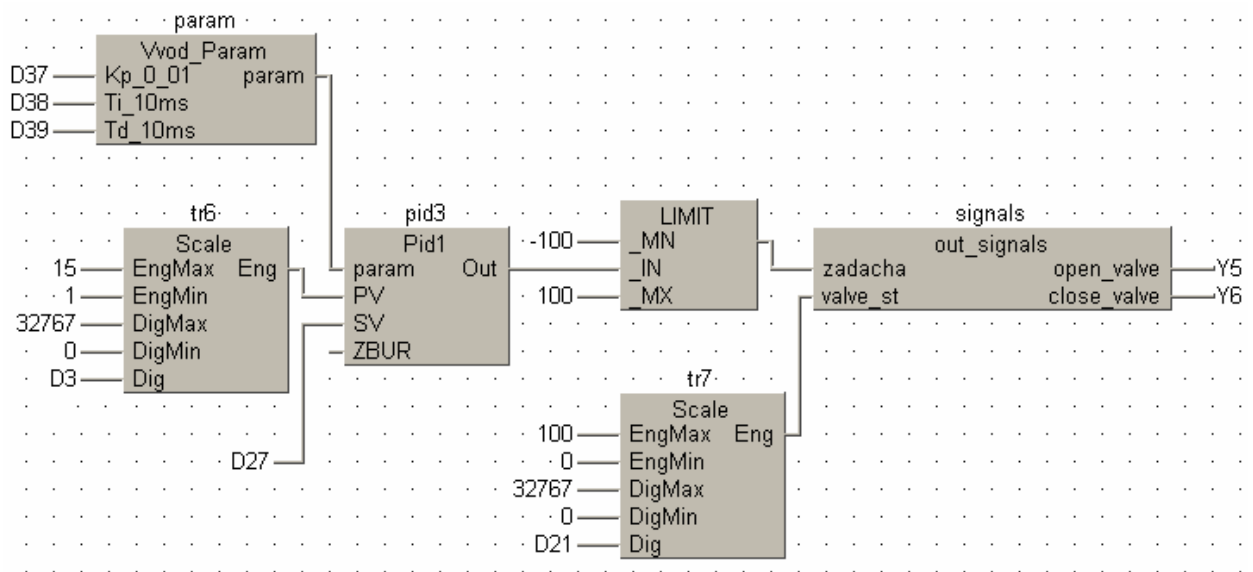


Рисунок 3.13- Програма для регулювання рівня сировини в реакторі

Функціональний блок “param” приймає на своїх входах величину пропорційного, інтегрального та диференційного коефіцієнтів, що зберігаються в контролері у регістрах D37,D38,D39. Даний блок передасть ці коефіцієнти на вхід блоку “pid3”. Функціональні блоки “tr6” та “tr7” служать

для трансляції вхідної величини у реальну вимірювану величину. Даний блок був нами описаний раніше. Функціональний блок “pid3” служить для розрахунку необхідного положення клапану 8 випуску газів. На його вхід поступають коефіцієнти з блоку “param”, реальне значення рівня сировини в реакторі, що поступає з блоку “tr6”, а також величина уставки, що зберігається в регістрі D27 контролера.

Функціональний блок “limit” є обмежувачем величини відкриття вентилів. Він має границі (мінус100; плюс 100).

Функціональний блок “Signals” використовується для видачі на дискретні виходи сигналів відкриття і закриття вентилів 8 випуску газів. На вхід подається величина потрібного відкриття вентилів, що видається блоком “pid3”, та обмежується (якщо це необхідно) блоком “limit”. Також блок приймає величину поточного відкриття клапана 8 випуску газів, яка поступає з блоку “tr7”, величина якого зберігається у регістрі D21 контролера у вигляді коду АЦП.

Для регулювання витрат каталізатора з реактора до регенератора нами буде використаний програмний код, який зображений на рисунку 3.14.

Функціональний блок “param” приймає на своїх входах величину пропорційного, інтегрального та диференційного коефіцієнтів, що зберігаються в контролері у регістрах D43, D44, D45. Даний блок передасть ці коефіцієнти на вхід блоку “pid4”.

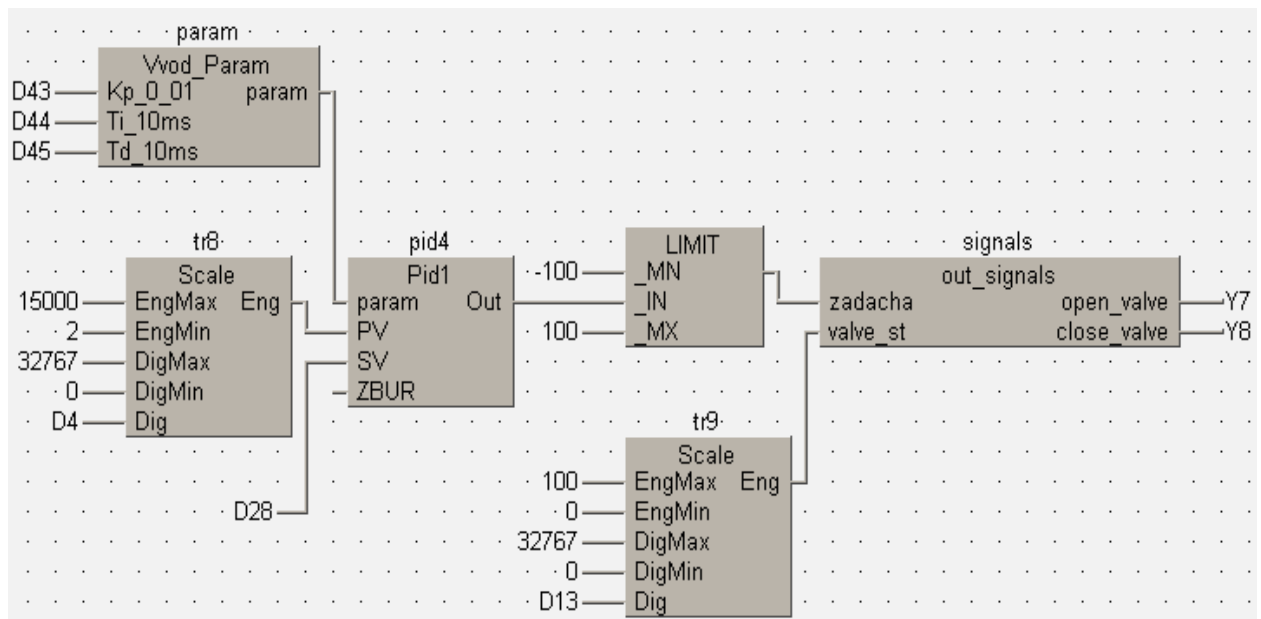


Рисунок 3.14 - Програма для регулювання витрат каталізатора з реактора до регенератора

Функціональні блоки “tr8” та “tr9” служать для трансляції вхідної величини у реальну вимірювану величину. Даний блок був нами описаний раніше.

Функціональний блок “pid4” служить для розрахунку необхідного положення клапану 6 подачі транспортного агента. На його вхід поступають коефіцієнти з блоку “param”, реальне значення витрат каталізатора, що поступає з блоку “tr8”, а також величина уставки, що зберігається в регістрі D28. Функціональний блок “limit” є обмежувачем величини відкриття вентиліа і має границі (мінус100; плюс 100). Функціональний блок “Signals” використовується для видачі на дискретні виходи сигнали відкриття і закриття вентиліа 6 подачі транспортного агента. На вхід подається величина потрібного відкриття вентиліа, що видається блоком “pid4”, та обмежується (якщо це необхідно) блоком “limit”. Також блок приймає величину поточного відкриття клапану 6 подачі транспортного агента, що поступає з блоку “tr8”, величина якого зберігається у регістрі D13 контролера у вигляді коду АЦП.

Для регулювання витрат каталізатора з регенератора до реактора нами буде використаний програмний код, який зображений на рисунку 3.15.

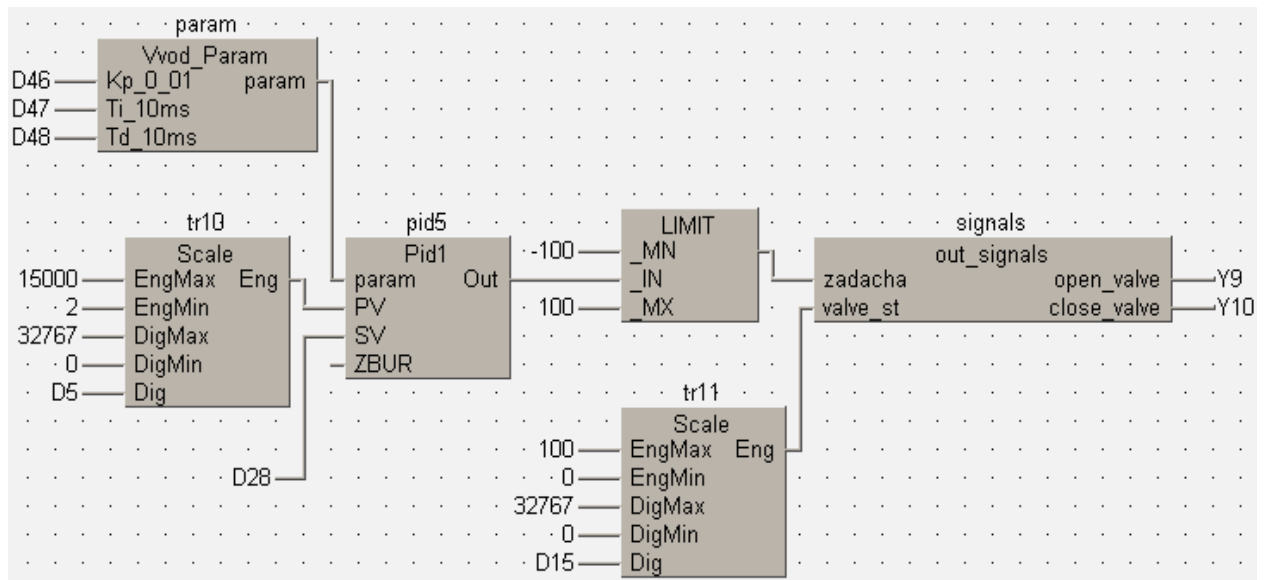


Рисунок 3.15 - Програма для регулювання витрат каталізатора з регенератора до реактора

Функціональний блок “param” приймає на своїх входах величину пропорційного, інтегрального та диференційного коефіцієнтів що зберігаються в контролері у регістрах D46, D47, D48. Даний блок передасть ці коефіцієнти на вхід блоку “pid5”. Функціональні блоки “tr10” та “tr11” служать для трансляції вхідної величини у реальну вимірювану величину. Даний блок був нами описаний раніше. Функціональний блок “pid5” служить для розрахунку необхідного положення клапану 7 подачі транспортного агента. На його вхід поступають коефіцієнти з блоку “param”, реальне значення витрат каталізатора, що поступає з блоку “tr10”, а також величина уставки, що зберігається в регістрі D29. Функціональний блок “limit” є обмежувачем величини відкриття вентиліа.

Функціональний блок “Signals” використовується для видачі на дискретні виходи сигналів відкриття і закриття вентилі 7 подачі транспортного агента. На вхід подається величина потрібного відкриття вентилі, що видається блоком “pid5”, та обмежується (якщо це необхідно) блоком “limit”. Також блок приймає величину поточного відкриття клапана 7 подачі транспортного агента з блоку “tr11”, величина якого зберігається у регістрі D15 контролера у вигляді вихідного коду АЦП.

Для регулювання температури регенератора нами буде використаний програмний код, який зображений на рисунку 3.16.

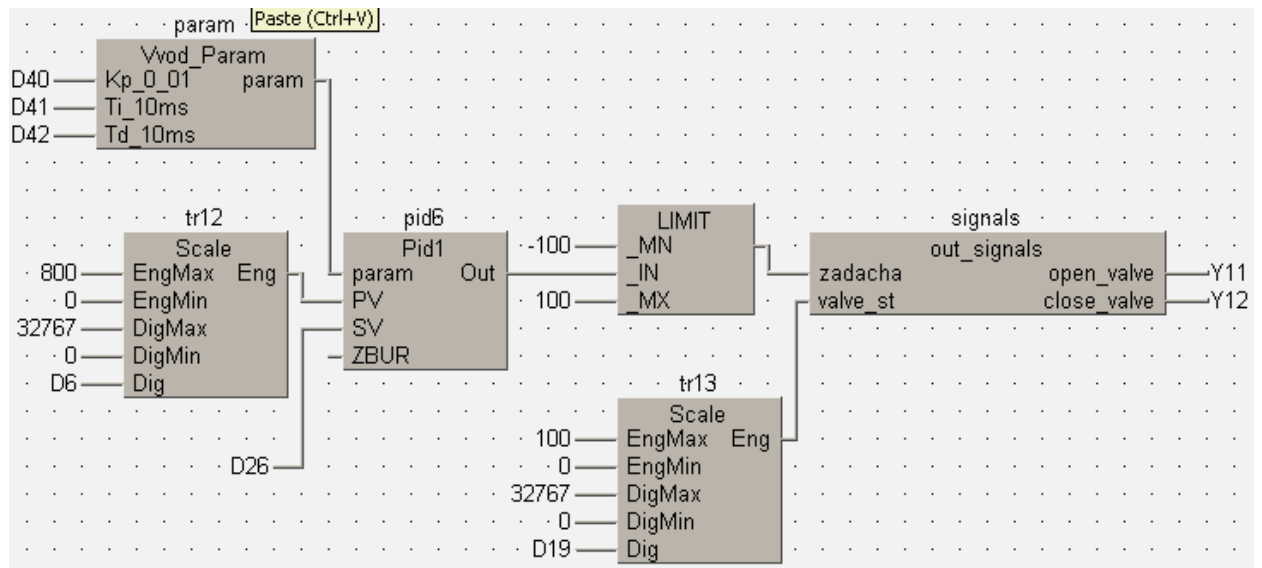


Рисунок 3.16- Програма для регулювання температури регенератора

Функціональний блок “param” приймає на своїх входах величину пропорційного, інтегрального та диференційного коефіцієнтів що зберігаються в контролері у регістрах D40, D41, D42. Даний блок передасть ці коефіцієнти на вхід блоку “pid6”. Функціональні блоки “tr12” та “tr13” служать для трансляції вхідної величини у реальну вимірювану величину. Даний блок був нами описаний раніше. Функціональний блок “pid6” служить для розрахунку необхідного положення клапану 9 подачі конденсату. На його вхід поступають коефіцієнти з блоку “param”, реальне значення температури регенератора, що поступає з блоку “tr12”, а також величина уставки, що зберігається в регістрі D26. Функціональний блок “limit” є обмежувачем величини відкриття вентилі і має границі (мінус100; плюс 100). Функціональний блок “Signals” використовується для видачі на дискретні виходи сигнали відкриття і закриття вентилі 7 подачі транспортного агента. На вхід подається величина потрібного відкриття вентилі що видається блоком “pid6”, та обмежується (якщо це необхідно) блоком “limit”. Також блок приймає величину поточного відкриття клапана 9 подачі конденсату, що надходить з блоку “tr13”.

Для регулювання закоксованості каталізатора нами буде використаний програмний код, який зображений на рисунку 3.17.

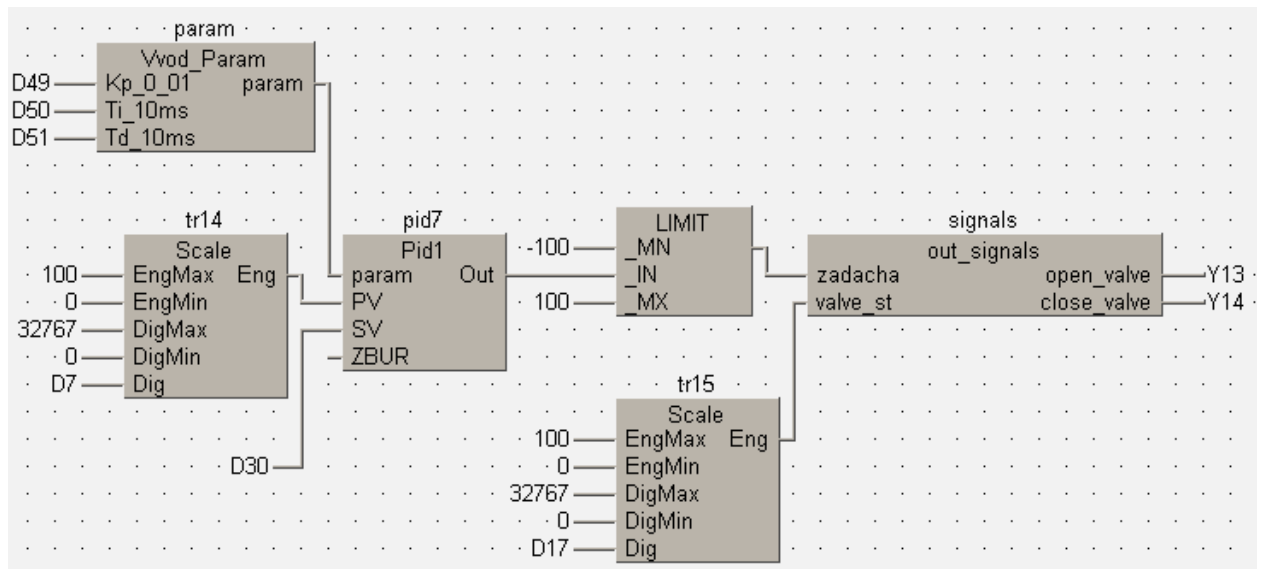


Рисунок 3.17- Програма для регулювання закоксованості каталізатора

Функціональний блок “param” приймає на своїх входах величину пропорційного, інтегрального та диференційного коефіцієнтів що зберігаються в контролері у регістрах D49, D50, D51. Даний блок передасть ці коефіцієнти на вхід блоку “pid7”. Функціональні блоки “tr14” та “tr15” служать для трансляції вхідної величини у реальну вимірювану величину. Даний блок був нами описаний раніше. Функціональний блок “pid7” служить для розрахунку необхідного положення клапану 10 подачі повітря. На його вхід поступають коефіцієнти з блоку “param”, реальне значення закоксованості каталізатора, що поступає з блоку “tr14”, а також величина уставки , що зберігається в регістрі D30. Функціональний блок “limit” є обмежувачем величини відкриття вентилі і має границі (мінус100; плюс 100).

Функціональний блок “Signals” використовується для видачі на дискретні виходи сигналів відкриття і закриття вентилі 10 подачі повітря. На вхід подається величина потрібного відкриття вентилі, що видається блоком “pid7”, та обмежується (якщо це необхідно) блоком “limit”. Також блок приймає величину поточного відкриття клапана 10 подачі повітря з блоку “tr15”.

3.5 Проєктування графічного ЛМІ оператора

Для швидкого і ефективного сприйняття інформації про хід технологічного процесу оператором буде розроблено ряд екранів його графічного ЛМІ.

До їх складу будуть входити наступні екрани:

- “Основний”;
- “Тренди вимірюваних величин”;
- “Поточні тривоги”;
- “Архів тривог”;
- “Звітність”;
- “Меню”.

Екран “Основний” - екран технологічного процесу, де буде відображатися схема проходження процесу каталітичного крекінгу, усі параметри процесу, пристрої ручного управління цими процесами . Зображення основного екрану знаходиться в додатку В.

Екран “Тренди вимірюваних величин” дасть можливість оператору сприймати інформацію про зміну в часі технологічних параметрів, а також можливість проглядати ці параметри за попередні періоди роботи. Зображення екрану трендів знаходиться в додатку Г.

Екран “Поточні тривоги” - один з найголовніших екранів, на якому відображаються повідомлення про відхилення від норм параметрів технологічного процесу. Зображення екрану поточних тривог знаходиться в додатку Д.

Екран “Архів тривог” дає можливість відображення усіх попередніх тривог, їх часу виникнення, та тривання. Екран “Архів тривог” знаходиться в додатку Ж.

Екран “Звітність” відображає параметри технологічного процесу за зміну.

Екран виводиться на екран як в кінці зміни о 17⁰⁰, так і по бажанню оператора у довільний час. Екран звітності показаний в додатку К.

Екран “Меню” - екран , що містить в собі функціональні клавіші для швидкого та ефективного переходу між усіма переліченими вище екранами. Зовнішній вигляд екрану “Меню” наводиться в додатку Л.

3.6 Програмне забезпечення формування звітності

ПЗ АСУТП по завданню повинне виводити звіт за робочу зміну, наприклад о 17⁰⁰. Для цього був розроблений окремий екран ЛМІ оператора АСУТП, на якому відображається відповідна форма звітності. До звітної інформації ми відносимо середні показники технологічного процесу. Для їх обрахунку створений об’єкт, що має назву “Report”. В ньому створений рапорт під назвою “Production”, де створений шаблон звітності.

Його вигляд наведений на рисунку 3.18.

Для того, щоб звіт виводився автоматично, був створений об’єкт певного класу, що має тип “Event”. Вікно створення цього об’єкту має форму, що представлена на рисунку 3.19.

ЗВІТ ЗА ЗМІНУ	
Час {TIME(1)}	Дата {DATA(2)}
Середні показники технологічного процесу	
Температура печі, С.....	{BTS}
Температура сировини на виході печі, С.....	{BOTS}
Температура реактора, С.....	{RTS}
Рівень сировини у реакторі, м.....	{RLS}
Температура регенератора, С.....	{RGTS}
Витрата каталізатора з реактора до регенератора, кг/год.....	{CK1S}
Витрата каталізатора з регенератора до реактора, кг/год.....	{CK2S}
Закоксованість каталізатора, %.....	{ZKS}

Рисунок 3.18- Шаблон звіту

The screenshot shows a software window titled "Events [Kreking]". Inside, there are several input fields: "Name", "Time" (with a dropdown arrow), "Period" (with a dropdown arrow), "Trigger" (with a dropdown arrow), "Action", and "Comment". Below these fields are four buttons: "Add", "Replace", "Delete", and "Help". At the bottom left of the window, it displays "Record : 1".

Рисунок 3.19- Вікно створення об'єкту типу "Event"

При створенні даного об'єкту ми зробимо наступні кроки. Дамо назву об'єкта, наприклад "Event". В графі "Час" укажемо час відображення звіту - 17-00. В полі "Дія" укажемо послідовність функцій, що сформують та виведуть звіт, а саме Report ("Production"), що створить звіт під назвою "Production" за заздалегідь розробленим шаблоном, та виведе його на екран PageDisplay ("RTF_File"), де назва в лапках - назва сторінки, на якій буде виводитись звітність. Отже у заданий час автоматично буде сформований звіт і виведений на екран оператора.

Висновки

В результаті виконання даної бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту була розроблена на основі рекомендацій діючих стандартів концепція функціональної структури нової інтегрованої системи автоматизації процесу каталітичного крекінгу нафтопереробного промислового виробництва. Ця система у порівнянні з існуючими аналогічними системами дозволяє не тільки управляти технологічним процесом, але і виконувати кілька функцій управління всім виробництвом в цілому.

В рамках такої системи, використовуючи інструментальну систему SCADA «Citect 6», була спроектована автоматизована система управління технологічним процесом промислового каталітичного крекінгу. Для цього був проведений аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизованого управління, зроблений обґрунтований вибір програмно-апаратних засобів автоматизації, розроблені електрична структурна схема АСУТП та її функціональна схема автоматизації, а також спроектовані окремі програмні модулі ПЗ системи та графічний ЛМІ для ПК оператора.

Для утворення розробленої структури АСУТП були застосовані модулі віддаленого введення/виведення фірми «Mitsubishi».

Література

1. Olsson, G., Piany, J.. Computer systems for automation and control [Електронний ресурс] / URL : <http://www.philadelphia.edu.jo/newlibrary/pdf/file095f62f119bb471591fd8f273ac06353.pdf>.
2. Комплексна автоматизація технологічних процесів [Електронний ресурс] / URL : <https://extremeltd.ua/solutions/industrial-automation/>.
3. Щіпцов М.І., Папінов В.М. Інтегрована система автоматизації нафтопереробного промислового виробництва / Матеріали LIV НТК підрозділів Вінницького національного технічного університету (Вінниця, ВНТУ, 24-25 червня 2025 року) [Електронний ресурс] / URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2025/paper/view/24240/20008>.
4. Ларичева Л.П. Контроль та автоматичне регулювання хіміко-технологічних процесів/ Л.П. Ларичева, М.Д. Волошин, О.П. Луценко, Дніпродзержинськ:ДДТУ. – 2015. – 320 с.
5. Кожухар, В. Я. Автоматизовані системи керування хіміко-технологічними процесами : навч. посібник / В. Я. Кожухар, В. В. Брем, О. В. Макаров ; Держ. ун-т "Одес. політехніка". - Одеса, 2021. - 223 с.
6. Автоматизовані системи управління технологічного процесу в хімічних виробництвах: курс лекцій / Укладач Л.В.Борисова. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – 98 с.
7. Адилов Ф.Т., Чугуєв М.А., Майлер В.Б., Зусман С.Д., Турапіна Т.В. Система управління блоком каталітичного крекінгу установки ГК-3 на нафтопереробному заводі ВАТ "АНХК"// Промислові АСУ та контролери. – 2014. - №9. – С.25-27.
8. Пупена О., Ельперін І., Міркевич Р. Огляд сучасних стандартів інтегрованого виробництва// Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. - Т.8. - №3. – 2016.
9. ISA-88/95/106 в Україні [Електронний ресурс] / URL : <https://sites.google.com/site/isa88inua/home>.
- 10.Пупена О. М. Практичні рекомендації до реалізації елементів стандарту ІЕС 61512 в програмному забезпеченні систем керування/ О. М. Пупена, Р. М. Міркевич, О. М. Клименко. – К: АППАУ, ТК 185 «Промислова автоматизація», 2020. – 46 с.
- 11.MESA Model: A Framework for Smarter Manufacturing [Електронний ресурс] / URL : <https://mesa.org/topics-resources/mesa-model/>.
- 12.Shraddha Kakade. Manufacturing execution system (MES) [Електронний ресурс] / URL : <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/manufacturing-execution-system-MES>.
- 13.Itskovich Emmanuil. Fundamentals of Design and Operation of Manufacturing Execution Systems (MES) in Large Plants [Електронний ресурс]/ URL: <https://dplp.org/rec/conf/mim/Itskovich13.bib>.

- 14.Бобух А.О.. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 185 с.
- 15.Офіційний сайт компанії "СВ АЛЬТЕРА" в Україні [Електронний ресурс]/ URL: www.svaltera.ua.
- 16.Все необхідне для автоматизації на базі РС: Каталог продукції фірми ADVANTECH. – Prosoft, 2017. – 490 с.
- 17.Ванін В.В., Бліок А.В., Гнітецька Г.О. Оформлення конструкторської документації: Навч. посібн. 4-те вид., випр. і доп. - К.: Каравела, 2012. – 200 с.
- 18.Системи візуалізації. SCADA-системи [Електронний ресурс]/ URL: <http://www.svaltera.zp.ua/?inc=prod/scada/>.
- 19.SCADA-система CITECT як інструмент інтеграції технологічних даних [Електронний ресурс]/ URL: <http://www.atlas.kiev.ua/rus/scada.html>.

Додатки

Додаток А
(обов'язковий)

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри АІТ
д.т.н., професор Олег БІСІКАЛО

“ 23 ” березня 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на бакалаврську кваліфікаційну роботу (у формі проекту)
«Інтегрована система автоматизації нафтопереробного промислового
виробництва»
08-31.БКР.015.02.000 ТЗ

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи:
проф. каф. АІТ Володимир ПАПІНОВ

“ 23 ” травня 2025 р.

Розробив студент гр. АКІТР-23мс
Микола ЦІПЦОВ

“ 23 ” травня 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

1 Назва і галузь застосування

Інтегрована система автоматизації (ІСА) промислового каталітичного крекінгу.

ІСА призначена для роботи у складі системи автоматизованого управління нафтопереробним підприємством.

2 Підстава для розробки та назва організації, що проектує

Розробку ІСА проводити на підставі наказу по ВНТУ № 97 від 20.03.2025 р. та індивідуального завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу у формі проєкту, складеного та затвердженого кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ.

3 Мета та призначення розробки

ІСА призначена для управління виробничим процесом, заснованим на технологічному процесі, схема якого наведена на рисунку 1.

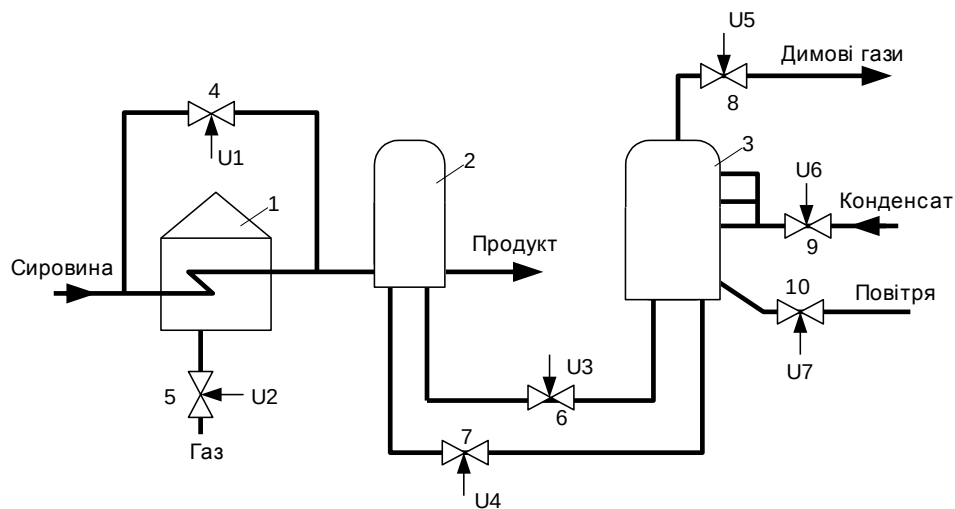


Рисунок 1 – Схема технологічного процесу, що автоматизується

Принцип управління процесом такий. Температура в нагрівальній печі вимірюється в діапазоні від 0 до 600 °С, а її зміна регулюється за допомогою вентиля 5. Температура сировини на виході з нагрівальної печі вимірюється в діапазоні від 0 до 500 °С, а її регулювання також виконується за допомогою вентиля 5, який змінює температуру в печі. Температура в реакторі вимірюється в діапазоні від 0 до 600 °С, а її регулювання здійснюється за

допомогою вентиля 4. Температура в регенераторі вимірюється в діапазоні від 0 до 700°C, а її регулювання виконується за допомогою вентиля 9. Рівень сировини у реакторі вимірюється в діапазоні від 0 до 10м, а регулювання виконується за допомогою вентиля 8. Витрати каталізатору з реактора до регенератора вимірюється в діапазоні від 0 до 1500 кг/год., а її регулювання виконується за допомогою вентиля 6. Витрати каталізатору з регенератора до реактора вимірюється в діапазоні від 0 до 1500 кг/год., а її регулювання здійснюється за допомогою вентиля 7. Закоксованість каталізатору вимірюється в діапазоні від 0 до 100 %, а її регулювання здійснюється за допомогою вентиля 10.

Процес в плані управління не складний, адже вимірюється тільки вісім параметрів та формується відповідно чотирнадцять керуючих сигналів. Усі контури регулювання вважаються незалежними.

Вимірювання проводяться в агресивному середовищі, адже всі виміри супроводжуються високими температурами.

Метою розробки є отримання кращого за техніко-економічними показниками рішення ІСА у порівнянні з існуючими аналогами.

ІСА будується за ієрархічним принципом. На нижньому рівні управління функціонує автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП), а на верхньому рівні – автоматизована система управління виробництвом (АСУВ).

4 Джерела розробки

1. Пупена О. М. Практичні рекомендації до реалізації елементів стандарту ІЕС 61512 в програмному забезпеченні систем керування/ О. М. Пупена, Р. М. Міркевич, О. М. Клименко. – К: АППАУ, ТК 185 «Промислова автоматизація», 2020. – 46 с.
2. Ларичева Л.П. Контроль та автоматичне регулювання хіміко-технологічних процесів/ Л.П. Ларичева, М.Д. Волошин, О.П. Луценко, Дніпродзержинськ:ДДТУ. – 2015. – 320 с.
3. Кожухар, В. Я. Автоматизовані системи керування хіміко-технологічними процесами : навч. посібник / В. Я. Кожухар, В. В. Брем, О. В. Макаров ; Держ. ун-т "Одес. політехніка". - Одеса, 2021. - 223 с.

5 Показники призначення

5.1 Виробничі умови експлуатації АСУТП

Система складається з двох частин:

- тієї, що змонтована безпосередньо біля технологічного процесу;

- тієї, що змонтована в приміщенні оператора.

Для першої частини системи умови експлуатації наступні:

- температура повітря, °C.....від мінус 40 до плюс 60;
- відносна вологість, %.....не більше 93;
- ударні навантаженнянемає;
- вібрація:
 - частота, Гц.....10-30;
 - віброприскорення, м/с².....до 19,6;
 - лінійне прискорення, м/с².....немає;
- атмосферний тиск, кПа.....не більше 61.

Для другої частини системи встановлені такі умови експлуатації:

- температура повітря, °C.....від плюс 10;
- відносна вологість, %.....не більше 83;
- вібрація:
 - частота, Гц.....10-30;
 - віброприскорення, м/с².....до 19,6;
 - лінійне прискорення, м/с².....немає;
- атмосферний тиск, кПа.....не більше 61.

5.2 Вихідні параметри, що регулюються

В процесі роботи системи виконується регулювання восьми параметрів: температури в печі, температури сировини на виході з печі, температури в реакторі та регенераторі, рівня сировини у реакторі, витрат каталізатора з реактора в регенератор та з регенератора в реактор, а також закоксованість каталізатора.

Номінальне значення температури в печі дорівнює 500 °C, мінімальна границя дорівнює 450 °C, максимальна границя дорівнює 550 °C.

Номінальне значення температури сировини на виході з печі дорівнює 400 °C, мінімальна границя дорівнює 350 °C, максимальна границя дорівнює 450 °C.

Номінальне значення температури реактора дорівнює 500°C, мінімальна границя дорівнює 450 °C, максимальна границя дорівнює 550 °C.

Номінальне значення температури регенератора дорівнює 600 °C, мінімальна границя дорівнює 550 °C, максимальна границя дорівнює 650 °C.

Номінальне значення рівня сировини реактора дорівнює 6 м, мінімальна границя дорівнює 4 м, максимальна границя дорівнює 8 м.

Номінальне значення витрат каталізатора дорівнює 1000 л/год, мінімальна границя дорівнює 500 л/год, максимальна границя дорівнює 1300л/год.

Номінальне значення витрат каталізатора дорівнює 1000 л/год, мінімальна границя дорівнює 500 л/год, максимальна границя дорівнює 1300 л/год.

Номінальне значення закоксованості каталізатора дорівнює 0%, мінімальна границя відсутня, максимальна границя дорівнює 80 %.

Всі параметри будуть регулюватися шляхом подачі на відповідні вентилі двох дискретних сигналів, що будуть відповідати за відкриття чи закриття вентилів.

5.3 Параметри ТП, що підлягають контролю або вимірюванню

Вимірюванню підлягають вісім параметрів, що описані в попередньому пункті. Всі ці параметри підлягають контролю за встановленими допустимими їх границями.

Діапазони вимірювань параметрів наведені в першому розділі ТЗ, а границі контролю в попередньому.

5.4 Управляючі діяння та місце їх прикладання

Для регулювання температури печі автоматичним регулятором формується дискретних сигнали. Ці дискретні сигнали будуть відповідати за відкривання та закривання вентиля через подання їх на виконуючий механізм вентиля 5. Кожен з цих сигналів може подаватися лише при відсутності іншого, тобто в даний момент часу може здійснюватися поворот тільки в одному з напрямків - на закривання чи відкривання. Оскільки усі інші вентилі та їх виконавчі механізми аналогічні даному, то й аналогічно відбувається регулювання інших параметрів.

5.5 Дії оператора АСУТП у разі виникнення аварійних ситуацій

У разі виходу температури нагрівальної печі чи температури сировини на виході з печі за встановлені границі, оператор повинен за допомогою вентиля 5 у ручному режимі встановити номінальне значення температури печі, яке б повернуло параметри в допустимі границі.

У разі виходу температури реактора за встановлені границі оператору необхідно за допомогою вентиля 4 у ручному режимі встановити номінальне значення, яке б повернуло параметр в допустимі границі.

У разі виходу рівня сировини реактора за встановлені границі оператору необхідно за допомогою вентиля 8 у ручному режимі встановити номінальне значення, яке б повернуло параметр в допустимі границі.

У разі виходу температури регенератора за встановлені границі оператору необхідно за допомогою вентиля 9 у ручному режимі встановити номінальне значення, яке б повернуло параметр в допустимі границі.

У разі виходу витрат каталізатора за встановлені границі, оператору необхідно за допомогою вентиля 6 чи 7, відповідно, у ручному режимі встановити номінальне значення, яке б повернуло параметр в допустимі границі.

У разі виходу закордованості каталізатора за встановлені границі оператору необхідно за допомогою вентиля 10 у ручному режимі встановити номінальне значення, яке б повернуло параметр в допустимі границі.

5.6. Вимоги до графічного ЛМІ оператора АСУТП

З ергономічної точки зору графічний ЛМІ оператора буде складатись з декількох екранів:

- основний;
- трендів вимірюваних величин;
- тривоги;
- архіву тривоги;
- звітності;
- меню.

Основний екран - екран технологічного процесу, на якому будуть відображатися: технологічна схема процесу каталітичного крекінгу, поточні значення усіх параметрів процесу, стани пристроїв регулювання цих параметрів (вентилів).

Екран трендів вимірюваних величин технологічного процесу дасть можливість оператору сприймати інформацію про зміну в часі цих параметрів, а також можливість продивлятися ці параметри за попередні часові проміжки.

Екран тривоги - один з найголовніших екранів, на якому відображаються повідомлення про відхилення від норм параметрів технологічного процесу.

Екран архіву тривоги дає можливість відображення усіх попередніх тривоги, їх часу виникнення та тривалості.

Екран звітності відображає параметри технологічного процесу за зміну. Виводиться на екран як в кінці зміни о 17⁰⁰, так і по бажанню оператора у будь-який час.

Екран меню - екран, що містить в собі функціональні клавіші для швидкого та ефективного переходу між усіма переліченими вище екранами.

5.7. Вимоги до форм звітності

Система повинна автоматично формувати звіт про роботу технологічного процесу на протязі доби (з 0 до 24 години).

6 Стадії розробки

6.1. Розділ «Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту» та розробка концепції функціональної структури ІСА мають бути виконані до 26.04.25 р.

6.2. Розробка електричної структурної схеми АСУТП має бути виконана до 10.05.25 р.

6.3. Розробка функціональної схеми автоматизації АСУТП має бути виконана до 24.05.25 р.

6.4. Проєктування програмного забезпечення АСУТП повинно бути виконано до 31.05.25 р.

7 Порядок контролю та приймання

7.1 Рубіжний контроль – 03-07.06.25 р.

7.2 Попередній захист – 10-15.06.25 р.

7.3 Захист БКР – в період з 16.06.25 по 23.06.25 р. за графіком, встановленим кафедрою АІТ.

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ НАФТОПЕРЕРОБНОГО
ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Розробив:

_____ Микола ЩІПЦОВ
“ ” _____ 2025 р.

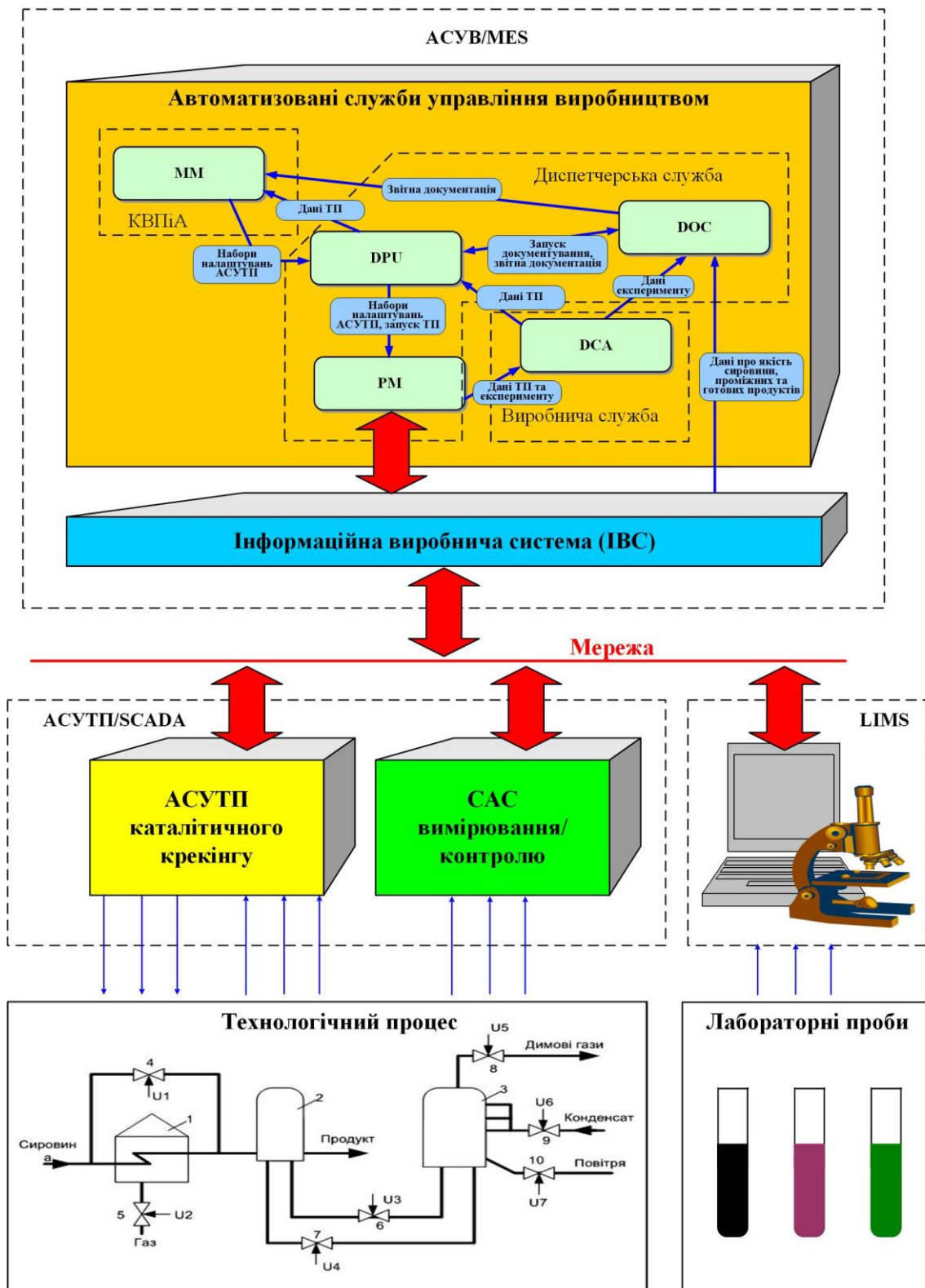
Перевірив:

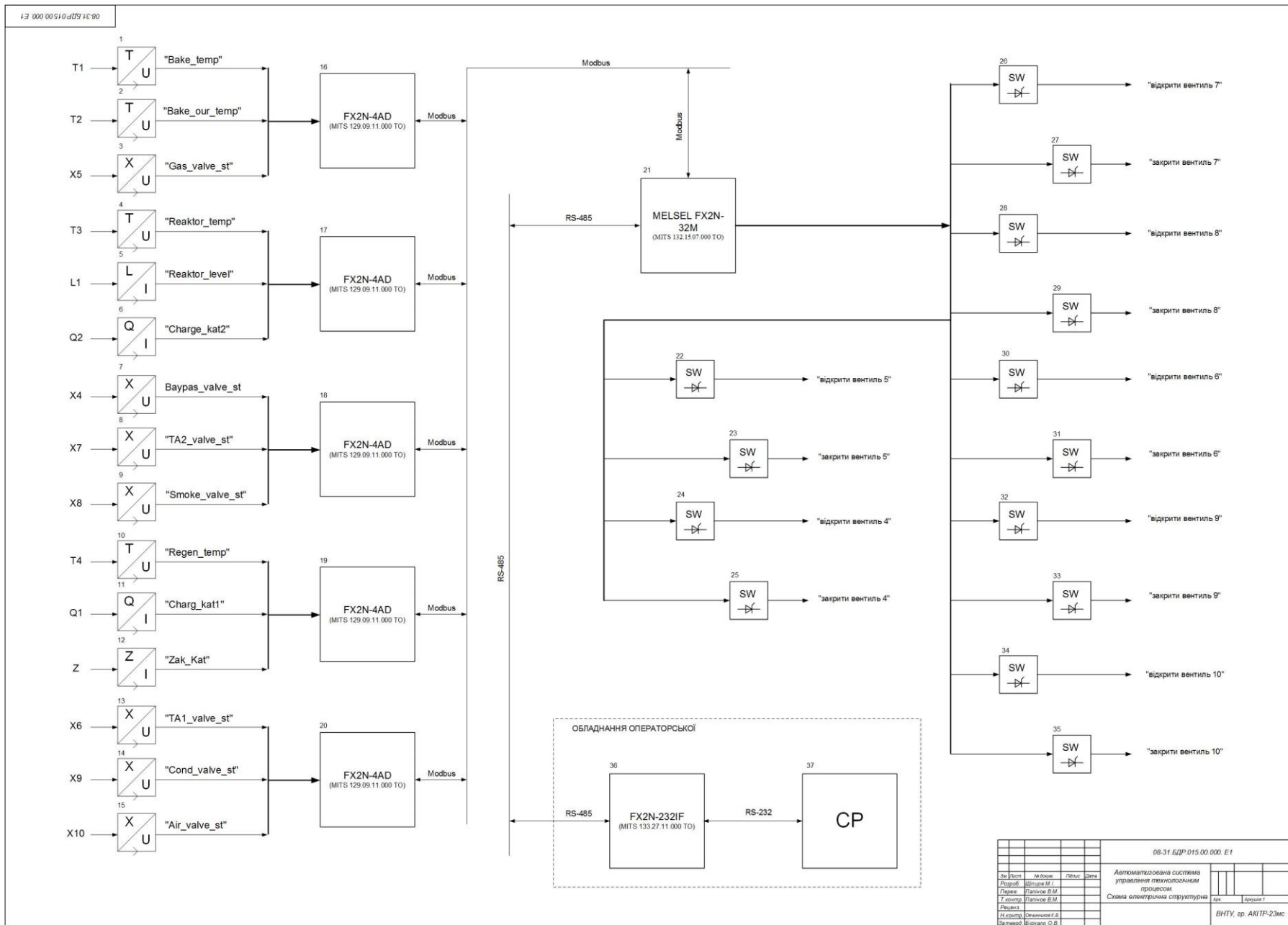
_____ Володимир ПАПІНОВ
“ ” _____ 2025 р.

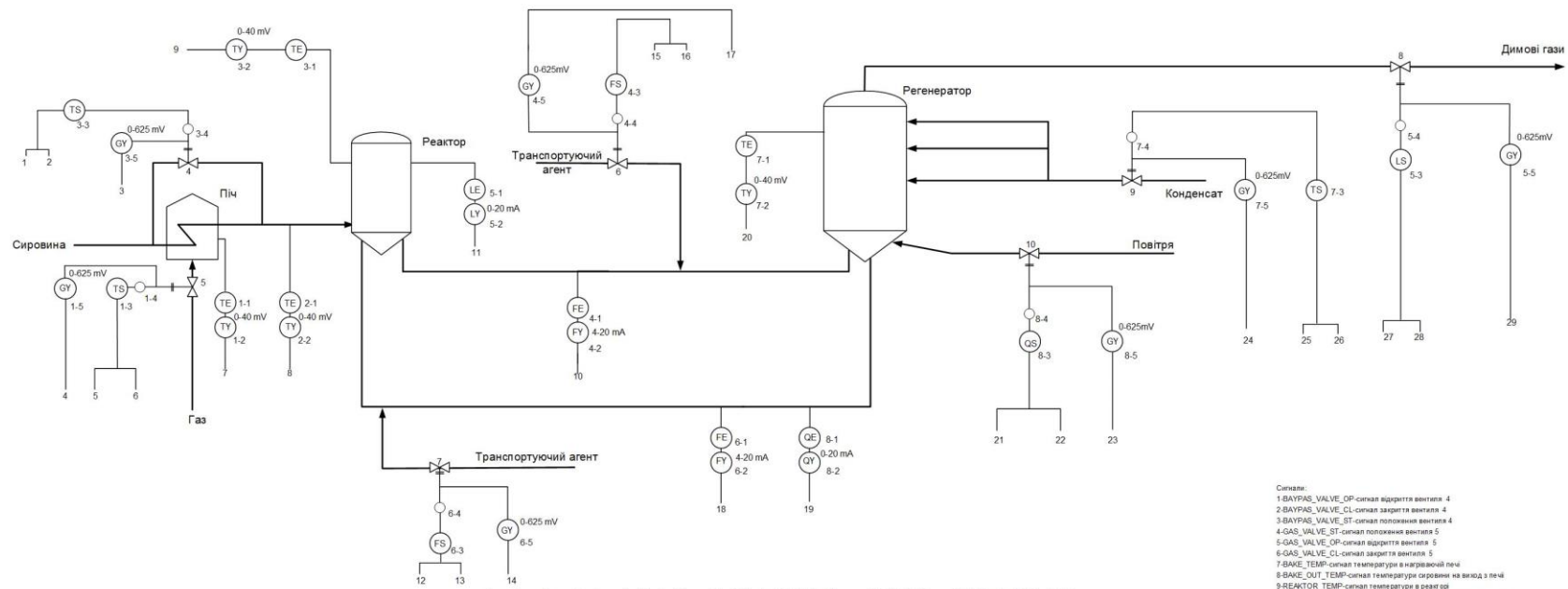
Рецензент: _____

“ ” _____ 2025 р.

КОНЦЕПЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

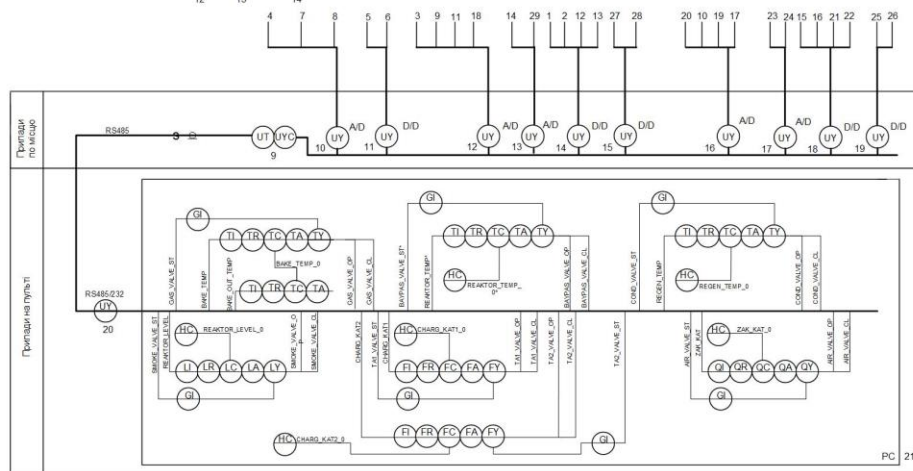






Сигналы:

- 1-BAYPASS_VALVE,OP-сигнал задвигает вентиль 4
- 2-BAYPASS_VALVE,CL-сигнал задвигает вентиль 4
- 3-BAYPASS_VALVE,ST-сигнал поворачивает вентиль 4
- 4-OAS_VALVE,ST-сигнал поворачивает вентиль 5
- 5-OAS_VALVE,CL-сигнал задвигает вентиль 5
- 6-OAS_VALVE,OP-сигнал задвигает вентиль 5
- 7-BAKE_TEMP-сигнал температуры в газовой печи
- 8-CHARG_TEMP-сигнал температуры на входе в печь
- 9-REACTOR_TEMP-сигнал температуры в реакторе
- 10-CHARG_KATZ-сигнал из катализатора, чур. руководит в реакторе до регенератора
- 11-REACTOR_LEVEL-сигнал, уровень в реакторе
- 12-TA2_VALVE,OP-сигнал задвигает вентиль 7
- 13-TA2_VALVE,CL-сигнал задвигает вентиль 7
- 14-TA2_VALVE,ST-сигнал поворачивает вентиль 7
- 15-TA1_VALVE,OP-сигнал задвигает вентиль 6
- 16-TA1_VALVE,CL-сигнал задвигает вентиль 6
- 17-TA1_VALVE,ST-сигнал поворачивает вентиль 6
- 18-CHARG_KATZ-сигнал из катализатора, чур. руководит в регенератора до реактора
- 19-CHARG_KATZ-сигнал законченности катализатора в реакторе
- 20-REGEN_TEMP-сигнал температуры у регенератора
- 21-AIR_VALVE,OP-сигнал задвигает вентиль 10
- 22-AIR_VALVE,CL-сигнал задвигает вентиль 10
- 23-AIR_VALVE,ST-сигнал поворачивает вентиль 6
- 24-COHD_VALVE,ST-сигнал поворачивает вентиль 9
- 25-COHD_VALVE,CL-сигнал задвигает вентиль 9
- 26-COHD_VALVE,OP-сигнал задвигает вентиль 9
- 27-SMOKE_VALVE,OP-сигнал задвигает вентиль 8
- 28-SMOKE_VALVE,CL-сигнал задвигает вентиль 8
- 29-SMOKE_VALVE,ST-сигнал поворачивает вентиль 8



ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Інтегрована система автоматизації нафтопереробного промислового виробництва

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота (у формі проєкту)
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ФІІТА ВНТУ
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 5,60 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

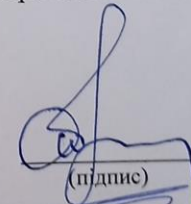
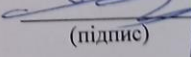
☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

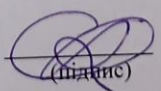
☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Олег БІСІКАЛО, зав. кафедри АІТ
(прізвище, ініціали, посада)

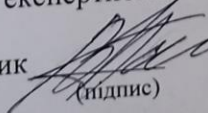
Любов ЯНЧУК, секретар кафедри АІТ
(прізвище, ініціали, посада)

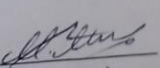

(підпис)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Костянтин ОВЧИННИКОВ
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 
(підпис) Володимир ПАПІНОВ, проф. кафедри АІТ
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач 
(підпис) Микола ЩІПЦОВ
(прізвище, ініціали)