

Бакалаврська Робота

БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ

Група АКП-21-1

Глушак Іван

2025

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет автоматизації та енергетики
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Глушак Іван Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК

681.53

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Удосконалення системи автоматизації технологічних процесів

(назва роботи)

замірного трифазного сепаратора

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(назва освітньої програми)

151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

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

Нормоконтроль

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

О.В. Кучмистенко

(ініціали та прізвище)

Здобувач освітнього ступеня

АКП-21-1

(шифр групи)

(підпис)

(дата)

І.І. Глушак

(ініціали та прізвище)

Рецензент

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

В.С. Борин

(ініціали та прізвище)

Науковий керівник

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

Л.І. Фешанич

(ініціали та прізвище)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

А.І. Лагойда

(ініціали та прізвище)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет автоматизації та енергетики
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Освітній рівень перший (бакалаврський)
Спеціальність автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТ

А.І Лагойда.

« » 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Глушак Іван Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення системи автоматизації технологічних процесів замірного трифазного сепаратора

керівник роботи Фешанич Л.І к.т.н., доцент

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від « 7 » травня 20 року № 52/8

2. Строк подання студентом роботи 25.06.2025

3. Вихідні дані до роботи матеріали переддипломної практики, методичні вказівки, технічна література, інтернет-ресурс

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Вступ.

2. Аналіз технологічного процесу трифазного замірного сепаратора, як об'єкта автоматичного контролю і керування.

3. Математичне моделювання і ідентифікація об'єкта керування.

4. Синтез та аналіз системи автоматичного керування.

5. Розробка проектної складової САК.

6. Загальні висновки.

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

01.БР 02.00.00.000.02 - Результати експериментального дослідження об'єкта.

02.БР 02.00.00.000.03 - Синтез одноконтурної АСР.

03.БР 02.00.00.000.05 - Схеми зовнішніх з'єднань

04.БР 02.00.00.000.06 - Креслення відеокадрів.

05.БР 02.00.00.000.07 - Компоновка шафи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Фешанич Л.І к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 06.11.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	Аналіз технологічного процесу сепарації газу, як об'єкта автоматичного контролю і керування	5.03.2025	
	Математична моделювання і ідентифікація об'єкта керування	20.4.2025	
	Синтез та аналіз систем автоматичного керування	3.05.2025	
	Розробка проектної складової САК	20.06.2025	

Студент _____
(підпис)

І.І Глушак _____
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Л.І Фешанич _____
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська робота містить: 74 сторінок друкованого тексту, 38 рисунків, 18 таблиць, 15 переліків посилань на джерела і 5 додатків.

Тема: «Удосконалення системи автоматизації технологічних процесів трифазного замірного сепаратора».

Об'єкт дослідження: Трифазний замірний сепаратор.

Мета бакалаврської роботи: аналіз та вдосконалення системи автоматизації технологічних процесі трифазного замірного сепаратора.

Методи дослідження: Експериментальне дослідження об'єкта, моделювання на ЕОМ АСК та аналіз перехідних характеристик.

В процесі дослідження роботи трифазного замірного сепаратора виявилось, що існуюча система автоматизації є недосконалою. Запропоновано створення нової системи автоматизації на базі мікропроцесорного контролера Siemens S7-1200. Доведено доцільність створення даної системи автоматизації.

Результати бакалаврської роботи: На основі даних вибрано регулятори, розраховані їх оптимальні параметри налаштування, проведено розрахунок одноконтурної системи, визначено її показники якості, а також досліджено систему на стійкість.

Здійснено вибір технічних засобів автоматизації, розраховано показники проектної надійності системи.

Ключові слова: АСК, контролер, технологічний процес, моделювання.

ABSTRACT

The bachelor's thesis contains: 74 pages of printed text, 32 figures, 18 tables, 15 references, and 5 appendices.

Title: "Improvement of the Automation System of the Technological Processes of a Three-Phase Test Separator"

Object of research: Three-phase test separator.
Project aim: Analysis and improvement of the automation system of the technological processes of the three-phase test separator.
Research methods: Experimental study of the object, computer modeling of the automated control system (ACS), and analysis of transient characteristics.

During the study of the operation of the three-phase test separator, it was found that the existing automation system is imperfect. A new automation system based on the Siemens S7-1200 microprocessor controller is proposed. The feasibility of implementing the new system is justified.

Results of the bachelor's thesis: Based on the obtained data, regulators were selected, their optimal tuning parameters were calculated, a single-loop control system was modeled, its quality indicators were determined, and the system's stability was analyzed.

A selection of automation hardware was performed, and the reliability indicators of the proposed system were calculated.

Keywords: ACS, controller, technological process, modeling.

ЗМІСТ

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ГАЗУ, ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ.....	12
1.1 Призначення установки та суть процесу	12
1.2 Характеристика продукції, сировини та реагентів	12
1.3 Аналіз технологічної схеми установки	17
1.4 Технічна характеристика технологічного обладнання.....	17
1.5 Вибір та обґрунтування параметрів контролю і регулювання	18
Висновки до розділу	18
2.МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ	19
2.1 Обґрунтування вибору об'єкта автоматизації.....	19
2.2 Визначення характеристик об'єкта автоматизації.....	19
Висновки до розділу	23
3. СИНТЕЗ ТА АНАЛІЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	24
3.1 Синтез одноконтурної системи автоматичного керування	24
3.2 Синтез ефективних системи автоматичного керування.....	28
3.3 Аналіз роботи розроблених систем автоматичного керування.....	30
Висновки до розділу	36
4 РОЗРОБКА ПРОЕКТНОЇ СКЛАДОВОЇ САК.....	37
4.1 Вибір технічних засобів автоматизації	37
4.2 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	43
4.3 Розробка додаткових проектних рішень.....	46
4.4 Розробка проектних рішень для верхнього рівня	51
4.5 Розробка програмного забезпечення для PLC	53
4.6 Оцінка проектної надійності.	58
Висновки до розділу	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА	65
ДОДАТКИ.....	67

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
<i>Розроб.</i>	<i>Глушак І.І</i>				<i>Удосконалення системи автоматизації технологічних процесів трифазного замірного сепаратора</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірила</i>	<i>Фешанич Л.І</i>							8	74	
<i>Реценз.</i>	<i>Борин В.С</i>							<i>ІФНТУНГ АКП-21-1</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Кучмистенко О.В</i>									
<i>Затверд.</i>	<i>Лагойда А.І</i>									

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АРМ	–	Автоматизоване робоче місце
АСК ТП	–	Автоматизована система керування технологічним процесом
АСК	–	Автоматизована система керування
ВВС	–	Вузол входу свердловин
КО	–	Керований об'єкт
КВПіА	–	Контрольно-вимірювальні прилади і автоматика
КТЗ	–	Комплекс технічних засобів
НП	–	нормуючий перетворювач
ПВП	–	первинний вимірювальний пристрій
ПЗО	–	Пристрої зв'язку з об'єктом;
ПЗ	–	Програмне забезпечення
ПЛК	–	Програмований логічний контролер

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Автоматизація виробничих процесів є однією з найважливіших складових сучасного промислового виробництва. В умовах високих вимог до ефективності, точності, безпеки та економічної доцільності експлуатації обладнання, значну роль відіграють автоматизовані системи керування технологічними процесами (АСУ ТП). Зокрема, у нафтогазовій галузі, де об'єкти виробництва характеризуються високим рівнем небезпеки та складністю технологічних схем, ефективна автоматизація дозволяє не лише підвищити продуктивність, а й забезпечити стабільну та безаварійну роботу устаткування.

Одним із таких об'єктів є замірний трифазний сепаратор — пристрій, призначений для розділення пластової продукції на конденсат, воду та газ, а також для точного вимірювання об'ємів кожної з фаз. Від ефективності його роботи залежить не лише подальша обробка продукції, а й коректність комерційного обліку, що, в свою чергу, впливає на економічну діяльність підприємства. Саме тому постає необхідність у модернізації існуючих систем керування подібними установками з урахуванням сучасних технологічних та інформаційних вимог.

Актуальність обраної теми обумовлена необхідністю інтеграції об'єктів АСУ ТП у загальні цифрові системи управління, підвищенням вимог до оперативності аналізу технологічної інформації, а також зростанням обсягів даних, які необхідно опрацьовувати для забезпечення безпечної та ефективної експлуатації обладнання. Водночас моральне та фізичне старіння елементів системи, таких як датчики, виконавчі механізми та контролери, обумовлює потребу в їх оновленні.

Метою даної роботи є удосконалення системи автоматизації технологічного процесу замірного трифазного сепаратора шляхом впровадження сучасних технічних і програмних засобів, здатних забезпечити надійний

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контроль, точне регулювання та інтеграцію з іншими інформаційними підсистемами підприємства.

Об'єктом дослідження виступає замірний трифазний сепаратор як технологічна установка, що забезпечує первинну підготовку вуглеводневої сировини.

Предметом дослідження є багатоконтурна система автоматичного керування, побудована з використанням сучасних мікропроцесорних засобів, зокрема програмованого логічного контролера Simatic S7-1200 та SCADA-системи на базі TIA Portal.

Результати виконаної роботи можуть бути впроваджені на діючих об'єктах нафтогазової галузі з метою підвищення надійності, функціональності та інтеграційної здатності систем АСУ ТП.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ГАЗУ, ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ

1.1 Призначення установки та суть процесу

Замірний трифазний сепаратор призначений для поділу пластової продукції, яка надходить із свердловин, на три основні фази: газ, конденсат та воду. Даний процес є необхідним етапом у системі збору, транспортування і підготовки вуглеводневої сировини. Основна функція установки – забезпечення точного заміру кількості кожної з фаз у потоці з подальшим їхнім виведенням на відповідні лінії збору.

Принцип дії сепаратора полягає у створенні умов, за яких за рахунок різниці густин і гравітаційного осідання відбувається розділення багатозфазного потоку. Газ відділяється у верхній частині апарата, рідина — у нижній, а вода та конденсат через різну густину утворюють відповідні шари.

1.2 Характеристика продукції, сировини та реагентів

Сировиною для сепаратора є пластова продукція, яка містить вуглеводневий газ, конденсат та пластову воду. Типова пластова суміш має такі характеристики:

Газ: вміст сірководню, вуглекислого газу, вуглеводневих фракцій;

Конденсат: щільність ~ 700 кг/м³;

Вода: щільність ~ 1000 кг/м³;

Для покращення процесу сепарації можуть додаватись реагенти-деемульгатори, які сприяють кращому розшаруванню емульсійних фаз, а також антипінні засоби.

Фізико-хімічні властивості видобувної газоводоконденсатної суміші за стандартними умовами

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Компонентний склад видобувної газоводоконденсатної суміші

Найменування та хімічна формула	Вміст компонентів, % мас.
Газ видобувний, $\Sigma C_i H_{2i+2}$	76,01
Супутно-пластова вода, H_2O	1,1
Конденсат вуглеводневий, $\Sigma C_i H_{2i+2}$	22,89

Фізико-хімічні властивості видобувного газу за стандартними умовами

Таблиця 1.2 - Компонентний склад видобувного газу з свердловин

Найменування та хімічна формула		Вміст компонентів, % об.
Метан	CH_4	81,273
Етан	C_2H_6	10,937
Пропан	C_3H_8	3,158
ізо-Бутан	iC_4H_{10}	0,290
н-Бутан	nC_4H_{10}	0,748
нео-Пентан	$neoC_5H_{12}$	0,001
ізо-Пентан	iC_5H_{12}	0,149
н-Пентан	nC_5H_{12}	0,173
Гексан+вищі	C_6H_{14+}	0,273
Кисень	O_2	0,005
Азот	N_2	0,837
Двоокис вуглецю	CO_2	2,157

Густина відносна = 0,693 кг/м³;

Густина хроматографічна = 0,835 кг/м³;

Нижча теплота згоряння = 9201 (38,523) ккал/м³ (МДж/м³);

Число Воббе (нижче) = 11051 ккал/м³;

Таблиця 1.3 - Компонентний склад товарного газу

Найменування та хімічна формула		Вміст компонентів, % об.
Метан	CH_4	86,716
Етан	C_2H_6	5,912
Пропан	C_3H_8	1,393
ізо-Бутан	iC_4H_{10}	0,155
н-Бутан	nC_4H_{10}	0,211
нео-Пентан	$neoC_5H_{12}$	0,002
ізо-Пентан	iC_5H_{12}	0,050
н-Пентан	nC_5H_{12}	0,033
Гексан+вищі	C_6H_{14+}	0,044

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Кисень	O ₂	0,004
Азот	N ₂	0,247
Двоокис вуглецю	CO ₂	5,233

Густина відносна = 0,613 кг/м³;

Густина хроматографічна = 0,7927 кг/м³;

Нижча теплота згоряння = 8199 ккал/м³;

Число Воббе (нижче) = 11191 ккал/м³;

Фізико-хімічні властивості видобувного газового конденсату

Таблиця 1.4 - Фракційний склад газового конденсату

Найменування показника	Значення
Колір	світло-жовтий
Густина за температури 20 °С, г/см ³	0,7562
Вміст парафіну, % ваг.	-
Масова частка води, % ваг.	0,00
Масова частка механічних домішок, % ваг.	0,00
Вміст сірки, % ваг.	0,0037
Маса хлористих солей, мг/л	5,1
Тиск насичених парів, кгс/см ² (мм рт.ст.)	0,64 (470,76)
Фракційний склад:	100%
початок кипіння, С	39,0
кінець кипіння, С	-
при 20 °С переганяється, %	-
при 40 °С переганяється, %	-
при 60 °С переганяється, %	4,0
при 80 °С переганяється, %	10,0
при 100 °С переганяється, %	20,5
при 120 °С переганяється, %	34,5
при 140 °С переганяється, %	47,7
при 160 °С переганяється, %	56,5
при 180 °С переганяється, %	63,0

Продовження таблиці 1.4

при 200 °С переганяється, %	67,5
при 220 °С переганяється, %	72,0
при 240 °С переганяється, %	75,0
при 260 °С переганяється, %	78,5
при 280 °С переганяється, %	81,5
при 300 °С переганяється, %	84,0
при 320 °С переганяється, %	86,0
при 350 °С переганяється, %	89,0
всього відігнано, %	90,5
залишок, %	5,5
втрати, %	4,0

Фізико-хімічні властивості супутно-пластової води (СПВ)

Таблиця 1.5 - Аналіз супутно-пластової води

Густина - 1,015 кг/м³, рН=6,15, колір – світло-жовтий.

Аніони	мг/л	мг-екв	%-екв	Катіони	мг/л	мг-екв	%-екв
Хлорид	21116,6 6	595,49	49,16	Натрій+ +Калій	11104,6 3	482,81	39,86
Сульфат	19,75	0,41	0,03	Кальцій	2283,11	113,93	9,40
Гідро- карбонат	597,80	9,80	0,81	Магній	108,89	8,96	0,74
Карбона т	відс.	відс.	відс.				
				Залізо закисне	100,01		
Йод	8,24			Залізо окисне	52,78		
Бром	116,68			Амоній	42,91		
Бор	21,18						

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Продовження таблиці 1.5

Сума аніонів	21734,2 1	605,70	50,00	Сума катіонів	13496,6 3	605,70	50,00
Нафтопродукти				Мінералізація	35230,8 4	1211,40	100,00
Сірководень				Мехдомішки			
Характеристика за Суліним	r Na/Cl=81		r (Cl-Na)/Mg=12,57		r Ca/Mg=12,70		
	SO ⁴ /Cl=0,0006		Cl/Br=180,98		pH=6,15		

Фізико-хімічні властивості метилового спирту

Таблиця 1.6 - Характеристика спирту метилового за ДСТУ 3057-95 (ГОСТ 2222-95).

Найменування показника	Значення	
	Марка А	Марка Б
1	2	3
Зовнішній вигляд	безбарвна прозора рідина без нерозчинних домішок	
Густина за температури 20°C, г/см ³	0,791-0,792	
Змішуваність з водою	змішується з водою без слідів помутніння та опалесценції	
Межа кипіння, °C	64,0-65,5	
99% продукту переганяється в межах, °C, не більших ніж	0,8	1,0
Масова частка води, %, не більше ніж	0,05	0,08
Масова частка вільних кислот у перерахунку на мурашину кислоту, %, не більша ніж	0,0015	
Масова частка альдегідів та кетонів у перерахунку на ацетон, %, не більше ніж	0,003	0,008
Масова частка легких сполук заліза у перерахунку на залізо, %, не більше ніж	0,00001	0,0005
Дослідження з перманганатом калію, хв., не менше ніж	60	30
Масова частка аміаку та аміносполук у перерахунку на аміак, %, не більша ніж	0,00001	-
Масова частка хлору, %, не більша ніж	0,0001	0,001
Масова частка сірки, %, не більша ніж	0,0001	0,001

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Масова частка нелеткого залишку після випаровування, %, не більша ніж	0,001	0,002
Питома електрична провідність, Ом/м, не більша ніж	$3 \cdot 10^{-5}$	-
Масова частка етилового спирту, %, не більша ніж	0,01	-
Колірність за платино-кобальтовою шкалою, одиниці Хазена, не більша ніж	5	-

1.3 Аналіз технологічної схеми установки

Технологічна схема установки включає:

Вхідну лінію подачі сировини з вузлу вхідних ниток (ВВН);

Замірний трифазний сепаратор горизонтального типу;

Лінії виводу відокремленого газу, конденсату, та води;

Пристрої заміру витрати кожної з фаз: датчики рівня, тиску, температури;

Арматуру (засувки, регулюючі клапани), запобіжні пристрої;

Систему дренажу, аварійного скиду.

Автоматизоване управління здійснюється через ПЛК Siamtic S7-1200, який приймає сигнали з вимірювальних приладів та керує приводами засувки. Дані передаються до SCADA-системи оператора для моніторингу й архівації.

1.4 Технічна характеристика технологічного обладнання

Основне обладнання:

Трифазний сепаратор: об'єм 20 м³, робочий тиск до 9,0 МПа, матеріал – нержавіюча сталь, захист від корозії;

Для автоматичного керування процесом використовується контролер Siemens SIMATIC S5;

У якості SCADA системи використовується Siemens WinCC 5.0;

Для вимірювання температури в апаратах установки та технологічних трубопроводах використовуються термометри опору ТСМ50М;

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для регулювання технологічних параметрів, та підтримки додержання технологічного режиму роботи установки використовуються пневматичні клапани серії ПОУ-8 з електро-пневмопозиціонером ПЕП-3;

Для вимірювання показників тьку в апаратах установки та технологічних трубопроводах використовуються датчики тиску ТЖУ-018;

Для вимірювання показників рівня в апаратах установки та технологічних ємностях використовуються датчики рівня ЕМР-30;

1.5 Вибір та обґрунтування параметрів контролю і регулювання

Параметри контролю та регулювання описані в таблиці 1.9

Таблиця 1.7 — Параметри регулювання

Апарат	Параметр	Обґрунтування вибору параметру
Сепаратор С-1	Рівень рідини	Своєчасне видалення рідини з апарату, підтримання заданого рівня рідини
Сепаратор С-1	Тиск газу	Своєчасне скидання газу вивітрювання конденсату з апарату
Сепаратор С-1	Рівень конденсату	Своєчасне видалення конденсату з апарату, підтримання заданого рівня конденсату
Сепаратор С-1	Рівень СПВ	Своєчасне видалення СПВ з апарату, підтримання заданого рівня СПВ

Висновки до розділу

У процесі аналізу було встановлено, що замірний трифазний сепаратор є важливим вузлом газового промислу, який виконує функції розділення фаз і забезпечення достовірного обліку продукції. Складність технологічного процесу, наявність кількох контурів керування та високі вимоги до точності замірів роблять цей об'єкт доцільним для подальшого вдосконалення системи автоматизації. На основі проведеного аналізу обґрунтовано вибір параметрів, що підлягають автоматичному контролю, і визначено технічні вимоги до обладнання, що застосовується. На основі отриманих даних була сформована таблиця з контурами регулювання для забезпечення підтримання оптимального режиму роботи установки.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

2.1 Обґрунтування вибору об'єкта автоматизації

Об'єктом автоматизації у межах даного дослідження обрано замірний трифазний сепаратор, який відіграє ключову роль у процесі первинної підготовки пластової продукції. Його ефективна робота безпосередньо впливає на якість та точність подальшого обліку видобутих вуглеводнів, стабільність технологічного процесу, безпеку та енергетичну ефективність установки.

У трифазному сепараторі критичними параметрами є рівень фаз, тиск у газовій порожнині, а також температура середовища. Ці параметри схильні до динамічних змін під впливом флуктуацій у надходженні продукції з кількох свердловин. Тому контроль та регулювання в реальному часі мають вирішальне значення.

Вибір саме рівня води в сепараторі як базового об'єкта керування для математичного моделювання обумовлено тим, що він:

- має інерційну динаміку, яка добре піддається формалізації;
- є одним із основних параметрів, що підлягає регулюванню;
- впливає на розділення фаз і точність замірів;
- часто є джерелом порушень технологічного режиму.

2.2 Визначення характеристик об'єкта автоматизації

Властивості об'єктів регулювання здебільшого визначаються за статичним і динамічним характеристикам, отриманими експериментальним шляхом. Об'єкти регулювання можуть мати різні джерела збурень. Однак найбільш важливо досліджувати динамічні властивості об'єкта при збуренні, що виникло внаслідок зміни тієї величини, на яку буде впливати регулюючий орган.

При знятті часової характеристики необхідно встановити величини вхідної дії. Ця величина встановлюється, виходячи із можливостей, які диктуються протіканням даного технологічного процесу в об'єкті. Необхідно, щоб зміна

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вхідної величини була якомога більша. Якщо ж вхідний вплив зробити достатньо більшим не можливо, то можна обмежитися меншою величиною, яка перевершує по величині ті випадкові впливи, які можуть виникнути при знятті тимчасових характеристик.

Тимчасові характеристики знімають наступним чином. Перед проведенням експерименту регулюючий об'єкт приводять в стан рівноваги і забезпечують умови, при яких вхідна і вихідна величини постійні. Після стабілізації об'єкта швидким переміщенням органу управління вносять збурення, відмічаючи при цьому час і величину його. Далше слідкують за зміною вихідної величини, записуючи її значення до того часу, поки вихідна величина не прийме нового значення. При автоматичному записуванні перехідного процесу необхідно відмітити час вхідної дії.

Для отримання більш достовірних результатів експерименту по знятті часової характеристики експеримент необхідно повторити 2 – 3 рази при вхідній дії, рівній по величині, але протилежній по знаку.

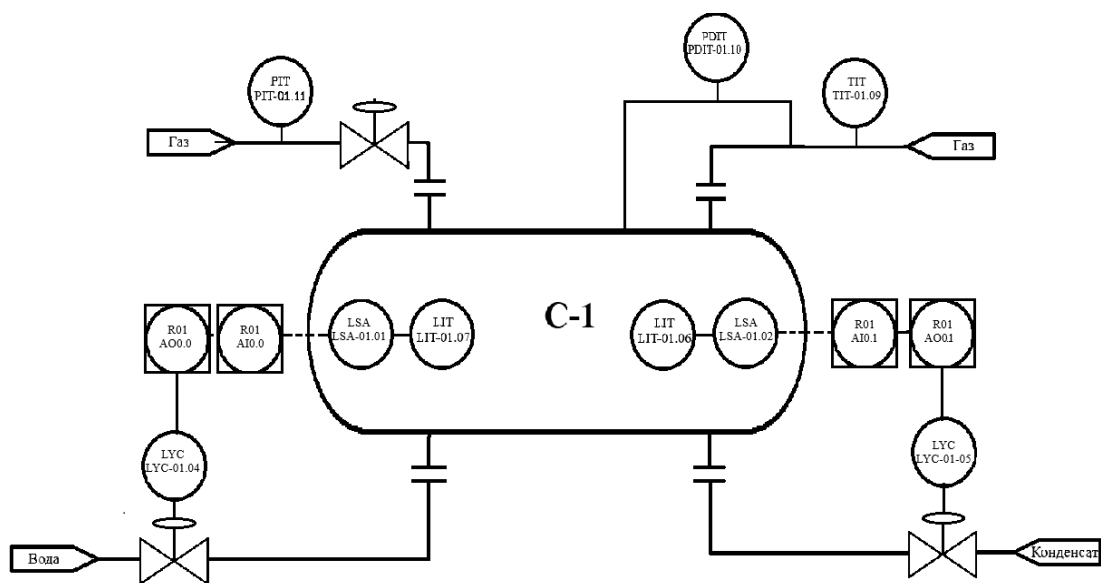


Рисунок 2.1 – Схема оснащення приладами

Ідентифікація об'єкта керування — це процес визначення математичної моделі динамічного об'єкта на основі експериментальних або виробничих даних. Передавальна функція — це математичний опис того, як реагує об'єкт на керуючий сигнал. Вона показує, як змінюється вихід системи у відповідь на вхід,

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

і використовується у системах автоматичного керування. Вихідна величина X (керована величина) системи залежить від керуючого впливу Y і збурюючого впливу Z . Необхідний закон зміни величини X визначається задаючим впливом X_z . Внаслідок впливу збурення, а також інерційності елементів системи в перехідних і усталених режимах, в системі виникає сигнал відхилення E , який називається сигналом помилки.

Аналіз сепаратора, як об'єкта керування по каналу рівня приведений на рисунку 2.1. Основним регулюючим впливом є об'ємна витрата рідини із сепаратора (положення клапана на лінії відкачки або частота обертання робочого колеса помпи при частотному регулюванні приводу) . Збурюючим впливом є тиск P під яким подається газ в сепаратор. До вихідної координати відноситься L — рівень в сепараторі, який повинна знаходитися в межах 40-60%.

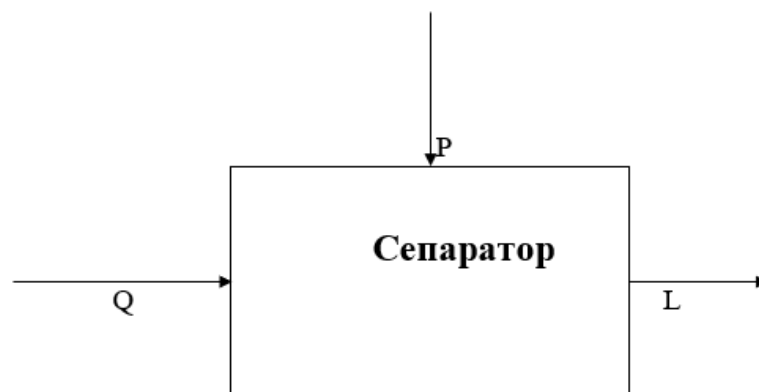


Рисунок 2.2 – Структурна схема керованого об'єкта

В даному проєкті для визначення динамічних властивостей об'єкта використаємо криву розгону об'єкту, результат активного експерименту, що був проведений на сепараторі. За цією кривою визначаємо динамічні властивості об'єкту після приведення результатів експерименту до безрозмірної форми.

Формула для отримання безрозмірних координат має такий вигляд:

$$y = \frac{x - x_0}{x_{max} - x_0}$$

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де x – поточне значення рівня у %,

x_0 – початкове значення рівня у %,

x_{max} – максимальне значення рівня у %.

З графіка кривої розгону бачимо, що рівень в сепараторі $x_{max} = 55\%$, а початкове значення $x_0 = 45\%$, при цьому продуктивність відкачки зменшилась на 10% (клапан прикрили на 10%).

Застосувавши вище приведену формулу, отримаємо координати кривої розгону в безрозмірних одиницях. Результати перенесення графіка кривої в початок координат та переведення їх в безрозмірні величини приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Обробка результатів перехідних характеристик

t, с	L, %	Y
0	45	0
2	45	0
4	46	0,1
6	47,5	0,25
8	49,5	0,45
10	51,3	0,63
12	52,8	0,78
14	53,9	0,89
16	54,5	0,95
18	54,7	0,97
20	54,9	0,99
22	55	1
24	55	1

Коефіцієнт підсилення по регульованому каналу :

$$k = \frac{x_{max} - x_0}{\Delta U} = \frac{55 - 45}{10} = 1,$$

де ΔU - відносна зміна положення клапана.

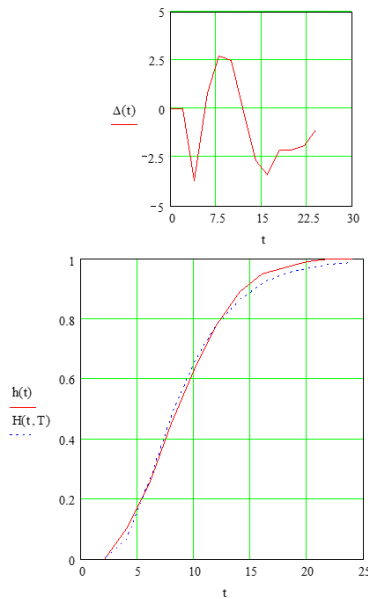


Рисунок 2.3 - Крива розгону об'єкта

Повні результати експериментального дослідження об'єкта зображені в графічній частині БР 02.00.00.000.01

Висновки до розділу

У цьому розділі був вибраний і обґрунтований об'єкт керування, визначена його структурна схема з точки зору автоматизації. Також було апроксимовано дані експериментальних досліджень, що були отримані в результаті активного експерименту на об'єкті.

Як показали дослідження динамічних властивостей об'єкта по каналу “відвід рідини з сепаратора — рівень в сепараторі” є об'єктом третього порядку із запізненням. Похибка апроксимації не перевищує 3.5%, що задовольняє практичним вимогам до точності моделі .

3. СИНТЕЗ ТА АНАЛІЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

3.1 Синтез одноконтурної системи автоматичного керування

Оскільки досліджуваний об'єкт ділянка маслопроводу є об'єктом з самовирівнюванням, то для регулювання тиску масла доцільно застосувати одноконтурну АСР. Структурна схема такої системи приведена на рис.3.1

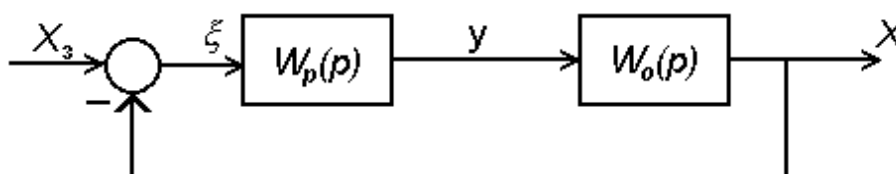


Рисунок 3.1 - Спрощена структурна схема одноконтурної АСР

X_z - сигнал завдання;

X - вихідний сигнал;

ζ - розбаланс;

$W_p(p)$ - передавальна функція регулятора;

$W_o(p)$ - передавальна функція керованого об'єкта.

При експериментальному дослідженні динамічних властивостей об'єкта ми фактично встановили передавальну функцію об'єкта керування:

$$W_o(p) = \frac{1}{(1 + 3,947p)(1 + 1,974p)(1 + 1,316p)} \cdot e^{-2p}. \quad (3.1)$$

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основна функція будь-якої системи автоматичного управління — забезпечення ефективної роботи технологічного обладнання. В контурах регулювання це досягається за допомогою керуючого пристрою — регулятора.

Відомо, що перехідний процес в САК характеризується часом регулювання, перегулювання σ , максимальним динамічним відхиленням u_1 , статичною похибкою уст. Реалізацією різних законів регулювання для одного і того ж об'єкта не вдається добитися одночасної мінімізації всіх показників. У цьому зв'язку САР прийнято налаштовувати на один із трьох типів перехідних процесів: аперіодичні з 20% - ним перегулюванням або мінімальним інтегральним критерієм. Кожний із них має свої властивості і забезпечує:

- перший — максимальне динамічне відхилення, відсутність перегулювання, незначний час регулювання;
- другий — наявність суттєвого перегулювання, порівняно невисокий час регулювання, незначне динамічне відхилення;
- третій — суттєвий час регулювання, велике перегулювання, найменше динамічне відхилення.

В даній одноконтурній АСР доцільно застосувати регулятори, які забезпечують відсутність статичної похибки, а саме ПІ- та ПІД – регулятори і дослідити їх ефективність роботи в сепараторі по стабілізації рівня.

Оскільки ділянка маслопроводу є об'єктом з самовирівнюванням то синтез можна здійснювати в класі одноконтурних систем керування. Оскільки об'єкт статичний то попередній аналіз системи керування здійснимо на основі ПІ та ПІД регуляторів.

Проведемо синтез одноконтурної системи керування із стандартним алгоритмом керування

Передавальна функція ПІ-регулятора має вигляд:

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{(p)} = \frac{C_1 p + C_0}{p}, \quad (3.2)$$

ПІД — регулятора:

$$W_{(p)} = \frac{C_2 p^2 + C_1 p + C_0}{p}, \quad (3.3)$$

де $C_1 = k_p$, $C_2 = k_p T_d$, $C_0 = k_p T_i$ - параметри налаштування ПІ- та ПІД-регуляторів.

Для обчислення параметрів налаштування регуляторів використаємо метод Нікольса – Ціглера. Процес розрахунку параметрів регулятора можна прослідкувати з лістингу програми в середовищі Mathcad.

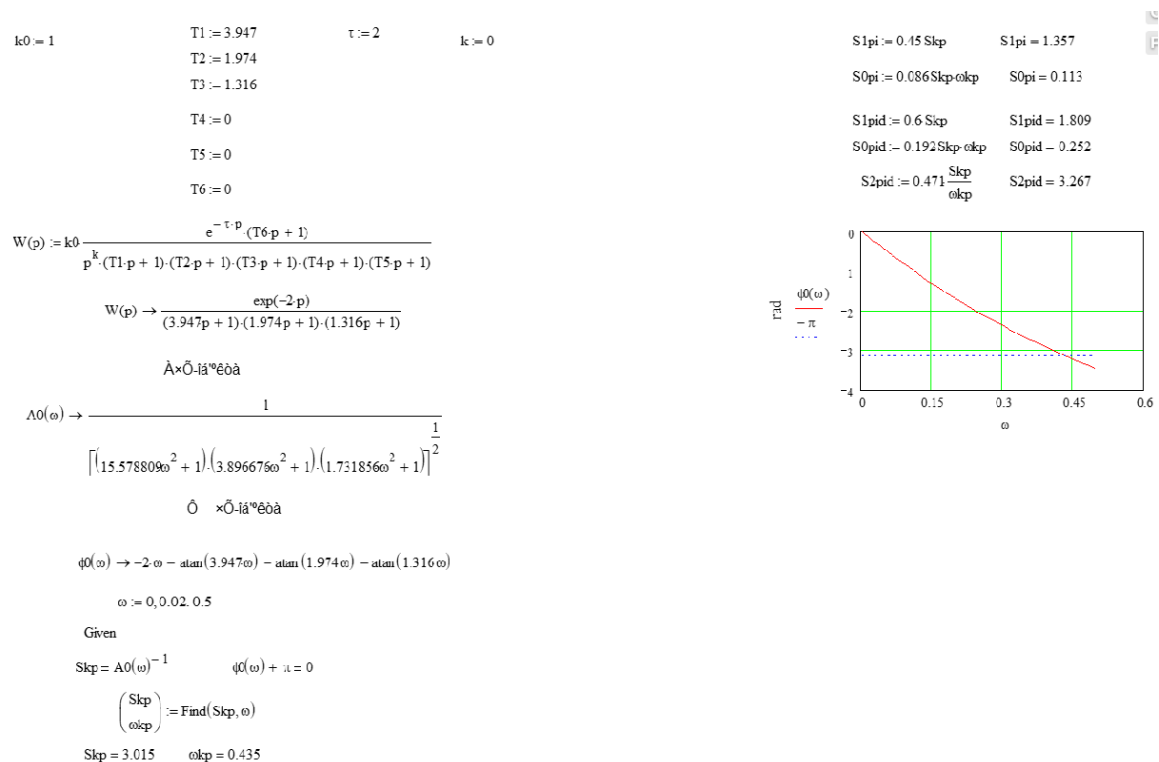


Рисунок 3.2 - Програма розрахунку налаштувань регуляторів

Однак проста перевірка цих налаштувань регуляторів в замкненій системі свідчить про те, що система є нестійкою. Інший метод запропонований проф. Ротачем теж не дає бажаних результатів. Тому вибраний метод параметричної оптимізації реалізований в пакеті Matlab. Для цього в інструменті Simulink набрана модель системи для візуального моделювання з використанням блоку оптимізації NCD (рис.3.2). Метод параметричної оптимізації параметрів

налаштування регуляторів дав позитивний результат , який ілюстрований на рис.

3.4

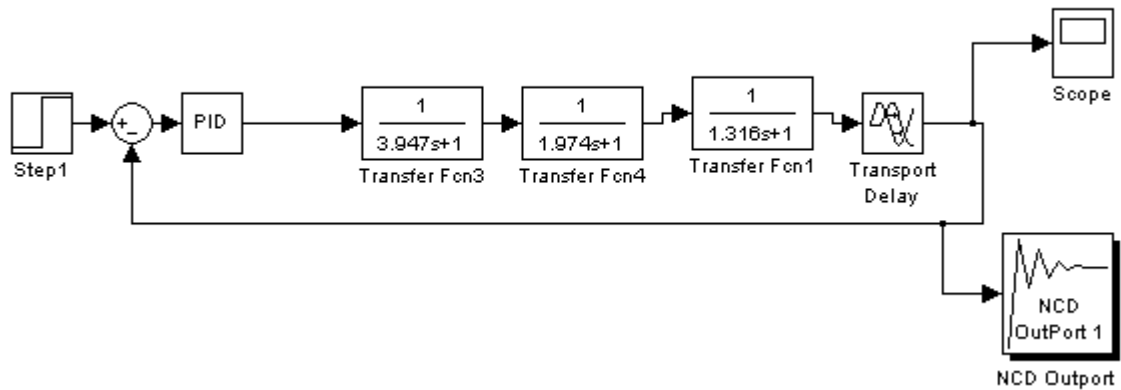


Рисунок 3.3 - Блочна модель системи з блоком NCD

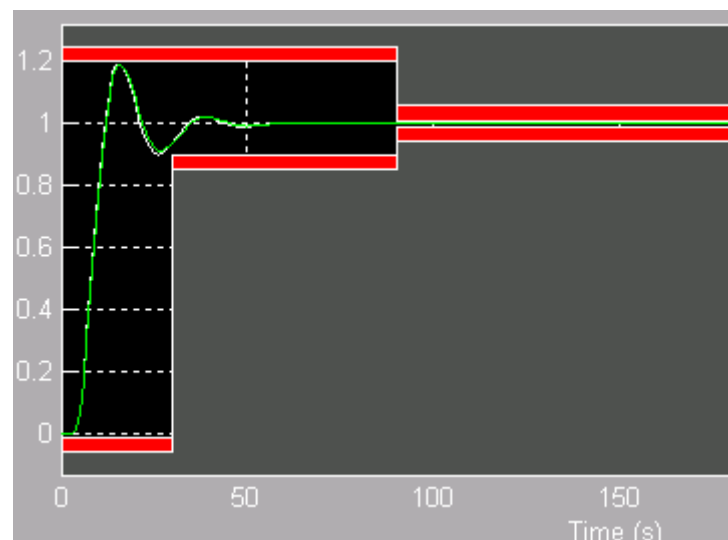


Рисунок 3.4 - Результати параметричної оптимізації із застосуванням блоку NCD

Застосування методу параметричної оптимізації дозволило знайти такі параметри налаштування регуляторів:

Для ПІ-регулятора – $S_1=0.9002$; $S_0= 0.15$

Для ПІД-регулятора – $S_1=0.5$; $S_0= 0.15$; $S_2=0.5$

Передавальна функція ПІ-регулятора:

$$W_{ni}(p) = \frac{S_1 p + S_0}{p} = \frac{0.9002 p + 0.15}{p}$$

Передавальна функція ПІД-регулятора:

$$W_{\text{ПД}} = \frac{S_2 p^2 + S_1 p + S_0}{p} = \frac{0.5 p^2 + 0.5 p + 0.15}{p}$$

Змодельюємо одноконтурну систему стабілізації рівня за допомогою програмного інтерактивного пакету MATLAB.

Синтез одноконтурної АСР зображено в графічній частині БР АКП 02.00.00.000.02

3.2 Синтез ефективних системи автоматичного керування

Моделювання одноконтурної системи керування з ПД-алгоритмом керування

Моделювання одноконтурної системи будемо здійснювати за допомогою програмного інтерактивного пакету MATLAB. Інтерактивний пакет MATLAB це:

- істотно поліпшений інтерфейс графічних вікон;
- розширені можливості форматування графіки;
- можливість переміщення вікон по екрану і зміни їхніх розмірів;
- можливість переміщення області графіки всередині графічного вікна;
- завдання різних координатних систем і осей;
- висока якість графіки;
- можливість одержання природно виглядають тривимірних фігур і їхніх сполучень;
- простота побудови тривимірних графіків з їхньою проекцією на площину;
- можливість побудови перетинав тривимірних фігур і поверхонь площинами;
- можливість створення об'єктів для типового інтерфейсу користувача.

Результат моделювання в середовищі Matlab у відповідності до програми приведеної нижче подані на рис. 3.5. Перехідна характеристика отримана для одноконтурної АСР з ПД- регулятором . На графіку відмічені характерні точки для оцінки якості роботи системи з даними параметрами налаштування

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулятора. Дане налаштування забезпечує хороші показники якості АСР, які будуть оцінені нижче.

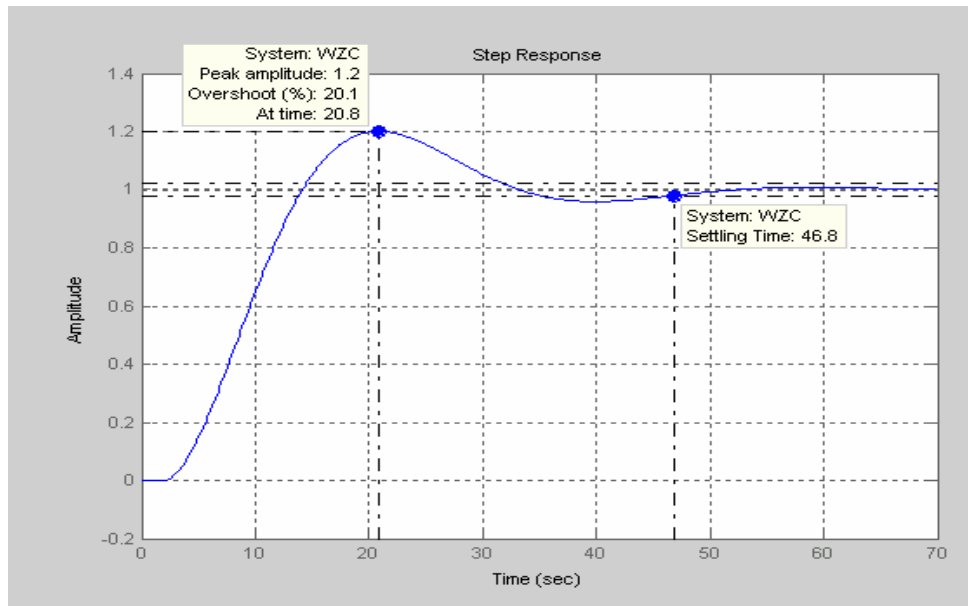


Рисунок 3.5 - Графік перехідного процесу в АСР з ПІД регулятором

Скрипт програми моделювання ПІД-регулятора

```
w01=tf([1],[3.947 1],'inputdelay',2)
```

```
w02=tf([1],[1.974 1])
```

```
w03=tf([1],[1.316 1])
```

```
w0=w01*w02*w03
```

```
w0 = pade(w0,3);
```

```
%PID-reg
```

```
wrpi=tf([0.5 0.5 0.15],[1 0])
```

```
% Wpu1=feedback(wrp,W01,-1)
```

```
% Wpu=Wpu1*w0
```

```
WPC=wrpi*w0;
```

```
WZC=feedback(WPC,1,-1);
```

```
ltiview(WZC);
```

Моделювання одноконтурної системи керування з ПІ-алгоритмом керування

Для побудови перехідного процесу, логарифмічно-частотних характеристик та фазово частотної характеристики використовуємо M-files :

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Скрипт програми моделювання ПІ-регулятора

```
w01=tf([1],[3.947 1],'inputdelay',2)
```

```
w02=tf([1],[1.974 1])
```

```
w03=tf([1],[1.316 1])
```

```
w0=w01*w02*w03
```

```
w0 = pade(w0,3);
```

```
%PI-reg
```

```
wrpi=tf([0.9002 0.15],[1 0])
```

```
% Wpu1=feedback(wrp,W01,-1)
```

```
% Wpu=Wpu1*wrpi
```

```
WPC=wrpi*w0;
```

```
WZC=feedback(WPC,1,-1);
```

```
ltiview(WZC);
```

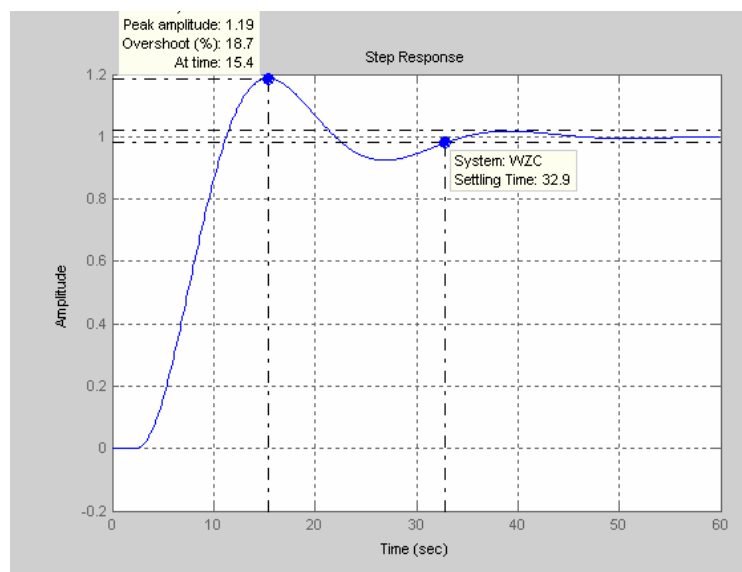


Рисунок 3.6 - Графік перехідного процесу в АСР з ПІД регулятором

3.3 Аналіз роботи розроблених систем автоматичного керування

Дослідження стійкості є одним з перших етапів оцінки систем автоматичного управління при її аналізі. Проводячи аналіз або синтез автоматичної системи, необхідно впевнитися в тому, що система структурно стабільна.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для оцінки структурної стійкості системи доцільно оцінити корені та полюси системи. Якщо всі корені характеристичного рівняння замкненої АСР є лівими, то система структурно стійка.

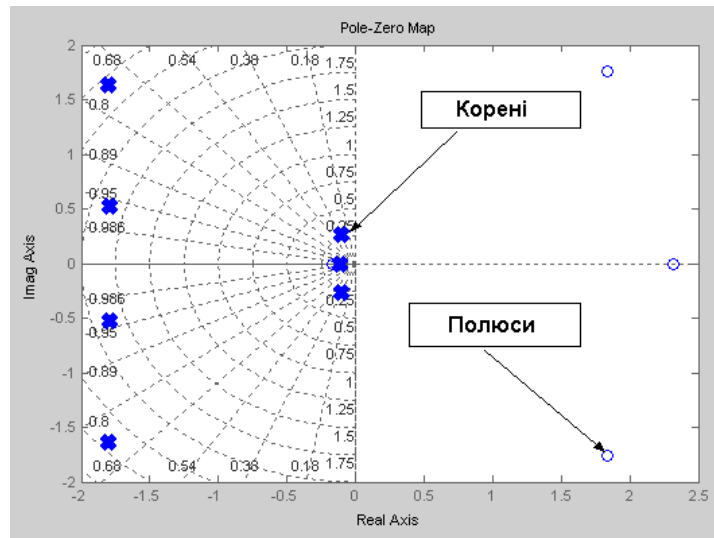


Рисунок 3.7 – Карта полюсів та нулів АСР з ПІ- регулятором

Раніше цей аналіз проводився з використанням спрощених інженерних методів за оцінкою коефіцієнтів характеристичного рівняння (Рауса, Гурвіца) без знаходження коренів рівняння. Проте на сьогодні ця задача вирішена в пакеті Matlab, який дозволяє будувати карту нулів та полюсів замкненої системи. Ці карти для обох випадків аналізу приведені на рис .4.6 та 4.7 Вони показують, що для обох випадків аналізу всі корені характеристичного рівняння замкненої АСР є лівими, тому АСР є структурно стійкими.

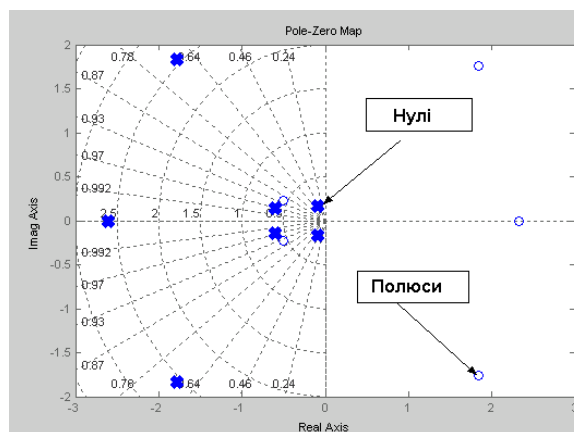


Рисунок 3.8 - Карта полюсів та нулів АСР з ПІД регулятором

Аналіз стійкості одноконтурної системи керування за допомогою діаграм Найквіста.

Для оцінки стійкості системи за допомогою діаграм Найквіста необхідно побудувати АФЧХ замкнутої системи. Якщо АФЧХ не охоплює точку $(-1, 0j)$, то система є стійкою.

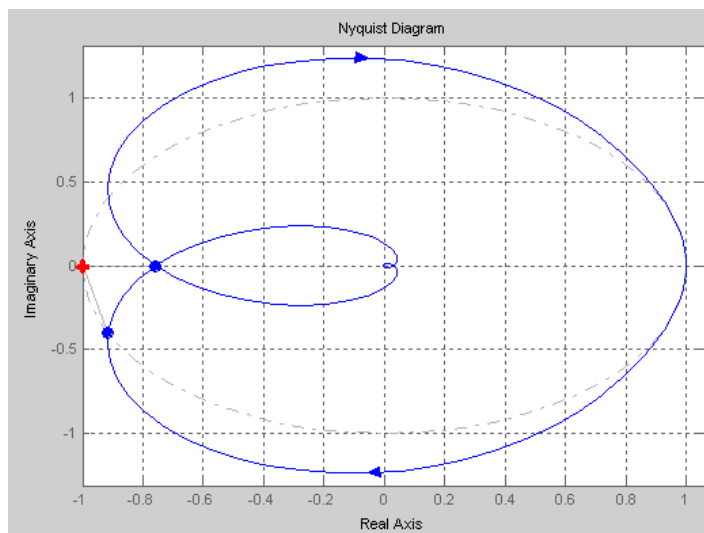


Рисунок 3.9 - Діаграма Найквіста для системи з ПІ-регулятором

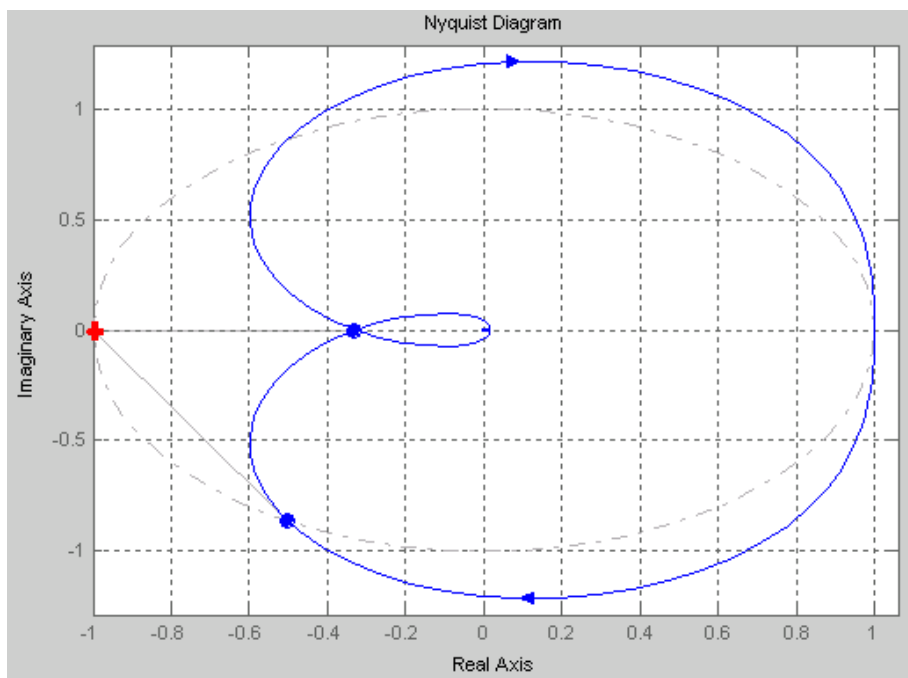


Рисунок 3.10 - Діаграма Найквіста для системи з ПІД-регулятором

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Основною умовою виконання критерію Найквіста є те, що АФХ, $W(j\omega)$ розімкнутого контуру не повинна охоплювати точку з координатами $(-1; j0)$. Отже можемо сказати, що система стабільна.

Оцінка якості керування АСР за даними моделювання

З попередніх тверджень ми знаємо, що автоматична система передусім має бути стійкою. В стійкій системі перехідний процес затухає. Однак для практики не є байдужим характер затухання перехідного процесу. Так, наприклад, якщо перехідний процес затухає помалу, і система довго входить в новий установлений режим, то вона володіє недостатньою швидкістю, і, як наслідок, її застосування буде обмежене. Тому стійкість є необхідною, але недостатньою умовою роботоздатності автоматичних систем. Достатньою умовою є якість перехідних процесів.

Оцінимо якість системи по графіку перехідного процесу, що є реакцією на зовнішній вплив — одинично ступінчатої функції. Основними показниками якості перехідного процесу є перерегулювання та час перехідного процесу.

Графіки перехідних процесів показано на рисунках 4.4 та 4.3 для замкнених систем з ПІ та ПІД-регуляторами відповідно.

З отриманих графіків визначаємо такі параметри якості:

- перерегулювання, або вихід, являє собою максимальне відхилення регульованої величини від встановленого значення:

$$\tau = \frac{x_{\max} - x_{(\infty)}}{x_{(\infty)}} \cdot 100\%,$$

де x_{\max} — максимальне динамічне відхилення регулюючої величини;

$x_{(\infty)}$ — значення регулюючої величини.

Отже підставляючи значення у формулу отримуємо:

– для АСР з ПІ-регулятором:

$$\tau = \frac{1.187 - 1.00}{1.00} \cdot 100\% = 19\%$$

– для САК з ПІД-регулятором:

$$\tau = \frac{1.201 - 1.00}{1.00} \cdot 100\% = 20.1\%$$

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час регулювання визначається тривалістю перехідного процесу - головна характеристика швидкодії системи:

– для АСР з ПІ-регулятором:

$$t_p = 32,9 \text{ с};$$

– для АСР з ПІД-регулятором:

$$t_p = 46,8 \text{ с};$$

Так як час регулювання характеризує швидкість системи, то його стараються звести до мінімуму.

Стійкість системи за її показниками якості визначають за логарифмічним критерієм Найквіста.

Запас стійкості за модулем ΔA визначається по ЛАЧХ розімкнутої системи при частоті, яка відповідає точці перетину ЛФЧХ лінії -180° .

Запас стійкості за фазою визначається за ЛФЧХ при частоті, коли ЛАЧХ перетинає логарифмічну вісь частот:

$$\Delta\varphi = 180^\circ - \varphi(\omega_0);$$

де $\varphi(\omega_0)$ - частота зрізу (частота при якій ЛАЧХ перетинає вісь частот).

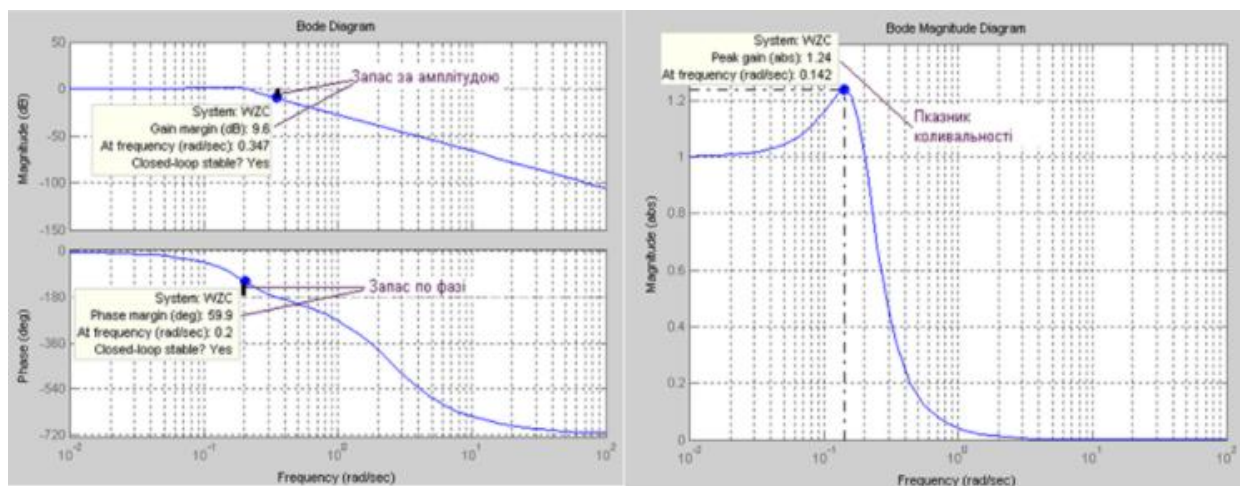


Рисунок 3.11 - АФЧХ АСР з ПІД-регулятором

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

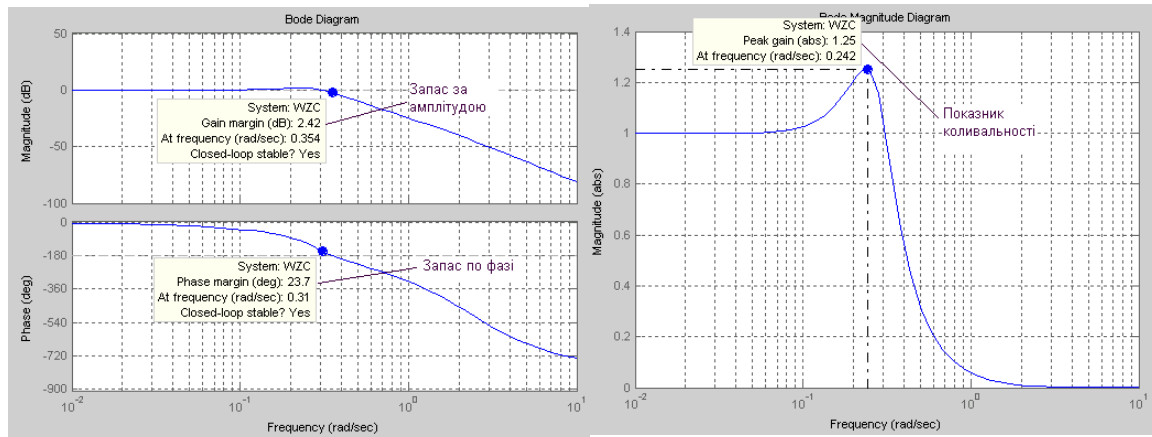


Рисунок 3.12 - АФЧХ АСР з ПІ-регулятор

Проаналізувавши змодельовані логарифмічні характеристики АСР з ПІ та ПД — регуляторами (рисунок 3.10 та 3.9) ми отримали такі результати:

Для АСР з ПІ-регулятором:

Запас стійкості за модулем $\Delta A = 2.42$ dB;

Запас стійкості за фазою -23.7 ;

Показник коливальності $M = 1.25$

Для АСР з ПД – регулятором:

Запас стійкості за модулем $\Delta A = 9.6$ dB;

Запас стійкості за фазою $\Delta\varphi = 59.9^\circ$.

Показник коливальності $M = 1.24$

Таблиця 3.1 Результати аналізу якості роботи системи

Одноконтурна система керування	Показники стійкості				Показники якості	
	Структурна стійкість	Діаграма Найквіста	Запас по амплітуді ΔA , dB	Запас по фазі	Пере-регулювання τ , %	Час регулювання, с
З ПІ регулятором	Стійка	Стійка	2.42	23.7	19	32.9
З ПД регулятором	Стійка	Стійка	9.6	59.9 ⁰	20.1	46.8

Висновки до розділу

В цьому розділі було змодельовано АСК тиску за допомогою програмного пакету MATLAB та розраховано параметри налаштування регуляторів для одноконтурної АСК тиску за методом параметричної оптимізації. Як бачимо з проведеного аналізу на стійкість і якість АСК, що кращою є одноконтурна система регулювання тиску реалізована на ПІД-регуляторі. Хоча вона і має дещо більший час регулювання, проте при використанні ПІД- регулятора ми маємо суттєвий запас за амплітудою та фазою.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБКА ПРОЕКТНОЇ СКЛАДОВОЇ САК

4.1 Вибір технічних засобів автоматизації

Підбір обладнання буде здійснюватися з урахування виробництва підвищеної небезпеки та спираючись на досвід світових лідерів з виробництва продукції для нафтогазових компаній. Слід приділити велику увагу надійності обладнання та можливостям його діагностики.

Також слід взяти до уваги що на перспективу потрібно підбирати обладнання яке зможе працювати з системою комплексної діагностики SIMATIC PDM.

SIMATIC PDM (Process Device Manager) містить набір універсальних інструментальних засобів конфігурації, налаштування параметрів, перевірки, діагностики та обслуговування інтелектуальних приладів польового рівня (датчиків і виконавчих пристроїв) і польових компонентів (віддалених входів / виходів, мультиплексорів, регуляторів і т.д.) . Всі операції виконуються з використанням єдиного інтерфейсу.

Застосування одного пакета SIMATIC PDM дозволяє обслуговувати більше 1000 найменувань приладів виробництва SIEMENS і понад 100 великих виробників подібної апаратури.

У процесі модернізації системи автоматизації трифазного замірного сепаратора було здійснено підбір сучасних та надійних технічних засобів контролю та регулювання, що відповідають вимогам до точності, сумісності з цифровими мережами та забезпечують стабільну роботу в умовах нафтогазової промисловості.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.1 – Датчик рівня Rosemount 2120

Характеристики приладу:

- Тип: Вібраційний рівневий вимикач;
- Матеріал корпусу: Нержавіюча сталь;
- Діапазон температур: від -40 до $+150$ °С;
- Діапазон тиску: до 100 бар;
- Вихідний сигнал: PNP/NPN, 8/16 мА, NAMUR;
- Сертифікація: SIL2 (IEC 61508);
- Переваги: безпечний, без механічних частин, стабільний при зміні середовища;
- Призначення: контроль граничного рівня води або нафти.



Рисунок 4.2 - Сенсор рівня Fisher 249W

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристики приладу:

- Тип: Камерний (поплавковий) рівнемір;
- Фланець: ANSI Class 600;
- Матеріал камери: Вуглецева або нержавіюча сталь;
- Довжина поплавця: 14" – 32";
- Діапазон температур: до 204 °С;
- Переваги: можливість візуального спостереження, визначення інтерфейсу нафта-вода;
- Призначення: безперервний контроль рівня рідини або інтерфейсу фаз.



Рисунок 4.2 - Перетворювач температурний Yokogawa YTA610

Характеристики приладу:

- Тип: Інтелектуальний перетворювач температури;
- Підтримка: HART 7, FOUNDATION Fieldbus;
- Похибка: до $\pm 0,1$ °С;
- Діапазон температур: -200 до $+850$ °С (залежно від типу сенсора);
- Вхідні сигнали: RTD, термопари;
- Сертифікація: SIL2;
- Переваги: самодіагностика, подвійний вхід, цифрова передача;
- Призначення: точне вимірювання температури в технологічному середовищі.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.3 - Датчик диференціального тиску Yokogawa EJA110E

Характеристики приладу:

- Тип: Диференціальний тискомір ;
- Похибка: $\pm 0,055\%$ від діапазону;
- Тиск: до 16 МПа;
- Час реакції: 90 мс;
- Сигнал: 4–20 мА + HART;
- Матеріали: сенсор — монокристалічний кремній;
- Переваги: висока стабільність, точність, надійність;
- Призначення: контроль рівня або тиску в сепараторі.



Рисунок 4.4 - Датчик абсолютного тиску Yokogawa EJA530E

Характеристики приладу:

- Тип: Абсолютний/манометричний тискомір;
- Похибка: до $\pm 0,055\%$ від діапазону;

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Діапазон вимірювання: від 1 кПа до 25 МПа);
- Час реакції: до 90 мс;
- Інтерфейси: HART, Fieldbus, PROFIBUS PA;
- Стабільність: $\pm 0,1\%$ від URL на 10 років;
- Призначення: точний вимір тиску газової фази.



Рисунок 4.5 - Пневматичний регулюючий клапан Yamatake з позиціонером AVP302.

Особливості регулюючого клапану:

- Простий в роботі і вкрай стійкий;
- Не чутливий до коливань і вібрацій;
- Мале споживання повітря;
- Автоматична конфігурація через функцію автоналаштування;
- Діагностика з ПЗ Valstaff® і аналіз переривчастого руху штока;
- Підтримка протоколу HART.

Використання вищевказаних засобів забезпечує високу точність, стабільність, функціональність та безпечну експлуатацію системи автоматизації трифазного сепаратора. Підтримка цифрових протоколів дозволяє ефективно інтегрувати ці пристрої у SCADA-систему на базі TIA Portal, що відповідає сучасним стандартам галузі.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		41

Таблиця 4.1 – Основні характеристики програмованого логічного контролера (ПЛК) та додаткових модулів

Параметр	S7-1200 CPU 1214C	SM 1231 AI 8x13 Bit	SM 1232 AQ 4x14 Bit
Тип пристрою	Центральний процесор (CPU)	Аналоговий вхідний модуль (AI)	Аналоговий вихідний модуль (AQ)
Артикул	6ES7 214-1HG40-0XB0	6ES7 231-4HF32-0XB0	6ES7 232-4HD32-0XB0
Кількість каналів	14 DI / 10 DO / 2 AI	8 AI	4 AQ
Тип сигналу	Цифровий та аналоговий	4–20 мА	4–20 мА
Роздільна здатність	10–12 біт (AI)	13 біт	14 біт
Точність	±0,5%	±0,3%	±0,3%
Гальванічна розв'язка	Відсутня між вбудованими каналами	Відсутня	Відсутня між каналами
Підтримка мереж	PROFINET	–	–
Живлення	24 В DC	Від CPU	Зовнішнє 24 В DC



Рисунок 4.6 – Вигляд станції S7-1200

Для візуалізації та керування процесами замірного трифазного сепаратора необхідно використовувати сучасну SCADA-систему, яка забезпечує:

- відображення поточних параметрів у режимі реального часу;
- архівацію даних;
- сигналізацію аварійних подій;
- дистанційний доступ до керування та діагностики;

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- зручний інтерфейс оператора.

Зважаючи на те, що система автоматизації побудована на базі програмованого логічного контролера Siemens S7-1200, оптимальним вибором є використання середовища TIA Portal з інтегрованим SCADA-рішенням WinCC.

Таблиця 4.2 - Обґрунтування вибору: TIA Portal + WinCC

Критерій	Характеристика
Сумісність	Повна інтеграція з контролерами Siemens (S7-1200, S7-1500)
Гнучкість	Підтримка створення мнемосхем, графіків, таблиць, трендів
Архівація даних	Вбудовані засоби логування, запис у базу даних, експорт у CSV/SQL
Сигналізація	Інтуїтивна система повідомлень про аварії та події
Безпека	Розмежування прав доступу, автентифікація користувачів
Масштабованість	Підтримка від локальних панелей до серверних рішень SCADA/HMI
Протоколи зв'язку	PROFINET, Modbus TCP, OPC UA тощо
Програмне середовище	Об'єднане середовище (PLC + HMI + SCADA) в TIA Portal

4.2 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації буде розроблятися у відповідності до міжнародного стандарту ISA 5.1 (2024) позначення умовні приладів та засобів автоматизації в схемах.

Перед розробкою схеми автоматизації потрібно розробити систему кодування для приладів КВП та прив'язкою до майданчиків або функціонального призначення. На Рисунку 5.2 приклад зображення приладу КВП, де:

XXXX – модифікатор приладу

ZZ – скорочений модифікатор приладу для маркування жил кабелю, див.

Таблицю 4.3

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ММ – кодування майданчику

РР – порядковий номер приладу на майданчику



Рисунку 4.7 - Зображення приладу КВП


Таблиця 4.3 Модифікатор приладу

Позначення	Скорочений модифікатор	Тип приладу
PII	PI	Датчик тиску з індикацією
LII	LI	Датчик рівня з індикацією
TII	TI	Датчик температури з індикацією
FI	FI	Розхід з індикацією
LIC,LIT,LSA	LC,LT,LSA	Клапан регулюючий, Буйковий давач рівня, Сигналізатор аварійного рівня
PII, DPII	PV	Датчик диференційного тиску, Датчик надлишкового тиску
LA	LA	Дзвінок

Для зображення контролеру та електричних або функціональних зв'язків використовують позначення зображене в таблиці 5.3

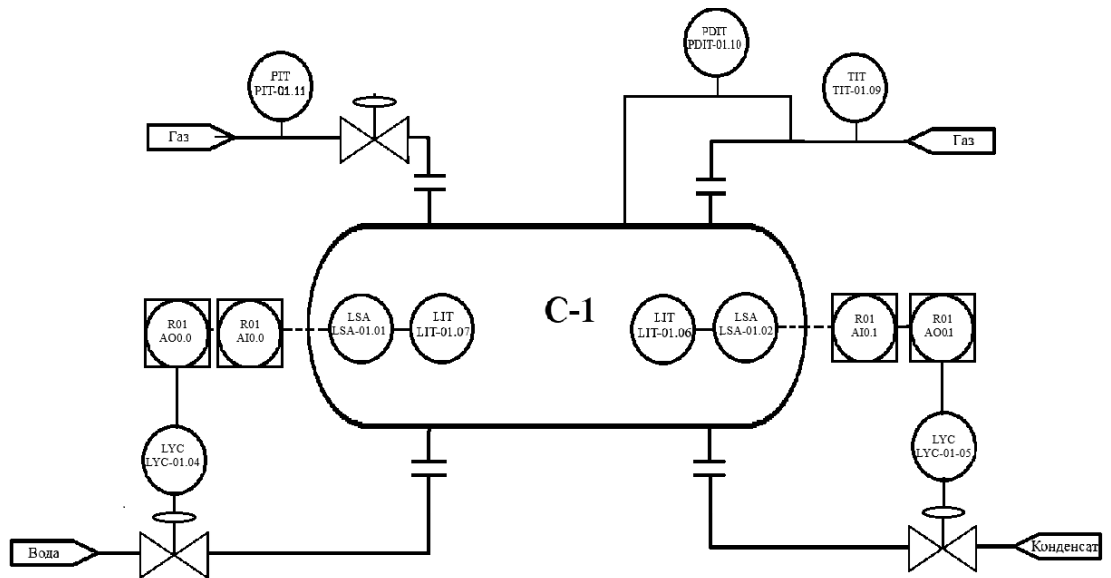
Таблиця 4.4 Зображення контролеру та електричних або функціональних зв'язків

	Підключення приладу кабелем
	Логічний зв'язок між приладом та виконавчим механізмом

	<p>Канал входу/виходу контролера, де:</p> <p>PLC – децентралізована перефрія R01, R02, R03, R04</p> <p>I/O – адреса входу/виходу, де:</p> <ul style="list-style-type: none"> • I.. – дискретний вхід • Q.. – дискретний вихід • AI... – аналоговий вхід • AO... – аналоговий вихід <p>M1, M2 – додаткові модифікатори для зазначення сигналізації датчика або керуючої дії на виконавчий механізм (логічні обробки каналу зв'язку з об'єктом).</p>
---	--

Приклад виконання такої функціональної схеми автоматизації зображений на Рисунку 4.3. Вхідний газовий потік потрапляє до сепаратору С-1 з дослідного колектору. В сепараторі відбувається контроль рівня показуючими рівнемірами LIT-01.07 (Вода) та LIT-01.06 (Конденсат), які підключений до децентралізованої перефрії R01 та каналу аналогового входу з адресою AI0.0 та AI0.1 відповідно. Програмою контролера виконується алгоритм підтримки рівня в сепараторі (контур ПД-регулювання) та поступає вихідна дія на аналоговий вихід з адресою AO0.0 та AO0.1 децентралізованої перефрії R01. До вищезгаданого виходу підключений електропневматичний регулюючий клапан LYC-01.04 та LYC-01.05 за допомогою яких відбувається підтримка рівня в сепараторі. Також при обробці аналогового входу відбувається контроль параметру на предмет виходу його за межі заданих уставок по верхньому та нижньому рівнях (модифікатор Н та L). Також відбувається контроль тиску та температури (PIT-01.11 та TIT-01.09) на виході сепаратора з підключенням до децентралізованої перефрії R01 (аналоговий вхід AI0.2 та AI0.3) з контролем відхилення уставок від норми

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



Рисунку 4.6 - Приклад схеми автоматизації

4.3 Розробка додаткових проектних рішень

Аналогічно розробці функціональної схеми автоматизації розпочнемо з формулювання правил маркування жил кабелів та кабелів. За осново візьмемо дані з таблиць функціональної схеми автоматизації.

Маркування жил.

ZZ-MM.PP/W – формат маркування жил, де

ZZ – скорочений модифікатор приладу для маркування жил кабелю, див.

Таблицю 5.1

MM – кодування майданчику, див. Таблицю 4.4

PP – порядковий номер приладу на майданчику

W – модифікатор жили, можливі варіанти: «+», «-», «з», «0»..«99», тощо.

Маркування кабелю

MM.PP/U – формат маркування кабелю від датчику, де

MM – кодування майданчику, див. Таблицю 4.4

PP – порядковий номер приладу на майданчику

U – порядковий номер кабелю.

MM/КК/U – формат маркування кабелю від клемного ящика, де

MM – кодування майданчику з якого іде кабель, див. Таблицю 4.4

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для живлення щиту управління використовуємо три однакові незалежні резервовані системи живлення для забезпечення роздільного та надійного живлення компонентів щитів управління. Перша система живлення буде забезпечувати живлення контролеру та модулів вводу/виводу, друга система живлення буде забезпечувати живлення датчиків та виконавчих механізмів без індуктивного навантаження (сигналізатори рівня, зовнішні кола дискретних вводів), третя система живлення буде живити датчики та виконавчі механізми з індуктивним навантаженням (соленоїди, котушки реле то що). Принципова схема однієї системи живлення зображена на Рисунку 4.8, до неї входять два блоки живлення з 220В змінного струму на 24В постійного на 10А (G201, G202 - SITOP SMART 24 V/10 A), блок безперебійного живлення 24В постійного струму з акумуляторною батареєю (G203 - SITOP DC-USV-MODUL 15A, G204 - SITOP BATTERIEMODUL 24 V/3,2 AH) та блок резервування напруги 24В (G205 - SITOP REDUNDANZMODUL). Така система забезпечує високу надійність системи та дозволяє проводити заміну або обслуговування обладнання без перебою в живленні.

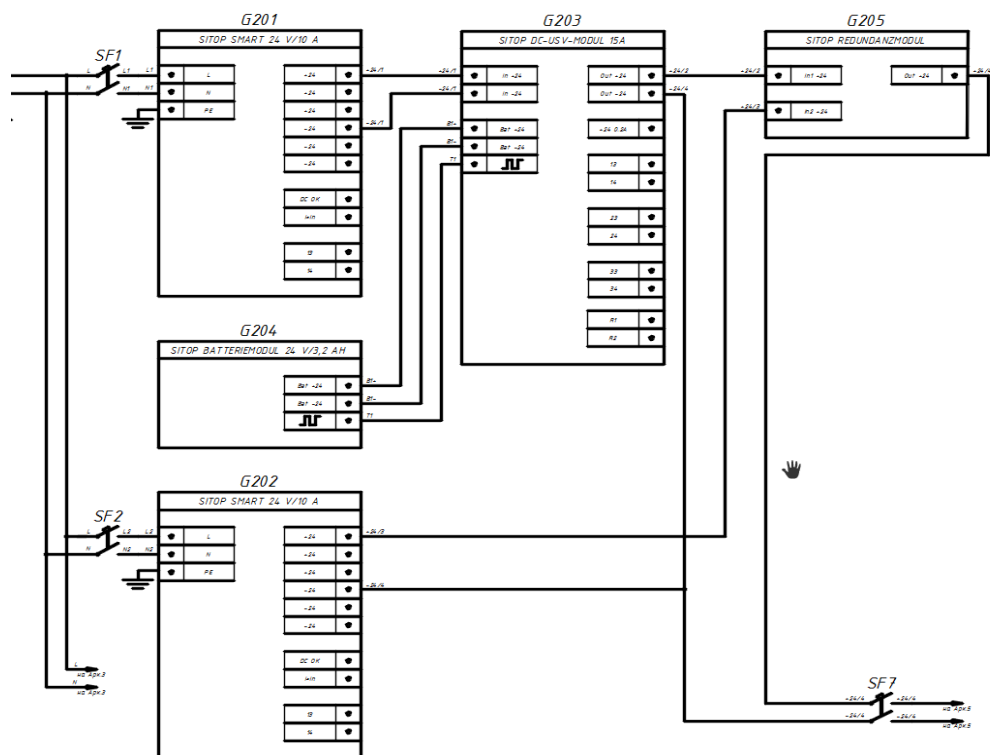


Рисунок 4.8 - Принципова схема живлення

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Таблиця 4.5 Конфігурація модулів вводу/виводу

№ з/п	Тип модуля	Позначення	Призначення	Кількість каналів
1	Аналоговий ввід	SM 1231 (6ES7 231-4HF32-0XB0)	Зчитування аналогових сигналів від датчиків (4–20 мА)	4 AI
2	Аналоговий вивід	SM 1232 (6ES7 232-4HD32-0XB0)	Передача аналогових сигналів до виконавчих пристроїв	2 AQ
3	Дискретний ввід	DI 8x24VDC ST	Зчитування стану кнопок, кінцевих вимикачів, сигналів від датчиків	8 DI
4	Дискретний вивід	DO 8x24VDC/0.5A ST	Керування клапанами, реле, лампами сигналізації	8 DO
5	Інтерфейсний модуль	IM 155-6 PN ST (ET 200SP)	Комунікація з децентралізованою периферією по PROFINET	—

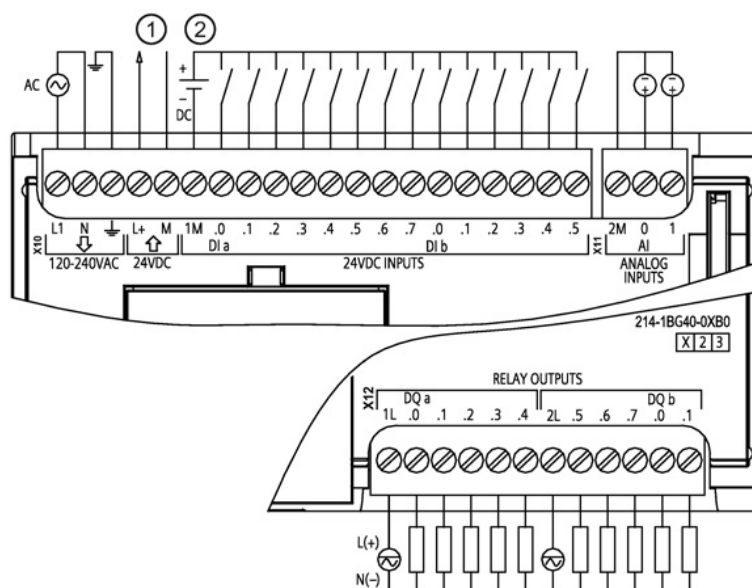


Рисунок 4.9 – Схема підключень контролера

									Арк
									49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ				

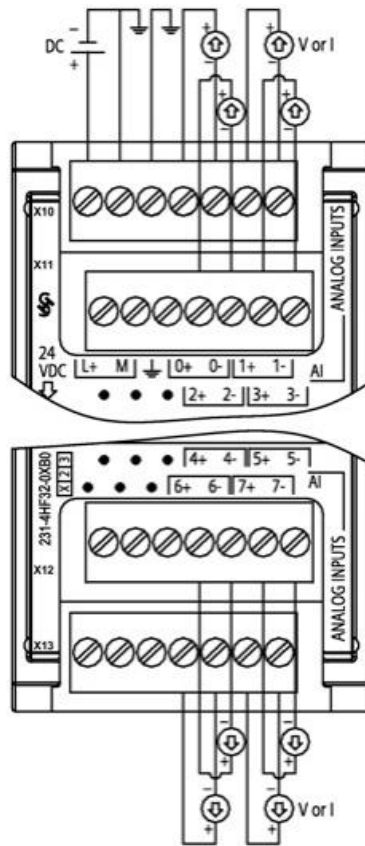


Рисунок 4.10 – Схема підключення модуля АІ

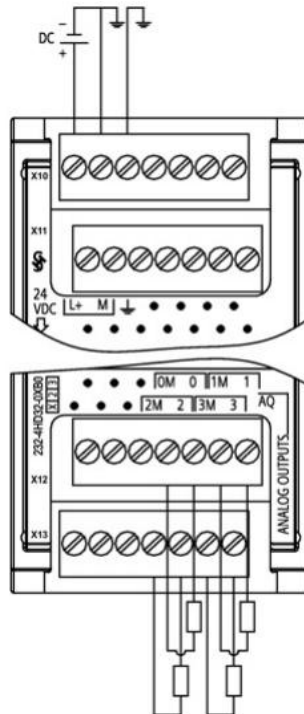


Рисунок 4.11 – Схема підключення модуля АО

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ

Арк

50

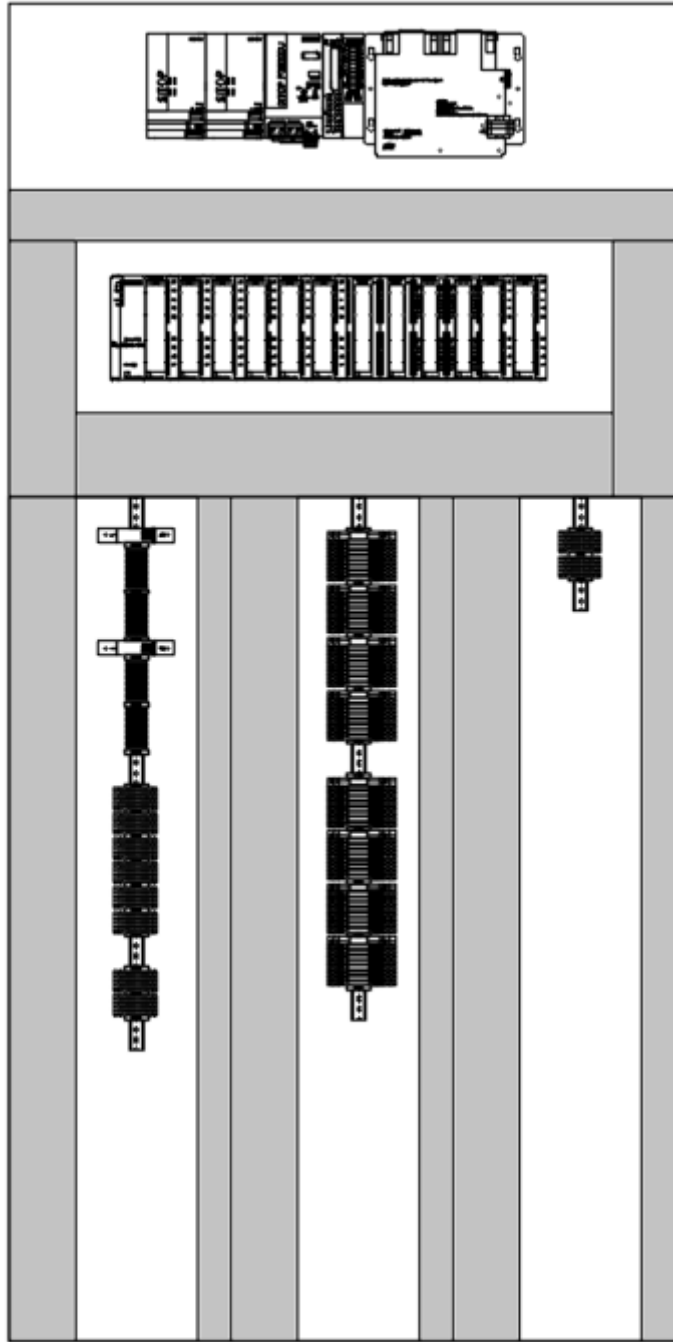


Рисунок 4.12 - Зовнішній вигляд панелі R01

4.4 Розробка проектних рішень для верхнього рівня

Мета розробки

Верхній рівень системи автоматизації є ключовим компонентом, що відповідає за візуалізацію, моніторинг, аналітику, зберігання та передачу даних про стан технологічного процесу. Основною метою цього рівня є оперативне

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

прийняття рішень, забезпечення інформування обслуговуючого персоналу та керівництва, а також інтеграція з іншими системами управління підприємством.

Вибір архітектури

Зважаючи на специфіку об'єкта (замірний трифазний сепаратор), розроблена клієнт-серверна архітектура SCADA-системи, що включає такі компоненти:

ПЛК Siemens S7-1200 (CPU 1214C) — польовий рівень збору даних та виконання логіки керування.

SCADA-сервер WinCC (TIA Portal) — обробка та зберігання технологічних параметрів, побудова візуальних інтерфейсів.

WinCC RT Professional — локальний доступ до основних параметрів процесу на місці.

Операторське робоче місце (клієнт) — для керування, спостереження та аналізу в режимі реального часу.

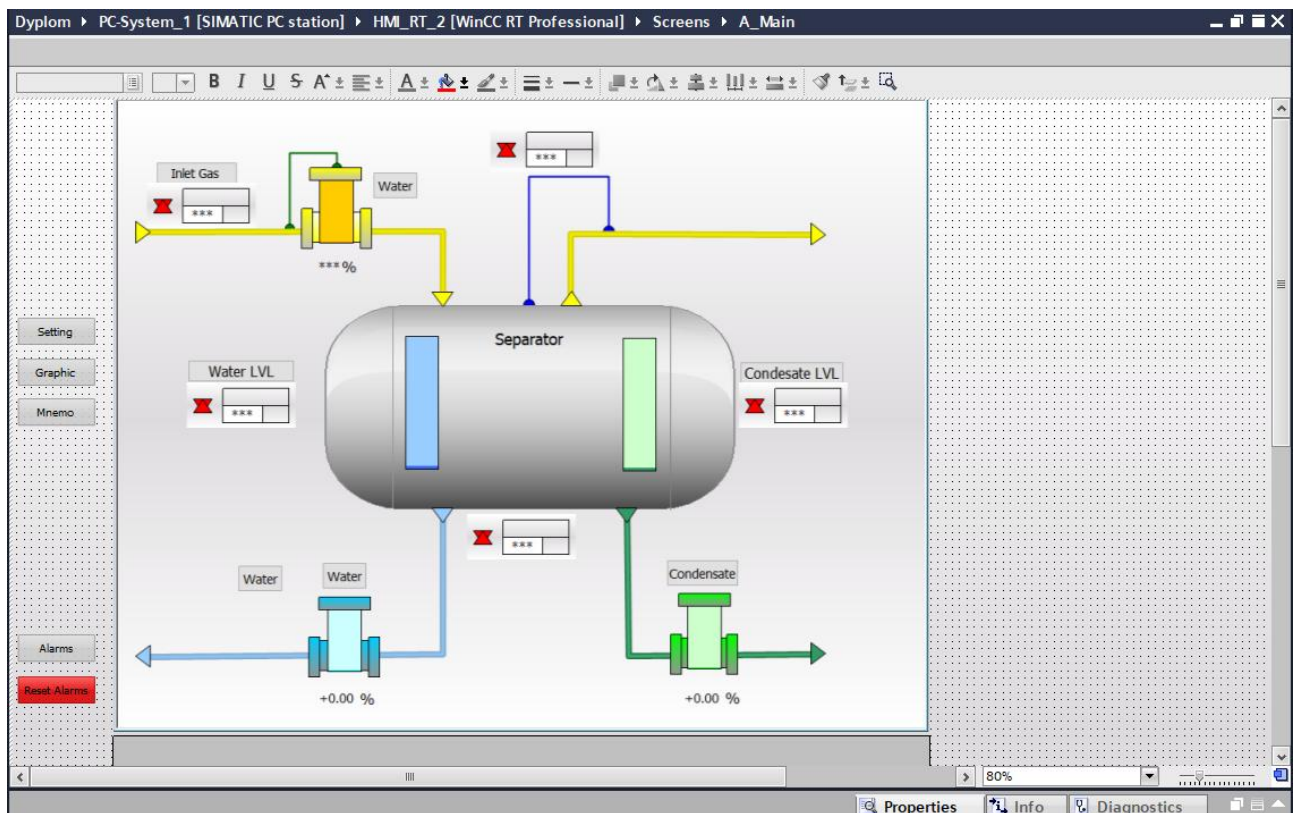


Рисунок 4.13 - Вікно редагування мнемосхеми

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ

Арк

52

Основні функції верхнього рівня:

Візуалізація технологічного процесу:

графічні мнемосхеми роботи сепаратора;

динамічне відображення рівня, тиску, температури;

анімація стану виконавчих механізмів (клапанів, насосів тощо).

Журналювання та архівація:

збереження даних про основні параметри (з періодичністю 1 с або 10 с);

архів аварій, збоїв, сервісних подій;

експорт даних для аналізу у форматах CSV/SQL.

Система повідомлень та аварійних сигналів:

виведення текстових та звукових сповіщень;

колірна індикація відхилень від норм.

Права доступу та безпека:

багаторівнева система авторизації (оператор / майстер / інженер);

захист конфігурації та налаштувань.

Інтеграція з іншими системами:

підтримка стандартних протоколів (OPC UA, Modbus TCP, SQL);

можливість передачі даних до MES/ERP-рівня підприємства.

Зовнішній вигляд всіх мнемосхем та додаткових вікон взаємодії з користувачем зображено в графічній частині БР АКП 02.00.00.000.05

4.5 Розробка програмного забезпечення для PLC

Розробку програми контролеру будемо здійснювати в програмному комплексі TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) – це інтегроване середовище розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів від рівня приводів і контролерів до рівня людино-машинного інтерфейсу. Є втіленням концепції комплексної автоматизації (англ. Totally Integrated Automation) і еволюційним розвитком сімейства систем автоматизації Simatic компанії Siemens AG.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програмування людино-машинного інтерфейсу SIMATIC HMI, тобто операторської станції (ОС) виконується за допомогою SCADA-системи на основі WinCC . При його допомозі здійснюється візуалізація технологічного процесу, записуються архіви аналогових сигналів, реалізована система попереджувальних та аварійних повідомлень.

Зовнішній вид вікна TIA Portal зображений на Рисунку 4.14

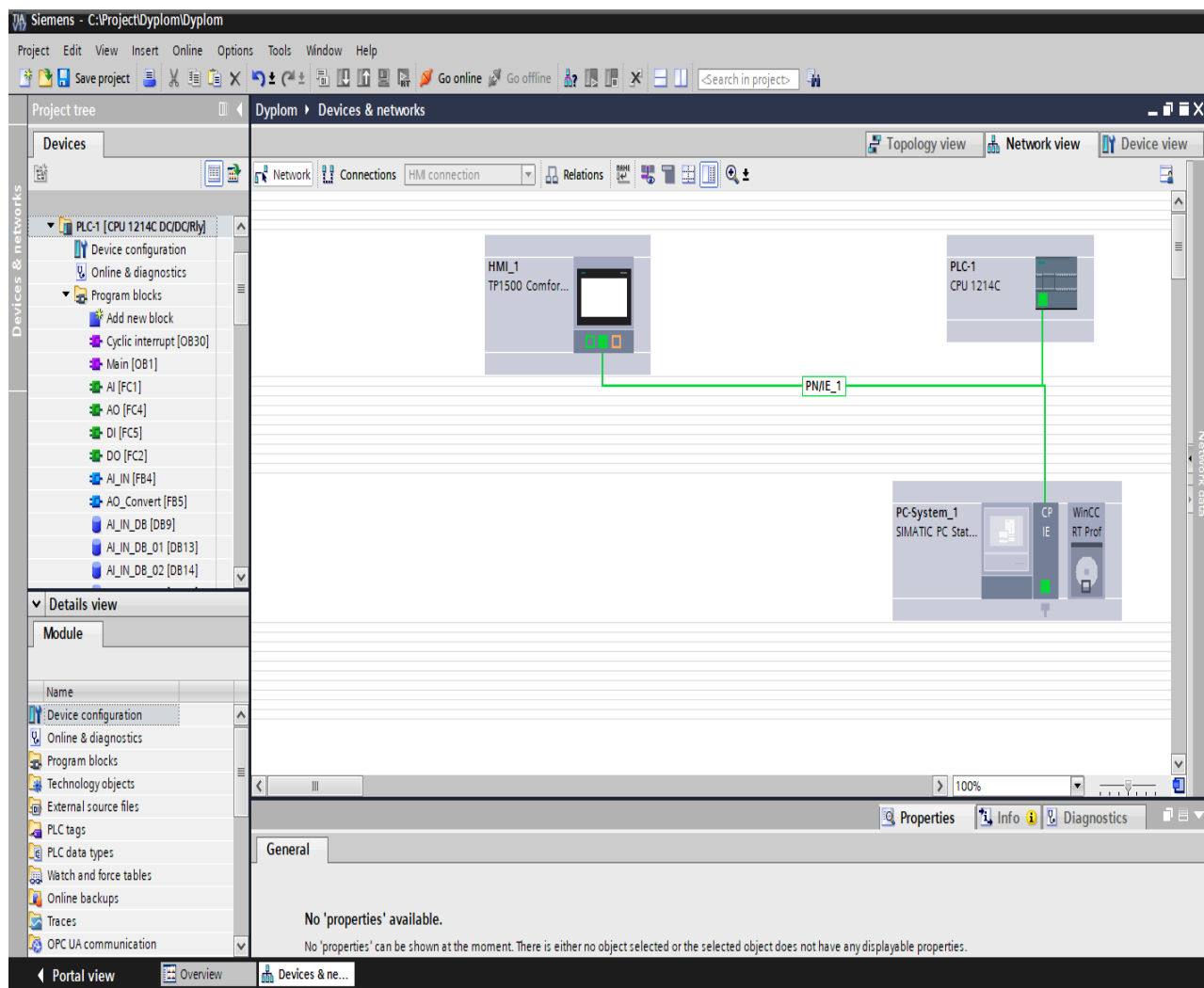


Рисунок 4.14 - Вікно TIA Portal.

Вікно поділено на декілька робочих зон. В лівій частині вікна зображено дерево проекту звідки ми можемо проводити програмування та конфігурацію процесорного модулю та модулів вводу-виводу. В правій частині екрану розташовані каталоги та бібліотеки для використання в середині проекту. В центральній частині вікна розташована основна робоча зона, вона може змінюватися від виконуваних задач.

									Арк
									54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Перед початком програмування спочатку потрібно сконфігурувати апаратні засоби системи АСУ ТП до яких відносяться модулі вводу-виводу, процесорний модуль, інтерфейсні зв'язки то що.

Після закінчення конфігурації апаратної частини потрібно прописати таблицю символів для входів та виходів контролера для зручного програмування та оперативного співставлення каналу до датчику або виконавчого механізму, вікно 3, так званую, таблицю символів зображене на рисунку 4.15.

Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Access...	Writa...	Visibl...	Comment
1 PLC_DI_01	Default tag table	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	K1 Sign nadl tisku (LSA-01.01)
2 PLC_DI_02	Default tag table	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	K2 Sign nadl tisku (LSA-01.02)
3 PLC_DI_03	Default tag table	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	K3 Stan clapanu (LSA-01.13)
4 PLC_DI_04	Default tag table	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5 PLC_DI_05	Default tag table	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6 PLC_DI_06	Default tag table	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sign nadl tisku (LSA-01.03)
7 PLC_DI_07	Default tag table	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8 PLC_DI_08	Default tag table	Bool	%I0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9 PLC_DI_09	Default tag table	Bool	%I1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10 PLC_DI_10	Default tag table	Bool	%I1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11 PLC_DI_11	Default tag table	Bool	%I1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12 PLC_DI_12	Default tag table	Bool	%I1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13 PLC_DI_13	Default tag table	Bool	%I1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14 PLC_DI_14	Default tag table	Bool	%I1.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15 PLC_AI_01	Default tag table	Int	%IW64		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16 PLC_AI_02	Default tag table	Int	%IW66		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17 AI_01_01	Default tag table	Int	%IW104		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Diff pressure (PDIT-01.10)
18 AI_01_02	Default tag table	Int	%IW106		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pressure (PIT-01.11)
19 AI_01_03	Default tag table	Int	%IW108		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperature (TIT-09)
20 AI_01_04	Default tag table	Int	%IW110		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21 AI_01_05	Default tag table	Int	%IW112		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22 AI_01_06	Default tag table	Int	%IW114		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23 AI_01_07	Default tag table	Int	%IW116		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Level kond (LIT-01.07)
24 AI_01_08	Default tag table	Int	%IW118		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Level water (LIT-01.06)
25 PLC_DQ_1	Default tag table	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	K1
26 PLC_DQ_2	Default tag table	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	K2
27 PLC_DQ_3	Default tag table	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28 PLC_DQ_4	Default tag table	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Klapan regul (LYC-01.04)
29 PLC_DQ_5	Default tag table	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Klapan regul (LYC-01.05)
30 PLC_DQ_6	Default tag table	Bool	%Q0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рисунок 4.15 – Таблиця символів

Після виконання попередніх кроків ми можемо розпочати програму керування технологічним процесом, але перед цим розглянемо основні елементи програми в середовищі TIA Portal.

Основні елементи та їх призначені вказані в Таблиці 4.6

Таблиця 4.6 Елементи структури програми в TIA Portal

Тип блоку	Призначення
-----------	-------------

ОВ	Організаційні блоки в яких виконуються програми та з яких здійснюється виклик підпрограм. З організаційних блоків, ми можемо реагувати на циклічні, погодинні або переривання по події під час виконання програми. Для нашої програми будуть використані наступні блоки: ОВ1 – Головний цикл програми ОВ35 – Циклічне переривання (кожну 1с.)
ФВ	Функціональні блоки представляють собою блоки коду, які зберігають свої значення постійно в блоках даних примірника, так що вони залишаються доступними після того, як блок був виконаний.
ФС	Функції представляють собою блоки коду або підпрограми без виділеної пам'яті.
ДВ	Блоки даних слугують для збереження даних (змінних) виконання програми.

Програма контролеру буде складатися з двох «гілок». Перша гілка буде виконуватися у «вільному» циклі в середині організаційного блоку ОВ1, дана частина буде виконуватися безперервно циклічно. Друга гілка буде виконуватися періодично кожну одну секунду, це потрібно для роботи блоків ПД регулятора і коректного розрахунку інтегральної та пропорційної складової ПД регуляторів.

Структура програми в середовищі ТІА Portal зображена на Рисунку 5.25. В головній гілці програми будуть виконуватися підпрограми обробки аналогових вхідних сигналів, їх перерахунок з коду АЦП в технічні одиниці та визначення їх меж, підпрограми формування аварійних сигналів закриття вхідних засувки при перевищенні тиску в шлейфі, підпрограми блокування насосів при прориві мембрани та максимальному тиску нагнітання на виході насосу та підпрограми роботи дискретних клапанів.

Для роботи програми були використані стандартні бібліотечні функції програмного середовища ТІА Portal.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Call structure	Address	Details	Local data (in path)	Local data (for blocks)
1 Main	OB1		0	0
2 AI	FC1	@Main ▶ NW1	0	0
3 AO	FC4	@Main ▶ NW3	0	0
4 Common (Global DB)	DB8	@Main ▶ NW5	0	0
5 Common (Global DB)	DB8	@Main ▶ NW5	0	0
6 DI	FC5	@Main ▶ NW2	0	0
7 DO	FC2	@Main ▶ NW4	0	0
8 Cyclic interrupt	OB30		0	0
9 AI_IN_DB_07 (Instance DB of AI_IN)	DB22	@Cyclic interrupt ▶ NW1	0	0
10 AI_IN_DB_08 (Instance DB of AI_IN)	DB23	@Cyclic interrupt ▶ NW2	0	0
11 PID_Compact, PID_Compact_2	FB1130, DB2	@Cyclic interrupt ▶ NW2	0	0
12 PID_Compact, PID_Compact_3	FB1130, DB19	@Cyclic interrupt ▶ NW1	0	0
13 Data_block_1 (Global DB)	DB1		0	0
14 AI_IN_DB (Instance DB of AI_IN)	DB9		0	0

Рисунку 4.16 - Структура програми ПЛК.

Результати роботи програми будуть заноситися в блоки даних(DB) приклад блоку даних для аналогового сигналу зображений на Рисунку 4.12, в блоках даних значення зберігаються між циклами програми в енергонезалежній пам'яті та можуть використовуватися в різних частинах програми. Слід звернути увагу на те, що за допомогою блоків даних відбувається обмін інформацією з верхнім рівнем. Кожен блок даних має свій унікальний номер та всередині блоку даних кожна змінна має свою адресу, це дозволяє однозначно ідентифікувати змінну процесу в SCADA системі.

Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1 Input								
2 IN_AI	Int	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3 Press_Max	Int	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4 Press_Min	Int	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5 Output								
6 AI_Value	Real	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7 DQ_01	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8 DQ_02	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9 InOut								
10 Static								
11 Reset_Alarm	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12 Diap_Max	Int	27648	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13 Diap_Min	Int	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14 Scale_Min	Real	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15 Scale_Max	Real	100.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16 AI_mA	Real	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17 TP_0	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18 TP_1	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19 TON_0	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20 TON_1	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21 TON_2	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22 TON_3	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23 TON_4	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24 TON_5	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
25 TON_6	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
26 TON_7	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
27 TON_8	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
28 Time0	IEC_TIMER		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
29 Change_Of_Outputs	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
30 Reset0	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Рисунок 4.17 - Блок даних аналогового сигналу

Для роботи з мнемосхемами використовується вікно редактору мнемосхем. Приклад такого вікна зображено на Рисунку 4.17. Редактор мнемосхем являє собою векторний редактор з бібліотекою графічних об'єктів як статичних так і динамічних. Модуль відображення графіки в програмному пакеті WinCC є досить потужним та дозволяє створювати мнемосхеми будь якої складності. Якщо стандартних бібліотек недостатньо, можлива розробка власних об'єктів та створення нових об'єктів з групи інших об'єктів.

4.6 Оцінка проектної надійності.

Проаналізуємо роботу розробленої системи з точки зору надійності та готовності системи на прикладі резервованої системи живлення.

Структурна схема резервованого живлення зображена на Рисунку 4.14. Система живлення складається з двох паралельних блоків живлення (G1), блоку резервування живлення за допомогою акумуляторної батареї (G2) та блоку гарячого резервування (G3).

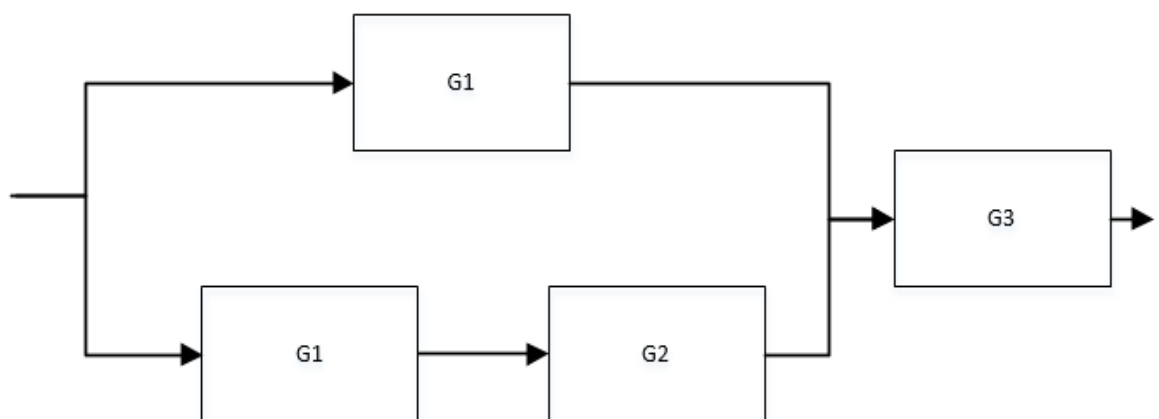


Рисунок 4.18 - Схема живлення для розрахунку надійності.

В таблиці 4.7 вказані прилади та каталожні дані напрацювання на відмову.

Таблиця 4.7 Дані по напрацювання на відмову.

Позиція	Прилад	Напрацювання на відмову (років) MTBF
G1	SITOP SMART 24 V/10 A	161
G2	SITOP DC-USV-MODUL 15A	90
G3	SITOP REDUNDANZMODUL	739

На основі каталожних даних розрахуємо показники надійності на 10 років роботи системи.

Для розрахунку коефіцієнту надійності роботи використаємо формулу:

$$P(t) = \exp\left(\frac{-t}{MTBF}\right) \quad (4.1)$$

Для розрахунку коефіцієнту відмов використаємо формулу:

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (4.2)$$

Для розрахунку інтенсивності відмови використаємо формулу:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (4.3)$$

Результати розрахунку занесемо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 Розрахункові показники надійності.

Позиція	$P(10)$	$Q(t)$	λ
G1	0,940	0,060	7,10832E-07
G2	0,895	0,105	1,264E-06
G3	0,987	0,013	1,5452E-07

Імовірність безвідмовної роботи послідовних блоків живлення G1 та G2:

$$p(t) = \prod_{j=1}^n p_j(t) = 0,94 * 0,895 = 0.841 \quad (4.4)$$

Імовірність безвідмовної роботи паралельних блоків живлення G1 та G2:

$$p(t) = 1 - \prod_{j=1}^n [1 - p_j(t)] = 1 - [1 - 0.94] * [1 - 0.841] = 0.990 \quad (4.5)$$

Імовірність роботи всієї системи живлення складає:

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$p(t) = \prod_{j=1}^n p_j(t) = 0.987 * 0.99 = 0.977 \quad (4.6)$$

На основі отриманих даних розрахуємо напрацювання на відмову всієї системи:

$$MTBF = \frac{Ln(p(t))}{-t} = \frac{Ln(0.977)}{-10} = 432 \quad (4.7)$$

Отже напрацювання на відмову розробленої системи живлення складає 432 роки. Графік, даної системи, ймовірності роботи та відмови на 1000 років зображений на Рисунку 4.19

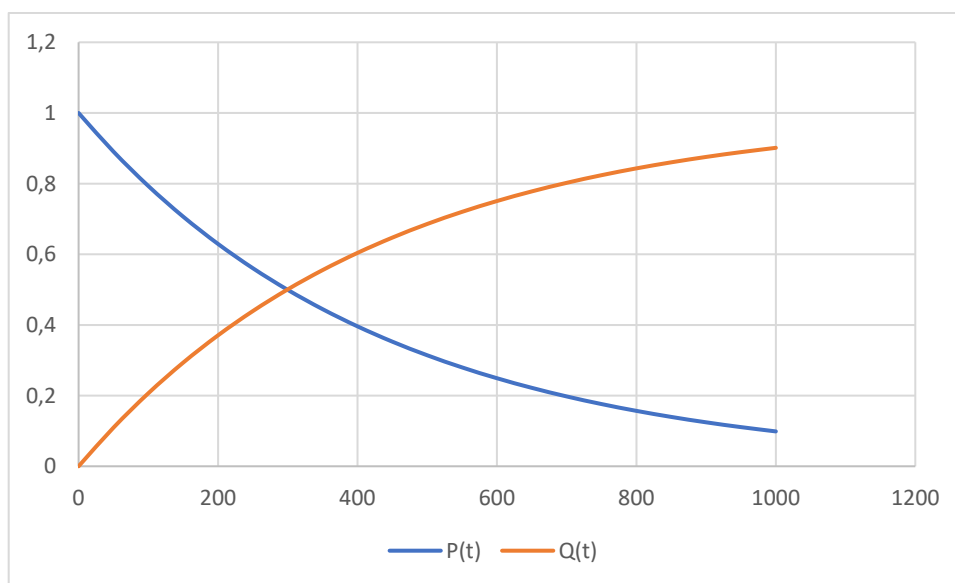


Рисунок 4.19 - Графік ймовірності роботи та відмови на основі отриманих даних.

Оцінка проектної надійності системи автоматизації

Для оцінки проектної надійності системи автоматизації трифазного замірного сепаратора було визначено основні елементи системи та їх середній час безвідмовної роботи ($T_{ср}$).

Таблиця 4.9 – Основні компоненти та їхні характеристики надійності

Компонент	Модель / Тип	$T_{ср}$, год
Датчик рівня	Rosemount 2120	100 000
Датчик тиску	Yokogawa EJA110E	120 000
Датчик температури	Yokogawa YTA610	100 000
Регулюючий клапан	Yamatake AVP302	80 000

Продовження таблиці 4.9

PLC	Siemens S7-1200 (CPU 1214C)	120 000
Модулі введення/виведення	Siemens SM1231 / SM1232	100 000
SCADA	ПК з WinCC RT Professional	90 000

Розрахунок інтенсивності відмов для кожного елемента виконується за формулою:

$$\lambda = 1 / T_{cp}$$

Загальна інтенсивність відмов для системи:

$$\lambda_{заг} = \sum \lambda_i = 0.00007027 \text{ 1/год}$$

Ймовірність безвідмовної роботи системи протягом часу t обчислюється як:

$$P(t) = e^{(-\lambda \cdot t)}$$

Для $t = 1000$ годин маємо:

$$P(1000) = e^{(-0.00007027 \cdot 1000)} \approx 0.9322$$

Ймовірність безвідмовної роботи системи автоматизації протягом 1000 годин становить приблизно 93.2 %, що відповідає вимогам надійності для промислових систем керування.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

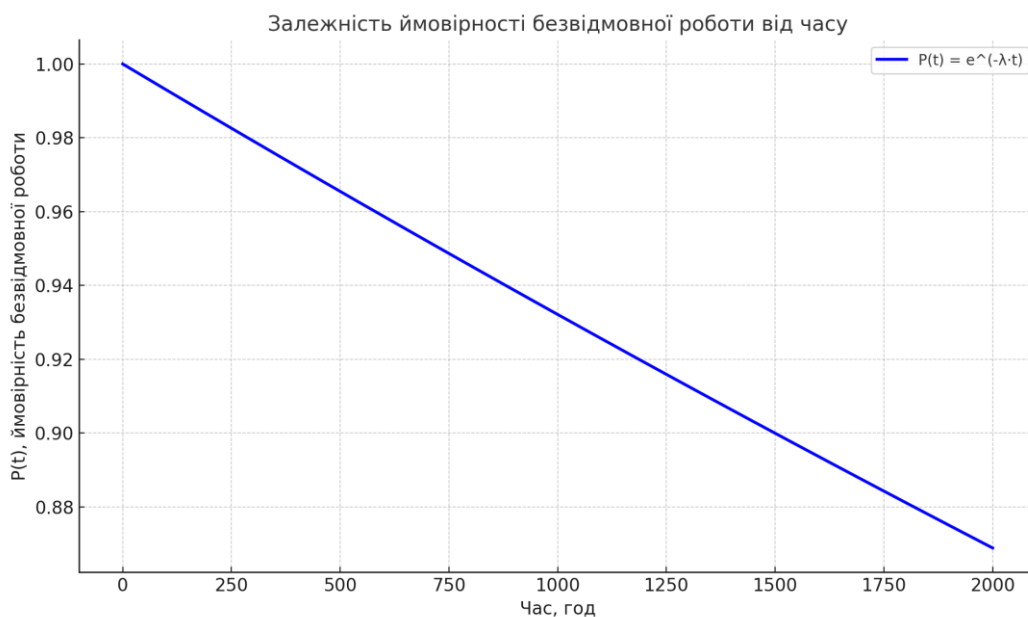


Рисунок 4.20 Залежність ймовірності безвідмовної роботи від часу

Висновки до розділу

В даному розділі була розроблена схема функціональної системи атоматизації замінного трифазного сепаратора. На основі розроблених схем був проведений підбір технічних засобів атоматизації та розроблені схеми зовнішніх з'єднання та запроектований щит управління. Було проведення програмування контролера Simatic S7-1200 який встановлено в щиті управління та адаптація існуючої системи верхнього рівня до нового контролера. Для частини розробленої системи були проведені розрахунки надійності обладнання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи було всебічно розглянуто та реалізовано удосконалення системи автоматизації технологічного процесу замірного трифазного сепаратора з урахуванням сучасних вимог до інформаційної відкритості, надійності, діагностичності та масштабованості автоматизованих систем керування.

Проведений аналіз підтвердив, що існуючі морально та фізично застарілі системи АСУ ТП не забезпечують необхідного рівня оперативності, достовірності та інтеграції із загальнозаводськими та корпоративними системами управління. У зв'язку з цим актуальним є перехід на новітні технічні та програмні засоби автоматизації, здатні не лише здійснювати контроль і регулювання, але й забезпечувати взаємодію із системами вищого рівня (MES, ERP), а також передачу технологічної інформації до офісних підрозділів підприємства.

В рамках роботи було реалізовано:

Вибір сучасних контрольно-вимірювальних приладів, що забезпечують точність вимірювань і можливість дистанційної діагностики;

Вибір програмованого логічного контролера Siemens S7-1200 з відповідними модулями вводу/виводу;

Розробку проектних рішень для верхнього рівня SCADA-системи на базі WinCC Runtime Professional, яка забезпечує повноцінну візуалізацію, архівацію, аварійну сигналізацію та захист доступу;

Врахування можливості масштабування та інтеграції з системами цифрового виробництва, зокрема через підтримку протоколів HART, OPC UA та використання таких інструментів, як Simatic PDM чи AMS Studio.

Удосконалення системи АСУ ТП передбачає зменшення кількості збоїв, підвищення точності, швидкодії та загальної ефективності роботи установки, а також зменшення експлуатаційних витрат. Особливу увагу приділено підвищенню рівня безпеки та надійності технологічного процесу.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, розроблена система повністю відповідає сучасним вимогам автоматизації промислових об'єктів та створює основу для подальшої цифрової трансформації підприємства, сприяючи підвищенню ефективності виробництва, прозорості керування та стратегічного розвитку підприємства в цілому.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. ДСТУ Б А.2.4-1:2009 Умовні зображення і позначки трубопроводів та їх елементів. [Електронний ресурс] . – URL:
https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_a_2_4_8/5-1-0-1154
2. ДСТУ Б А.2.4-3:2009 Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. [Електронний ресурс] . – URL:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25396
3. ДСТУ Б А.2.4-4:2009 Основні вимоги до робочої та проектної документації. [Електронний ресурс] . – URL:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25079
4. ДСТУ Б А.2.4-16:2008 Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. [Електронний ресурс] . – URL:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25075
6. ISA 5.1 (2009) Зображення умовні приладів та засобів автоматизації на схемах
7. СНіП 3.05.07-85 Системи автоматизації
8. ВБН В.2.5-00018201.01.01-96 Основні положення по комплексній автоматизації і телемеханізації об'єктів нафтогазового комплексу. Розділ 1. Газова промисловість. Частина 1. Видобуток газу.
9. ВБН В.2.5-00018201.01.02-96 Основні положення по комплексній автоматизації та телемеханізації об'єктів нафтогазового комплексу. Розділ 1. Газова промисловість. Частина 2. Транспорт газу.
10. ДСТУ 2709-94 Автоматизовані системи управління технологічними процесами. Метрологічне забезпечення. Основні положення. [Електронний ресурс] . – URL:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25701
11. ДСТУ 3215-95 Метрологія. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення. [Електронний ресурс] . – URL:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=57927

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. [Електронний ресурс] . – URL:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61937
13. Когутяк М.І. Виконавчі пристрої автоматичних систем керування в нафтогазовій промисловості: Навч. посіб. Івано-Франківськ: Факел,2003.-228с.
14. Когутяк М.І. Автоматизація неперервних технологічних процесів в нафтовій і газовій промисловості: Навч. посіб. Івано-Франківськ: Факел,2003.-228с.
15. Романенко В.Д Методи автоматизації промислових технологій. Підручник: Вища школа, 1995.-519с.
16. Бобух А.О. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посіб. - Харків: ХНАМГ, 2006.-185с.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

1. БР 02.00.00.000.02 - Результати експериментального дослідження об'єкта.
2. БР 02.00.00.000.03 - Синтез одноконтурної АСР.
3. БР 02.00.00.000.05 – Схеми зовнішніх з'єднань.
4. БР 02.00.00.000.06 – Креслення відеокадрів.
5. БР 02.00.00.000.07 - Компоновка шафи.

					БР.АКП-02.00.00.000 ПЗ	Арк
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		