

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Автоматизація процесу зрідження біогазу»

Здобувача групи СУ-91/4-0

Затулія Олексія Валерійовича

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

(підпис)

Затулій Олексій

Керівник Кандидат технічних наук, доцент Георгій Кулінченко
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	4		
3			Анотація	1		
4	A4	СУ-91/4-0 6.151.01 ПЗ	Пояснювальна записка	53		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A1	СУ-91/4-0 6.151.10 А2	Система. Функціональна схема автоматизації	1		
6	A4	СУ-91/4-0 6.151.10 ПЕ	Система. Перелік елементів	5		
8	A4	СУ-91/4-0 6.151.10 А3	Схема принципово-електрична	20		

					СУ-91/4-0.6.151.10.ДП								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизація процесу зрідження біогазу <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Лім.</td> <td>Арк.</td> <td>Листів</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2</td> <td>65</td> </tr> </table>			Лім.	Арк.	Листів		2	65
Лім.	Арк.	Листів											
	2	65											
Розроб.		Затулій О. В.											
Перевір.		Кулінченко Г. В.											
Реценз.													
Н. Контр.													
Затвердив		Петро ЛЕОНТЬЄВ			СумДУ, СУ-91/4-0								

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2023 р.

Завдання

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти
Затулія Олексія Валерійовича

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизація процесу зрідження біогазу
затверджена наказом ректора СумДУ № 0236-VI від " 14 " квітня 2023 р.
2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 06" травня 2023 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
статті, каталоги, технічна документація, список літературних джерел з матеріалами опису і автоматизації технологічного процесу
4. Зміст кваліфікаційної роботи:
Система автоматизованого керування процесу зрідження біогазу, вибір засобів автоматизації, розробка SCADA – системи.
5. Перелік графічних матеріалів: 30 рисунків, 13 таблиць.
6. Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури.	21.04.23 -22.04.23
2	Аналіз предметної області. Область застосування	23.04.23 – 24.04.23
3	Провести опис об'єкту автоматизації	25.04.23-01.05.23
4	Обґрунтувати вибір обладнання для проекту	02.05.23-06.05.23
5	Створити пакет необхідної документації	07.05.23-14.05.23
6	Розробка SCADA системи	15.05.23 – 25.05.23
7	Оформити пояснювальну записку до проекту. Здача проекту керівнику	26.05.23 – 3.06.23

7. Дата видачі завдання " _19_ " лютого 2023 р.

Керівник проекту:

Кандидат технічних наук, доцент
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

(підпис)

Георгій Кулінченко
(ім'я та прізвище)

Здобувач:
студент гр. СУ-91/4-0

(підпис)

Олексій Затулій
(ім'я та прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматизації процесу зрідження біогазу

Розробник:

Студент групи СУ-91/4-0

Затулій О.В

Керівник проекту

Кандидат технічних наук, доцент

Кулінченко Г. В.

Суми 2023

1. *Назва і галузь застосування:* автоматизація процесу зрідження біогазу; енергетика;
2. *Підстава для проектування:* наказ ректора Сумського державного університету № 0236-VI від 14.04.2023 ;
3. *Мета і призначення проекту:* Створення енергоефективної системи автоматизації процесу зрідження біогазу що забезпечить контроль його основних параметрів та надійну роботу. Призначення проекту підвищення ефективності зрідження біогазу.
4. *Джерела розроблення:* результати аналізу відомих систем автоматизації для зрідження:
 - U.S. Patent 4,809,154. Automated Control System for a Multicomponent Refrigeration System.
 - U.S. Patent 5,139,548 Gas liquefaction process control system.
 - U.S. Patent 5,791,160 Method and apparatus for regulatory control of production and temperature in a mixed refrigerant liquefied natural gas facility.
 - EP 0 529307 B1 Gas liquefaction process control system.

Результати аналізу відомих технологій зрідження

Saeid Mokhatab, John Y, Mak, Jaleel V. Valappil, David A. Wood Handbook of Liquefied Natural Gas.
5. *Загальний опис об'єкта автоматизації:* Установа охолоджує стиснений біогаз, перетворюючи його в рідку форму, що дозволяє зменшити обсяг його зберігання та забезпечує зручність транспортування та зберігання. Установа заснована на двох холодильних циклах пропановому, та на змішаному холодоагенті. Регулювання температури яких здійснюється за допомогою зміни швидкості обертання компресора та зміни поперечного перерізу дросельними клапанами. Установа має наступні режими роботи запуск, зупинка, автоматичний контроль та регулювання технологічних параметрів.
6. *Основні частини системи:*

Основними частинами системи є два холодильних цикла.

Пропановий цикл складається з 3 ступінчастого відцентрового компресора, 3 сепаратора на кожній ступені стиснення та теплообмінника який охолоджує біогаз та змішаний холодоагент.

Цикл змішаного холодоагенту складається: з двох послідовно з'єднаних компресорів ,сепаратора, двохсекційного теплообмінника, водяне охолодження після кожного ступеня стиснення , резервуар зберігання зрідженого біогазу.

7. *Опис блоків системи керування :*

Система керування процесом зрідження біогазу незалежно керує виробництвом ЗБГ за допомогою дросельної заслінки на виході теплообмінника. Та температурою за допомогою зміни швидкості обертання компресорів та допоміжних дросельних регулюючих органів для покращення ефективності теплопередачі.

8. *Умови експлуатації системи керування:*

Умови експлуатації технологічного устаткування процесу зрідження:

а) температура навколишнього середовища – від мінус 20 до 50°C;

б) відносна вологість до 100% при температурі до 35°C;

в) атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа (від 630 до 800 мм рт. ст.);

г) постійна вібрація з частотою до 30 Гц з амплітудою не більше за 0,1 мм;

д) тип навколишнього середовища – вибухонебезпечні пожежонебезпечні зони відкритих промплощадок приміщень класу Д.

Умови експлуатації технічних засобів, що встановлюються в приміщенні на щитах керування:

а) температура навколишнього середовища – від плюс 5 до 50°C

б) відносна вологість до 80% при температурі до 25°C;

в) атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа (від 630 до 800 мм рт. ст.);

г) постійна вібрація з частотою до 30 Гц з амплітудою не більше за 0,1 мм.

9. *Технічні вимоги:* ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 8828:2019 пожежна безпека. Загальні положення, ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

10. *Склад технічних засобів системи*

- Давачі: тиску, витрати, температури.
- ПЛК: Simens 300
- Модулі розширення: аналогових входів/виходів, дискретних входів/виходів,
- Пневматичні клапани виконанні в кріогенному виконанні.
- Контролер пневматичного клапана

11. *Стадії та етапи проектування:*

<i>Номер етапу</i>	<i>Зміст етапу проектування</i>	<i>Термін виконання</i>
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури.	24.02.21 -01.03.23
2	Провести опис об'єкту автоматизації	25.04.21-01.05.23
3	Обґрунтувати вибір обладнання для проекту	01.05.21-06.05.23
4	Створити пакет необхідної документації	07.05.21-14.05.23
5	Оформити пояснювальну записку до проекту. Здача проекту керівнику	18.05.21-31.05.23

Додатки:

- **Додаток А.** СУ-91/4-06.151.10.А2 Функціональна схема автоматизації процесу зрідження біогазу.
- **Додаток Б.** СУ-91/4-0 6.151.10 ПЕ Перелік елементів ФСА процесу зрідження біогазу.
- **Додаток В.** СУ-91/4-0.6.151.10.Е3 Принципова схема автоматизації процесу зрідження біогазу.

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота викладена на 53 сторінках, вона містить 4 розділи, 30 ілюстрацій, 13 таблиць, 32 джерел в переліку посилань.

Ця робота присвячена розробці автоматизованої системи для енергоефективного управління процесом зрідженого біогазу. Автоматизація процесу зрідженого біогазу є актуальною темою у сучасному світі, оскільки вона відповідає потребам сталого розвитку та використання відновлювальних джерел енергії. Біогаз є важливим енергетичним ресурсом, який використовується в різних сферах, включаючи транспорт, промисловість та побутове використання. Створення енергоефективної системи зрідження біогазу робить цей вид палива більш доступним для транспортування біогазу в місця недоступні трубопровідним шляхом. Надлишок виробленого біогазу можна зрідити внаслідок чого об'єм газу зменшиться в 600 разів що дозволить використовувати зріджений біогаз для створення енергетичного запасу країни.

В даній роботі використана технологія зрідження C3MR яка складається з двох холодильних циклів пропанового та циклу на змішаному холодоагенту.

Енергоефективність системою керування в циклі зі змішаним холодоагентом досягається за допомогою зміни швидкості обертання компресорів, холодопродуктивності в залежності від рівня виробництва зрідженого біогазу що дозволяє не витратити енергію більш ніж потрібно. Також для ефективного теплообміну в теплообміннику система керування наближає криву охолодження до кривої нагрівання за допомогою підбраного складу холодоагенту та регулюванням співвідношенням компонентів холодоагенту всередині теплообмінника.

В пропановому циклі зрідження енергоефективність досягається за допомогою зміни швидкості обертання компресора в залежності від параметрів охолоджувального газу та регулюванням наближеності кривої охолодження за допомогою регулювання температури випаровування пропану дросельними клапанами на кожній секції теплообмінника.

У першому розділі представлено конструктивно-технологічний опис установки зрідження біогазу на основі технології зрідження C3MR обґрунтовано вибір саме цього технологічного процесу . У другому розділі наданий короткий опис контурів керування установки. У третьому розділі здійснений підбір давачів до кожного контуру керування та виконавчих механізмів та обґрунтовано їхній вибір. В четвертому розділі описано розроблений НМІ та переваги обраного середовища розробки SCADA.

За результатами роботи зроблено висновки щодо спроектованої системи автоматичного керування.

Ключові слова: автоматизація, біогаз, зріджений біогаз, C3MR, HMI, Scada

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему: "Автоматизація процесу зрідження біогазу"

Виконав:

Студент групи СУ-91/4-0

Затулій О.В

Керівник проекту

Кандидат технічних наук, доцент

Кулінченко Г. В.

Суми 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ..	5
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ПАРАМЕТРІВ КОНТРОЛЮ, РЕГУЛЮВАННЯ.....	11
2.1 Опис контурів керування	13
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	20
3.1 Вибір датчиків.....	20
3.1.1 Датчик витрати в каналі контролю та управління виробництвом ЗБГ	20
3.1.2 Датчик витрати в каналі контролю температурою.	22
3.1.3 Датчик витрати, температури, тиску в антипомпажному контурі керування. .	22
3.1.4 Датчики температури в каналі контролю температурою ЗБГ.	25
3.1.5 Давачі тиску в антипомпажному контурі керування ЗХ холодильного циклу. .	26
3.1.6 Датчики рівня в контурі керування рівня конденсату.....	27
3.1.7 Датчики рівня в контурі керування рівня ЗБГ.....	29
3.1.8 Вибір газоаналізатора в контурі керування складом змішаного холодоагенту..	29
3.1.9 Датчики в каналі контролю холодопродуктивності пропанового циклу.	31
3.1.10 Датчики в каналі контролю ступеня перегріву пропанового циклу.	31
3.2 Вибір регулюючих органів.	32
3.2.1 Канал контролю і управління виробництвом ЗБГ.....	32
3.2.2 Канал контролю і управління температурою ЗБГ.	36
3.2.3 Канал антипомпажного керування.	38
3.2.4 Канал контролю складом ЗХ.	39
3.2.5 Канал контролю холодопродуктивності	40
3.2.6 Канал контролю ступеня перегріву.....	40
3.3 Вибір контролера.....	41
РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА SCADA	49
ВИСНОВОК.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54
Додаток А.....	Error! Bookmark not defined.
Додаток Б.....	Error! Bookmark not defined.
Додаток В.....	Error! Bookmark not defined.

СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Затулій О. В.		
Перевір.		Кулінченко Г. В.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затвердив		Петро ЛЕОНТЬЄВ		
Автоматизація процесу зрідження біогазу			Лім.	Арк.
				2
			Листів	53
СумДУ, СУ-91/4-0				

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ЗБГ – Зріджений біогаз.

С3 – Пропан.

С2 – Етан.

С1 – Метан

N2 – Азот

ЗХ – Змішаний холодоагент

РЗХ – Рідкий змішаний холодоагент.

ГЗХ – газовий змішаний холодоагент.

ГКТ – головний кріогенний теплообмінник.

ХДр – холодний дросель

Тдр – теплий дросель

ХЗТ – холодна зона теплообмінника.

ТЗТ – тепла зона теплообмінника.

ЗБГдр – Дросель зрідженого біогазу.

РЧО - рефлектометрія у часовій області.

ВЄК – Всмоктувальна ємність компресора.

КЗХНТ – компресор змішаного холодоагенту низького тиску.

КЗХВТ – компресор змішаного холодоагенту високого тиску.

АнтК – антипомпажний клапан.

ПКом – пропановий компресор

СтВт – ступінь високого тиску

СтСт – ступінь середнього тиску

СтНт – ступінь низького тиску

ОП – оперативна пам'ять

ВСТУП

В Україні великий потенціал виробництва біогазу що дозволяє в певній мірі відмовитись від викопних джерел енергії. Надлишок біогазу можна використовувати для створення енергетичного запасу країни. Створення енергетичного запасу є однією з найважливіших потреб в енергетичній інфраструктурі більшості країн. Основним компонентом біогазу є метан густина якого в 600 разів більша в рідкому стані.

ЗБГ(Зріджений біогаз) можна виробляти двома основними способами, а саме засобами; технологія криогенної модернізації та звичайні технології, пов'язані з установкою зрідження. Виробництво ЗБГ є більш енергоємним, ніж виробництво стисненого біогазу, але в деяких ситуаціях продукт є більш цінним, оскільки біогаз стає доступним для більшої кількості споживачів. Ці маломасштабні установки зрідження мають або замкнутий азотний цикл, або замкнутий цикл змішаного холодоагенту В даній роботі використаний процес СЗМР.

Щоб мати можливість використовувати сирій біогаз як автомобільне паливо, його необхідно очистити та осушити, що означає видалення домішок і CO₂ відповідно. Але так як завданням дипломної роботи є автоматизація процесу зрідження автоматизація підготовчих процесів такі як (осушка, видалення кислих компонентів) не розглянуті. .

Зрідження біогазу є важливим процесом для забезпечення безпеки та сталості постачання газу. Основною метою автоматизації установки ЗБГ(Зріджений біогаз) є безпечна, надійна робота та енергоефективність технологічних операцій, досягнення необхідних технологічних параметрів. Для забезпечення безпечної роботи потрібно. підтримувати важливі змінні процесу в межах безпечної експлуатації. Стабільна робота досягається базовим регуляторним контролем на підприємстві.. Створення енергоефективного виробництва є ключовим при створенні системи автоматизації.

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		4

РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Технології зрідження базуються на холодильних циклах, на вхід якого поступає попередньо оброблений газ, який охолоджується в холодильному циклі і конденсується до рідкого стану. Холодоагент може бути частиною газу який підлягає зрідженню (процес відкритого циклу) або окремою речовиною, яка постійно рециркулює (процес замкнутого циклу).

Класичний каскадний процес зменшує необоротні втрати теплообміну завдяки використанню кількох циклів охолодження, у яких холодоагенти випаровуються при різних, але постійних температурах перевагою даного процесу є простота керування. Але каскадний процес має високі капітальні витрати на обладнання мінімум 3 холодильних циклів, не висока гнучкість до змін складу газу.

Цикл із ЗХ передбачає безперервне охолодження потоку природного газу за допомогою ретельно підібраної суміші холодоагентів (зазвичай суміші легких вуглеводнів і азоту), які можуть повторювати криву охолодження зріджувального газу від температури навколишнього середовища до кріогенної, таким чином, щоб споживання енергії та розмір теплообмінників можна було оптимізувати. Оптимальний склад визначається складом подачі, тиском подачі, тиском установки зрідження та температурою навколишнього середовища

У порівнянні з каскадним технологічним процесом, перевагами процесу змішаного холодоагенту є

- краща наближеність до робочої температури теплообмінників
- менша кількість компресорів і теплообмінників
- здатність регулювати композиції холодоагенту відповідно до змін складу газу, пропускну здатності газу та робочого тиску установки

Недоліки: ускладнене керування.

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		5

Термодинамічно змішаний холодоагент найбільше наближається до оборотного процесу, оскільки він мінімізує різницю температур між двома рідинами (тобто газ, що охолоджується, і холодоагент, який нагрівається в процесі теплообміну). Чим менша різниця температур між технологічним газом і холодоагентом, тим більша площа теплообміну потрібна для роботи.

Таким чином, розробка процесу ЗБГ є оптимізацією складу холодоагенту, конструкції теплообмінника та площі теплопередачі, а також узгодження споживаної потужності холодоагенту з доступною потужністю компресора/приводу. Класичний процес каскадного зрідження намагається наблизити криву охолодження за допомогою серії холодоагентів (зазвичай трьох) в окремих контурах. Використання більше ніж трьох холодоагентів дозволяє ближче наблизитися до кривої охолодження, але за рахунок додаткового обладнання, більшої складності циклу [1] вищих експлуатаційних витрат і більшої площі установки. Графічне представлення кривої охолодження каскадного холодильного циклу та циклу зі змішаним холодоагентом наведені на рис.1,1

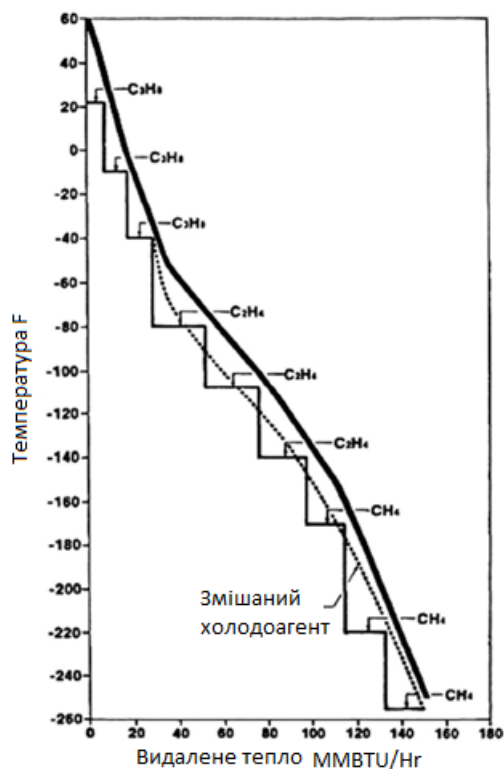


Рисунок 1.1 Порівняння кривої охолодження каскадного процесу та СЗМР

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.

Процес зрідження газу є ключовим компонентом заводу зрідження ЗБГ з точки зору вартості, складності та експлуатаційної важливості. Добре розуміння проектних і експлуатаційних вимог і ефективності систем зрідження біогазу є важливим для проектування ефективної системи автоматичного керування.

Існує кілька ліцензованих процесів зрідження природного газу з різним ступенем складності. Теплова ефективність і капітальні витрати для різних ліцензованих процесів є конкурентоспроможними, і відмінності, як правило, невеликі щодо термодинаміки та вартості. Справжніми ключами до розробки успішного установки зрідження є вибір обладнання та його конфігурація відповідно до цільової потужності установки.

Процес С3MR є найпоширенішим процесом в світі при зрідженні природного газу, оскільки біогаз і природній газ за своїми властивостями схожі використання цього процесу є доцільним і для біогазу. Даний процес складається з двох каскадне зв'язаних холодильних циклів пропановий та головний цикл на основі ЗХ(змішаного холодоагенту).

Цикл попереднього охолодження, що включає серії теплообмінників, використовує пропан (С3) для охолодження біогазу та змішаного холодоагенту, що використовується в основному циклі зрідження. Три або чотири ступені пропанового циклу випаровують пропан при різних тисках, щоб попереднє охолодження природного газу та змішаного холодоагенту відбувалося поступово. У холодильному циклі пропану з попереднім охолодженням пропан зазнає триступеневого розширення, працюючи на трьох окремих рівнях температури випаровування

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
						7
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		

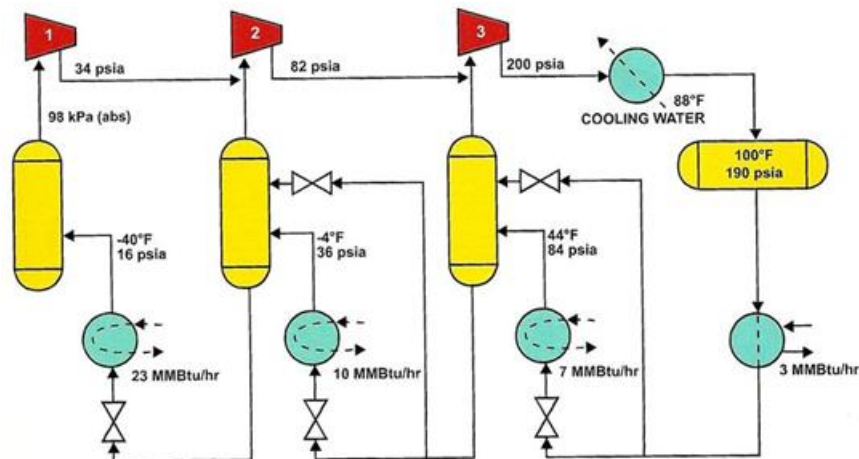


Рисунок 1.2 Технологічна схема 3 стадійного пропанового циклу

Основний цикл охолодження складається:

1. Компресори 3X Етап стиснення холодоагент стискається до 4 МПа. На рис 2 зображений 1 компресор хоча можливе послідовне стиснення декількома компресорами.
2. Водяне охолодження на виході до температури 21 °С.
3. Сепаратор для розділення потоку на рідку(C3,C2) і газову фазу(C1,N2).
4. Двох секційний головний теплообмінник який розділяється на теплу зону, і холодну зону

Багатокомпонентний холодильний агент 3X складається із суміші C1, C2, C3, N2. Після стиснення в компресорі К1 холодоагент охолоджується за допомогою водяного охолодження(X1) до температури навколишнього середовища(30⁰С) далі MR необхідно попередньо охолодити до температури, істотно нижче температура замерзання води, і бажано до температури порядку від -18 до -73 градусів за Цельсієм за допомогою пропанового циклу слідує етапом подається в сепаратор для поділу на газову(ГЗХ) і рідку фази(РЗХ) і окремими потоками подається в трубні пучки в нижній частині (тепла зона) головного кріогенного теплообмінника - ГКТ. Пройшовши теплу частину кріогенного теплообмінника, рідка фаза охолоджується до температури порядку -100 °С і виводиться через бічний штуцер, дрослюється до тиску приблизно (0,35 Мпа) і розпилюється колектором зворотним потоком в міжтрубний простір теплообмінника для охолодження зріджувального газу ГЗХ, РЗХ

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.
-----	-------	----------	-------	-------

високого тиску . завдяки чому частина випаровується, і її температура падає приблизно до -118 градусів за Цельсієм

Газова фаза холодоагенту високого тиску проходить холодну частину кріогенного теплообмінника де переохолоджується до -168 градусів Цельсія, на виході з нього дроселюється до тиску приблизно (0,35 Мпа) за допомогою чого частина швидко перетворюється в пару і також розпилюється колектором зворотним потоком в міжтрубний простір теплообмінника для охолодження потоку природного газу і потоку газової фази холодоагенту високого тиску. Проходячи вниз по трубних контурах, ЗХ випаровується в процесі теплообміну з потоком зріджувального газу, а також під час теплообміну з РЗХ і ГЗХ, що протікають вгору в теплообміннику . У результаті ЗХ рекомбінуються в парову фазу в нижній частині теплообмінника , і пара повертається на сторону всмоктування ступеня компресора . ЗХ повертається до компресорного блока для стиснення. і подальше охолодження.

Спрощена принципова схема технологічного процесу наведена на рисунку 1.3.

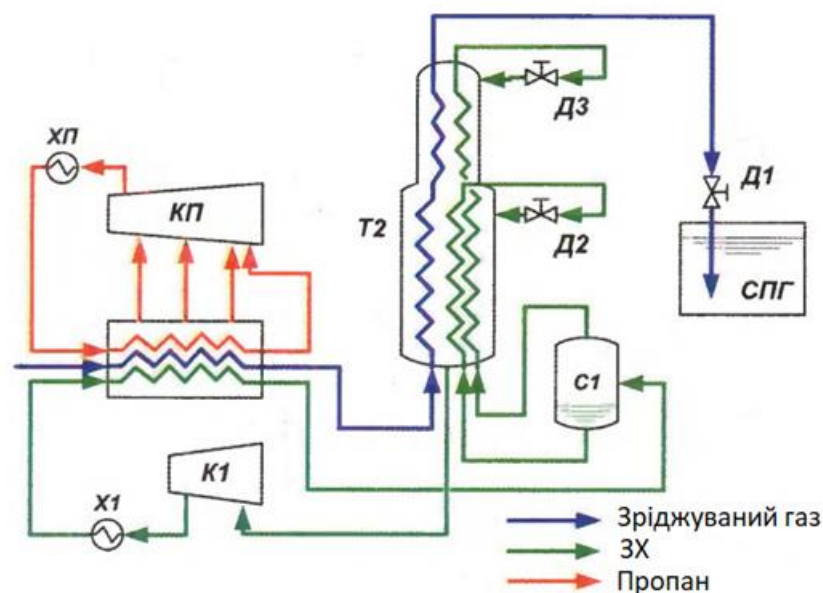


Рисунок 1.3 спрощена принципова схема процесу APCI C3MR

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.

Зберігання ЗБГ

Зберігання ЗБГ – важливим елементом зріджувальної установки, так і приймального терміналу і здійснюється у спеціальних резервуарах, які займають величезну площу та є одним із потенційних джерел основних виробничих ризиків. ЗБГ надходить на зберігання з установок зрідження по продуктових лініях за допомогою перекачувальних насосів. ЗБГ зберігається в резервуарах, або танках, при температурі близько -160°C і тиск трохи вище атмосферного.

Таблиця 1.1 Параметри середовища

<i>Пропановий цикл</i>		
<i>ділянка</i>	<i>T</i>	<i>P МПа</i>
<i>На виході охолоджувача ПКом СтВт</i>	<i>37</i>	<i>1.3</i>
<i>Після дроселювання СтВт</i>	<i>6</i>	<i>0,5</i>
<i>Після дроселювання СтСт</i>	<i>-20</i>	<i>0,25</i>
<i>Після дроселювання СтНт</i>	<i>-40</i>	<i>0,12</i>
<i>Цикл змішаного ходоагенту</i>		
<i>ділянка</i>	<i>T</i>	<i>P МПа</i>
<i>На виході охолоджувача ПКом СтВт</i>	<i>21</i>	<i>4</i>
<i>Після теплообмінника попереднього охолодження</i>	<i>-40..-35</i>	<i>3,9</i>
<i>РЗХ перед дроселюванням</i>	<i>-100</i>	<i>3,8</i>
<i>РЗХ після дроселюванням</i>	<i>-118</i>	<i>0,3</i>
<i>ГЗХ перед дроселюванням</i>	<i>-167</i>	<i>3,8</i>
<i>РЗХ після дроселюванням</i>	<i><-167</i>	<i>0.3</i>

РОЗДІЛ 2. ВИБІР ПАРАМЕТРІВ КОНТРОЛЮ, РЕГУЛЮВАННЯ

Визначення цілей контролю є першим кроком у розробці будь-якої стратегії контролю. Як об'єкт управління розглядається установка зрідження біогазу на основі технології зрідження СЗМР[1].

Мета установки досягнення параметрів зрідження (Температура, тиск) але також важливе регулювання рівня виробництва ЗБГ. Фіксуючи та підтримуючи рівень виробництва СПГ, оператори заводу можуть належним чином планувати та досягати бажаних рівнів виробництва відповідно до потреб споживача а також рівня виробництва самого біогазу. Розроблена на основі аналізу літературних джерел[2-13]

Вимоги до стратегії керування

- (a) вимірює температуру та швидкість потоку вихідного потоку ЗБГ;
- (b) змінює охолодження природного газу, щоб регулювати значення температури вихідного потоку ЗБГ і
- (c) незалежно регулює швидкість потоку ЗБГ, що протікає через процес.

Таким чином, швидкість потоку вихідного потоку ЗБГ підтримується на заданому значенні витрати, а температура — на заданому значенні температури[10].

Для енергоефективного процесу потрібно:

1. **Регулювання швидкості обертання** Зміна швидкості обертання компресора може забезпечити оптимальну роботу в залежності від зовнішніх умов та потреб системи. Зниження швидкості обертання може допомогти зменшити втрати енергії, особливо в часткових навантаженнях, коли повна потужність компресора не є

необхідною. Це дозволяє компресору працювати ближче до його точки максимальної ефективності.

- 2. Моніторинг та контроль параметрів робочої речовини**, таких як тиск, температура, рівень зносу та інші, дозволяє оптимізувати роботу компресора. Наприклад, контроль тиску на вході та виході компресора дозволяє збалансувати його роботу та забезпечити оптимальну різницю ентальпій. Крім того, контроль параметрів робочої речовини дозволяє виявляти можливі несправності або недоліки в роботі компресора та вживати відповідних заходів для покращення його ефективності.

З огляду на дві вищезазначені цілі контролю, робота з проектування управління передбачала визначення того, яку змінну, крім потоку ЗБГ, можна використовувати для незалежного регулювання температури СБГ. Потік (виробництво) ЗБГ сильно впливає на температуру ЗБГ. Однак для контролю температури потрібна інша змінна, оскільки передбачалося, що потік встановлений (і контрольований) на заданому значенні, щоб задовольнити першу мету керування. Властивості живильного газу, такі як склад газу, впливають на температуру ЗБГ, але вони розглядаються як змінні, оскільки до них не застосовується прямий контроль.

Теплопередача між кожуховою та трубною сторонами ГКТ визначає температуру ЗБГ. Таким чином, змінні, які впливають на теплопередачу, можна використовувати для регулювання температури ЗБГ. З них склад ЗХ та загальний вміст ЗХ не були включені до базової стратегії регулювання через їх відносно повільний ефект.

Однак їх все ще можна включити на інший рівень ієрархії, тобто в оптимізовану стратегію керування. З іншого боку, для досягнення швидкої зміни температури ЗБГ тиск на стороні кожуха (всмоктування) і загальна швидкість рециркуляції холодоагенту були ефективними змінними, і стратегія контролю були побудовані навколо них.

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		12

Для досягнення даної цілі можна використовувати 4 регулювальних органів (компресор, ХДр, ГДр ,ЗБГДр).Для регулювання швидкості виробництва використаний ЗБГДр .

Контролю підлягають параметри технологічного процесу які забезпечать правильну роботу при пуску, зупинці обладнання, наладку, роботу, зупинку об'єкта управління нижче наведені контури керування та коротке їхнє пояснення..

Також контролю підлягають ті параметри при порушенні яких може виникнути порушення нормального ходу технологічного процесу, винекнення перед аварійної і аварійної ситуації.

2.1 Опис контурів керування

2.1.1. Рівень виробництва ЗБГ регулюється за допомогою зміни поперечного перерізу трубопроводу регулюючим органом.

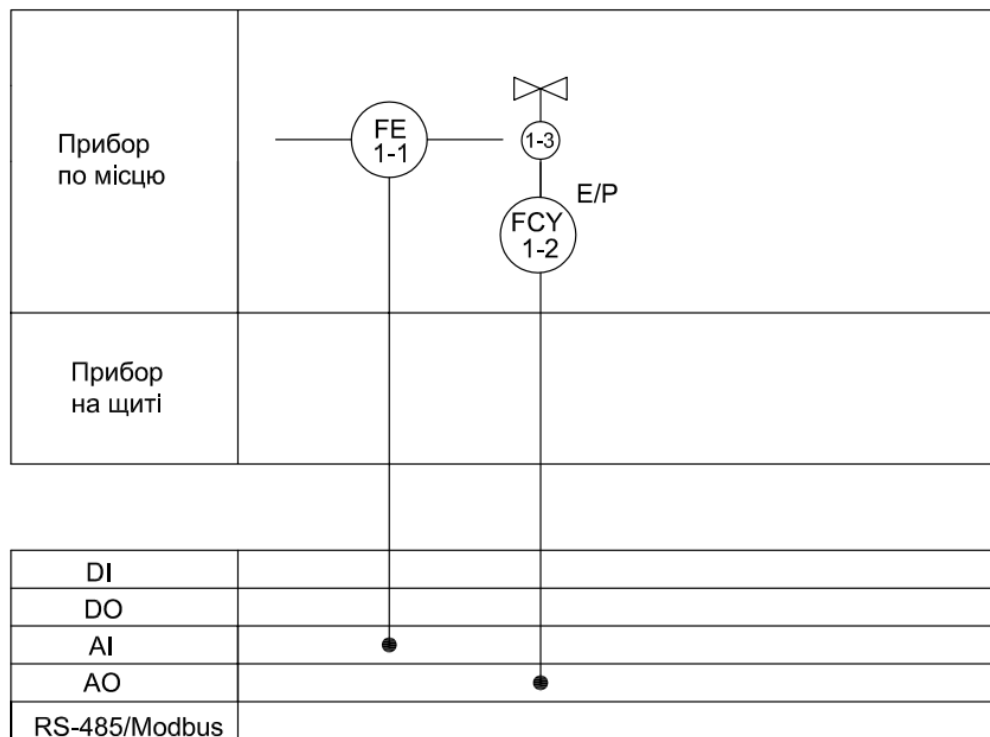


Рисунок 2.1 Контур керування виробництвом ЗБГ

2.1.2. Контур керування температурою ЗБГ

Для енергоефективного виробництва ЗБГ потрібно забезпечити температуру зрідження це досягається за допомогою регулювати швидкість обертання приводу компресора, що забезпечить зміну холодопродуктивності установки, Хдр і ТДр встановлюють швидкість потоку холодоагенту та контролюють режим охолодження в ТЗТ та ХЗТ..

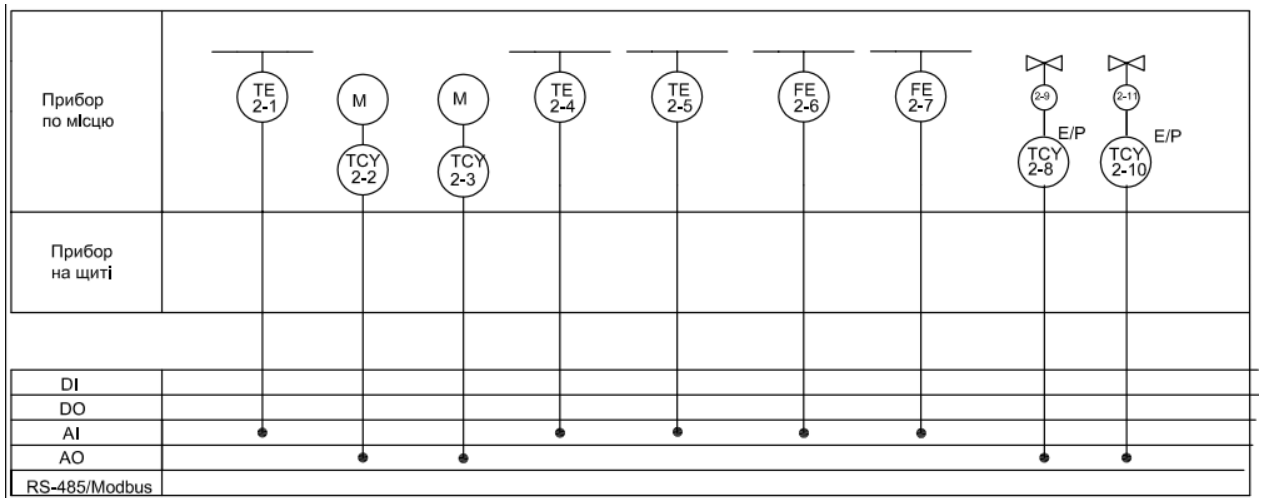


Рисунок 2.2 Контур керування температурою ЗБГ

2.1.3. Контроль рівня конденсату перед компресором.

Для забезпечення надійної роботи компресора на стороні всмоктування встановлюється сепаратор при переповненні якого відкривається дренажний клапан. При не спрацюванні клапана передбачена світлова сигналізація за допомогою якої оператор може про це дізнатися.

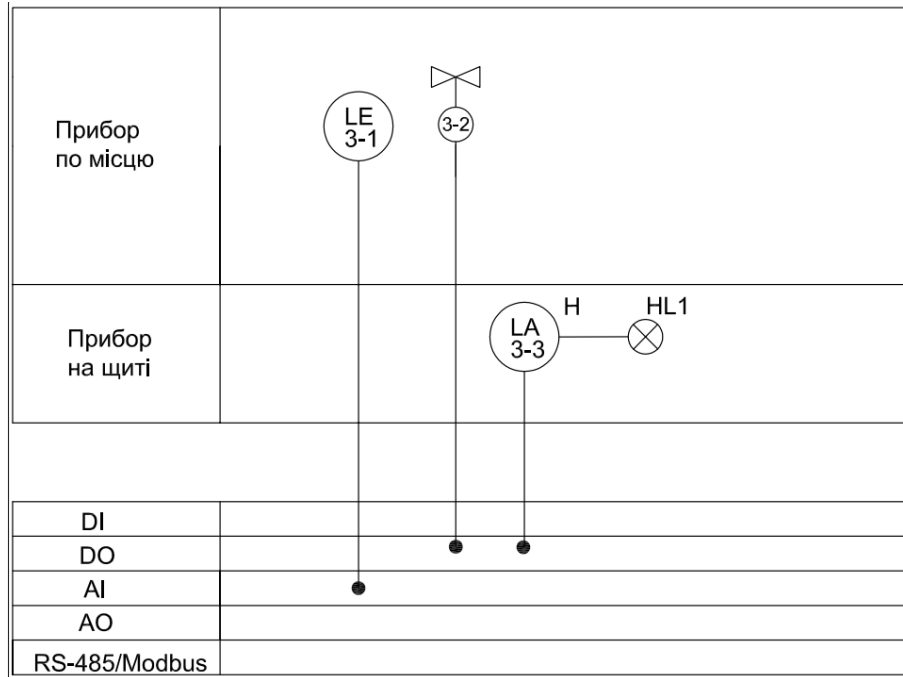


Рисунок 2.3 Контроль рівня конденсату.

2.1.4. Антипомпажний контроль компресорів.

Під помпажем розуміється робоча точка, в якій досягаються максимальний напір відцентрового компресора та межі мінімальної витрати. Коли тиск у камері за компресором вищий, ніж тиск на виході з компресора, газ прагне повернути назад або навіть зворотнім потоком повернутися на вход компресора. Як наслідок, тиск у камері зменшуватиметься, тиск на вході збільшуватиметься, і потік знову змінить напрямок. В результаті компресор втрачає здатність підтримувати максимальний напір при виникненні помпажу, і вся система втрачає стабільність.

Помпаж може також призвести до перегріву компресора до точки, при якій перевищено максимально допустиму температуру пристрою, або призвести до пошкодження підшипника за рахунок зворотно-поступального зміщення ротора.

Антипомпажний контроль розроблений на основі відслідковування відстані робочої точки на карті компресора (графічне представлення компресорних характеристик та кривої стійкості за певних умов температури, тиску на вході та молекулярної ваги робочого газу) компресора до кривої

помпажу(з точністю до 8%). Для більшої точності крім витрати на вході компресора вимірюється також тиск всмоктування, і температура.

Отримати карту компресора можна у виробника компресора або скористатися математичним рівнянням для одноступінчастого відцентрового компресора

Наприклад:

$$\Delta P = P * \left(\frac{M * u (\pi * D * X * Q)^2}{g * R * Z * T * u} + 1 \right)^y - P \quad 2.1$$

Де P – тиск всмоктування

D – діаметр робочого колеса.

E – політропічна ефективність(0,64-0,84)

g- прискорення вільного падіння.

M – молекулярна вага газу.

ΔP – підвищення тиску.

Q – витрата на всмоктуванні компресора.

R – універсальна газова стала.

T – температура всмоктування компресора.

u – коефіцієнт стиснення.

X – співвідношення швидкості обертання до потоку.

Z - середній коефіцієнт стиснення.

у – коефіцієнт політропи.

Крива помпажу, розрахована за рівнянням 2.1, наноситься на карту компресора як зростання тиску (ΔP) проти об'ємної витрати (Q) на всмоктуванні.

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
						16
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		

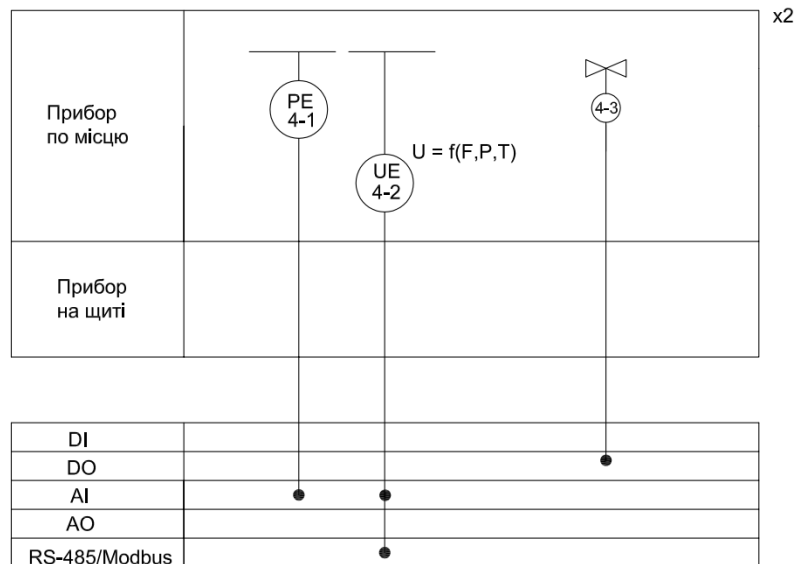


Рисунок 2.4 Антипомпажний контур керування

2.1.5. Контроль складу ЗХ.

Контроль складу змішаного холодоагенту здійснюється за допомогою підживлювальних клапанів. За допомогою даного контуру оператор може оптимізувати склад холодоагенту. Кожен із компонентів холодоагенту додається до MR для забезпечення певної функції: N2 забезпечує переохолодження та підтримує рушійну силу охолодження на холодному кінці теплообмінника. C1 контролює кількість випарів на стороні кожуха теплообмінника. C2 і C3 є більш важкими компонентами, які впливають на масу ЗХ і характеристики теплопередачі всередині теплообмінника.

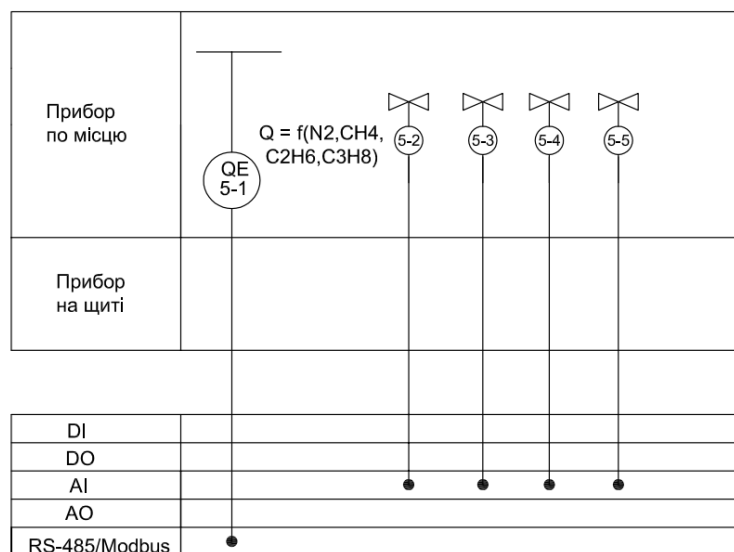


Рисунок 2.5 Контур контроль складу ЗХ.

2.1.6. Контроль рівня ЗБГ резервуарі

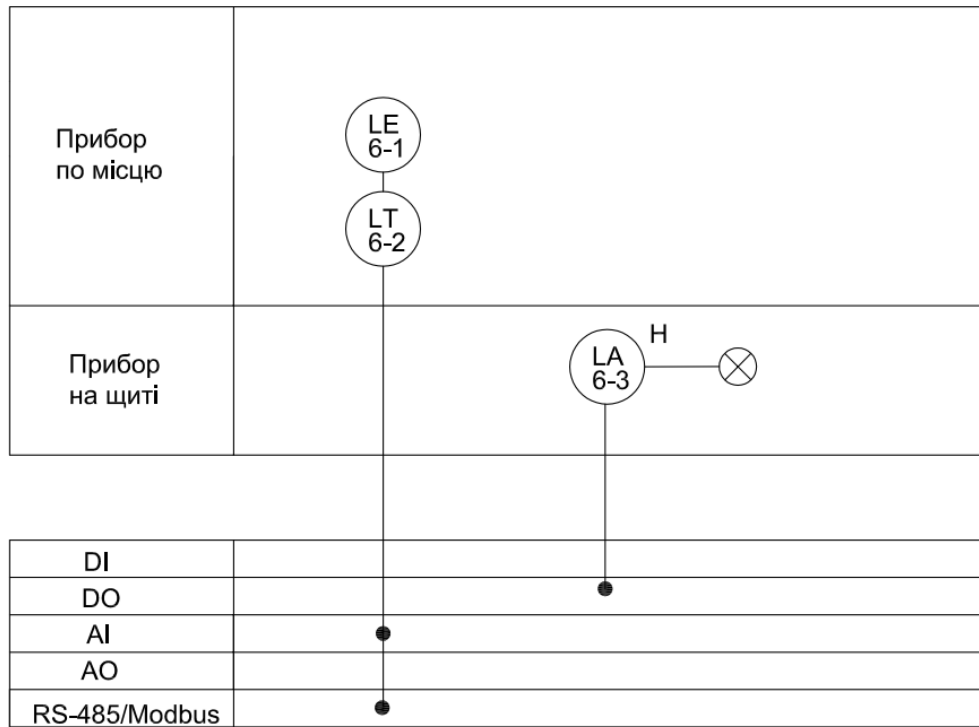


Рисунок 2.6 Контур контролю та сигналізації рівнем ЗБГ в резервуарі

2.1.7. Контроль холодопродуктивності пропанового циклу. Здійснюється на основі даних потоку БГ температура, витрата, на основі чого збільшується швидкість обертання компресора пропанового циклу.

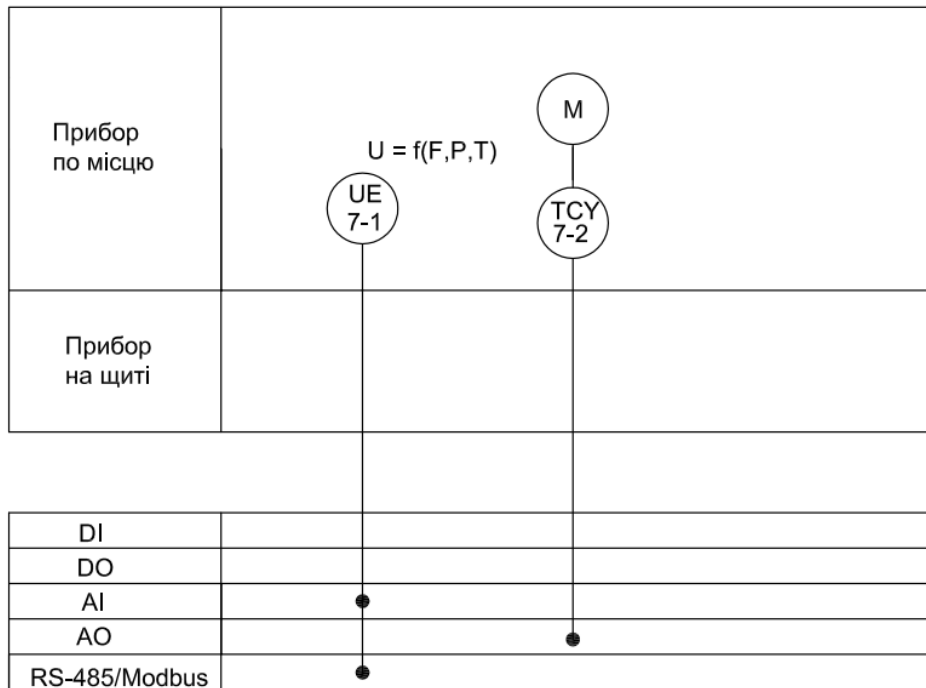


Рисунок 2.7 Контур контролю холодопродуктивністю

2.1.8. Контроль ступеня перегріву пропану після теплообмінника

Здійснюється за допомогою зміни поперечного перерізу регулюючого органу

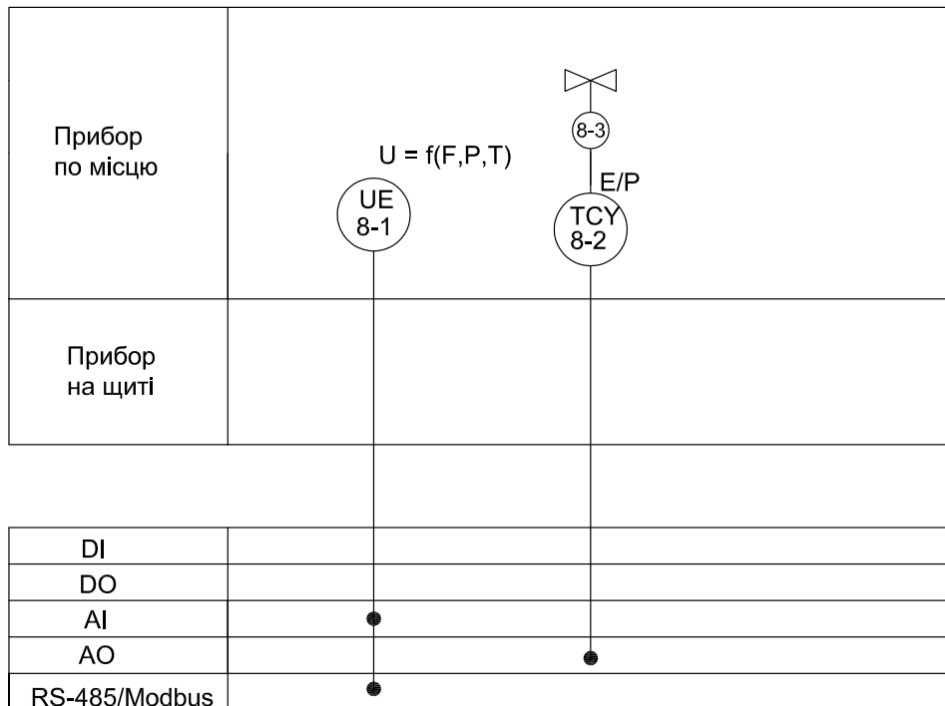


Рисунок 2.8 Контур керування ступеню перегріву

2.1.9. Контроль рівня сепаратора в пропановому холодильному циклі

Здійснюється на основі зміни поперечного перерізу регулюючого органу.

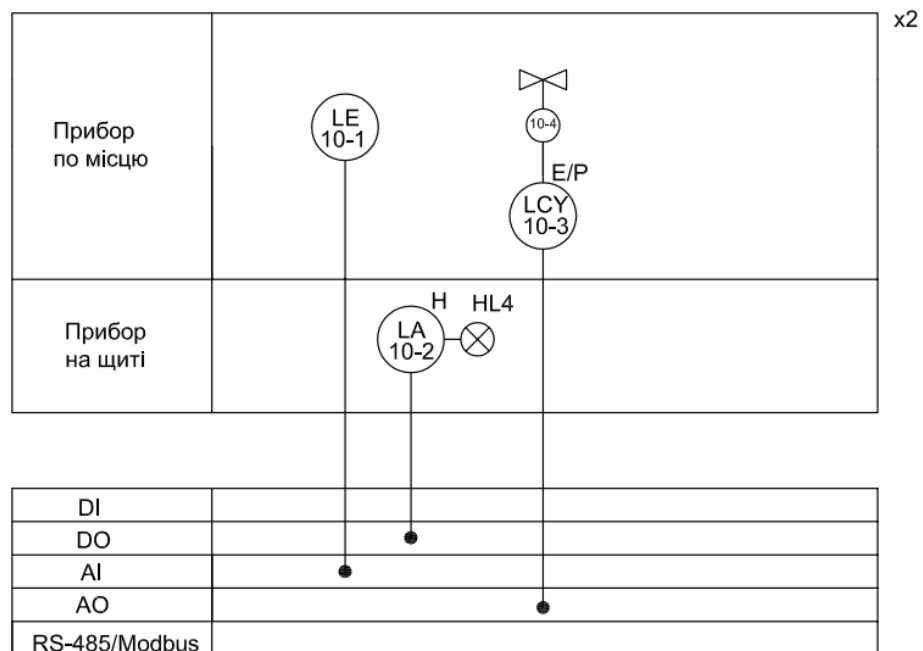


Рисунок 2.9 Контур керування рівнем сепаратора в пропановому циклі.

РОЗДІЛ 3. ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Оскільки в установці зрідження біогазу можливі витіки вуглеводнів за вибухопожежною небезпекою її потрібно віднести до категорії А, класів П-І і В-І. Отже підбір технічних засобів автоматизації потрібно здійснити зважаючи на дану обставину.

3.1 Вибір датчиків.

3.1.1 Датчик витрати в каналі контролю та управління виробництвом ЗБГ

Вимоги робочого середовища вимірювання:

- температура до $-167\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- тиск $0\dots 0.3\text{ МПа}$;
- пожеже - вибухонебезпечне середовище;
- хімічно агресивне середовище;
- навколишнє середовище категорії А, класів П-І і В-Іа



Рисунок 3.1 Зовнішній вигляд вихрового витратоміра Pro-V™ (модель M22)

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		20

У каналі застосуємо Pro-V™ (модель M22) який ідеально підходить для вимірювання криогенних рідин діаметром від 1/2 дюйма до 8 дюймів (DN25 до DN200), температур від -330 до 750 градусів F (від -200 до 400 градусів). C) і тиск відповідно до класу 900 ANSI.

Вихрові витратоміри вимірюють потоки рідини, газу та пари, виявляючи частоту, з якою вихори по черзі викидаються з обриву. Згідно з перевіреними законами фізики, частота, з якою вихори почергово викидаються, прямо пропорційна швидкості потоку.

Коли потік проходить повз обрив у потоці потоку, вихори створюють зони низького та високого тиску позаду обриву або стержня. Pro-V™ M22 використовує п'єзоелектричний кристалічний датчик для виявлення тиску, який чиниться вихорами на датчик швидкості. П'єзоелектрик перетворює ці «імпульси» в електричні сигнали. У витратомірі використовується повністю зварна конструкція датчика для створення надійного датчика та мінімізації потенційних витоків.

У багатопараметричних витратомірах Pro-V від VorTek Instruments використовуються *три основні чутливі елементи*: датчик швидкості вихрового потоку, датчик температури RTD і твердотільний датчик тиску для вимірювання масової витрати газів, рідин і пари.

Системи, які використовують зовнішні вимірювання процесу для обчислення масової витрати, можуть не забезпечувати адекватної компенсації того факту, що умови процесу можуть радикально змінюватися між точкою вимірювання швидкості та точкою, де проводяться вимірювання тиску та температури вище або нижче за потоком. Оскільки багатопараметричний витратомір Pro-V™ вимірює всі ці параметри в одному місці, він забезпечує більш точне вимірювання процесу.

Аналогові вихідні сигнали mA для моніторингу вибору п'яти змінних процесу (масова витрата, об'ємна витрата, температура, тиск і щільність

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		21

рідини). Опція енергомоніторингу дозволяє в режимі реального часу розраховувати споживання енергії об'єктом або процесом.

Напруга живлення 12-36В.

Вихідний сигнал датчика

Аналоговий 4-20 ма

Багатопараметричний – по інтерфейсу MODBUS.

3.1.2 Датчик витрати в каналі контролю температурою.

-температура до -167 °С;

– тиск 0...4 МПа;

– пожежо- вибухонебезпечне середовище;

– хімічно агресивне середовище;

– навколишнє середовище категорії А, класів П-I і В-Ia

Попередній датчик Pro-V™ (модель M22) задовільняє вимогам

3.1.3 Датчик витрати, температури, тиску в антипомпажному контурі керування.

Вимоги робочого середовища вимірювання:

– температура 10-30 °С;

– тиск 0...0.3 МПа;

– пожежо- вибухонебезпечне середовище;

– хімічно агресивне середовище;

– навколишнє середовище категорії А, класів П-I і В-Ia

Дані вимоги задовільняє давач витрати Rosemount3051S[16] . Оскільки за допомогою даного пристрою можливе вимірювання 3 змінних необхідних для антипомпажного контролю.

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		22

Витратоміри Rosemount можуть постачатися попередньо налаштованими, перевіреними на герметичність і готовими до встановлення, що скорочує час і витрати на встановлення, одночасно підвищуючи загальну продуктивність установки.

Таблиця 3.1 Характеристика Rosemount™ 3051S

Напруга живлення	9-32 V
Протокол зв'язку	4-20 mA HART™, FOUNDATION™ Fieldbus, Modbus.
Параметри робочого середовища	Тиску 0- 420 bar Температури -100 - 850 °C
Точність вимірювання витрати	0,4 %
Діаметри трубопровода	15-300 мм

Для розробки витратоміра диференціального тиску потрібні три основні елементи. Первинний елемент створює перепад тиску на витратомірі, вводячи обмеження в трубу, і це сконструйоване обмеження дозволяє використовувати рівняння Бернуллі для розрахунку витрати. Падіння тиску вимірюється вторинним елементом, датчиком диференціального тиску, тоді як третинні елементи складаються з усього іншого в системі, наприклад імпульсних трубопроводів і з'єднувачів.

Витрата пропорційний квадратному кореню з диференціального тиску, що робить тиск критичним компонентом розрахунків витрати. Інші фактори, які впливають на масовий потік, включають: щільність, в'язкість, температуру, діаметр труби та тип рідини. .

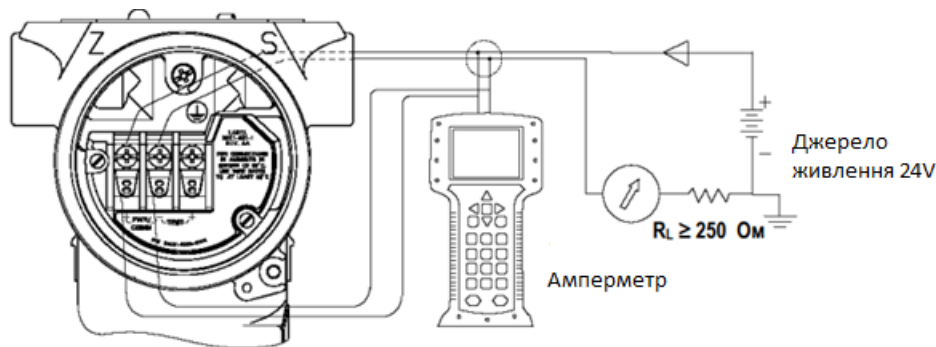


Рисунок 3.2 схема підключення датчика 4-20та

Багатопараметричний передавач Rosemount 3051S[13] є найкращим у своєму класі рішенням, призначеним для отримання комбінацій вимірювань диференціального тиску, статичного тиску та температури процесу. Цей багатопараметричний передавач є економічно ефективним пристроєм, який зменшує кількість імпульсних трубопроводів і систем з'єднання. Цей пристрій також оснащена вбудованими обчисленнями витрати для повністю компенсованих вимірювань масової витрати.

В якості первинного елемента обрано Rosemount™ 405A[17]. Rosemount 405A— це усереднювальна трубка Піто, яка забезпечує надійну точність вимірювань. Розроблений для встановлення між фланцями з виступаючою поверхнею, цей датчик усуває потребу в імпульсних трубопроводах і додаткових технологічних отворах для простого та економічного встановлення



Рисунок 3.3 Зовнішній вигляд Rosemount™ 3051S

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.

3.1.4 Датчики температури в каналі контролю температурою ЗБГ.

Вимоги робочого середовища вимірювання:

- температура до $-167\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- тиск $0\dots 4\text{ МПа}$;
- пожеже- вибухонебезпечне середовище;
- хімічно агресивне середовище;

У каналі застосуємо термоперетворювач з голівкою, зі змінним чутливим елементом - $200 \div 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ (RTD) у виконанні Exi: TOPGN-1..EXI, ТТКGN-1..EXI, ТТJGN-1..EXI[18] , які застосовуються для вимірювання температури в рідинах та газах у небезпечних зонах АTEX. Вони мають змінний чутливий елемент, що дозволяє застосовувати їх у різних промислових сферах. Заміна чутливого елемента не потребує зупинення технологічного процесу.

Таблиця 3.2 Характеристики термоперетворювачів TOPGN-1..EXI

Діапазон вимірювання температури	• $-200 \div 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ (RTD)
Вихід	$4 \div 20\text{ mA}$
Температура навколишнього середовища	$-40 \div 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
Точність	1%
Підключення до процесу	вставний тип



Рисунок 3.4 Зовнішній вигляд TOPGN-1..EXI

3.1.5 Давачі тиску в антипомпажному контурі керування ЗХ холодильного циклу.

Для контролю тиску на виході компресора було обрано давач фірми Honeywell STG770 .

Характеристика давача:

- Автоматична температурна компенсація;
- Чутливість до 100:1;
- Час відповіді до 100 мс;
- Нечутливі до полярності електричні з'єднання;
- Максимальний вимірюємий тиск 10 МПа;
- Точність до 0,065 % від каліброваного діапазону;
- Можливість зовнішнього нуля, діапазону та конфігурації;
- Можливості діагностики по інтерфейсу Modbus;
- Повна відповідність вимогам SIL 2/3 як стандарту;
- ANSI/NFPA 70-202 і ANSI/ISA 12.27.0.[19]



Рисунок 3.5 Зовнішній вигляд давача тиску STG770

3.1.6 Датчики рівня в контурі керування рівня конденсату.

Вимоги робочого середовища вимірювання:

- температура до 10 °С;
- тиск 0...0,3 МПа;
- пожежо- вибухоннебезпечне середовище;
- хімічно агресивне середовище;

У каналі застосуємо радарний рівнемір Eclipse® 706[20]

Високопродуктивний рівнемір Eclipse® Model 706 — це 24 В рівнемір з живленням по контуру, який базується на перевірній технології хвилеводного радара (GWR). Охоплюючи ряд значних інженерних досягнень, цей провідний передавач рівня розроблений, щоб забезпечити швидкість вимірювань, що значно перевищує швидкість багатьох більш традиційних технологій. Використовуючи технологію «перемикання діодів» разом із найповнішою пропозицією зондів на ринку, цей єдиний передавач можна використовувати в широкому спектрі застосувань, починаючи від дуже легких вуглеводнів і закінчуючи середовищами на водній основі.

Один універсальний рівнемір ECLIPSE моделі 706 можна використовувати та взаємозамінювати з усіма типами зондів і забезпечує підвищену надійність, оскільки він підходить для використання в критичних контурах безпеки, сертифікованих SIL 2/3. Рівнемір ECLIPSE Model 706 підтримує як FDT/DTM, так і розширені стандарти DD, що дозволяє переглядати цінну конфігураційну та діагностичну інформацію, таку як ехо-крива, у таких інструментах, як PACTware™, AMS Device Manager та різні польові комунікатори HART®.

Радіолокаційний передавач ECLIPSE заснований на технології РЧО (рефлектометрія у часовій області). TDR використовує імпульси електромагнітної енергії, що передаються хвилеводом (зондом). Коли імпульс досягає поверхні рідини, яка має вищу діелектричну проникність, ніж повітря

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		27

($\epsilon r = 1$), у якому він рухається, частина імпульсу відбивається. Потім час проходження імпульсу вимірюється за допомогою надшвидкої схеми синхронізації, яка забезпечує точне вимірювання рівня рідини. Потім час проходження імпульсу вимірюється за допомогою високошвидкісної схеми синхронізації, яка забезпечує точне вимірювання рівня рідини (або твердих речовин).

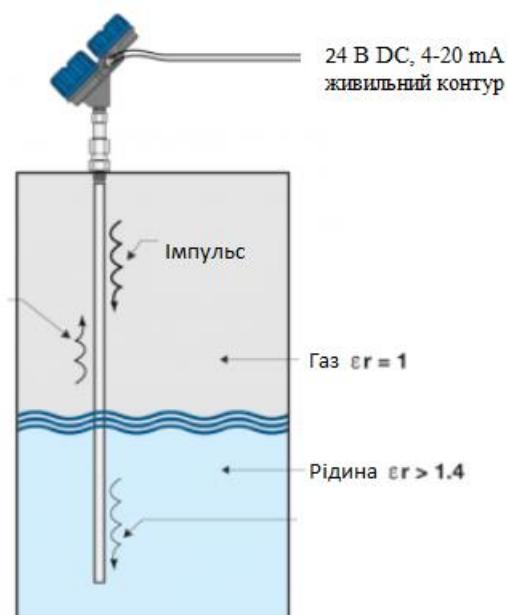


Рисунок 3.6 Принцип дії Eclipse® 706 рівнемір

Таблиця 3.3 Технічна характеристика рівнеміра Eclipse® 706

Тип вимірювання	Радіолокаційний
Розмір зонду	Від 15см до 30м
Вихідний сигнал	4-20 ma з HART , Modbus
Напруга живлення	9-30 В
Матеріал корпусу	IP67
Вага	4.50 кг
Температура навколишнього середовища	-40° до +80° C
Температура робочого середовища	-200 до 200 °C

3.1.7 Датчики рівня в контурі керування рівня ЗБГ.

Вимоги робочого середовища вимірювання:

- температура -167 °С;
- тиск 0...0,3 МПа;
- пожежо- вибухоннебезпечне середовище;
- хімічно агресивне середовище;

Параметри давача Eclipse® 706 цілком підходять для даного каналу керування.

3.1.8 Вибір газоаналізатора в контурі керування складом змішаного холодоагенту.

Вимоги робочого середовища вимірювання:

- температура до 10 °С;
- тиск 0...0,3 МПа;
- пожежо- вибухоннебезпечне середовище;
- хімічно агресивне середовище;
- навколишнє середовище категорії А, класів П-І і В-Іа

В даному контурі потрібно контролювати склад ЗХ який складається з 4 компонентів. Даним вимогам задовільняє хроматографічна технологія визначення складу холодоагенту.

Газовий хроматограф Rosemount 370ХА[21] — це компактне та економічне рішення для стандартних застосувань природного газу С6+ ВТУ/СV, що забезпечує точні вимірювання якості газу, які повністю відповідають міжнародним стандартам, включаючи вимоги ISO щодо

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		29

валідації та аналізу складу газу Вбудоване програмне забезпечення спрощує як локальне, так і дистанційне керування Rosemount 370XA..

Конструкція Rosemount 370XA збільшує аналітичні можливості, максимізує зручність використання та розширює спектр можливостей аналізу в ГХ з номінальною температурою навколишнього середовища від -20 °С до 60 °С / від -4 °F до 140 °F.



Рисунок 3.7 Зовнішній вигляд газового хроматографа Rosemount™ 370XA

Таблиця 3.4 Технчна характеристика Rosemount™ 370XA

Джерело живлення	24В Споживання 55 Вт (запуск) < 25 Вт (стаціонарний режим)
Сертифікати	<ul style="list-style-type: none"> • CSA: Клас I, Зона 1, АЕх/АЕх d IIВ + H2, Т6, IP65 • Клас I, розділ 1, групи В, С, D, Т6, тип корпусу 4Х • АТЕХ/ІЕСЕх: Ех d IIВ + H2 Т6, Gb • Та = від -20 °С до 60 °С
Розміри	460 мм В x 305 мм Ш x 280 мм Г
вага	22 кг

Продовження таблиці 3.4

Температура навколишнього середовища	-20 to 60 °C
Варіанти кріплення	На трубі, підлозі, стіні.
Метрологічні затвердження	Measurement Canada, OIML, GOST/EAC, LNE, OFGEM, GOST (4 і 12 хвилинний аналіз)
Кількість аналогових входів/виходів	1 вхід, 2 виходи
Протоколи зв'язку	Ethernet, Modbus

3.1.9 Датчики в каналі контролю холодопродуктивності пропанового циклу.

Вимоги робочого середовища регулювання;

- температура 10-30 °C;
- тиск 0...1 МПа;
- навколишнє середовище категорії А, класів П-I і В-Ia.

На основі Вимог до робочого середовища цілком підходить Rosemount™ 3051S який описаний на попередніх сторінках.

3.1.10 Датчики в каналі контролю ступеня перегріву пропанового циклу.

Вимоги робочого середовища регулювання;

- температура -40 - -10 °C;
- тиск 0...1 МПа;
- навколишнє середовище категорії А, класів П-I і В-Ia.

На основі Вимог до робочого середовища цілком підходить Rosemount™ 3051S який описаний на попередніх сторінках.

3.2 Вибір регулюючих органів.

3.2.1 Канал контролю і управління виробництвом ЗБГ.

Вимоги робочого середовища регулювання;

- температура $-167\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- тиск $0 \dots 0,3\text{ МПа}$;
- навколишнє середовище категорії А, класів П-І і В-Іа.

Кріогенні клапани Fisher easy-e — односідельні клапани виготовлені з конструкційних матеріалів із нержавіючої сталі та подовжувальної кришки. Клапани Fisher ET-C і EWT-C мають збалансований тиск. Ці кріогенні клапани розроблені для забезпечення дроселювання або керування рідинами та газами при кріогенних температурах до -198C (-325 F). Дані клапани виготовляються діаметром 1 – 8 дюйма.[22]



Рисунок 3.8 Fisher™ easy-e™ ET-C - односідельний регулюючий орган з контролером FIELDVUE DVC6200

Завдяки контролеру пневматичного клапана FIELDVUE DVC6200[23] підтримується стабільний потік холодоагенту до теплообмінника, або до резервуару зберігання ЗБГ.

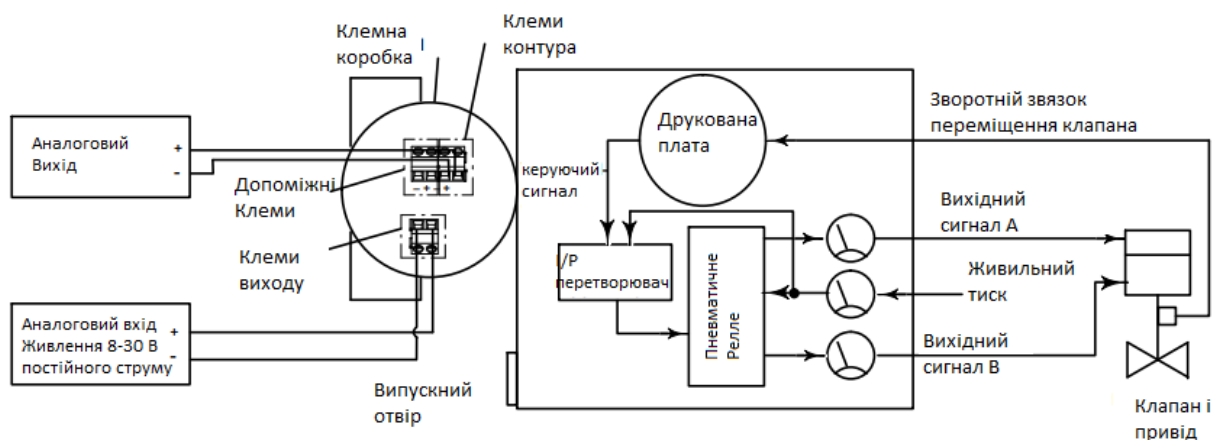


Рисунок 3.9 Схема підключення контролера пневматичного клапана FIELDVUE DVC6200

Цифровий контролер клапана DVC6200 - це прилади з живленням по струмовій петлі, що використовуються для управління положенням клапана пропорційно до вхідного сигналу, що надходить з операторної. Нижче описаний принцип дії.

Вхідний сигнал надходить на клемну коробку по одній витій парі і потім передається на субмодуль друкованої плати у зборі, де цей сигнал зчитується мікропроцесором, обробляється з використанням цифрового алгоритму і потім перетворюється на аналоговий сигнал «струм-тиск». При збільшенні вхідного сигналу збільшується і сигнал керування, що надходить на електропневматичний перетворювач, що призводить до зростання тиску на його виході. Вихідний тиск передається на субмодуль пневматичні реле. Пневматичне реле також підключається до лінії тиску живлення та підсилює малий пневматичний сигнал, що надходить від електропневматичного перетворювача. Реле сприймає посилений пневматичний сигнал та забезпечує роботу двох виходів тиску. При збільшенні вхідного струмового сигналу (від 4 до 20 мА) тиск на виході А завжди збільшується, а тиск на виході В зменшується. Тиск на виході А використовується для приводів подвійної та

прямої одинарної дії. Тиск на виході В використовується для приводів подвійної та зворотної одинарної дії.. Положення штока вважається безконтактним датчиком зворотного зв'язку переміщення. Клапан переміщається вниз, доки не буде досягнуто необхідне становище. У цьому пункті електроніка друкованої плати стабілізує сигнал I/P.

При цьому положенні заслінка перешкоджає подальшому збільшенню тиску через сопло. При зменшенні вхідного сигналу зменшується і сигнал, що надходить на електропневматичний перетворювач, що призводить до зниження вихідного тиску. Пневматичне реле зменшує тиск на виході А і збільшує тиск на виході В. Клапан переміщається вгору, доки не буде досягнуто необхідного положення У цьому пункті електроніка друкованої плати стабілізує сигнал I/P-привода. При цьому включається клапан, що перешкоджає подальшому зменшенню тиску в штуцері.

В якості привода використовується діафрагмовий пневматичний привід Fisher 667[24].



Рисунок 3.10 Зовнішній вигляд приводу Fisher 667

Мембранний привод Fisher 657 позиціонує плунжер в клапані у відповідь на зміну пневматичних вихідних сигналів контролера або позиціонера клапана, що подаються на діафрагму приводу. Нульова установка приводу визначається стисненням пружини . Цей привід призначений для дроселювання автоматичних регулюючих клапанів.

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		34

Усі приводи Fisher 657 прямої дії. Застосування тиску повітря до верхнього корпусу діафрагми змушує шток приводу опускатися вниз. Коли цей тиск зменшується, сила пружини переміщує шток приводу вгору. У разі падіння навантажувального тиску пружина притискає шток до крайнього верхнього положення.

Таблиця 3.5 Технічна характеристика регулюючого органу Fisher easy ET-C з пневматичним приводом Fisher 657.

Розмір	DN15-100 NPS 1/2-4
Монтажні з'єднання	Фланцеве
Матеріали корпусу клапана	Сталь, легована сталь, нержавіюча сталь
Характеристики потоку та максимальні коефіцієнти витрати	Швидке відкриття, лінійне або рівнопроцентне Максимальна пропускна здатність Cv від 13,2 до 924
Клас відсічення (IEC 60534-4 и ANSI/FCI 70-2)	Клас IV
Максимальний перепад тиску	9,6 МПа
Діаметр штока	½ ... 1”
Доступні приводи	Мембранно-пружинні 657 або 667, поршневі 585С
Максимальне допустиме навантаження на шток	15...87 Н
максимальне навантаження приводу	20400 кгс

3.2.2 Канал контролю і управління температурою ЗБГ.

Вимоги робочого середовища регулювання::

– температура -167 °С;

– тиск 0...4 МПа;

– навколишнє середовище категорії А, класів П-I і В-Ia.

В даному контурі три регулюючі органи (ГДР, ХДр, приводи компресора) В якості РО для Тдр, Хдр використовую Fisher™ easy-e™ ET-C з пневматичним приводом Fisher 657 та контролером FIELDVUE DVC6200.

Для керування температурою також використовується зміна швидкості обертання приводу компресора. Компресора приводиться в рух асинхронним двигуном потужністю 15 кВт. Даним вимогам відповідає перетворювач частоти FRECON - FR500A-4T-018G/022PB[25]

Зовнішній вигляд перетворювача частоти FRECON - FR500A-4T-018G/022PB наведений на Рисунок 3.10



Рисунок 3.11 Зовнішній вигляд частотного перетворювача FRECON - FR500A-4T-018G/022PB

Технічні характеристики перетворювача частоти FRECON - FR500A-4T-018G/022PB наведені в табл. 3.6.

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		36

Таблиця 3.6 Технічна характеристика ПЧ

Габаритні розміри	185x198x300 мм
Номінальна потужність, Вт	18500
Номінальний вхідний струм	35 А (станд.нагр.) / 38.5 А (легка нагр.)
Число фаз/напруга на вході	3 фази / 380В
Перевантажувальна здатність	150% до 60 с; 180% до 10 с; 200% до 2
Максимальна вихідна частота	600 Гц
Максимальне число фіксованих швидкостей	16
Скалярний режим управління	Є
Векторний режим керування	Є
Квадратичний закон керування U/f^2	Є
Лінійний закон керування U/f	Є
Гальмівний модуль	Є гальмування <1,4с
Вбудований регулятор(ПЧД)	Є
ЕМС фільтр	Є
Інтерфейс RS-485/Modbus	Є
Входи	Аналогові. Імпульсні
Ступінь захисту	IP20

ПЧ виконує плавний пуск і плавну зупинку електродвигуна привода компресора, регулювання температури ЗБГ за допомогою вбудованого ПЧД-регулятора за сигналом датчика тиску 4...20мА.

3.2.3 Канал антипомпажного керування.

Вимоги робочого середовища регулювання::

- температура 30 °С;
- тиск 0...4 МПа;
- навколишнє середовище категорії А, класів П-І і В-Іа

Помпаж характеризується швидкими перехідними процесами, тому антипомпажний клапан повинен відкриватися швидко. З цієї причини при проектуванні системи управління компресором зазвичай пред'являється тільки одна стандартна вимога до антипомпажного клапану — швидкість переходу з повністю закритого в повністю відкрите положення (повний хід) і не враховуються. Тому було обрано в якості антипомпажного клапана Fisher™ FB[26]. Оскільки його робочі параметри відповідають вище вказаним вимогам, я час відкриття <2с.



Рисунок 3.12 Зовнішній вигляд клапана Fisher™ FB

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		38

3.2.4 Канал контролю складом ЗХ.

Вимоги робочого середовища регулювання::

- температура 20 °С;
- тиск 0,9 МПа;
- навколишнє середовище категорії А, класів П-І і В-Іа.

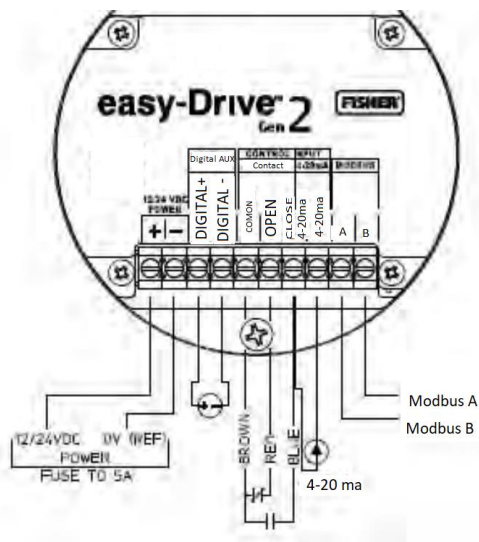


Рисунок 3.13 Підключення до клемної коробки easy-drive.

Даним вимогам відповідає Fisher™ D4[27] з електричним приводом easy-Drive. Регулюючий клапан D4 з електричним приводом Easy-Drive — це компактний, міцний клапан, розроблений переважно для дроселювання високого тиску. За допомогою постійного сигналу (наприклад, від 4 до 20 мА) здійснюється керування цим клапаном. Це виконання має можливість електронного управління величини відкриття, що забезпечує високий рівень регулювання. Співвідношення між вхідним сигналом і витратою значною мірою лінійний у всьому діапазоні регулювання. Мінімальна і максимальна витрати регулюються за допомогою двох плавно регульованих перемикаючих кулачків.

Можна перевірити проміжні положення або зовнішні пристрої активується за допомогою двох плаваючих допоміжних перемикачів. Має

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.

великий контрольний коефіцієнт 100:1. високу точність контролю.

триточковий ступінчастий або безперервний контроль. Легке перемикання між автоматичним і ручним режимами. Відгук про позицію.

Таблиця 3.7 Технічна характеристика приводу Fisher™ D4

Напруга живлення	від 220 до 240 В, -15/+10%, 50/60 Гц від 110 до 120 В, -15/+10%, 50/60 Гц 24 В, -15/+10%; 50/60 Гц.
Ступінь захисту	IP 54 по IEC 592
клас захисту	I
Обертаючий момент:	3 Нм
Номінальний діаметр	25 ...100мм
Робоча температура	Від -20 до +60°C
Вхідний сигнал	4-20ma ,,
Матеріал корпусу	сплав AlSi,
Монтажні з'єднання	фланцеве по ISO 7005, PN 16.
Максимальний вхідний тиск	1 МПа.

3.2.5 Канал контролю холодопродуктивності

Оскільки потужність приводу компресора пропанового циклу 14 кВт цілком підійде попередньо обраний ЧП FRECON - FR500A-4T-018G/022PB

3.2.6 Канал контролю ступеня перегріву..

Вимоги робочого середовища регулювання:;

– температура -40 - 37 °С;

– тиск 0...1 МПа;

– навколишнє середовище категорії А, класів П-I і В-Ia.

Під дані вимоги цілком підходить Fisher™ D4

3.3 Вибір контролера.

Для вибору контролера проаналізуємо вхідні та вихідні сигнали контролера. Відповідно до обраних датчиків і типів каналів управління дані про вхідні сигнали наведені в табл. 3.8, дані про вихідні сигнали наведені в табл. 3.9.

Таблиця 3.8 Вхідні сигнали контролера

1	Виробництво ЗБГ	4...20 мА HART, RS 485
2	Температура ЗБГ після дроселя	4...20 мА
3	Температура ХЗТ	4...20 мА
4	Температура ТЗТ	4..20 мА
5	Витрата РЗХ	4...20 мА HART, RS 485
6	Витрата ГЗХ	4...20 мА HART, RS 485
7	Рівень Сепаратора, КЗХНТ	4...20 мА
8	Рівень Сепаратора, КЗХВТ	4...20 мА
9	Тиск нагнітання КЗХНТ	4...20 мА
10	Тиск нагнітання КЗХВТ	4...20 мА
11	Склад Зх	RS 485
12	Витрата ЗХ на всмоктуванні КЗХНТ	4...20 мА, RS 485
13	Витрата ЗХ на всмоктуванні КЗХВТ	4...20 мА, RS 485
14	Температура ЗХ на всмоктуванні КЗХНТ	RS 485
15	Температура ЗХ на всмоктуванні КЗХВТ	RS 485
16	Тиск ЗХ на всмоктуванні КЗХНТ	RS 485
17	Тиск ЗХ на всмоктуванні КЗХВТ	RS 485
18	Рівень резервуару ЗБГ	4...20 мА
19	Температура БГ	RS 485
20	Витрата БГ	RS 485
21	Тиск БГ	RS 485
22	Витрата на всмоктуванні ПКом СтВт	4..20мА,RS-485
23	Витрата на всмоктуванні ПКом СтСт	4..20мА,RS-485
24	Витрата на всмоктуванні ПКом СтНт	4..20мА,RS-485
25	Тиск та температура на всмоктуванні ПКом СтВт	RS-485
26	Тиск та температура на всмоктуванні ПКом СтСт	RS-485

Продовження таблиці 3.9

27	Тиск та температура на всмоктуванні ПКом СтНт	RS-485
28	Витрата пропану після дроселювання СтВт	4..20мА
29	Витрата пропану після дроселювання СтСт	4..20ма
30	Витрата пропану після дроселювання СтНт	4..20ma
31	Тиск та температура пропану після дроселювання СтВт	RS-485
32	Тиск та температура СтСт	RS-485
33	Тиск та температура СтНт	RS-485
34	Витрата та температура ЗХ на вході в пропановий теплообмінник	RS-485
35	Рівень в Сепараторі СтВт	4..20ma
36	Рівень в Сепараторі СтСт	4..20ma
37	Рівень в Сепараторі СтНт	4..20ma

Таблиця 3.10 Вихідні сигнали контролера

1	Виробництво ЗБГ	4...20 мА
2	Оберти привода КЗХНТ	4-20ma
3	Оберти привода КЗХВТ	4-20ma
4	Витрата РЗХ	4-20ma ,RS 485
5	Витрата ТЗХ	4-20ma, 4-20ma
6	Дренаж конденсату КЗХНТ, Сигналізація	Лог 1
7	Дренаж конденсату КЗХВТ, Сигналізація	Лог 1
8	АнтК КЗХВТ,	4-20ma
9	АнтК КЗХНТ,	4-20ma
10	Підживлючий клапан азоту	4-20ma
11	Підживлючий клапан метану	4-20ma
12	Підживлючий клапан етану	4-20ma
13	Підживлючий клапан пропану	4-20ma

Продовження таблиці 3.9

14	Сигналізація рівень ЗБГ	Лог 1
15	Швидкість обертання приводу Пком	4-20ma
16	Тиск після дроселя СтВт	4-20 ma
17	Тиск після дроселя СтСт	4-20 ma
18	Тиск після дроселя СтНт	4-20 ma
19	АнтК Пком СтВт	4-20 ma
20	АнтК Пком СтСт	4-20 ma
21	АнтК Пком СтНт	4-20 ma
22	Потік всмоктування СтВт Пком	4-20 ma
23	Потік всмоктування СтСт Пком	4-20ma
24	Потік всмоктування СтНт Пком	4-20ma
25	Рівень в Сепараторі СтВт	4-20ma
26	Рівень в Сепараторі СтСт	4-20ma
27	Рівень в Сепараторі СтНт	4-20ma

На підставі таблиць вхідних та вихідних сигналів можна підібрати контролер по кількості потрібних портів вводу виводу. Нижче наведені вимоги до вхідних, вихідних сигналів контролера таблиця 5.8.

Таблиця 3.11 Вимоги до контролера

Аналогові вхідні	22
Дискретні вхідні	-
Аналогові вихідні	20
Дискретні вихідні	3

На основі таблиці приймаю рішення вибрати програмно логічний контролер від компанії SIMENS. На основі програмного забезпечення SIMENS можна виконувати повний цикл розробки системи автоматичного керування.

Програмний логічний контролер SIMATIC S7-300 - призначений для побудови системи автоматизації низького та середнього ступеня складності. Даний контролер має модульну конструкції з можливістю локального та розподіленого вводу-виводу що дозволяє адаптувати його під вимоги [28].

Програмовані контролери Siemens SIMATIC S7-300 мають модульну конструкцію та складаються з таких елементів:

- Центральні процесори - модуль центрального процесора (CPU). Залежно від завдання можна підібрати відповідний центральний процесор. На основі таких параметрів як швидкодія, продуктивність, розмір пам'яті, наявність портів вводу виводу, кількість підтримуваних аналогових, дискретних, функціональних блоків та вбудованих комунікаційних інтерфейсів.
- Блоки живлення - Блоки живлення (PS), забезпечують живлення контролера як правило живлення відбувається від мережі 220В. Підбір блока живлення виконується на основі споживаної потужності контролера.
- Сигнальні модулі SM – Сигнальні модулі (SM), використовують для розширення можливості введення та виведення як дискретних так і аналогових величин з різними електричними та часовими параметрами
- Комунікаційні модулі - Комунікаційні процесори (CP) забезпечують можливість підключення до промислової мережі
- Функціональні модулі - Функціональні модулі (FM) такі модулі мають вбудований мікропроцесор і можуть вирішувати завдання автоматичного регулювання, обробку сигналу, позиціонування навіть у разі відмови промислового контролера.
- Інтерфейсі модулі - Інтерфейсі модулі (IM), що забезпечують можливість підключення до базового блоку (стійка з CPU) стійкою розширення вводу-виводу. Програмовані контролери Siemens SIMATIC S7-300 дозволяють використовувати у своєму складі до 32 сигнальних та функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів,

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		44

розподілених за 4 монтажними стойками. Усі модулі працюють із природним охолодженням

На основі таблиці 5.8 підбираю модулі аналогового входу. Для 22 аналогових сигналів задовільняють 3 модулі SM331 6ES7331-1KF02-0AB0[29].

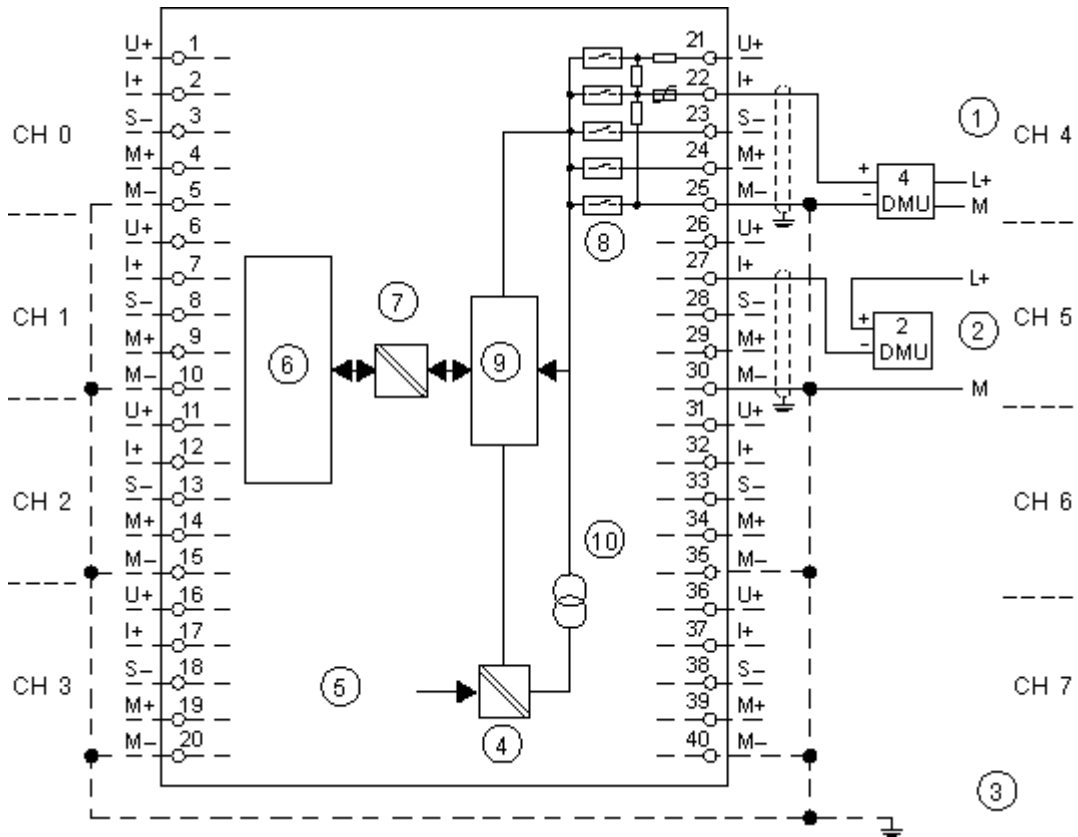


Рисунок 3.14 Підключення датчика 4-20 mA по двохранвiднiй та 4 провiднiй схемi до модуля SM331 6ES7331-1KF02-0AB0

Де 1 – 4 провiднiй давач; 2 – 2 провiднiй давач; 3 - рiвнопотенцiйне заземлення, 4 – Внутрiшнє живлення; 5 - + 5 В вiд задньої шини; 6- Логiка та iнтерфейс задньої шини; 7 - Електрична iзоляцiя; 8-Мультиплексор; 9-Аналого-цифровий перетворювач; 10 - Джерело струму;

Таблиця 3.12 Технічна характеристика SM331 6ES7331-1KF02-0AB0

Габаритні розміри	40x125x117
Фактична втрата потужності / типова	0,4 Вт
Кількість аналогових входів	8
Номінальна напруга живлення	24V
Максимальна напруга входу	30 В
Максимальний струм входу	40 мА
Базовий час перетворення, включаючи час інтегрування	66 мс
Роздільна здатність	13 біт
Придушення частоти перешкод, межі похибок	> 86 Дб
Вхід напруга	± 5 V ± 10 V 1 V to 5 V 0 V to 10 V ± 50 mV ± 500 mV ±1 V
Вхід струм	± 20 mA 0 mA to 20 mA 4 mA to 20 mA
Помилка лінійності	± 0.1 % / 0.1 К

В якості модуля аналогового виходу цілком підходить SM-332 6ES7332-5HF00-0AB0[27]. SIMATIC S7-300, модуль виведення аналогових сигналів: гальванічне розв'язка зовнішніх та внутрішніх ланцюгів, 8 виходів, 11/12 біт .

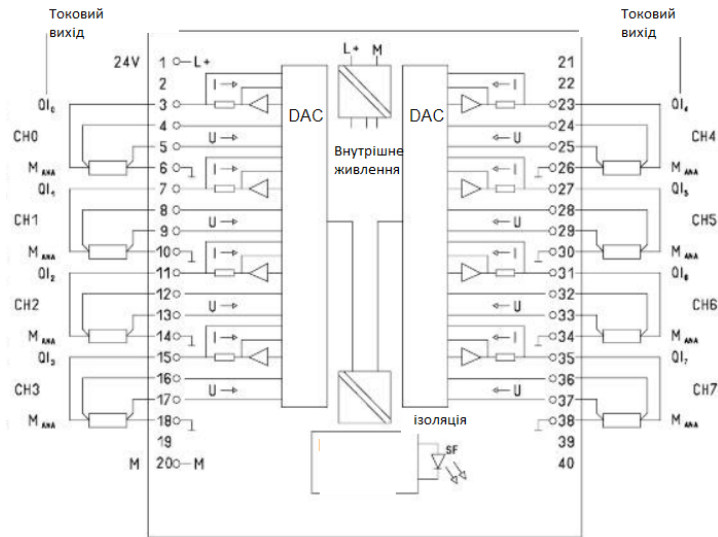


Рисунок 3.15 Блок діаграма модуля аналогового виходу SM-332 6ES7332-5HF00-0AB0

Таблиця 3.13 Технічна характеристика модуля SM-332 6ES7332-5HF00-0AB0

Номінальна напруга живлення	24 В
Захист від переплутування полярності	Так
Нормальна розсіювана потужність	6 W
Число аналогових виходів	8
захист від короткого замикання	Так
Вихід напруга	від 0 до 10 В від 1 В до 5 В від -10 до +10 В
Вихід струм	від 0 до 20 мА да від -20 мА до +20 мА да від 4 мА до 20 мА
Максимальна довжина провідника	200 м
Макс. роздільна здатність з діапазоном навантаження	12 bit; ±10 В, ±20 мА, від 4 до 20 мА, від 1 до 5 В: 11 бит + знак; от 0 до 10 В, від 0 до 20 мА: 12 бит
Час перетворення (на канал)	0,8 мс
Габаритні розміри	40x125x117

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.
-----	-------	----------	-------	-------

СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ

Лист

47

В якості модуля дискретного виходу використаю SM332 6ES7322-5GH00AB0

Характеристика модуля SM332 6ES7322-5GH00-0AB0

- Напруга живлення 24В
- Напруга навантаження 24В
- Струм виходу 0,5А
- Втрата потужності 2,8 Вт
- Кількість виходів 16
- Максимальне навантаження на лампу 2,5W
- Розділений потенціал цифрових виходів

В якості центрального процесора обрав CPU314 6ES7312-1AE14-0AB0[32]

Характеристика модуля

- Напруга живлення 24В
- Розсіювання потужність 4 Вт
- Оперативна пам'ять 32КБ
- Постійна пам'ять 8МБ
- Максимальна кількість цифрових входів/виходів 256
- Максимальна кількість аналогових входів/виходів 64
- час операцій побітової обробки 0,1 мкс
- час операцій зі словами 0,24 мкс
- час виконання операцій з фіксованою точкою 1,1 мкс
- Число інтерфейсів R-485 1

Даний модуль задовольняє вимоги по параметрам швидкодії, розміром оперативної пам'яті та адресної зони дискретних і аналогових входів/виході. Використання даного модуля також дозволить за потреби розширити систему автоматизації

РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА SCADA

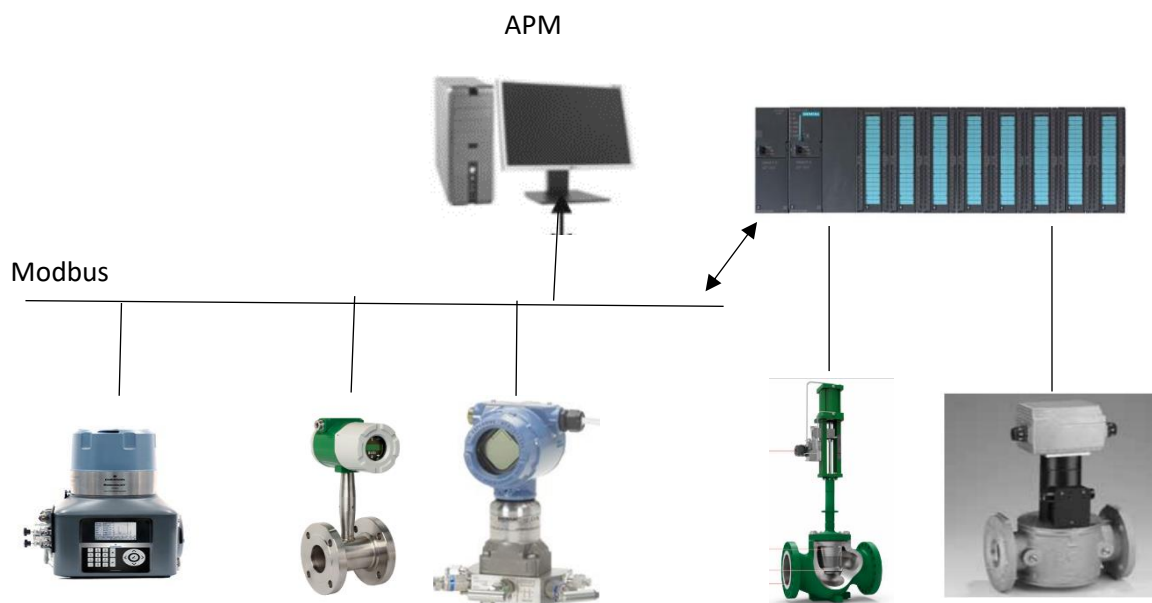


Рисунок 4.1 структура з'єднання датчиків, ПЛК та виконавчих механізмів по інтерфейсу MODBUS.

Оператори повинні бути змозі розпізнати інформацію яка вимагає їхньої уваги, та які дії при цьому повинні виконуватися . Їм потрібно швидко дізнатися, які проблеми виникли і як їх можна ефективно вирішувати. Ви можете поліпшити оперативне реагування за допомогою перевірених та інноваційних SCADA

Основні функції SCADA системи включають

1. **Збір даних:** SCADA система забезпечує можливість збору даних датчиків , пристроїв автоматизації(керована засувка, клапан , двигун тощо), контролери. На основі цих даних оператор може дізнатися параметри процесу, стан обладнання, показники якості.
2. **Керування процесом:** SCADA система дозволяє операторам керувати промисловими процесами шляхом відправки команд управління до пристроїв або систем. Це може включати включення/вимкнення

обладнання, регулювання параметрів процесу, налаштування режимів роботи тощо.

3. Архівування та аналіз даних: SCADA системи здатні зберігати і архівувати історичні дані процесів для подальшого аналізу.
4. Сигналізація та тривоги: SCADA система може встановлювати межі та умови для певних параметрів процесу і генерувати тривоги або сповіщення, коли ці умови порушуються. Це дозволяє операторам оперативно реагувати на виникнення проблем або аварійних ситуацій.

В якості середовища розробки SCADA мною було обрано WINCC від компанії Siemens оскільки контролер теж вироблений цією компанією. Що спрощує взаємозв'язок між різними середовищами розробки. Відкритість WinCC підтримується на всіх рівнях роботи системи за рахунок використання відкритих інтерфейсів і доступності внутрішніх структур. Обмін даними з іншими додатками здійснюється за допомогою механізмів DDE, OLE, ODBC / SQL, з контролерами - за допомогою OPC.

WinCC Flexible надає можливості для створення графічного інтерфейсу користувача (HMI) для контролерів та інших пристроїв автоматизації Siemens. З його допомогою можна створювати екранні форми, візуалізувати дані, налаштовувати зв'язок з контролерами, налаштувати таймери та події, а також збирати дані з пристроїв у реальному часі.

WinCC Flexible є потужним інструментом для розробки SCADA-систем, особливо для продуктів Siemens. Він дозволяє інженерам створювати гнучкі та інтуїтивно зрозумілі інтерфейси для взаємодії з операторами та забезпечувати ефективне керування та моніторинг автоматизованими процесами.

Розроблена мнемосхема в SCADA системі відображує основні параметри необхідні оператору для зображення ходу технологічного процесу.

- Температура теплої, холодної зони теплообмінника.
- Температура та виробництво ЗБГ
- Рівень заповнення резервуару

- Тиск нагнітання компресорами.
- Витрата ГЗХ та ХЗХ
- Параметри біогазу на вході в установку
- Склад холодоагенту

Рівень в сепараторах не були включені в мнемосхему оскільки вони не мають суттєвого впливу на технологічний процес але при виникненні критичної ситуації буде виведене текстове повідомлення.

Нижче наведена мнемосхема розробленої SCADA системи

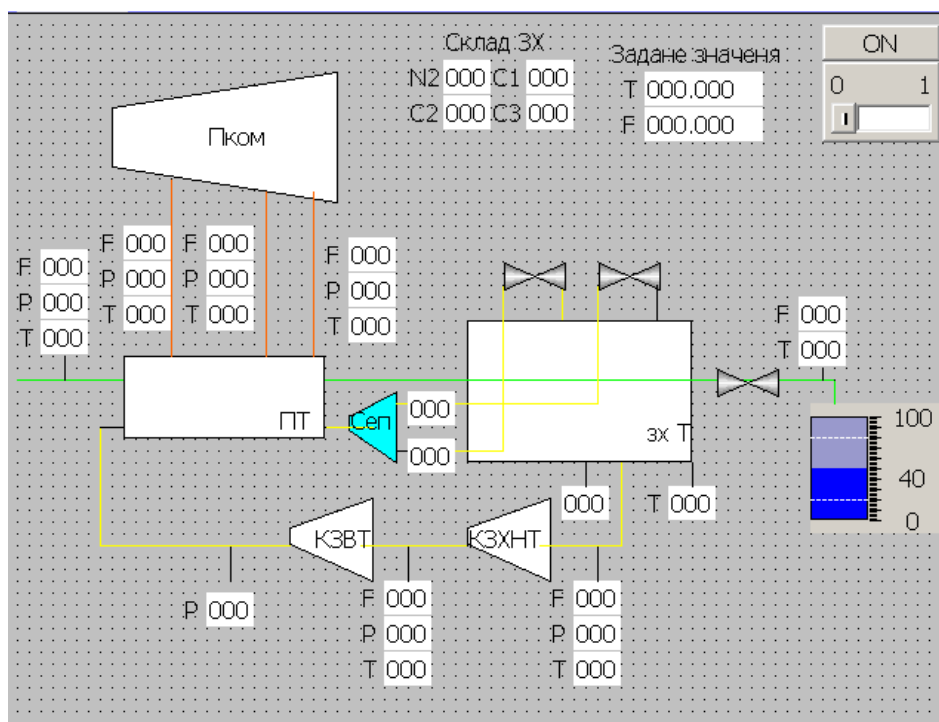


Рисунок 4.2 Мнемосхема SCADA системи

Де ПКом – пропановий компресор; ПТ – теплообмінник попереднього охолодження, Зх Т – теплообмінник змішаного холодоагенту, КЗВТ – компресор змішаного холодоагенту високого тиску, КЗХНТ – компресор змішаного холодоагенту низького тиску.

Дана мнемосхема дає змогу виконати наступне:

- маскування або імітація параметрів.
- відстеження аварійних ситуацій
- відстеження станів вузлів установки
- налаштування оптимального складу холодоагенту

За допомогою розробленої оператор Scada може

Змінювати склад холодоагенту для оптимального налаштування

Проводити ручний запуск та зупинку установки

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.

Розроблена SCADA система збирає дані такі параметри

- Температура теплої, холодної зони теплообмінника.
- Температура та виробництво ЗБГ
- Рівень заповнення резервуару
- Тиск нагнітання компресорами.
- Витрата ГЗХ та ХЗХ
- Параметри біогазу на вході в установку
- Склад холодоагенту.

Оператор Scada має можливість графічно спостерігати пов'язані параметри натиснувши на піктограму технологічного об'єкта

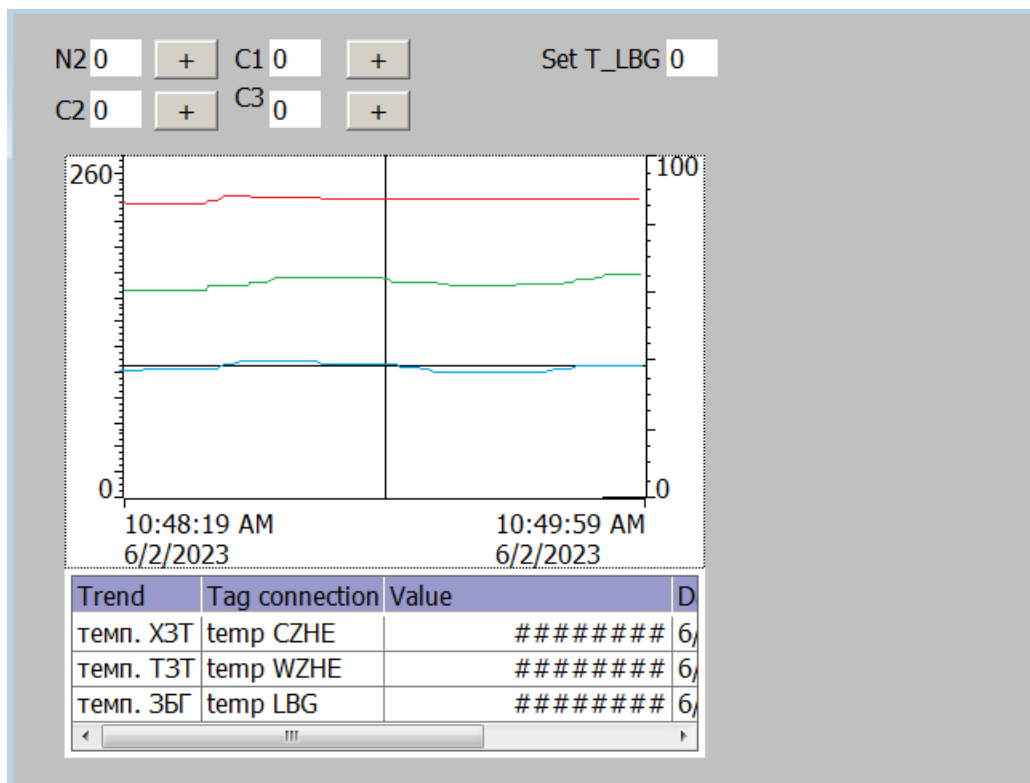


Рисунок 4.3 Відображення графіку температури всередині теплообмінника.

На даному графіку оператор може побачити динаміку зміни температури в кожній зоні головного теплообмінника.

ВИСНОВОК

В дипломній роботі було розглянуто основну частину автоматизації процесу зрідження біогазу. Було розглянуто технологічний процес та спроектована система керування для покращення енергоефективності процесу зрідження яка задовольняє вимогам ТЗ. За допомогою зміни швидкості обертання компресора в залежності від потрібної холодопродуктивності, наближення кривої охолодження до кривої нагріву за допомогою регулюючих органів на теплообміннику. Антипомпажним контуром керування та рівнем конденсату була забезпечена вимога ТЗ що до надійної роботи процесу зрідження.

Також в роботі було проведено наступне:

- -проаналізовано конструктивно-технологічну характеристику;
- -розроблено функціональну схему автоматизації (Додаток А) та перелік використаних елементів(Додаток Б)
- розроблено принципову електричну схему процесу зрідження біогазу на основі технологічного процесу СЗМР;(додаток В)
- -підібрано ПЛК та необхідні модулі розширення,
- створено мнемосхему SCADA для віддаленого збору ,керування ,відображення ходу технологічного процесу.

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		53

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Saeid Mokhatab, John Y, Mak, Jaleel V. Valappil, David A. Wood Handbook of Liquefied Natural Gas, 2020 – 591с,
2. Fazlollahi, Farhad, "Dynamic Liquefied Natural Gas (LNG) Processing with Energy Storage Applications" 2021 – 113с
3. Gu, A., Lu, X., Wang, R., 2018. Liquefied Natural Gas Technology. China Machine Press, Beijing, China
4. Jensen, Mark, "Energy Process Enabled by Cryogenic Carbon Capture" 2019 -177с.
5. F.Chen, M.Okasinski, T.Sabram Automated process for cooldown of main cryogenic heat exchanger.
6. Nina Johansson, Production of liquid biogas, LBG, with cryogenic and conventional upgrading technology 2019 – 96с.
7. Mengyu Wang, Model-based optimisation of mixed refrigerant lng Processes, 2017 -163с
8. U.S. Patent 4,809,154. Automated Control System for a Multicomponent Refrigeration System. Inventor: Charles L. Newton. Assignee: Air Products and Chemicals, Inc. Date: 28 February 1989
9. U.S. Patent 5,139,548 Gas liquefaction process control system. Invertor: Yu-Nan Liu, Emmaus; Glenn . Kinard, Allentown; David A. Zagnoli, . Macungie, all of Pa Date: 18 August 1992.
10. U.S. Patent 5,791,160 Method and apparatus for regulatory control of production and temperature in a mixed refrigant liquefied natural gas facility. Invertor J. A. Mandler , Philip Albert Brochu. Data 24 Jul. 1998.
11. WO 125018 A metod ans system for controlling the temperature of liquifield natural gas in a liquefaction process. Date 20 September 2012.
12. EP 0 529307 B1 Gas liquefaction process control system. Date 22.07.1992
13. US 10.935.312 Balancing power in split mixed refrigant liquefaction system Data 2 Mar 2021.

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		54

14. J. B. Jensen and S. Skogestad. Control and optimal operation of simple heat pump cycles. In European Symposium on Computer Aided Process Engineering (ESCAPE) 15, Barcelona, 2017.
15. Kleiner, F., Kauffman, S. All Electric Driven Refrigeration Compressors in LNG Plants Offer Advantages 2005
16. Документація [Електронний ресурс]:Інтелектуальний передавач Rosemount™ 3051S : <https://www.germiona.com.ua/files/00809-0207-4801.pdf>
17. Інтернет магазин[Електронний ресурс]:Первинний елемент вимірювання тиску Rosemount™ 405А Режим доступу: <https://www.emerson.com/en-us/catalog/automation-solutions/measurement-instrumentation/differential-pressure-flow/rosemount-sku-405-annubar-primary-element>.
18. Термоперетворювач з голівкою, зі змінним чутливим елементом TOPGN-1..EXI, TTKGN-1..EXI, TTJGN-1..EXI 130 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.interautomatika.eu/rus/temperature/datchiki-temperature/topgn-1-exi-ttkgn-1-exi-ttjgn-1-exi-datchiki-temperature.html>
19. Honeywell первинні перетворювачі тиску [Електронний ресурс]. – 2022. - Режим доступу:
20. Документація [Електронний ресурс]:Інтелектуальний давач Eclipse® 706 Режим доступу: <http://www.tmsolutions.co.kr/LEVEL/pdf/57-106%20GWR706.pdf>
21. Документація [Електронний ресурс]:хроматограф rosemount-370ха Режим доступу:<https://www.emerson.com/documents/automation/manual-rosemount-370ха-gas-chromatograph-operations-manual-en-72824.pdf>
22. Документація [Електронний ресурс]: Односідельний регулюючий орган Fisher easy-e ET-C Режим доступу <https://www.emerson.com/documents/automation/fisher-fisher-sliding-stem-valve-selection-guide-russian-ru-ru-5126130.pdf>

23. Документація [Електронний ресурс] Fisher™ FIELDVUE™ Цифрової контроллер клапана DVC6200 Режим доступу
<https://www.emerson.com/documents/automation/instruction-manual-fieldvue-dvc6200-hw1-dvc6200-hw1-digital-valve-controller-retired-product-russian-ru-126402.pdf>
24. Документація [Електронний ресурс] fisher-657-667 діафрагмовий привід
<https://www.emerson.com/documents/automation/product-bulletin-fisher-657-667-diaphragm-actuators-en-122352.pdf>
25. Інтернет магазин [Електронний ресурс] Частотний перетворювач FRECON - FR500A-4T-018G/022PB Режим доступу:
https://saeron.com.ua/ua/p1087907615-preobrazovatel-chastoty-1822.html?gclid=Cj0KCQjw_r6hBhDdARIsAMIDhV-vFOF6buaAx1YmlpX8QhSleh5Ea-Uk6oR-wiB91r_t80VtU6fzExkaAlv5EALw_wcB
26. Інтернет магазин [Електронний ресурс]: Fisher™ FB антипомпажний клапан <https://www.emerson.com/ru-ru/automation/valves-actuators-regulators/control-valves/compressor-anti-surge-control-valves>
27. Документація [Електронний ресурс] Регулювальний клапан Fisher™ D4. Режим доступу:
<https://www.emerson.com/documents/automation/instruction-manual-fisher-d4-control-valve-assembly-en-135076.pdf>
28. Документація [Електронний ресурс] SIMATIC S7-300
http://tekhar.com/Programma/Siemens/Simatic/Controllers/PDF_all/03_S7-300_r.pdf
29. Інтернет магазин [Електронний ресурс]: Аналоговий модуль введення SM331 6ES7331-1KF02-0AB0 Режим доступу: <https://www.siemens-pro.ru/s7-300/6ES7331-1KF02-0AB0.html>
30. Інтернет магазин [Електронний ресурс]: Аналоговий модуль виведення 6ES7332-5HF00-0AB0 <https://www.siemens-pro.ru/s7-300/6ES7332-5HF00-0AB0.html>

31. Интернет магазин[Электронный ресурс]: Дискретный модуль вывода
6ES7332-5HF00-0AB0 <https://www.siemens-pro.ru/s7-300/6ES7322-5GH00-0AB0.html>
32. Интернет магазин[Электронный ресурс]: CPU 312 6ES7312-1AE14-0AB0
<https://www.siemens-pro.ru/s7-300/6ES7312-1AE14-0AB0.html>

					СУ-91/4-0.6.151.10.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		57

