

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інформаційних технологій
Інформаційно-вимірювальних технологій

Скаряліс Володимир Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 338.432.5

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Розроблення інформаційно-вимірювального комплексу технологічного
процесу виробництва високооктанової добавки бензину
(назва роботи)

Метрологія і вимірювальна техніка

(назва освітньої програми)

175- інформаційно-вимірювальні технології

(шифр і назва спеціальності)

Скаряліс В.В.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Клочко Н.Б., к.т.н., доцент

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківськ

2024

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інформаційних технологій

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Освітній рівень магістр

Спеціальність інформаційно-вимірювальні технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІВТ

Середюк О.Є.

« » 20 року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Скаряліс Володимир Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Розроблення інформаційно-вимірювального комплексу технологічного процесу виробництва високооктанової добавки бензину

1. Керівник роботи Клочко Н.Б., к.т.н. доцент каф. ІВТ,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від " " 20 року №

2. Строк подання студентом роботи 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Технічний опис роботи фотовольтної системи контролю

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Аналіз технологічного процесу МТБЕ

2 Розроблення системи автоматизації технологічного процесу виробництва МТБЕ

3 Метрологічний аналіз основних вимог до системи автоматичного управління виробництвом

Висновок Перелік посилань та джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

МР. МТТм – 05.00.00.001 – Функціональна схема технологічного процесу

МР. МТТм – 05.00.00.002 – Конфігурація системи автоматичного керування

МР. МТТм – 05.00.003 – Режими адіабатичного реактора Р-350 (Р-351).

МР. МТТм – 05.00.00.004 – Фізичні параметри для АСК;

МР. МТТм – 05.00.00.005 – Максимальне число тегів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормо-контроль	Біліщук В.Б., доцент		
Консультант			

7. Дата видачі завдання _____ .2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ	10.11.- 13.11.2024	
2.	Аналіз технологічного процесу МТБЕ	14.11.- 23.11.2024	
3.	Розроблення	30.11.- 09.12.2024	
4.	Метрологічний аналіз основних вимог до системи автоматичного управління виробництвом	10.12.- 17.12.2024	
5	Редагування пояснювальної записки	18.12.- 21.12.2024	

Студент _____ Скаряліс В.В.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Ключко Н.Б.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ

1	АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МТБЕ	
1.1	Аналіз структури виробництва МТБЕ	
1.2	Аналіз сировини та компонентів для виробництва МТБЕ	
1.3	Аналіз основних операцій при виробництві МТБЕ.....	
1.4	Постановка задачі дипломного проектування.....	
2	РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МТБЕ	
2.1	Автоматизація підготовки ББФ при виробництві МТБЕ.....	
2.2	Автоматизація підготовки метанолу при виробництві МТБЕ.....	
2.3	Автоматизація процесу синтезу МТБЕ	
3	АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ МТБЕ.....	
3.1	Загальний принцип роботи автоматичної системи автоматичного управління технологічним процесом.....	
3.2	Вимоги до структури автоматичного керування технологічним процесом	
3.3	Вимоги до надійності	
3.4	Вимоги до функціоналу системи автоматичного керування технологічним процесом виробництва МТБЕ	
3.5	Вимоги щодо основних видів забезпечення роботи системи автоматичного управління технологічним процесом	
3.6	Метрологічне забезпечення роботи системи автоматичного управління технологічним процесом виробництва МТБЕ.....	

3.7	Аналіз характеристик системи автоматичного керування технологічним процесом TOSHIBA TOSDIC-CIE DS.....
3.8	Базова структура системи автоматичного керування TOSDIC-CIE DS.....
3.9	Основні показники процесу виробництва МТБЕ як об'єкту контролю та управління системи автоматичного керування
	Висновки.....
	Перелік посилань на джерела.....
	Додатки

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: «Розроблення ІВК технологічного процесу виробництва високооктанової добавки бензину» Скаляріс, ІФНТУНГ, 2024 , 52 с., 8 рис., 6 табл., 10 джерел.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва МТБЕ

Мета роботи – розроблення системи автоматизації технологічного процесу виробництва високооктанової добавки бензину

В даній магістерській роботі розглянуто аналіз технологічного процесу, здійснено розроблення системи автоматизації технологічного процесу виробництва високооктанової добавки бензину, проаналізовано основні вимоги до системи автоматичного управління виробництвом високооктанової добавки бензину та метрологічне забезпечення роботи системи автоматичного управління технологічним процесом виробництва високооктанової добавки бензину.

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС
ВИРОБНИЦТВА ВИСОКООКТАНОВОЇ ДОБАВКИ БЕНЗИНУ

ABSTRACT

Master's thesis: "Development of IVC of the technological process of production of high-octane gasoline additive" Skalyaris, IFNTUNG, 2024, 52 p., 8 fig., 6 tables, 10 sources.

Object of research – technological process of production of MTBE
Purpose of work – development of a system of automation of the technological process of production of high-octane gasoline additive This master's thesis considers the analysis of the technological process, develops a system of automation of the technological process of production of high-octane gasoline additive, analyzes the main requirements for the automatic control system of production of high-octane gasoline additive and metrological support of the operation of the automatic control system of the technological process of production of high-octane gasoline additive.

METROLOGICAL SUPPORT, TECHNOLOGICAL PROCESS OF
PRODUCTION OF HIGH-OCTANE GASOLINE ADDITIVE

ВСТУП

Тема магістерської роботи: «Розроблення ІВК технологічного процесу виробництва високооктанової добавки бензину(МТБЕ)»

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва МТБЕ

Мета роботи – розроблення системи автоматизації технологічного процесу виробництва високооктанової добавки бензину

Предмет досліджень –технічний регламент технологічного процесу виробництва високооктанової добавки бензину.

Актуальність обраної теми- основні вимоги до системи автоматичного управління виробництвом високооктанової добавки бензину.

Практична цінність – здійснено розроблення системи автоматизації технологічного процесу.

Методи та засоби досліджень – теорія похибок і математична статистика

Новизна магістерської роботи – метрологічне забезпечення роботи системи автоматичного управління технологічним процесом виробництва високооктанової добавки бензину.

Метил-трет-бутиловий ефір (МТБЕ) є новим ефективним і безпечним високооктановим компонентом бензину, який відповідає вимогам двигунобудування та не шкодить довкіллю. Його використовують як добавку для підвищення октанового числа під час змішування бензинів.

Значення МТБЕ зростає через глобальну тенденцію до зниження вмісту ароматичних вуглеводнів у бензинах. Додавання МТБЕ знижує летючість палива, покращує згоряння вуглеводневих компонентів, що сприяє зменшенню викидів оксиду вуглецю у вихлопних газах на 15-30% і вуглеводнів на 7-8%. Крім того, МТБЕ не викликає корозії двигунів, підвищує їх потужність і покращує економічні характеристики[1].

Застосування високооктанових кисневмісних сполук, таких як МТБЕ, дозволяє збільшити виробництво автомобільного палива, одночасно знижуючи споживання нафти завдяки зменшенню вимог до октанового числа базових компонентів. Бензини з МТБЕ мають кращу детонаційну стійкість, є нетоксичними та безпечними для людини й навколишнього середовища. Додавання 10% МТБЕ до палива підвищує октанове число на 1,4-2 одиниці, залежно від базових характеристик бензину.

Для забезпечення високої якості та ефективності виробництва важливим завданням є розробка і впровадження сучасної автоматизованої системи керування технологічним процесом (АСК ТП) отримання МТБЕ. Така система повинна виконувати всі ключові функції: вимірювання і обробку параметрів, візуалізацію процесу, регулювання, захист і блокування, сигналізацію, проведення розрахунків і застосування експертних систем, а також забезпечення метрологічного супроводу.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МТБЕ

1.1 Аналіз структури виробництва МТБЕ

Установка каталітичного крекінгу використовується для гідроочищення сировини, щоб підвищити її якість, а також для отримання високооктанової добавки до бензину - метил-трет-бутилового ефіру ($C_8H_{18}O$, метил-трет-бутилового ефіру) Цей ефір виробляється з бутан-бутиленових фракцій (ББФ) і високооктанових компонентів, отриманих із фракцій C_4-C_5 каталітичного крекінгу.

Каталітичний крекінг — це процес, у якому важкі молекули вуглеводнів розщеплюються на легші під дією каталізаторів.

Процес синтезу МТБЕ відбувається на реакційно-ректифікаційній установці (РРУ), яка складається з двох взаємозамінних реакторів для очищення сировини і синтезу, а також двох ректифікаційних зон. Така конструкція дозволяє ефективно використовувати надлишкове тепло реакції для випаровування частини реагуючої суміші та ректифікації продуктів синтезу.

МТБЕ одержують при каталітичній взаємодії ізобутилену з метанолом при температурі 60—70 °С и тиску 0,7—0,8 МПа в присутності каталізатора типу КУ—2 ФПП або КИФ—Т. Високооктанові ефіромісні компоненти (ВЕТ) одержують при каталітичній взаємодії ізобутилену й трет-пентенів з метанолом шляхом рідиннофазного й газорідиннофазного синтезу в присутності каталізатора типу КУ-2ФПП або КИФ-Т. Процес відрізняється малою енергоємністю, практично безвідхідною технологією. При масовій частці ізобутилену в ББФ 12%, продуктивність установки становить 40 тис.т/рік МТБЕ зі вмістом ефірів 90%.

До структури технологічного процесу виробництва МТБЕ входять:

- реакційно-ректифікаційний вузол(адіабатичний і реакційно-

ректифікаційний реактори);

- вузол екстракції;
- вузол ректифікації метанолу;
- вузол промивання газів азотного вихлопу;
- вузол підготовки 0,1% розчину NaOH;
- дренажний вузол;
- пароконденсатна система.

1.2 Аналіз сировини та компонентів для виробництва МТБЕ

Як вже було сказано, вихідною сировиною для синтезу МТБЕ є ізобутилен і метанол. Джерелом ізобутилену ББФ каталітичного крекінгу установки Г-43—107М/1 до якої пред'являються додаткові вимоги по змісту бутадієну, азотистих і сірчистих сполук. Метанол технічний, марка А по ДСТУ 3057 (ДЕРЖСТАНДАРТ2222).

Для процесу синтезу також МТБЕ й ВЕК використовуються:

- Каталізатори типу КУ—2ФІ111 марки А,А1,А2 (переважно А) по ТУ 2174-022—05842324 изм.1, (технічні умови виробника), які є композиційною сумішшю поліпропілену й сульфованого стиролу з дивинілбензолом

- Каталізатори типу КНО-Т марки А. Продукт, що являє собою, сульфовану композицію стиrolу з дивинілбензолом і поліетиленом.

- Використання в колоні відмивання газового вихлопу від метанолу в реакторах Р-350, Р-351.

- Азот технічний для продувки апаратів. Об'ємна частка азоту - 99,964-99,600%. Процес допускає використання азоту з об'ємною концентрацією кисню не більше 0,4%. Азот надходить із заводської мережі.

- Хімічно очищена вода для промивання газів азотного вихлопу й екстрактора. Якість хімічно відчищеної води відповідає «Правилам пристрою й безпечної експлуатації парових і водонагрівних котлів» і для забезпечення котлів тиском до 3,9 МПа.

- Водяний розчин (NaOH) для нейтралізації залишкових мурашиної й сірчаної кислот, виведених з відпрацьованої ББФ із реакторного вузла. Розчин NaOH надходить зі складу реагентів з масовою часткою не менш 15%.

В результаті виробництва одержується МТБЕ, який повинен відповідати вимогам ТУ.В00149943.534-2001. Характеристики МТБЕ представлені в таблиці 1.

Таблиця 1.1 - Характеристики МТБЕ

Формула МТБЕ	$C_8H_{12}O$
Молекулярна вага	88,146
Питома вага при $t = 15^{\circ}C$	0,7456 г/см ³
Температура кипіння при 760 мм рт. ст.	55 ⁰ C
Температура плавлення	- 108,6 ⁰ C
Тиск насичених пар по Рейду	55 кПа
В'язкість динамічна при $t = 20^{\circ}C$	0,2958 сПз
Теплота згоряння	38220 дж/кг
Теплота випаровування	337 кдж/кг
Розчинність МТБЕ на 100 м води при $t = 20^{\circ}C$	4,8 м
Азеотроп з водою, температура кипіння при $P = \text{атм.}$	52,2 ⁰ C
Масова частка води в азеотропі	4,0%
Азеотроп з метанолом, температура кипіння при $P = \text{атм.}$	51,6 ⁰ C
Масова частка метанолу в азеотропі	15%

Для забезпечення твердих обмежень по кількості побічних продуктів при синтезі МТБЕ потрібно з високою точністю підтримувати задане мольне співвідношення між метанолом й ізобутиленом у вихідній ББФ. Із цією метою для одержання оперативної інформації з концентрації ізобутилену в ББФ використовується промисловий потоковий хроматограф. Для оперативного керування технологічним режимом у реакційно-ректифікаційному вузлі, що визначає якість товарного МТБЕ додатково передбачений потоковий хроматограф на відборі проби з контрольної тарілки колони. Наявність домішок у сировині приводить до зниження терміну служби каталізатора. До таких домішок відносяться: катіони металів Fe,

які можуть надходити через корозію устаткування на вузлі рекуперації метанолу

1.3 Аналіз основних операцій при виробництві МТБЕ

Процес виробництва МТБЕ містить у собі наступні операції:

1. Підготовка вихідної бутан-бутиленової фракції(ББФ);
2. Очищення від домішок основного характеру й важкого залишку в режимі форконтатора або синтезу МТБЕ у режимі адіабатичного реактора;
3. Синтез і відділення МТБЕ від непрореагованих вуглеводнів C_4 у реакційно-ректифікаційному режимі;
4. Відмивання відпрацьованої ББФ від метанолу;
5. Рекуперація метанолу із промивної води [2].

Очищення вихідної ББФ і метанолу - рециклу від можливих домішок проводяться у форконтатному апараті проточного типу Р-350(Р-351). Як каталізатор застосовується відпрацьований йонітний формований каталізатор.

Синтез і вилучення непрореагованих продуктів здійснюється в реакторі, що складається із трьох зон: двох ректифікаційних й однієї реакційно-ректифікаційної форконтатора. Нижня ректифікаційна зона призначена для відділення МТБЕ від вуглеводнів C_4 , верхня, щоб відділити вуглеводні C_4 в азеотропному співвідношенні з метанолом від метанолу. Реакційна зона і форконтатний апарат зв'язані так, щоб після роботи на синтезі протягом 8000 година реакційна зона після охолодження включилася в роботу в якості форконтатного апарата, а форконтатор після перевантаження свіжим каталізатором перемкнувся на синтез МТБЕ[2].

Поділ товарного МТБЕ й відпрацьованої ББФ здійснюється в ректифікаційній колоні.

Метанол, що надходить у процес, може містити до 0,0015%

мурашиної кислоти. Частина мурашиної кислоти з реакційно-ректифікаційного апарата разом з відпрацьованою бутан-бутиленовою фракцією надходить в екстрактор для промивання ББФ.

Відпрацьована ББФ промивається хімоочищеною водою від непрореагованого метанолу в екстракційній колоні типу ДО—35І. Для нейтралізації мурашиної кислоти в промивну воду вводиться розчин їдкого натрію. Створена після нейтралізації водо-метанольна суміш піддається ректифікації в колоні К-352, зверху якої виводиться метанол[3].

1.4 Постановка задачі дипломного проектування.

Метою даної дипломної роботи є розроблення та метрологічне забезпечення системи автоматичного керування технологічного процесу отримання МТБЕ. Для цього слід вирішити наступні завдання:

- провести аналіз технологічного процесу виробництва МТБЕч;
- розробити систему автоматизації технологічного процесу виробництва МТБЕ;
- провести аналіз основних вимог до системи автоматичного управління виробництвом МТБЕ;
- провести аналіз основних вимог до метрологічного забезпечення системи автоматичного управління виробництвом МТБЕ;
- провести аналіз технологічного процесу виробництва МТБЕ як об'єкту керування.

2 РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МТБЕ

2.1 Автоматизація підготовки ББФ при виробництві МТБЕ

Підготовка ББФ для синтезу МТБЕ здійснюється наступним чином. Вихідна свіжа ББФ після блоку демеркаптанізації надходить у буферну ємність Е-370. З буферної ємності ББФ насосом Н—366А (Н- 366b) подається у вузол змішування з метанолом, що закачується насосом Н-352/А,Г. Тиск у ємності Е—370 вимірюється приладом поз. PIRA 3647. Передбачено сигналізацію мінімального й максимального тиску в апарату. Рівень у ємності Е-370 регулюється приладом поз. LIRCSA 3714 (LIRCA 3714—1), клапан якого поз. LV 3714 типу «НВ» установлений на лінії одержання надлишку свіжої ББФ із секції 300 у парк БСГ. Передбачено сигналізацію мінімального й максимального рівня в ємності Е—370, а також блокування поз .LS 3714-2, що забезпечують закриття відсічної клапан (поз. HSA 3778) на лінії подачі свіжої ББФ на ділянку у випадку максимального рівня й відключення електродвигуна насоса Н—366А (Н—366Б) при мінімальному рівні. Рівень води, що надходить в Е—370 зі свіжої ББФ, контролюється рівнеміром розділу фаз поз. LIRA 3715 і періодично дренається в заглиблену дренажну ємність Е-361. Передбачено сигналізацію максимального рівня розділу фаз у ємності Е-370. Температура вЕ-370 контролюється термopарою поз. TIR 3546. Витрата свіжої ББФ на змішання з метанолом регулюється приладом поз. FIRCA 3651, клапан якого поз. FV 3651 установлений на лінії. По мінімальному тиску на нагнітанні насоса Н-366А (Н-366Б) передбачене блокування поз. PSA 3576/1 (PSA 3576/2), при спрацьовуванні якої відключається електродвигун насоса[4].

2.2 Автоматизація підготовки метанолу при виробництві МТБЕ

Вихідний свіжий метанол надходить із ТСБ по лінії в ємність для прийому метанолу Е-352 мал. 3. Рівень у ємності контролюється рівнеміром поз. LIRSA 3695 (LIRA 3695-1), LIRA 3695/3. При підвищенні рівня до 80% спрацьовує блокування поз. LS 3695-2 при якій закривається електрозасувка поз. HSA3781 на лінії. При зниженні рівня до 10% відключаються електродвигуни насосів Н-352А,Б (352В,Г) (рис. 2.2)[4].

Температура в ємності виміряється приладом поз. TIRA3533/2, із сигналізацією при підвищенні температури більше 35.

З Е-352 метанол надходить до насосу Н-352А,Б (Н-352У,Г). Витрата метанолу у вузол змішання регулюється приладом поз. FIRCSA 3656 (FIRCA 3656-1), клапан якого поз FV 3656 типу «АЛЕ» установлений на лінії нагнітання Н-352А,Б (Н-352В,Г) у вузол змішання.

По витраті метанолу передбачене блокування поз FS 3656-2 ($Q < 0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$), при спрацьовуванні якої закривається відсічний клапан.

Ця суміш подається в теплообмінник, де нагрівається[4].

Температура суміші на виході з Т-352 контролюється термopарою поз. TIR 3524/2.

Потім по лінії суміш надходить у трубний простір підігрівника Т- 368, де додатково підігрівається за рахунок тепла парового конденсату, що подається в міжтрубний простір. У літню пору передбачена схема охолодження суміші у водяному холодильнику Т—368А. Далі суміш по лінії направляється в реактор синтезу Р-351 (Р-350). Температура суміші на виході з Т-368 регулюється приладом поз. TIRC3528, клапан якого поз. TV 3528 типу «НЗ» установлений на лінії подачі парового конденсату в підігрівник Т-368[4].

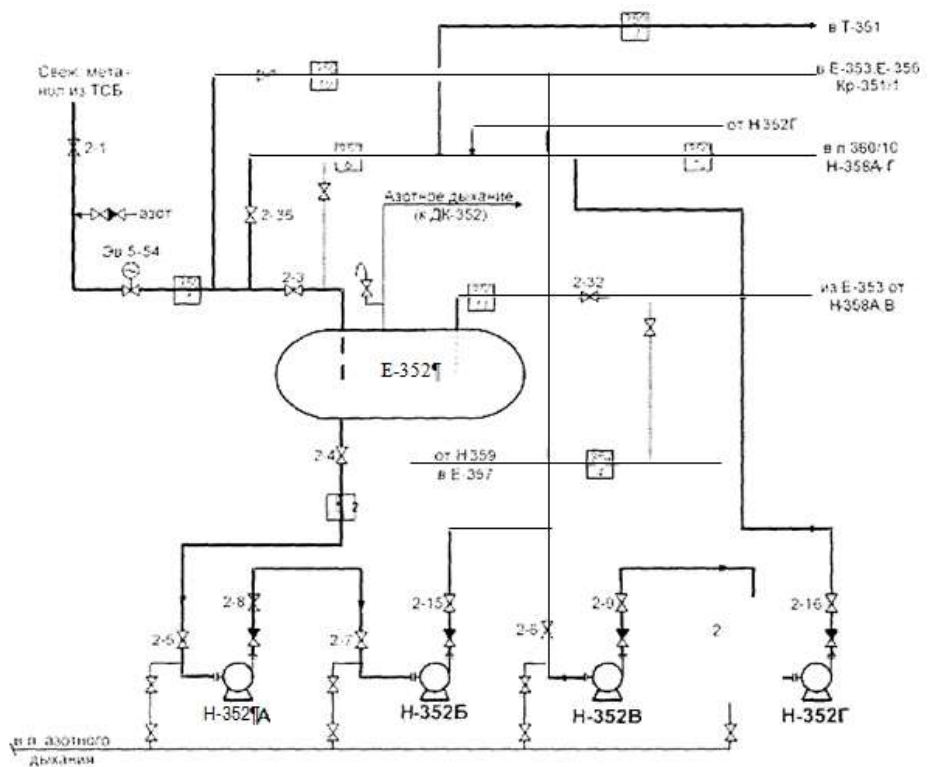


Рисунок 2.1- Функціональна схема автоматизації процесу підготовки метанолу

Після підігріву в теплообмінниках Т-352, Т-338 суміш ББФ і метанолу по лінії надходить в адіабатичний реактор Р-350 (або по лінії в Р—351), проходить три шари каталізатора.

2.3. Автоматизація процесу синтезу МТБЕ

Процес синтезу МТБЕ здійснюється в реакційно-ректифікаційній установці, що складається із двох взаємозамінних реакційних зон Р-

350, P-351 (адіабатичного реактора) і двох ректифікаційних зон: нижньої-кр-351/1 і верхньої-кр-351/2 (рис.2.1). Контрольні параметри процесу синтезу МТБЕ показані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Режими адіабатичного реактора P-350(P-351)

	Режим очищення і синтезу
Мольне відношення метанол/ізобутілен	0,9'1,1
Температура в шарах каталізатора, °С	40—75 (не більше 80 на виході)
Температура на вході, °С*	40—50 (60, не більше)
Тиск у реакторі, МПа	8,0—9,0 (8,5-9,5)
Температура в шарах каталізатора в адіабатичному реакторі P-350 (P-351) контролюється термопарами в 27 зонах: TIR 3516/1(9) (TIR 3520/1(9)) TJR 3517/1(9) (TIR 3521/1(9)) TIRA 3518/1(8) (TIRA 3522/1(8)), TIRSA 3519 (TIRSA 3523)	верхній шар середній шар нижній шар
Перепад тиску в шарах каталізатора виміряється приладами: PDIR 3564 (PDIR 3565) PDIR 3562 (PDIR 3563) PDIR 3560 (PDIR 3561)	верхній шар середній шар нижній шар

*Граничні температури відносяться до каталізатора частково, який втратив свою активність.

Тиск у низу адіабатичного реактора виміряються приладами поз. PIRA3558, PIRSA3570 (PIRA3559, PIRSA3571). Забезпечено можливість подачі реакційної суміші (ББФ + метанол) під кожен шар каталізатора адіабатичного реактора P-350 (P-351) і реактора синтезу МТБЕ P-351 (P-350) по лінії, а також по лінії на 26-ю тарілку ректифікаційної колони Кр-351/1[4].

Витрата поступаючої суміші під нижній шар каталізатора реактора синтезу P-351 (P-350) контролюється приладом поз. FIR 3677 (FIR3676). Свіжий метанол зі складу приймається періодично по лінії в ємність E-352. Витрата метанолу на блок МТБЕ в E-352 контролюється приладом поз. FIR 3652, температура поз. TIR 3532/1, тиск поз. PIR 3609. Рівень у ємності E-352

контролюється приладом поз. LIRSA 3695 (LIRA 3695-1) [4].

Свіжий метанол з ємності E-352 насосами Н-352А,Б(Н-352У,Г) подається в трубний простір підігрівника Т-351, де нагрівається за рахунок подаваного в міжтрубний простір парового конденсату, і далі по лінії 350/8 надходить на верхній шар каталізатора реактора Р-351(Р- 350)[4].

Температура метанолу після підігрівника Т-351 регулюється приладом поз. TIRC 3529, клапан якого поз. TV 3529 типу «НЗ» установлений на лінії 381/2 подачі конденсату пари в Т-351.

Витрата свіжого метанолу від насосів Н-352А,Б (Н-352У,Г) у реактор Р-351(Р-350) регулюється приладом поз. FIRCSA3654(FIRCA 3654-1), клапан якого поз. FV 3654 типу «АЛЕ» установлений на лінії 350/7[4].

Схема захисту передбачає:

блокування по мінімальній витраті поз. FS 3654-2, при спрацьовуванні якої закривається відсічної клапан поз. HSA 3778 на лінії 314/9 подачі свіжої ББФ в E-370;

блокування по мінімальному тиску на нагнітанні насосів Н- 352А,Б (Н-352В,Г),поз. поз. PSA 3575/1,PSA 3574/1 (PSA3575/2, PSA3574/2), відповідно при спрацьовуванні якої відключаються електродвигуни насосів Н-352А,Б (Н-352В,Г).

Забезпечено можливість подачі свіжого метанолу від насосів Н-352А,У по лініях на середній шар каталізатора в реактори Р-351(Р—350) і по лінії на28—ю тарілку ректифікаційної колони Кр—351/1 [4].

У верхню частину реакційної зони Р-351 (Р-350) на шар каталізатора по лінії самопливом через гідрозатвор також надходить рідкий продукт із куба верхньої ректифікаційної колони Кр-351/2, що складається з непрореагованих вуглеводнів С₄, домішок МТБЕ, метанолу й дим етиловий ефір. Одночасно в нижню частину реакційної зони по лінії надходять пари вуглеводнів 34і метаноли зверху колони Кр—351/1[4].

Синтез МТБЕ здійснюється в реакційній зоні Р—351 (Р—350) в умовах двофазних потоків пара-рідина в присутності іонітного каталізатора (КУ—2ФПП або КИФ-Т) при одночасному поділі продуктів реакції.

Для поділу продуктів реакції в реакторі синтезу використовуються як тепло пар ББФ, метанолу, МТБЕ, що надходять із нижньої ректифікаційної колони Кр—351/1, так і виділене тепло реакції синтезу. Температура в зоні реакції підтримується приладом поз. TIRSA 3523(поз.TIRSA3519) за рахунок зміни витрати подачі зрошення поз. FIRCSA 3655 (FIRCA 3655—1) через регулювальний клапан FV 3655 типу «АЛЕ», установлений на лінії подачі зрошення від насоса Н—353А (Н—353Б) у колону Кр—351/2. При зниженні витрати до 8,0 м³/ч із витримкою часу 5 хв спрацьовує блокування поз. FS3655-2 при цьому закривається відсічний клапан поз. HSA3778 на лінії подачі свіжої ББФ у РРУ, відключається електродвигун насоса Н-366 А,Б[4]

Крім того, температура в зоні реакції контролюється термопарами в 26-ті зонах:

поз. TIR 3520/1-9 (TIR 3516/1-9)	верхній шар
поз.TIR3521/1-9(TIR3517/1:—9)	середній шар
поз.TIRA3522/1-S(TIRA3518/1:—8)	нижній шар.

У випадку підвищення температури в шарах каталізатора вище припустимого є можливість подачі зрошення від насоса Н-353А (Н- 353Б) на кожен шар каталізатора через клапан дистанційного керування НС 3679, установлений на лінії 373/8[4].

Перепад тиску по шарах каталізатора вимірюється приладами:

поз. поз. PDIRA 3565 (PDIRA 3564)	верхній шар;
поз. поз. PDIRA 3563 (PDIRA 3562)	середній шар;
поз. поз. PDIRA 3561 (PDIRA 3560)	нижній шар [5].

Перепад тиску по шарах каталізатора не повинен перевищувати 0,004МПа

Тиск у низі реактора Р-351(Р-350) вимірюється приладами поз. поз. PIRA 3559, PIRSA 3571 (PIRA 3558, PIRSA 3570).

При досягненні тиску $P=0,9$ МПа спрацьовує блокування при якій:

- відключаються електродвигуни насосів Н-352А,Б(В,Г),Н-353А(Б), Н-366А(Б);
- закриваються відсічні клапани позицій HSA 3778• на лінії подачі свіжої ББФ в Е-370, • HSA 3782-на лінії метанолу від Н-352А (Б),HSA 3783 на лінії свіжого метанолу, ,HSA 3780 на лінії зрошення Кр—351/2відН-353А(Б) закривається електрозасувка HSA3786 на лінії подачі пари в Т-354[5].

Для забезпечення режиму синтезу МТБЕ в реакторі Р-351(Р-350) необхідно забезпечити наступні умови:

Мольне відношення метанол/ізобутілен (1,1-1,3)/1,0

Тиск 0,60-0,80 МПа

Температура в шарах каталізатора 50-750С [5].

З метою контролю цього режиму передбачено сигналізацію й блокування максимальної температури нижнього шару каталізатора в

реакторах синтезу Р—351 (Р-350) поз. поз. TIRSA3523 (TIRSA 3519)[5].

Так, при досягненні температури 90 °С спрацьовує блокування при якій закривається електрозасувка поз. HSA 3786 на лінії подачі водяної пари в кип'ятильник Т—354. Забезпечено блокування по максимальному тиску низу реакційної зони поз., PIRSA 3571(PIRSA 3570) відповідно, при спрацьовуванні якої:

відключаються електродвигуни насосів Н—353А (Н-353Б), Н—352А,Б(Н—352В,Г),Н—366А(Н366Б) [5];

закриваються відсічні клапани:

- | | |
|----------|---------------------------------|
| HSA3778 | — свіжа ББФВЕ—370; |
| HSA3782 | — метанол від Н—352А,Б; |
| HSA 3783 | — свіжий метанолу Р-351(Р—350); |
| HSA 3780 | — зрошення в Кр-351/2 [5]. |

закривається електрозасувка HSA 3786на лінії подачі водяної пари вТ—354 [5].

Рідкі продукти реакції синтезу, що складаються із МТБЕ з домішкою метанолу й ББФ, з куба реакційної зони Р-351 (Р—350) насосом Н—356А (Н-356Б) по лінії подаються на поділ на верхню тарілку нижньої ректифікаційної колони Кр—351/1. Відкачка з реактора синтезу ведеться по регуляторі рівня поз. поз. LIRCSA 3699 (LIRCSA 3698)у кубіР-351(Р-350), клапан якого поз. LV 3699 установлений на лінії подачі рідких продуктів реакції синтезу від насоса Н-356А (Н- 356Б) у колону Кр—351/1 [5].

Для захисту насосів Н-356А (Н-356Б) передбачені:

- блокування по мінімальному рівні поз. поз. LS 3699-2 (LS 3698- 2) у Р-351 (Р-350), при спрацьовуванні якої відключається електродвигун Н-356А (Н-356Б);

- блокування по мінімальному тиску поз. поз. PSA 3584/1

(PSA 3554/2), при спрацьовуванні якої відключається електродвигун Н-356А (Н-356Б).

Після синтезу МТБЕ необхідно здійснити його відділення від ББФ. Для цього використовується ректифікаційна колона Кр-351/1. При цьому слід забезпечити такі умови:

Температура верху 60-75⁰С.

Температура на 16-й контрольній тарілці 90-100⁰С.

Температура низу 120-140⁰С.

Тиск низу 0,6 0,8МПа [5]

У колоні Кр-351/1 відбувається поділ ББФ і МТБЕ. Контроль температур по висоті колони Кр-351/1 передбачений по наступних маркерах:

TIR3533/3	температура уверху
TIR3532/6	температура на 22 тарілці;
TIRC3530	температура на 16 тарілці;
TIR3532/5	температура на 12 тарілці;
TIR3533/1	температура на 5 тарілці.
TIR3524/6	температура унизу [5]

Тиск у кубі колони контролюється приладом поз. PIR 3569. Рівень у колоні Кр-351/1 регулюється приладом поз. LIRCA 3697, клапан якого поз. LV 3697 типу «НЗ» установлений на лінії одержання товарного МТБЕ з установки.

Передбачено сигналізацію мінімального й максимального рівня в колоні.

Температура на 16 контрольній тарілці колони Кр—351/1 стабілізується регулятором температури поз. TIRC 3530, клапан якого поз. TV3530 типу «НЗ» установлений на лінії виходу конденсату водяної пари з між трубного простору теплообмінника Т-354. Цим досягається якість

одержуваного в Кр-351/1 товарного МТБЕ [5].

Пари вуглеводнів C_4 , МТБЕ й метанол зверху Кр-351/1 надходять по лінії під нижній шар катализатора реактора синтезу Р-351 (Р-350).

Товарний МТБЕ, що містить домішки вуглеводнів C_4iCs (димеров ізобутілену), і спиртів (метанолу й ТМК), під тиском системи з куба колони

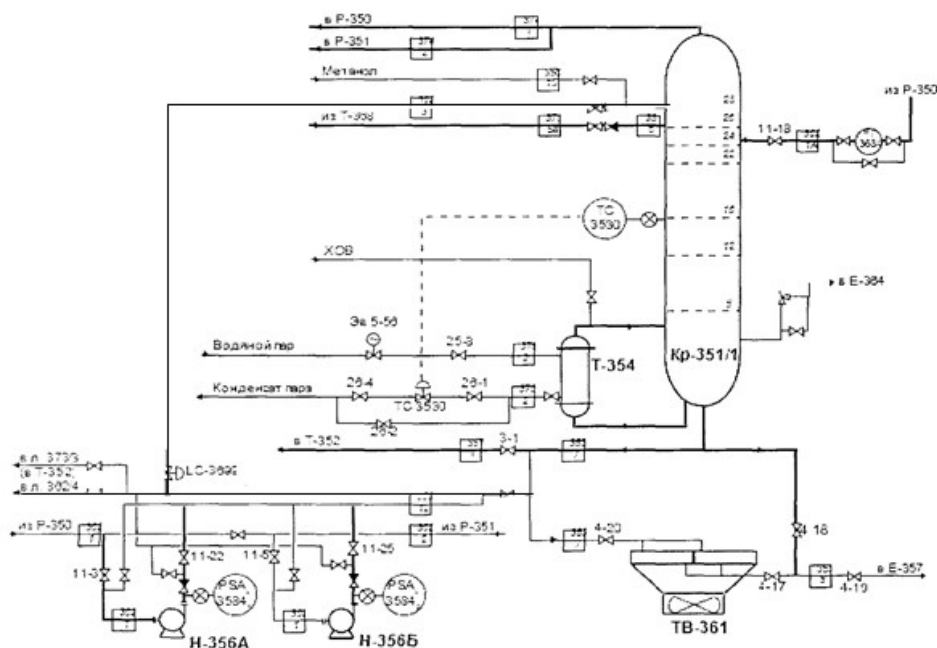


Рисунок 2.2 - Функціональна схема автоматизації синтезу МТБЕ

Кр-351/1 по лінії надходить у міжтрубний простір теплообмінника Т-352, де віддає тепло вихідної суміші сировини (ББФ + метанол), потім проохолоджується в міжтрубному просторі водяних холодильників Т-367 і Т-367/А, і по лінії виводиться на склад готової продукції (ТСБ). Витрата товарного МТБЕ вимірюється приладом FIR3659 [5].

Якість МТБЕ аналізується потоковим хроматографом Q 3771, відбори якого виконані з 5-й тарілки колони Кр-351/1 або із трубопроводу МТБЕ після холодильника Т-352.

У випадку одержання некондиційного МТБЕ (масова частка метанолу

більше 2,5% або масова частка суми вуглеводнів C_4-C_8 більше 1,5%) є можливість повернення некондиційного МТБЕ по лініях за допомогою насосів Н-356А (Н-356Б) і далі по лінії. При концентрації метанолу менш 20% на 28-ю тарілку колони Кр-351/1, а при концентрації метанолу більше 20% на середній і верхній шари каталізатора в Р-351 (Р-350)[6].

Парова фаза з верху реактора Р-351 (Р-350), що складається з вуглеводнів, метанолу й залишків МТБЕ, надходить по лінії під нижню тарілку верхньої ректифікаційної колони Кр-351/2 для поділу на відпрацьовану ББФ з метанолом у вигляді азеотропа та МТБЕ. Для оптимальної обробки відпрацьованої ББФ ректифікаційна колона Кр- 351/2 повинна забезпечити такі умови:

Температура у верхній частині 50'650С;

Тиск у верхній частині 0,55:—0,75МПа [6]

Температура верху колони Кр-351/2 вимірюється приладом ТІР3524/5.

(рис.2.4).

Рівень у кубі колони Кр-351/2 вимірюється приладом LIRA3696 і підтримується постійним за рахунок гідрозатвору на лінії рівчака рідкої фази, що складає з непрореагованих вуглеводнів 34, метанолу, домішок МТБЕ, ДМЕ з колони в реактор синтезу Р-351 (Р-350)[6].

Тиск верху Кр-351/2 і реакційно-ректифікаційний вузли в цілому регулюється приладом поз. PIRC3568, клапан якого поз. PV3568 типу«НВ» установлений на лінії виходу пар з колони в апарат повітряного охолодження ТВ-355[6].

Відпрацьована ББФ із метанолом в азеотропному співвідношенні й домішками ДМЕ й МТБЕ, виводиться зверху колони Кр-351/2 і подається по лінії в апарат повітряного охолодження ТВ—355А,Б. Далі сконденсована ББФ по лінії надходить у холодильник Т—353, і далі в холодильник Т—364 де охолоджується оборотною водою системи, і по лінії надходить у ємність Е—353. Холодильник Т—353 включається в роботу в літню пору на до охолодження відпрацьованої ББФ, або в період пуску для охолодження

метанолу при зневоднюванні каталізатора, а також при пропарюванні каталізатора перед вивантаженням[6].

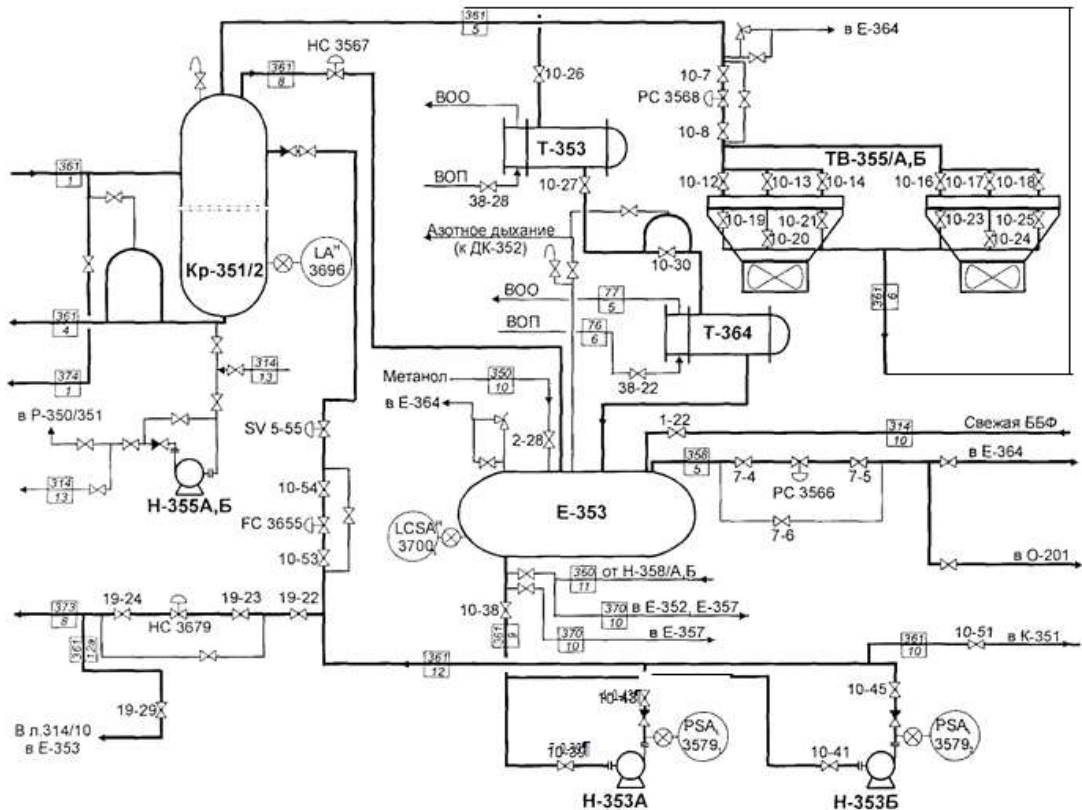


Рисунок 2.3 - Функціональна схема автоматизації процесу обробки відпрацьованої бутан-бутиленової фракції (ББФ)

Тиск у ємності E-353 регулюється приладом поз. PIRC 3566, клапан якого поз. PV 3566 типу «НВ» установлений на лінії скидання не сконденсованих пар з ємності E-353 у смолоскипову ємність E-364 або в газоводовідділювач Q-201 секції 200 установки Г-43—107М/1[6].

Для підтримки тиску в E—353 передбачений також клапан дистанційного керування поз. HC3567, установлений на зрівняльній лінії 361/8 парової фази з колони Кр—351/2 у ємність E—353.

Температура продуктів конденсації після ТВ—355А,Б и водяного

холодильника Т-353 вимірюється термопарами поз. поз. TIR 3524/3, TIR 3524/7 відповідно. Температура в ємності Е—353 контролюється термопарою поз. TIR 3527/6 [6].

Рівень у ємності Е—353 підтримується регулятором рівня поз. LIRCSA 3700 (LIRCA 3700-1), клапан якого поз. LV 3700 тип «ИЗ» установлений на лінії подачі відпрацьованої ББФ в екстрактор ДО-351. Передбачено сигналізацію мінімального й максимального рівня в ємності Е—353 поз. LIRA 3700/3 [6].

Відпрацьована ББФ із ємності Е—353 по лінії надходить до насосу Н—353А(Н—353Б) і далі частина її по лінії подається на зрошення верху колони Кр—351/2, а балансовий надлишок по лінії відкачують в екстрактор ДО—351 для відмивання від метанолу. Витрата зрошення в колоні Кр—351/2 регулюється приладом поз. FIRCSA 3655 (FIRCA 3655-1), клапан якого поз. FV 3655 типу «НВ» установлений на лінії подачі зрошення в колону [6].

Витрата відпрацьованої ББФ на вузол відмивання контролюється приладом FIR 3657.

Схема захисту передбачає:

- блокування по мінімальній витраті поз. FS 3655—2 відпрацьованої ББФ із метанолом на зрошення колони Кр-351/2 від насосу Н—353А(Н-353Б) при спрацьовуванні якої закривається відсічний клапан поз. HSA 3778 на лінії подачі свіжої ББФ в Е-370;

- блокування по мінімальному тиску поз. поз. PSA3579/1(PSA3579/2) на нагнітанні насосу Н-353А(Н-353Б), при спрацьовуванні якої відключається електродвигун насоса Н-353А (Н-353Б)[6].

Вміст залишкового ізобутілену й метанолу у відпрацьованій ББФ аналізується хроматографом на потоці поз. Q 3770, маркер відбору проби якого забезпечений на лінії нагнітання насосу Н-353А(Н-353Б)[6].

3 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ МТБЕ

3.1. Загальний принцип роботи автоматичної системи керування технологічним процесом

Керування технологічним процесом (ТП) це — керування режимами роботи технологічного обладнання. Під терміном “керуючий ТП” розуміють процес, для якого: визначені вхідні впливи, установлені залежності між вхідним впливом та вихідним параметром об’єкта, реалізовані автоматичні вимірювання вхідних впливів, вихідних параметрів та керування процесом [3].

Принцип дії АСК ТП показано на рис.2.1. Вимірювальна інформація про стан технологічного процесу поступає в керуючу систему. Далі вона контролюється і порівнюється з моделлю об’єкта. Результати порівнюються, аналізуються, після чого готуються та приймаються рішення щодо керування [3].

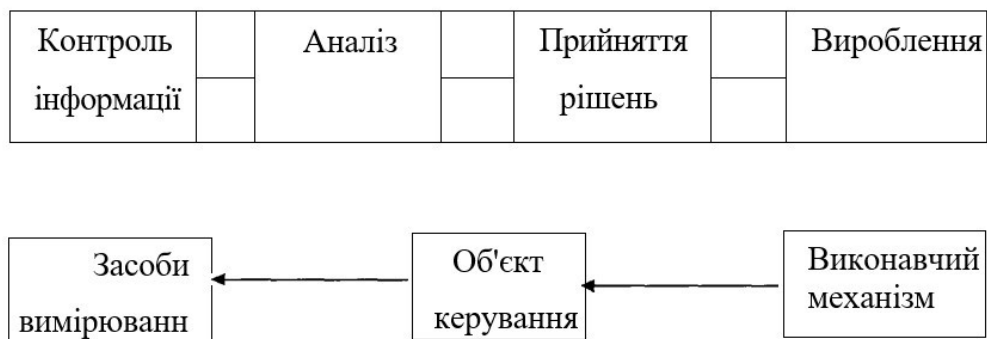


Рисунок 3.1- Загальний принцип системи автоматичного
керування технологічним процесом

До найбільш складних і довершених відносяться адаптивні системи

керування. У них керуючий вплив, або алгоритми керування, змінюються автоматично і цілеспрямовано для забезпечення кращого керування об'єктом. При цьому характеристики об'єкта керування або впливу навколишнього середовища можуть змінюватися по задалегідь невідомим законам. Тоді для забезпечення заданої якості регулювання настроювальні параметри адаптивного регулятора повинні також змінюватися за спеціальним алгоритмом з метою досягнення найкращої якості (зменшення часу перехідного процесу, числа перемикань і помилок).[3]

Відповідно до мети створення, АСК реактором повинна містити в собі наступні функціональні підсистеми:

- контролю технологічного процесу та стану устаткування;
- автоматичного керування та захисту;
- оперативного контролю та керування.

Підсистема контролю технологічного процесу та стану устаткування призначена для вводу та виводу аналогових та дискретних сигналів відповідно до заданого періоду опитування та виконання необхідних видів обробки: фільтрації, лінеаризації, масштабування, контролю на порушення границь, перевірки на достовірність інформації, що вводиться від аналогових первинних перетворювачів.

Підсистема автоматичного керування та захисту призначена для керування виконавчими механізмами агрегату на всіх режимах роботи та виконання автоматичних операцій по зупинці ректора з аварійною сигналізацією та вимкненням устаткування. Аварійна зупинка агрегату здійснюється при виявленні підсистемою аварійного значення параметра захисту[4].

Технологічні захисти підрозділяються на наступні види:

- захисти, що діють на зупинку кристалізатора;
- локальні захисти(блокування)[4].

У системі повинен бути забезпечений пріоритет дії технологічних

захистів та блокувань перед всіма іншими командами керування. Для оператора повинна бути передбачена можливість запуску виконавчих команд захистів (аварійна та екстрена зупинка агрегату). Всі інші можливості втручання оператора в роботу захистів повинні бути заблоковані (заборонені). Функцією блокування заборона на керування устаткуванням при відповідних технологічних умовах, з метою запобігання його пошкодження. Підсистема оперативного контролю та керування призначена для створення оптимального інтерфейсу оператора із АСК, забезпечення достовірної оцінки роботи реактора й оперативного прийняття рішень по керуванню. Представлення інформації повинно здійснюватися у виді мнемосхем, графіків, цифрових значень, текстових повідомлень на екрані монітора. Виклик інформації на екран монітора повинен здійснюватись за допомогою сенсорного екрана. Підсистема оперативного контролю та керування повинна забезпечувати архівацію технологічних параметрів АСК реактора. Підсистема оперативного контролю та керування також повинна забезпечувати обмін інформацією із системою верхнього рівня АСК ТП (автоматизована система керування технологічним процесом)[5].

За технічною реалізацією АСК реактором повинна складатися з комплекту технічних засобів у складі шафи контролю та керування (ШКУ), шафи контролю та керування PCS—DS, інтелектуальний процесор вводу та виводу сигналів. Структурна схема АСК приведена на рис.4.1, а робочій станції оператора на рис.4.2 [6].

3.2. Вимоги до структури системи автоматичного керування технологічним процесом

Вимоги до засобів зв'язку для інформаційного обміну між компонентами системи. Технічні компоненти системи повинні включати технічні та програмні засоби, які забезпечують обмін даними в межах локальних обчислювальних мереж зі швидкістю не менше 1 Мбіт/с між ШКК та РСО.

Вимоги до взаємодії із суміжними та вищими АСК. Засоби АСК повинні забезпечувати зв'язок з автоматизованою системою управління технологічним процесом реактора через робочу станцію оператора (РСО) за допомогою мережі Ethernet. Режим роботи АСК реактора повинен бути безперервним

Вимоги до діагностики системи. АСК має включати технічні та програмні засоби для автоматичної безперервної діагностики стану своїх компонентів, ліній зв'язку з підсистемами та обладнанням первинних перетворювачів. Вимоги до персоналу та режиму роботи. Персонал поділяється на оперативний і ремонтний. Оперативний персонал складається з операторів, які виконують управління реактором та моніторинг його роботи, а також експлуатаційного персоналу, що підтримує працездатність системи, займається обслуговуванням і оперативним відновленням технічних та програмних засобів

Кількість оперативного персоналу визначається на основі чинних нормативних документів. Чисельність ремонтного персоналу системи встановлюється залежно від структури підрозділів, що відповідають за ремонт технічних засобів. Розрахунок виконується з урахуванням нормативів часу на ремонт і

технічне обслуговування компонентів системи, а також коригується відповідно до специфічних умов роботи.

АСК реактора повинна забезпечувати збір, обробку та видачу обсягу фізичних сигналів, зазначеного в таблиці 3.1.

АСК повинна забезпечувати такі показники швидкодії для вимірювальних, обчислювальних, керуючих і інформаційних каналів:

- час від моменту зміни значення параметра до подачі вихідного сигналу на виконавчий механізм:
- для функцій логічного управління та захисту реактора — не більше 0,1 секунди .

Час від моменту зміни значення параметра до його відображення на пристрої або запису в архів, враховуючи швидкість обміну даними між ШКУ та РСО:

- для функцій архівації — не більше 1 секунди;
- для функцій відображення інформації — не більше 2 секунд .

АСК також повинна бути здатною адаптуватися до змін у процесах і методах управління завдяки:

- застосуванню програмних методів управління та контролю;
- резерву входів і виходів на рівні 30%;
- запасу простору для встановлення додаткового обладнання на рівні 15% [5].

Таблиця 3.1 - Фізичні параметри для АСК

Вхідні та вихідні фізичні сигнали	Значення фізичних сигналів	Кількість каналів, шт.
1. Аналогові вхідні: - температура		
гр. ТСМ 100М (-50-100 °С)	78,48 - 142,8 Ом	32
- тиск, перепад тиску, рівень	4 -20 мА	24
- контроль напруги 220 В, 50 Гц;	220В,	1
2. Дискретні вхідні:		
- типу "сухий контакт" з контролем лінії зв'язку	Нормально розімкнутий	70
- контроль ліній зв'язку виконавчих механізмів	220 В,	15
3. Дискретні вихідні:		
-керування виконавчими механізмами постійного струму (напруга/струм)	27 В/5 А, 220 В/1 А	18

3.3 Вимоги до надійності

АСК реактора належить до систем тривалого використання, компоненти якої можуть бути відновлені та підлягають ремонту. Вона повинна бути багатфункціональною, багатоканальною, призначеною для довготривалої експлуатації, а також забезпечувати можливість ремонту та регулярного технічного обслуговування.

Показники надійності цієї АСК встановлюються для кожної окремої функції відповідно до вимог ГОСТ 2504 .

Середній час напрацювання АСК до відмови типу «Пропуск аварії» за нормальних умов експлуатації, без урахування обладнання первинних вимірювальних перетворювачів і виконавчих механізмів, повинен становити не менше 100 000 годин.

Середній час напрацювання АСК до відмови типу «Хибне спрацьовування» за нормальних умов експлуатації, без урахування обладнання первинних вимірювальних перетворювачів і виконавчих механізмів, повинен становити не менше 40 000 годин.

Середній час напрацювання АСК до відмови типу «Невиконання команди» за нормальних умов експлуатації, без урахування обладнання первинних вимірювальних перетворювачів і виконавчих механізмів, повинен становити не менше 40 000 годин.

Середній час відновлення працездатності АСК шляхом заміни блоку або модуля зі складу ЗІП (запасних частин, інструментів і приладдя) з урахуванням пошуку несправності не повинен перевищувати однієї години [5].

3.4 Вимоги до функціоналу системи автоматичного керування технологічним процесом виробництва МТБЕ

Функції керування. Система автоматичного керування реактором повинна виконувати такі функції:

- перевірка готовності до запуску;
- тестування справності каналів захисту реактора;
- автоматизоване управління виконавчими механізмами відповідно до технологічних алгоритмів;

- налаштування режимів роботи за ручними командами оператора;
- автоматичний захист на основі технологічних параметрів;
- дистанційне управління виконавчими механізмами з робочої станції;
- управління системою пожежогасіння за заданими алгоритмами;
- аварійна зупинка реактора за алгоритмом на запит оператора.

Режим управління (автоматичний чи дистанційний) задається через робочу станцію оператора (PCO) системи. У разі роботи агрегата в автоматичному режимі виконання операторських команд, які не відповідають технологічним алгоритмам, повинно бути заблоковано .

Функції контролю. Система керування реактором має забезпечувати такі функції контролю:

- моніторинг стану обладнання та виявлення відхилень технологічних параметрів при досягненні граничних значень (уставок);
- постійний автоматичний контроль справності кіл управління критично важливими виконавчими механізмами та допоміжним обладнанням, а також первинних аналогових перетворювачів і сигналізаторів, задіяних в аварійних системах захисту;
- автоматичний моніторинг справності технічних засобів системи на рівні блоків;
- забезпечення захисту програмного забезпечення АСК від несанкціонованого доступу .

Система автоматичного керування (АСК) повинна виконувати наступні інформаційні функції:

- Постійний моніторинг технологічних параметрів, включаючи вимірювання та відображення на екрані робочої станції оператора (PCO)

аналогових параметрів із зазначенням їх граничних (попереджувальних та аварійних) значень.

- Виклик групи контрольованих параметрів на запит оператора з відображенням у вигляді графічних трендів.
- Відображення на екрані РСО мнемосхем агрегату із зазначенням значень контрольованих параметрів та стану виконавчих механізмів.
- Постійне відображення на цифрових індикаторах температури сировини та готової продукції.
- Генерація звукової та миготливої світлової сигналізації при досягненні параметрами попереджувальних чи аварійних уставок.
- Інформування про невиконані передпускові умови.
- Запам'ятовування сигналів, що призвели до аварійної зупинки, а також значень основних параметрів агрегату під час спрацювання захисту з можливістю аналізу (із дискретністю 0,1 секунди).
- Формування масивів поточної та ретроспективної інформації про технологічні параметри, режими роботи, відхилення від уставок та дії оператора [10].

Ретроспективна інформація повинна зберігатися у таких масивах:

- Десятихвилинний масив із періодом оновлення 1 секунда.
- Двогодинний масив із періодом оновлення 20 секунд.
- Двадцятичотирьохгодинний масив із періодом оновлення 2
хвилини

Ретроспективна інформація зберігається на твердому диску РСО протягом не менше 1 місяця і може бути представлена у вигляді таблиць або графіків .

Система повинна автоматично передавати основні параметри та

інформаційні повідомлення до АСК ТР. Обсяг переданої інформації та протокол обміну визначаються на етапі проектування [10].

При відхиленні параметрів від заданих меж АСК має формувати звукову та миготливу світлову сигналізацію з можливістю їх скидання (квітування). Постійний контроль параметрів здійснюється цифровими індикаторами на РСО .

На екрані РСО повинні відображатися мнемосхеми агрегату та фрагменти технологічного процесу із зазначенням значень параметрів та стану виконавчих механізмів. Основні відеокадри РСО:

"Реакційно-ректифікаційний вузол".

"Стан аналогових параметрів".

"Контроль мережі та пристроїв зв'язку з об'єктом".

"Контроль дискретних параметрів".

"Контроль ліній захисту".

"Добова відомість".

"Протокол подій".

"Тренди".

Параметри повинні відображатися у фізичних одиницях із зазначенням їхніх граничних значень. Цикл оновлення інформації на екрані не повинен перевищувати 1 секунду. Управління здійснюється оператором за допомогою сенсорного екрана. АСК повинна автоматично контролювати виконання команд управління та цілісність ланцюгів дискретних сигналів, ліній зв'язку, а також блоків технічних засобів із зазначенням відмов на відповідному відеокадрі РСО .

3.5 Вимоги щодо основних видів забезпечення роботи

системи автоматичного управління технологічним процесом

Інформаційне забезпечення системи формується через збір, обробку, контроль та накопичення даних для їх подальшого використання в прикладному програмному забезпеченні робочої станції оператора (PCO) та шафі контролю та керування (ШКК). Це забезпечує видачу керуючих сигналів, підготовку та копіювання носіїв базового програмного забезпечення, а також діагностику складових частин технічних засобів [6].

До складу базового програмного забезпечення (БПЗ) входять:

- пакет програм для збору та обробки даних, який здійснює попередню обробку інформації (лінійаризацію, згладжування, фільтрацію та інші операції), а також видає керуючі сигнали.
- диспетчер реального часу для організації вводу-виводу інформації, запуску прикладних програмних модулів та управління роботою з АСК ТП [12].

Прикладне програмне забезпечення (ППЗ) має програми, необхідні для реалізації технологічних алгоритмів АСК реактора, з можливістю додавання та заміни програмних модулів для оновлення функцій системи. Оператори повинні мати можливість змінювати граничні значення попереджувальної сигналізації через PCO, а також бути захищеними від несанкціонованого втручання.

Технічні засоби АСК реактора повинні бути достатніми для реалізації всіх функцій системи. Вони повинні включати шафу контролю та керування (ШКК), робочу станцію оператора (PCO) та кросову шафу (ШКр).

Шафа ШКК призначена для розміщення каркаса з процесорними блоками, блоками зв'язку з об'єктом автоматизації, джерелами живлення, а

також панелями для вводу-виводу інформаційних сигналів. Вона також містить джерела живлення, комутаційне устаткування для керування виконавчими механізмами (реле, блоки екстреного зупину), бар'єри іскрозахисту для перетворювачів, а також кросові колодки для підключення каналів керування [6].

Шафа ШКК повинна мати ступінь захисту не нижче IP20 згідно з ГОСТ 14254. Живлення шафи здійснюється від двох незалежних джерел: 220 В змінної напруги (основне джерело) та 220 В постійної напруги (резервне джерело). Шафа повинна мати місцеве освітлення. Панелі з клемними колодками використовуються для підключення аналогових та дискретних сигналів, при цьому переріз проводів не повинен перевищувати 2,5 мм². Кабельне введення має бути ущільнене.

PCO служить для візуалізації роботи системи та дистанційного управління нею з боку оператора. Робоча станція оператора (PCO) повинна мати таке обладнання:

- панельний комп'ютер з кольоровим сенсорним екраном, діагональ якого складає 20 дюймів;
- алфавітно-цифрову клавіатуру з сенсорною панеллю;
- Пульт дистанційного керування (ПДУ);
- Принтер формату А4;
- Звукові колонки .

На пульті дистанційного керування повинні бути кнопки для активації зупинки реактора (аварійної, екстреної або нормальної) та для управління різними функціями. Пульт також має забезпечувати відображення фрагментів мнемосхем, індикаційних схем і протоколів аварійних станів, а також дій, виконуваних в системі, і організацію обміну інформацією. Інформація поділяється на вхідну, вихідну та нормативно-довідкову. Вхідна інформація включає операційну інформацію, отриману від первинних

вимірювальних перетворювачів технологічних параметрів, а також дані, які надходять від РСО. Нормативно-довідкова інформація містить дані про діапазон вимірюваних величин, їх мінімальні та максимальні значення, а також коефіцієнти перетворення параметрів у фізичні величини. Вихідна інформація включає відеограми, протоколи, звіти та записи про аварійні ситуації, які можна вивести на монітор РСО або на принтер.

Інформаційне забезпечення системи повинно бути достатнім для виконання всіх автоматизованих функцій. Основа інформаційної системи — це значення технологічних параметрів, показники стану обладнання, а також значення керуючих сигналів, які формуються автоматично або вручну оператором

Програмне забезпечення (ПЗ) має бути достатнім для реалізації всіх функцій системи автоматичного керування технологічним процесом (АСК) і включати базове та прикладне програмне забезпечення. Базове програмне забезпечення повинно виконувати такі функції:

Конфігурація операційної системи відповідно до складу технічних засобів;

Підготовка, трансляція, компонування та виконання програмних модулів прикладного програмного забезпечення [14].

Шафа кросова (ШКр) в складі АСК призначена для підключення кабелів від первинних перетворювачів і виконавчих механізмів до міжшафних з'єднань в шафі контролю та керування (ШКК).

3.6. Метрологічне забезпечення роботи системи автоматичного управління технологічним процесом виробництва МТБЕ

Система АСК реактора включає вимірювальні канали (ВК), обчислювальні канали (ОК) та канали керування (КК). Обчислювальні канали не є частиною системи захисту і використовуються як індикаторні. Метрологічній атестації підлягають лише вимірювальні канали АСК. Для вимірювальних каналів АСК, зважаючи на різне місцезнаходження компонентів ВК (опалювальні приміщення, автоматика, відкриті площадки тощо), що ускладнює моделювання впливу факторів, таких як температура і вологість, а також з урахуванням того, що нормовані метрологічні характеристики повинні бути представлені таким чином, щоб вони відображали фізичні властивості АСК і одночасно дозволяли легко контролювати відповідність вимірювальних каналів нормованим характеристикам, необхідно визначити допустимі межі похибки. Метрологічна атестація та калібрування вимірювальних каналів здійснюються шляхом експериментальних та розрахункових досліджень. Допустимі межі похибок для частин вимірювальних каналів, які не включають первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) та лінії зв'язку між компонентами ВК, визначаються експериментально за допомогою робочих еталонів засобів вимірювальної техніки (ЕЗВТ). Похибки ліній зв'язку між компонентами ВК, через які передається вимірювальна інформація, також визначаються експериментально. У разі, якщо похибки ліній зв'язку складають менше 20% від загальної похибки ВК, вони можуть не враховуватись при розрахунку метрологічних характеристик каналів.

Допустимі межі похибок для всього вимірювального каналу визначаються за допомогою розрахунків. Похибки повинні враховувати такі умови, як температура навколишнього повітря (від $25 \pm 10^\circ\text{C}$), відносна вологість (40-80%) та атмосферний тиск (84 кПа - 106,7 кПа).

Метрологічна атестація ВК для АСК проводиться після випуску шаф РСО, ШКУ і ШКр з виробництва на полігоні розробника. Для проведення

метрологічної атестації подається така документація:

- Технічне завдання на розробку АСК ТП;
- Програма та методика метрологічної атестації ВК АСК;
- Настанови з експлуатації технічних засобів;
- Паспорти або інші документи на еталонні засоби вимірювальної техніки (ЕЗВТ);
- Перелік каналів вимірювання з зазначенням їхніх метрологічних характеристик (МХ);
- Методика калібрування ВК .

3.7. Аналіз характеристик системи автоматичного керування технологічним процесом TOSHIBA TOSDIC-CIE DS

Сучасні адаптивні системи автоматичного керування (АСК) можуть бути реалізовані на базі АСК TOSDIC-CIE. Пропонується використовувати цю систему для автоматизації виробництва МТБЕ.

TOSDIC-CIE DS є інтегрованою керуючою системою нового покоління, здатною контролювати та обробляти дані технологічного процесу, а також управляти ним і здійснювати моніторинг. Система побудована на основі інтеграції інформаційних і керуючих систем через мережу Ethernet.

Відповідно до стандарту DFS (Defact Standard), була реалізована заміна традиційної закритої системи на відкриту систему з колективним доступом. Вперше в промисловості для побудови великих керуючих ліній використовується мережа Ethernet, що дозволить численним користувачам самостійно керувати генерацією системи. Використання персональних комп'ютерів з операційною системою Windows NT в якості інтерфейсних станцій спрощує обмін даними з програмами Windows[7].

Для сервера баз даних процесу використовуються робочі станції з операційною системою Solaris, що надають широкі можливості завдяки середовищу UNIX. Програмне забезпечення, яке працює в середовищі Windows NT, забезпечує простоту та зрозумілість інтерфейсу. Використання стандарту міжнародного програмування ІЕС 61131-3 дозволяє створювати відкрите середовище, без необхідності у спеціалізованих програмних засобах, що відповідають різним вимогам промисловості, підприємств, країн і регіонів.

Архітектура "Користувач / Сервер" дозволяє оптимізувати передачу даних і забезпечує ефективне використання апаратних ресурсів системи. Архівні дані зберігаються на серверній станції, незалежно від операційних станцій, що дозволяє забезпечити уніфікацію даних та повне використання апаратних засобів.

У якості керуючої мережі використовуються стандартні Ethernet мережі, що зарекомендували себе як ефективний канал передачі даних з помірною вартістю. Система управління здатна працювати з двома типами введення-виведення: паралельним для високошвидкісних алгоритмів і послідовним для інших процесів, що реалізує гібридну систему PLC/DCS з компактною конфігурацією[8].

Базова конфігурація розподіленої системи TOSDIC-CIE DS складається з трьох основних компонентів: OIS-DS (операторська станція), SVR-DS (серверна станція), та PCS-DS (розподілена станція управління), які з'єднані за допомогою локальної мережі Ethernet.

- 1 **OIS-DS** — це інтерфейс оператора, за допомогою якого оператор може здійснювати управління процесом або моніторинг, відображаючи інформацію на екрані, слухаючи звукові сигнали або переглядаючи роздруковані дані.
- 2 **SVR-DS** — серверна станція, яка зберігає архівні дані процесу, доступні для перегляду через операторські станції.
- 3 **PCS-DS** — розподілена станція управління, що обмінюється інформацією з датчиками і виконавчими пристроями, а також реалізує стратегію управління технологічним процесом. Застосування для розробки додатків, які здійснюють управління процесом, забезпечується через інтегровані інструменти, доступні для користувача[17].

3.8. Базова структура системи автоматичного керування TOSDIC-CIE DS

Як видно на рисунку 3.2, базова система TOSDIC-CIE DS включає компоненти OIS-DS, SVR-DS та PCS-DS, які з'єднуються через керуючу мережу Ethernet, а також інженерну станцію для проектування системи управління[9].

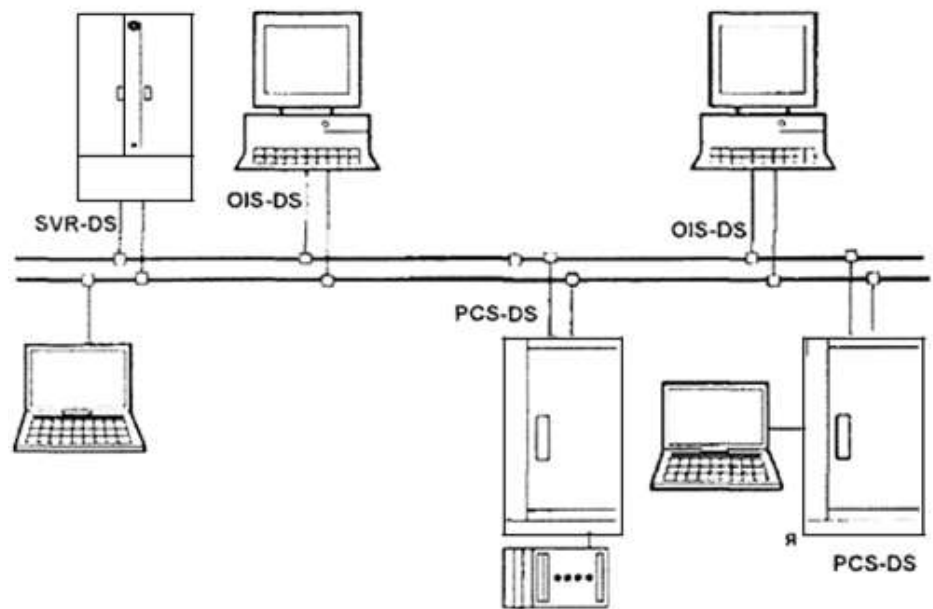


Рисунок 3.2. Конфігурація системи автоматичного керування TOSDIC-CIEDS, інтегрованої з керуючою мережею Ethernet. Кількість тегів, які система здатна обробляти, наведена в Таблиці 3.2

Переваги запропонованої АСК є повнодуплексна та стандартна керуюча система Ethernet. Досить висока швидкість реагування забезпечується за рахунок мінімізації частоти колізій серед потоків інформаційного обміну.

Таблиця 3.2 - Максимальне число тегів

Найменування обладнання	Максимальне число тегів
TOSDIC-CIE DS	20000 тегів (процесів) в системі
PCS-DS	2052 тегів у станції
Г)IS-DS	5000 тегів або 10000 тегів або 20000 тегів у станції (в залежності від встановленого обсягу пам'яті)
SVR-DS	5000 тегів або 10000 тегів або 20000 тегів у станції (в залежності від встановленого обсягу пам'яті)

Функціональна простота, легкість проектування і вдосконалення можливостей ремонту при включеному обладнанні досягнуті за рахунок використання перевіреної часом психології дизайну серії PCS4000/ 6000. При появі несправностей верхнього рівня, станція PCS— DS продовжить роботу з технологічною установкою[9]. В якості устаткування системи верхнього рівня використовується персональні комп'ютери для операторських станцій OIS— DS і робочих станцій SVR—DS з можливістю резервування. Таким чином, забезпечуються відкритість та надійність. При відмові сервера з операторської станції (інтерфейс оператора) можна перевірити поточні значення і продовжити роботу з технологічною установкою. Тобто, середовище, в якому здійснюється контроль і управління технологічним процесом, є мультиплексним для пристроїв, пов'язаних з інтерфейсом оператора. Легке для розуміння середовище контролю і управління, які використовуються у повсякденній роботі. Використання тих же методів роботи, що і зі стандартними додатками Windows, дозволяє досягти інтуїтивно легкої для розуміння роботи з процесом. Функція багатовіконності дозволяє відобразити інформацію у вигляді, простому для розуміння. Крім роботи з допомогою мишки, можна використовувати

сенсорну панель. Розташування технологічних схем і їх колір на екранах оператора виконано з урахуванням точки зору інженера. Екрани контролю і управління, основою для вигляду яких послужили вікна Windows, підвищують якість програм[18].

Система може бути застосована для оперативного централізованого контролю параметрів технологічного процесу (вимірюваних і розрахункових), керування в супервізорному режимі, забезпечення безпеки управління технологічним процесом і захисту обладнання[10].

3.9 Основні показники процесу виробництва МТБЕ як об'єкту контролю та управління системи автоматичного керування

В нашому випадку об'єктом контролю за управління АСК є виробництво МТБЕ. Він характеризується наступними показниками:

Кількість аналогових сигналів середнього рівня(4-20 мА)-160;

кількість дискретних вхідних сигналів типу «сухий контакт» з гальвнічним розділенням—160;

кількість ручних уводів(констант, значень лабораторних аналізів)- 32;

кількість оперативних груп по 8 параметрів з динамічною зміною складу -10,зі статичною зміною складу —64;

кількість детальних дисплейних фрагментів: для вимірюваних параметрів — 10;

кількість мнемосхем—5;

кількість оперативних трендів по 8 параметрів—10;

кількість параметрів добової архівації—80;

кількість параметрів місячної архівації—80;

кількість параметрів річної архівації—80;

кількість аналогових і дискретних параметрів для формування технологічної ситуації та виявлення причин спрацювання блокувань

-дискретних-180

- Кількість регуляторів супервізорного керування—28[10].

ВИСНОВКИ

Підсумок виконання магістерської роботи сформульовано в наступних висновках:

1. Здійснено ґрунтовний аналіз технологічного процесу виробництва високооктанової добавки бензину.
2. Розроблено системи автоматизації технологічного процесу виробництва високооктанової добавки бензину та проаналізовано основні вимоги до системи автоматичного управління виробництвом.
3. Створено метрологічне забезпечення роботи системи автоматичного управління технологічним процесом виробництва високооктанової добавки бензину.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Основи метрології та вимірювань / Д.Б. Головка, К.Г. Рего, Ю.О. Скрипник.- К.: Либідь, 2001.-408 с.
2. .Кісіль І. С. Метрологія, точність і надійність засобів вимірювань. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів.- Івано-Франківськ: Факел, 2002. – 400 с.
3. Піндус Н. М., Долішня Н. Б. Інформаційно — вимірювальні комплекси у нафтовій та газовій промисловості. Курсове проектування. - Івано—Франківськ: Факел, 2010. - 21 с.
4. Інформаційно-вимірювальні комплекси в НГП : Посібник / Піндус Н.М., Чеховський С.А., Воцинський В.С. - ІФНТУНГ, 2019. – 203 с.(МВ 02070855- 11988 -2019).
5. . Поліщук Є.С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин: Підручник.- Видавництво Державного університету “Львівська політехніка”, 2006.- 360 с.
6. . Метрологія та вимірювальна техніка : Підручник / Є.С. Поліщук , М.М. Дорожовець, В.О.Яцук,В.М. Ванько, Т.Г. Бойко; За ред. Е.С. Поліщука. - Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003.-544 с.
7. .Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник.- Вінниця: Велес, 2001.- 185 с.
8. Чеховський С.А., Середюк О.Є., Петришин І.С.,Піндус Н.М.,Ващишак С.П.,Витвицька Л.А.,Кононенко М.А., Романів В.М. Метрологія і технологічні вимірювану внафтогазовій промисловості. Навч. посібник Факел, 2010, с. 500.
9. Н.М. Піндус,. Технологічні вимірювання і прилади: конспект лекцій. – Івано-Франківськ ІФНТУНГ, 2005.- 258 с

10. Піндус О.В., Чеховський С.А., Піндус Н.М., Витвицька Л.А. Моделювання технологічних процесів «Перспективні технології та прилади» Випуск 21 // Луцьк: ЛНТУ, грудень 2022.-148с.