

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 випробувального стенду компресорних установок типу
КТ-6»

Здобувача(ки) групи СУ-91

Лободін Даніїл Ігорович

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

Даніїл ЛОБОДІН

(підпис)

Керівник:

доцент кафедри КСУ, к.т. н., доцент, Володимир ТОЛБАТОВ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Н о м. п о з	Ф о р м а т	Позначення	Найменування	Кі л к і с т ь а р к у ш і в	№ е к з .	П р и мі т к и
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1	A4		Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2	A4	T3	Технічне завдання	2		
3	A4	СУ-91 6.151.00 ПЗ	Пояснювальна записка	43		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A3	СУ-91 6.151.00 A2	Автоматизація випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6. Функціональна схема автоматизації	1		
6	A3	СУ-91 6.151.00 E3	Автоматизація випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6. Схема принципова-електрична	4		
7	A3	СУ-91 6.151.10 C1	Автоматизація випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6. Схема інформаційно-матеріальних потоків	1		
8	A3	СУ-91 6.151.00 C1	Автоматизація випробувального стенду компресорних	1		

			установок типу КТ-6. Структурна схема			
--	--	--	--	--	--	--

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту
Лободіну Даніілу Ігоровичу

1. Тема проекту: автоматизація випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6.
Затверджено наказом ректора університету. № 0236-VI від "14" березня 2023р.
2. Термін здавання студентом закінченого проекту " 20 " 06 2023 р.
3. Вихідні дані до проекту: звіт з переддипломної практики, публікації, статті.
4. Зміст пояснювальної записки: огляд системи, автоматизація станції генерації медичного кисню, вибір ТЗА, розробка ЕЗ, розробка інтерфейсу оператора.
5. Перелік графічних матеріалів: 27 рисунків, 16 таблиць, 1 додатків.
6. Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	15.05.2023
2	Аналіз предметної області. Область застосування.	20.05.2023

3	Розробка автоматизованого випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6	25.05.2023
4	Розробка основних схем автоматизації.	01.06.2023
5	Розробка SCADA системи	05.06.2023
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	07.06.2023

7. Дата видачі завдання “ 20 ” квітня 2023_р.

Керівник проекту:

доцент кафедри КСУ,
к.т. н., доцент

Володимир ТОЛБАТОВ

Здобувач:

студент гр. СУ-91

Даніїл ЛОБОДІН

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизованого випробувального стенду
компресорних установок типу КТ-6

Розробник:
студент групи СУ-91

Даніїл ЛОБОДІН

Погоджено:
доцент кафедри КСУ,
к.т. н., доцент

Володимир ТОЛБАТОВ

1. **Назва і галузь застосування:** автоматизація випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6; машинобудування, енергетика, газовидобування.
2. **Підстави для проектування:** Наказ ректора Сумського державного університету № _____ 0236-VI _____ від _____ 14.03.2023 _____, інші договори або замовлення.
3. **Загальний опис об'єкта автоматизації:**
 - a) стенд призначений для тестування, огляду та перевірки компресора перед його експлуатацією та продажем. Стенд повинен показувати параметри системи, слідкувати за динамікою та поведінкою компресора та інформувати оператора про несправності.
4. **Основні частини системи та структурна схема:**
 - a) описує основні частини системи, дає опис про їх функції та взаємозв'язки, повинен мати графічне зображення структури системи;
 - b) повинна містити не лише блоки пов'язані із технологічним процесом а ще й блоки електрошафи та пультів керування;
 - c) показує читачеві загальний план вашої системи з віддаленого ракурсу, як наприклад карта земної кулі на якій ми бачимо розміщення частин світу;
5. **Опис блоків системи керування :**
 - a) розділ повинен мати підрозділи, у кожному підрозділі описується окремий блок;
 - b) опис блока повинен містити список функцій які повинен виконувати блок, після списку потрібно описати як саме буде реалізована кожна функція;
 - c) підрозділ детально описує елементи блока до найменших деталей включаючи моделі виконавчих механізмів та давачів, при необхідності повинен мати графічні зображення для кращого розуміння;
 - d) кожен підрозділ показує читачеві конкретну частину системи великим планом, наче знімок військової бази з супутника.
6. **Опис алгоритмів та режимів роботи системи:**
 - a) повинен описувати алгоритм роботи системи у тому числі алгоритм взаємодії з оператором;
 - b) опис алгоритму повинен бути чітким та не повинен мати непередбачений результат при виникненні нештатних ситуацій;
 - c) при необхідності може бути доповнений графічними елементами, наприклад блок-схемою;
 - d) даний розділ дає розуміння про алгоритм роботи системи в цілому.

7. **Умови експлуатації системи керування:**

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

- a) 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) живлення БЖ для шафи управління – 380В; частота – 50 Гц; живлення ПЛК – 220В 50 Гц; живлення панелі оператора – 24В;. Ступінь захисту складових частин обладнання автоматизації – не нижче IP 44

8. Технічні вимоги:

Склад технічних засобів системи:

- а) первинні перетворювачі (давачі);
- б) вимірювачі, що встановлюються безпосередньо на обладнанні;
- в) мікропроцесорний контролер;
- г) засоби відображення і представлення інформації;
- д) засоби введення оперативної і керуючої інформації;
- е) виконавчі механізми;
- є) регулюючі органи;
- ж) перетворювачі сигналів

ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

9. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	1.05.23 - 05.05.23
2	Аналіз предметної області. Область застосування.	15.05.2023
3	Розробка автоматизованого випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6	20.05.2023
4	Розробка основних схем автоматизації.	25.05.2023
5	Розробка SCADA системи	01.06.2023
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	05.06.2023

АНОТАЦІЯ

Лободін Данііл Ігорович. Автоматизація випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2023.

Дипломний проект містить 42 аркуші пояснювальної записки, 27 рисунків, 16 таблиць та 4 схеми. При виконанні дипломної роботи було використано 13 літературних джерел.

Автоматизація випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6 є важливим напрямком розвитку, який сприяє покращенню ефективності та точності випробувань. Ця тема зосереджується на використанні автоматизованого випробувального стенду для керування, моніторингу та аналізу процесу випробування компресорних установок типу КТ-6.

Автоматизація випробувального стенду дозволяє забезпечити автоматичне керування різними параметрами установки під час випробування, такими як тиск, температура, оберти та інші величини. Вона також дозволяє здійснювати збір і аналіз даних з установки, що дозволяє оцінити її продуктивність та працездатність.

Основні компоненти автоматизованого випробувального стенду включають ПЛК, датчики, виконавчі механізми, комунікаційні засоби та керуючі програми. Ці компоненти співпрацюють, щоб забезпечити точне керування та моніторинг установки під час випробування, а також збір та обробку даних для подальшого аналізу.

Автоматизація випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6 має численні переваги, такі як зменшення людського впливу на процес випробування, підвищення точності та надійності результатів, скорочення часу випробувань та підвищення продуктивності.

Ця тема є актуальною і важливою для підприємств, які займаються виробництвом та експлуатацією компресорних установок типу КТ-6.

Ключові слова: компресор, автоматизація стенду, КТ-6, випробування КТ-6.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

Петро ЛЕОНТЬЄВ

___20___ ___06___ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

«Автоматизація випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6»

Керівник проекту:

к. т.н., доцент

Володимир ТОЛБАТОВ

Здобувач:

Студент групи СУ-91

Даніїл ЛОБОДІН

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ	5
1.1 Область застосування автоматизованого випробувального стенду КУ	5
1.2 Призначення та характеристики системи	7
1.3 Компоненти системи	7
РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДУ КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК ТИПУ КТ-6	9
2.1 Процес випробування компресорної установки КТ6	9
2.2 Функціональні задачі керування	10
2.3 Опис контурів керування	11
2.3.1 Контур подачі повітря на компресор	11
2.3.2 Контур подачі масла на компресор	12
2.3.3 Контур нагнітання повітря	12
РОЗДІЛ 3 ПІДБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	15
3.1. Підбір електроніки для щита керування	15
3.2 Вибір контрольно – вимірювальних пристроїв	22
3.3 Вибір виконавчих механізмів	26
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ-ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	30
4.1 Середовище проектування	30
4.2 Розробка схеми	30
РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА Human-Machine Interface	34
5.1 Загальні поняття	34
5.2 Проектування інтерфейсу	34
ВИСНОВКИ	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	41

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- САК – Система автоматичного керування;
- ВМ – виконавчий механізм;
- ПЛК – програмований логічний контролер;
- ТЗА – технічні засоби автоматизації;
- ЩК – щит керування;
- НМІ – human machine interface;
- ФСА – функціональна схема автоматизації;
- АІ – Analog input;
- ДІ – digital input;
- ДО – digital output;
- АО – Analog output;
- САПР – система автоматизованого проектування;
- КУ – компресорна установка;
- АД – асинхронний двигун.

ВСТУП

Компресорна установка – це пристрій для підвищення тиску (стискає повітря) і переміщення газоподібних речовин. Використання КУ досить обширне. Їх використовують не лише підприємства по видобутку газо- та нафтопродуктів, але і наприклад як джерело енергії для пневматичних систем.

КУ за принципом роботи поділяються на:

- поршневі;
- гвинтові;
- спіральні;
- кулачкові;
- шиберні;
- лопатеві.

Компресорні установки зазвичай виробляють на машинобудівних підприємствах. Звичайно, щоб виробляти якісний продукт, необхідно дотримуватися правильної технології при виготовленні деталей компресора, дотримуватися державних стандартів, правильно зібрати компресор відповідно кресленням та врешті решт його необхідно оглянути, перевірити та протестувати.

У дипломному проєкті буде розроблено автоматизований випробувальний стенд компресорних установок типу КТ-6. КТ-6 (компресор турбінний – 6) відноситься саме до поршневих. Він оснащений трьома циліндрами, які розташовуються W – подібно. Компресор КТ – 6 буде розглядатися з електроприводом.

Автоматизований випробувальний стенд компресорних установок потрібен, як раз таки для попереднього випробування, огляду, перевірки, тестуванню системи. Стенд матиме змогу показувати параметри системи, слідкувати за поведінкою і динамікою компресора та інформувати оператора про несправності.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

1.1 Область застосування автоматизованого випробувального стенду КУ

Автоматизований випробувальний стенд компресорних установок типу КТ-6 (рис. 1.1) знаходить широке застосування в інженерних дослідженнях, виробництві та обслуговуванні компресорних систем. КТ-6 - це типова модель компресорної установки, яка використовується в різних галузях промисловості, зокрема в хімічній, нафтовій, газовій, електроенергетичній та інших галузях.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд випробувального стенду КУ

Основні області застосування автоматизованого випробувального стенду для компресорних установок типу КТ-6 включають:

1. Розробка та випробування нових моделей: Стенд може використовуватись для розробки нових компресорних установок типу КТ-6, їх випробування та оптимізації перед введенням в експлуатацію. Випробувальний стенд дозволяє проводити різні тести і дослідження, включаючи перевірку продуктивності, надійності, ефективності і безпеки роботи компресорних установок.

2. Виробництво: Випробувальний стенд може бути використаний для випробування компресорних установок типу КТ-6 на виробничому етапі. Це дозволяє перевірити їх відповідність технічним вимогам та надати впевненість у якості виготовленої продукції перед її поставкою замовникові.

3. Обслуговування та ремонт: Стенд може бути використаний для діагностики, обслуговування та ремонту компресорних установок типу КТ-6. Випробувальний стенд дозволяє провести комплексний аналіз роботи компресорної установки, виявити можливі несправності, визначити причини відмов та виконати налагодження після ремонту.

4. Навчання та дослідження: Випробувальний стенд може використовуватись для навчання та дослідження у галузі компресорних технологій. Студенти, вчені та інженери можуть вивчати принципи роботи компресорних установок, проводити експерименти, аналізувати результати та вдосконалювати процеси роботи компресорних систем.

Загалом, автоматизований випробувальний стенд компресорних установок типу КТ-6 є важливим інструментом для дослідження, виробництва та обслуговування компресорних систем цього типу. Він допомагає підвищити якість продукції, забезпечити безпеку та ефективність роботи компресорів і сприяє розвитку компресорної галузі.

1.2 Призначення та характеристики системи

Стенд призначений для проведення прийомоздавальних випробувань КТ-6, КТ-7 та інших компресорних установок подібного типу. З характеристиками автоматизованого випробувального стенду можна ознайомитися в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики автоматизованого випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6.

Назва	Параметр, од. виміру
Споживча потужність	< 61 кВт
Напруга живлення	380 В
Привод	Електромеханічний
Робочий тиск у системі	до 10 Бар
Температура повітря в резервуарі	До 120 *С
Температура масла в компресорі	До 90 *С
Рівень масла в компресорі	0...100%

1.3 Компоненти системи

Система автоматизованого випробувального стенду компресорних установок типу КТ6 може включати різні компоненти, залежно від конкретних вимог і функціональності системи. Однак, основні компоненти такої системи зазвичай включають наступне:

1. Комп'ютер (ПК): Використовується для керування та моніторингу всіх процесів на випробувальному стенді. Він може мати спеціальне програмне забезпечення для збору даних, керування випробуваннями та аналізу результатів.

2. Датчики: Випробувальний стенд може мати різні типи датчиків, які вимірюють параметри та величини, пов'язані з компресорними установками КТ6. Наприклад, датчики тиску, температури, обертання, видачі повітря тощо.

3. Актуатори: Вони використовуються для керування різними елементами компресорних установок під час випробування. Наприклад, клапани, вимикачі, електромагніти та інші пристрої, які змінюють положення або стан елементів установки.

4. Засоби зберігання даних: Система може включати пристрої для зберігання та обробки великого обсягу даних, які збираються під час випробувань. Це можуть бути жорсткі диски, сервери або хмарні системи зберігання.

5. Комунікаційні засоби: Для обміну даними та командами між компонентами системи можуть використовуватися різні комунікаційні інтерфейси, наприклад, Ethernet, USB, RS-232 тощо.

6. Керуючі програми: Система має вбудоване програмне забезпечення, яке керує всіма компонентами та випробувальними процесами. Це може бути спеціалізоване програмне забезпечення, розроблене під конкретні потреби випробувань компресорних установок типу КТ6.

Зазначені компоненти надають системі автоматизованого випробувального стенду здатність контролювати та випробувати компресорні установки типу КТ6, збирати дані про їхню продуктивність та працездатність, а також аналізувати ці дані для подальшого вдосконалення установок та процесів.

РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДУ КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК ТИПУ КТ-6

2.1 Процес випробування компресорної установки КТ6

Випробування компресорної установки КТ6 здійснюється у декілька кроків. Першим кроком є підготовка установки. Здійснюється перевірка та підготовка установки перед випробуванням. Перевіряється рівень масла, налаштування параметрів, перевірку на цілісність установки та інше.

Другим кроком, коли установку було підготовлено, її запускають на автоматизованому випробувальному стенді. Це включає в себе, наприклад налаштування частотного перетворювача або контроль параметрів системи на старті.

Третій крок – контроль та моніторинг. Під час випробування необхідно постійно контролювати та моніторити параметри установки, таких як температура, тиск, та інші важливі параметри. Дані збираються записуються та в подальшому аналізуються.

Четвертим кроком – випробування режимів роботи. Установка КТ6 може бути випробувана в різних режимах роботи, включаючи повну навантаженість, різні швидкості обертання, перехідні процеси тощо. Під час випробування здійснюється збір даних та оцінка продуктивності та працездатності установки.

Аналіз результатів. Після завершення випробування проводиться аналіз зібраних даних. Це може включати оцінку ефективності установки, виявлення можливих проблем або несправностей, а також порівняння результатів зі специфікаціями та стандартами.

Останнім кроком є завершення випробування. Після аналізу результатів випробування встановлюються висновки щодо продуктивності та працездатності установки. Залежно від потреб і вимог, можуть бути прийняті рішення щодо подальшого вдосконалення, ремонту або налаштування установки.

Цей процес випробування допомагає перевірити та оцінити функціональність, ефективність та надійність установки КТ6 перед її використанням у реальних умовах.

Також процес відображено на схемі інформаційно – матеріальних потоків, як показано на рисунку 2.1.

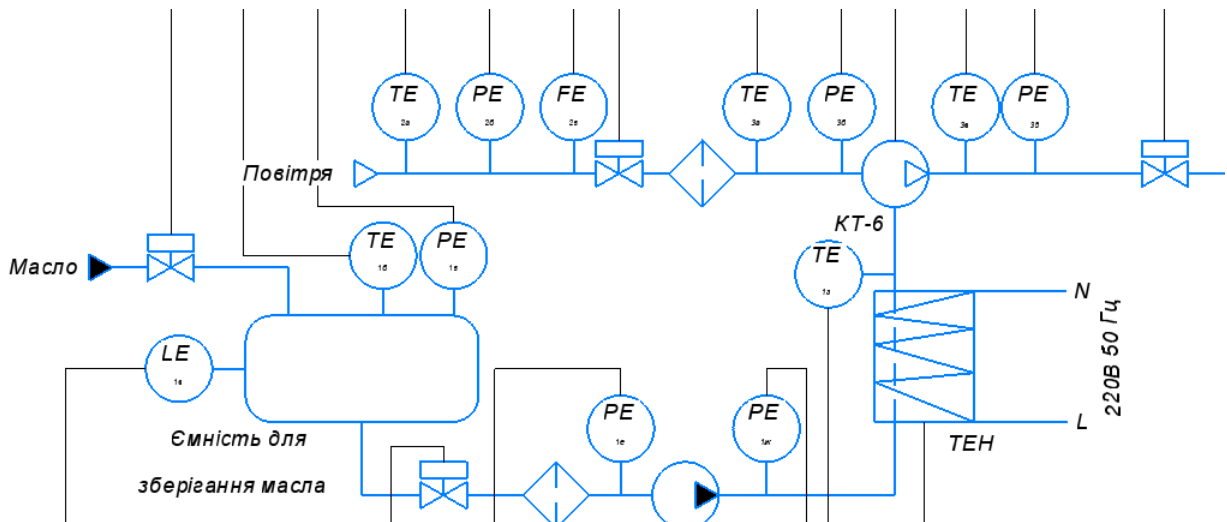


Рисунок 2.1 Схема інформаційно – матеріальних потоків

2.2 Функціональні задачі керування

Виходячи із опису процесу випробування компресорної установки типу КТ6 та схеми інформаційно - матеріальних потоків, можемо скласти ряд функціональних задач керування.

1. Контроль та підтримка температури;
2. Контроль та підтримка тиску;
3. Контроль та підтримка рівня масла;
4. Аварійна зупинка компресора у випадку несправності;
5. Керування арматурою стенду;
6. Підігрів масла перед запуском;
7. Фільтрація речовин перед входом у компресор;
8. Керування електроприводом.

2.3 Опис контурів керування

Систему автоматизованого випробувального стенду КУ типу КТ6 можна розділити на 3 контури керування.

2.3.1 Контур подачі повітря на компресор

Контур подачі повітря до компресора (рис.2.2) складається з таких елементів, як датчі температури, тиску, витрат, електромагнітного клапану, фільтрувального пристрою та самого компресора. Датчі необхідні для контролю за параметрами та слугують як сигнал для оператора у випадку несправності фільтру чи електромагнітного клапану. Клапан працює у двох режимах – ручний та автоматичний.

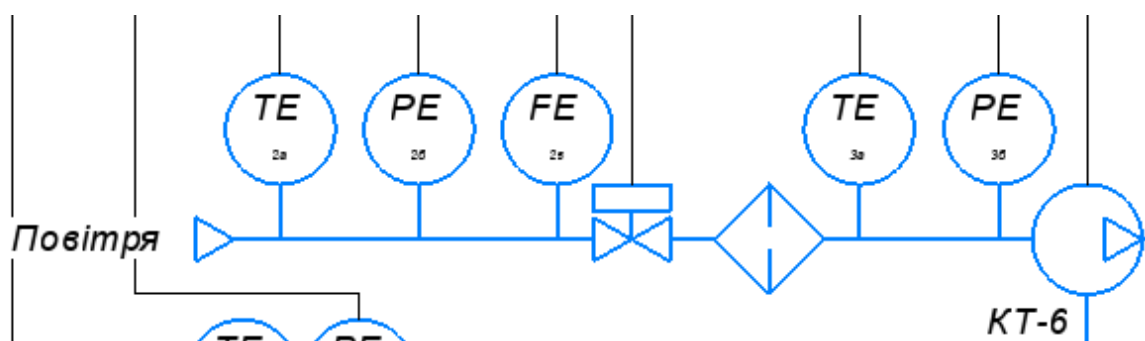


Рисунок 2.2 – Контур подачі повітря до компресора

У ручному режимі оператор має змогу за допомогою панелі відкрити клапан або закрити його, в автоматичному режимі клапан відкриватиметься в залежності від тиску, який на нього надходить. Фільтр – допомагає запобігти потраплянню пилу, металевої стружки, або іншої непотрібної речовини у камеру стискування повітря. Компресор – має електропривод, а саме трьох фазний

асинхронний двигун, що живиться від мережі 380 В 50 Гц. Усі індикатори та засоби керування відображаються на панелі оператора.

2.3.2 Контур подачі масла на компресор

Складається з клапанів, маслобаку, датчиків температури, тиску, рівня, фільтру, маслонасоса та тєну для підігріву масла. Клапан на вході регулює подачу масла до баку. Маслобак необхідний для зберігання мастила. Наступний клапан відкривається якщо у компресорі недостатня кількість мастила, і одночасно вмикається насос. ТЕН необхідний для того, щоб підігріти масло, котре буде потрапляти у картер компресорної установки.

На рисунку 2.3 можна побачити цей контур подачі масла на компресор.

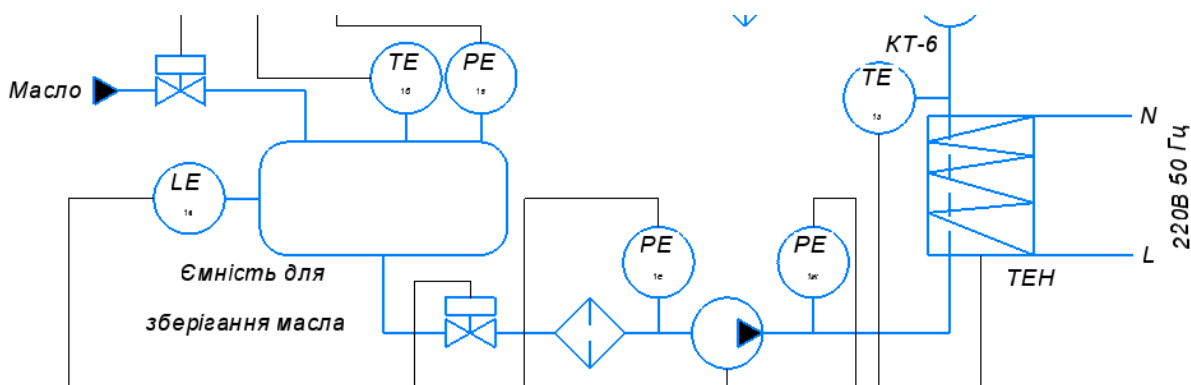


Рисунок 2.3 Контур подачі масла на компресор

2.3.3 Контур нагнітання повітря

До контура входить сам компресор, датчі температури та тиску, а також електромагнітний клапан. Компресор нагнітає повітря, після чого усі необхідні параметри фіксуються, як у електронному так і у письмовому вигляді. Клапан теж працює у двох режимах. Автоматично він повинен скинути повітря під

високим тиском. Також у випадку аварійної ситуації він повинен бути відкритим. Конур зображено на рисунку 2.4.

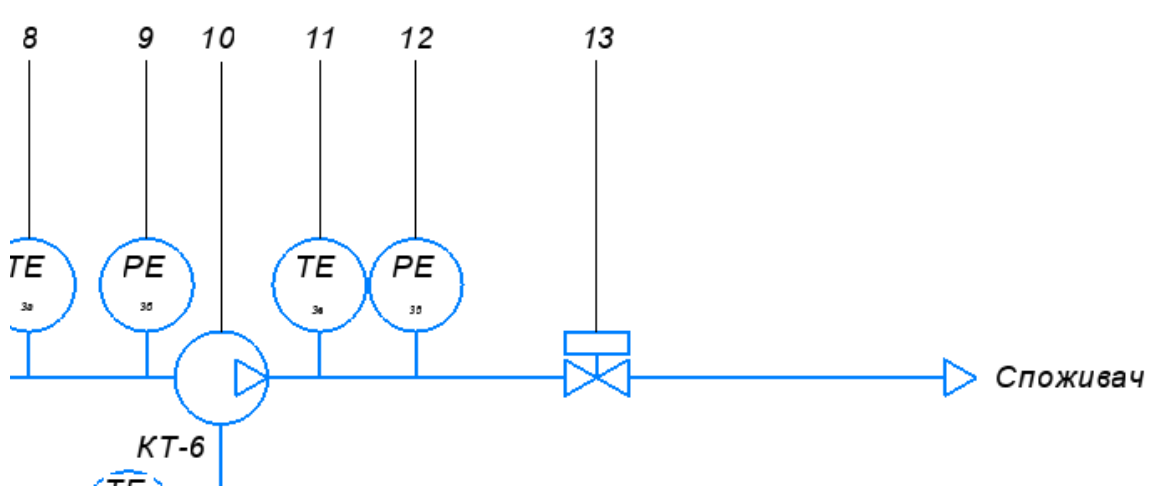


Рисунок 2.4 – Контур нагнітання повітря

За результатами аналізу контурів керування, можемо скласти таблицю вхідних та вихідних сигналів див. табл. 2.1 та 2.2

Таблиця 2.1 – Таблиця вхідних сигналів

Сигнал	Діапазон вимірювання	Тип сигналу
Давач температури, 5 каналів	-50...150 *С	4...20мА
Давач тиску, 6 каналів	0...16 Бар	4...20мА
Витратомір, 1 канал	0...50 нл ³ /год	4...20мА
Давач рівня, 1 канал	0...100 %	4...20мА
Компресор (статус); насос, 2 канали	0...1	Дискретний
Клапана, 4 каналів	0...1	Дискретний

Таблиця 2.2 – Таблиця вихідних сигналів

Сигнал	Діапазон вимірювання	Тип сигналу
ТЕН, 1 канал	0...1	Дискретний
Насос, 1 канал	0...1	Дискретний
Компресор, 1 канал	0...1	Дискретний
Клапана, 4 канали	0...1	Дискретний

РОЗДІЛ 3 ПІДБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Сформовані задачі керування у попередньому розділі можна вирішити за допомогою технічних засобів автоматизації. У цьому розділі буде представлений вибір тих необхідних елементів автоматики, які необхідні для роботи випробувального стенду компресорних установок.

3.1. Підбір електроніки для щита керування

Щит керування зазвичай повинен містити в собі елементи захисту, тобто захисні вимикачі, програмований логічний контролер, який необхідний для збору інформації з датчиків, обробки сигналів та керування виконавчими механізмами, блоки живлення для живлення датчиків, та самого контролера. Також щит керування має складатися з реле, прохідних клем та інших електронних, потрібних для роботи пристроїв. Також в системі має бути панель керування. Вона необхідна для оператора який за допомогою елементів керування проводить може керувати процесом випробування та контролювати параметри.

Для початку обираємо автоматичні вимикачі, вони відіграють захисну роль, потрібні для уникнення перевантаження в системі та запобіганню короткого замикання. Нам необхідні автоматичні вимикачі двох типів – це силові та звичайні вимикачі. Силові здатні пропускати через себе велику напругу та струм, це необхідно для підключення асинхронного двигуна. Звичайні вимикачі потрібні для підключення контролера та інших електронних пристроїв які мають низьке споживання електроенергії. Для нашої системи добре підійде вимикачі від фірми Schneider Electric. Дана фірма славиться своєю надійністю та якістю виробів. Також SE випускає як силові так і звичайні вимикачі. Для нашої системи підійдуть автоматичний вимикач COMPACT NSX250F 36kA 4P3D 200A зображеного на рисунку 3.1 та автоматичний вимикач Acti9 IK60N, 2P, 16A, який

зображено на рисунку 3.2. Їх параметри можна побачити у таблиці 3.1 та 3.2 відповідно.



Рисунок 3.1 – Автоматичний вимикач COMPACT NSX250F 36kA 4P3D 200A

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики COMPACT NSX250F

Характеристики	Значення
Кількість полюсів	4P
Нейтраль	зліва
Номінальний струм	200 A
Номінальна робоча напруга	690 В



Рисунок 3.2 – Автоматичний вимикач Acti9 IK60N, 2P, 16A

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики Acti9 IK60N

Характеристики	Значення
Кількість полюсів	2P
Тип мережі	змінний струм
Номінальний струм	16 А
Крива відключення	C

Наступним кроком обираємо програмований логічний контролер, далеко відходити від фірми SE не будемо, Schneider Electric випускає достатньо якісні контролери, які підходять для будь-яких завдань. Є різні лінійки контролерів, такі як Modicon m221, які підходять для нескладних промислових завдань машинобудування та більш потужні – m241, m252, m258 та m262. Порівняння цих контролерів можна побачити у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняльна таблиця промислових контролерів SE

Модель контролера	M221	M241	M251	M258	M262
Максимальна кількість ЦП	До 24 ЦП	До 50 ЦП	До 100 ЦП	До 248 ЦП	До 248 ЦП
Вбудована пам'ять	До 128 Кб	До 512 Кб	До 768 Кб	До 2 Мб	До 2 Мб
Кількість входів/виходів	До 40 ВХ./ВИХ.	До 40 ВХ./ВИХ.	До 64 ВХ./ВИХ.	До 152 ВХ./ВИХ.	До 152 ВХ./ВИХ.

Кількість аналогових вхідних/вихідних точок	До 8 вх./вих.	До 8 вх./вих.	До 12 вх./вих.	До 16 вх./вих.	До 16 вх./вих.
---	---------------	---------------	----------------	----------------	----------------

Продовження таблиці 3.3

Модель контролера	M221	M241	M251	M258	M262
Максимальна швидкість комунікації	До 1 Мбіт/с	До 1 Мбіт/с	До 1 Мбіт/с	До 1 Гбіт/с	До 1 Гбіт/с
Підтримка протоколів комунікації	Modbus RTU, Ethernet, CANopen	Modbus RTU, Ethernet, CANopen	Modbus RTU, Ethernet, CANopen	Modbus RTU, Ethernet, CANopen, EtherNet/IP	Modbus RTU, Ethernet, CANopen, EtherNet/IP, OPC UA
Підтримка мов програмування	LD, FBD, IL, ST, SFC	LD, FBD, IL, ST, SFC	LD, FBD, IL, ST, SFC	LD, FBD, IL, ST, SFC	LD, FBD, IL, ST, SFC
Ціна	від 8600 грн	від 14600 грн	від 13200 грн	від 49000 грн	від 32900 грн

Для нашої системи цілком достатньо контролера modicon m221. Для наших задач автоматизації він ідеально підходить, тому що має низьку ціну, має достатню кількість контрольних точок (кількість ЦП) для нашої системи.

Контролер зображено на рисунку 3.3. Характеристики контролера можна побачити у таблиці 3.4.



Рисунок 3.3 – Програмований логічний контролер Modicon M221CE24R

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики контролера Modicon M221CE24R

Характеристики	Значення
Живлення, В	220 В 50 Гц
Тип мережі	змінний струм
Кількість дискретних вх/вих	24 шт.
Напруга дискретного виходу/входу	24 В
Частота перемикання	20 операцій/хв.
Вбудовані інтерфейси	1xRS485, 1xEthernet
Протоколи комунікаційного порту	Modbus TCP; Ethernet протокол.

Також необхідно обрати для щита керування блок живлення. Його мета перетворити 220 В змінного струму у 24 В постійного струму. Оскільки більшість датчиків та електронних пристроїв живиться саме від постійного струму. Фірма

Schneider Electric випускає велику кількість блоків живлення. Для нашої системи оберемо блок живлення ABL2 DC 24 В, 50 Вт, який зображено на рисунку 3.4. Технічні характеристики даного пристрою можна побачити в таблиці 3.5.



Рисунок 3.4 – Блок живлення Schneider ABL2 DC 24 В, 50 Вт

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики ABL2 DC 24 В, 50 Вт

Характеристики	Значення
Вхідна напруга	220 В 50 Гц
Вихідна напруга	24 В пост. стр.
Потужність	50 Вт
Напруга дискретного виходу/входу	24 В

Наступним кроком необхідно підібрати реле. Реле це пристрій, який складається з котушки та контактної групи. Коли на катушку надходить струм, вона в свою чергу замикає контактну групу. Цей процес можна використовувати для комутації великих напруг та струмів, звичайною сигнальною напругою (залежить від ПЛК). Отже, нам потрібне реле з 1 н.в. контактом та розетка до нього. Реле зображено на рисунку 3.5



Рисунок 3.5 – Блок живлення Schneider ABL2 DC 24 В, 50 Вт

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики ABL2 DC 24 В, 50 Вт

Характеристики	Значення
Керуючий сигнал	24 В
Прохідна напруга	220 В 50 Гц
Контакти	1 н. в. КОНТАКТ

Клемники необхідно обирати в залежності від того, який струм буде проходити. Якщо через клемник буде проходити сигнали, або просто постійна напруга живлення як в нашому випадку, то достатньо прохідної клеми з гвинтовим з'єднанням для дроту січенням 2.5 мм². Для силових оберемо клеми з січенням 4 мм². Також необхідна клема заземлення.

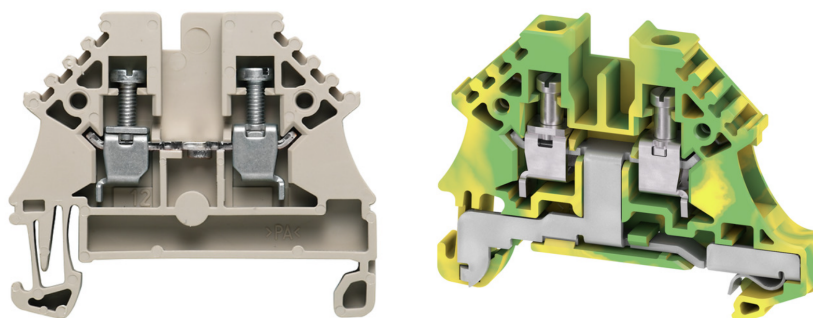


Рисунок 3.6 – Прохідні клеми

Останнім пристроєм, який нам необхідно обрати – буде панель оператора. Дана панель необхідна для того, щоб оператор мав змогу керувати та контролювати параметри процесу випробування компресора. Панель можна обрати також від фірми Schneider, наприклад HMIET 6400, яка зображена на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Панель оператора Schneider HMIET 6400

Панель має такі інтерфейси як Ethernet, RS232C, RS484 та serial link. Нас цікавить один – Ethernet для підключення до контролера. Працює від живлення 24 В, програмується через спеціальне програмне забезпечення від офіційного виробника автоматики – Schneider.

3.2 Вибір контрольно – вимірювальних пристроїв

Для системи керування необхідно обрати контрольно – вимірювальні пристрої, або іншими словами – датчики. Датчики потрібні для перетворення фізичної величини в електричну. Тобто, за допомогою взаємодії чутливих

елементів з робочим середовищем, можна отримати сигнал дискретний або аналоговий.

Як датчик температури, для всього контуру керування можна обрати Для вимірювання температур у всіх контурах керування обираємо датчик температури Danfoss MBT 3279. Він випускається у різних модифікаціях та з різними діапазонами вимірювання. Оскільки температури в системі не будуть перевищувати 150 *С, датчик нам підходить. Також він має гарну якість за свою ціну. MBT 3279 зображено на рисунку 3.8, а характеристики у таблиці 3.7.

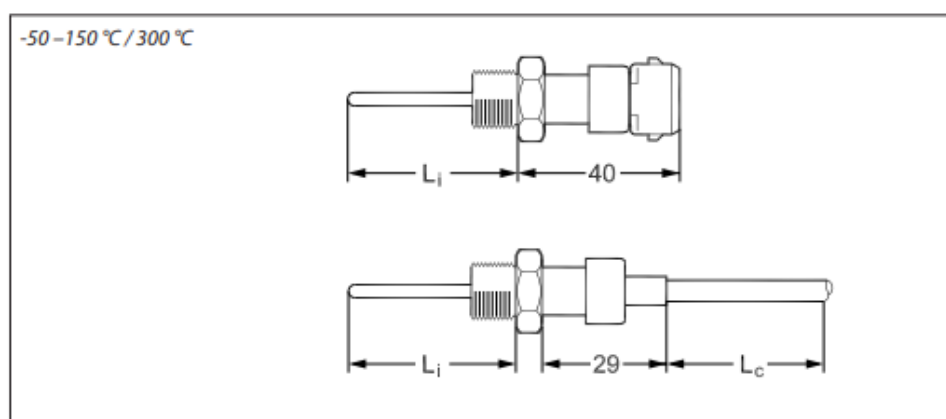


Рисунок 3.8 – Давач температури MBT 3279

Таблиця 3.7 – Характеристики датчика Danfoss MBT 3279 084Z2021

Характеристика	Значення
Діапазон температур вимірювального середовища	-50 °С – 150 °С
Максимальний зовнішній тиск	500 бар
Чутливий елемент	Pt 100
Електричне з'єднання	Кабель
Схема підключення	2-х дротова
Похибка	EN 60751 класс B

Класс захисту корпусу	IP65 по IEC 60529
-----------------------	-------------------

В якості давача тиску, теж можемо обрати Danfoss MBS 1700. Даний датчик підходить по діапазону вимірювання, по надійності та швидкості.



Рисунок 3.9 - Danfoss MBS 1700

Таблиця 3.8 – Характеристики давача Danfoss MBS 1700

Характеристика	Значення
Вид робочого середовища	рідина, газ
Тип вимірюваного тиску	відносний
Діапазони вимірювань	0 – 10 бар
Діапазон допустимих температур робочого середовища	-40 – 85°C
Діапазон компенсованих температур	0 – 90°C
Час реакції	4 мс

Наступним кроком можна обрати датчик витрат, а саме витратомір. Він необхідний для того, щоб контролювати параметр кількості забору повітря в

систему. Зробити це можливо за допомогою ротаметра зображеного на рисунку 3.10. Характеристики даного датчика описані в таблиці 3.9.



Рисунок 3.10 – Витратомір віхрьовий KROHNE OPTISWIRL 4070

Таблиця 3.9 – Характеристики давача Danfoss MBS 1700

Характеристика	Значення
Робоча температура	до 240 *С
Робочий тиск	до 100 бар
Похибка	1% на барі

І останній датчик, який необхідно обрати – датчик рівня. Їх буває декілька видів, з них виділяють – поплавкові, ультразвукові та інші. Ми можемо обрати для задач автоматизації. Для нас підійде ультразвуковий давач.



Рисунок 3.11 – Ультразвуковий рівнемір UM30 – 13113

Таблиця 3.10 – Технічні характеристики ультразвукового датчика рівня UM30 – 13113

Характеристика	Значення
Діапазон спрацювання, мм	200 - 2000
Робоча частота, кГц	200
Вихідний сигнал, мА	4-20
Тип з'єднання	роз'єм M12, 5 пінний роз'єм
Швидкість спрацювання, мс	100
Захист	IP 65
Робоча температура, *С	-20...70

3.3 Вибір виконавчих механізмів

Обравши більшість засобів автоматизації, необхідно обрати тепер виконавчі механізми, такі як електромагнітний клапан, ТЕН, насос та привод для компресора КТ-6.

Електромагнітний клапан оберемо Електромагнітний клапан GAMA GFSS-50F DN 50 N.C. нержавіюча сталь фланцевий 0 - 10 bar, що зображений на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 – Електромагнітний клапан GAMA GFSS

Таблиця 3.11 – Технічні характеристики клапана GAMA

Характеристика	Значення
Живлення	220В 50 Гц
Робочий тиск	0...10 Бар
Тип з'єднання	Фланець
Швидкість спрацювання, мс	100
Захист	IP 65
Робоча температура, *С	-5...80 *С

ТЕН – потрібен для розігріву масла, щоб змащувати елементи поршневого компресора. Для наших цілей буде достатньо 2 кВт промислового тена, він зображений на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 – ТЕН 2 кВт

Що нагріти тен потрібно пропустити через нього 220 В 50Гц.

Також необхідною для системи є насос, який буде закачувати масло до компресора. Насос обираємо до 3 кВт. Насос Leo 2.2 кВт H_{max} 34 м Q_{max} 500 л/хвил ідеально підходить під наші умови експлуатації. Зображено його на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14 – Насос Leo 2.2 кВт

Таблиця 3.12 – Технічні характеристики насосу Leo 2.2 кВт

Характеристика	Значення
----------------	----------

Живлення	220В 50 Гц
Потужність	2.2 кВт
Двигун	Асинхронний
Продуктивність	500 л/хв

І основним механізмом, який буде обирати наш компресор – буде елетропривод на 50 кВт. Візьмемо асинхронний трьохфазний двигун цієї потужності. Це буде двигун АІР250М6, його зображено на рисунку 3.15 і має технічні характеристики, що відображаються у таблиці 3.13.



Рисунок 3.15 – АІР 250М6 50кВт

Таблиця 3.13 – Параметри електродвигуна АІР 250М6

Характеристика	Значення
Живлення	380В 50 Гц
Частота обертання	980 об/хв
Крут. момент	533 НМ
ном. струм	104

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ-ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1 Середовище проектування

Щоб зобразити електрично-принципову схему можна використовувати 2 методи. Перший метод – кожен елемент зображувати вручну, під лінійку на папері, використовуючи та враховуючи ДСТУ та ГОСТ стандарти. Другий метод – використовуючи систему автоматизованого проектування, яка вже має ГОСТ бібліотеку, автоматизовану проводку ліній зв'язку, ГОСТ рамки першої та другої сторінки. В дипломному проекті будемо використовувати другий метод проектування, а саме обираємо САПР Eplan який поєднує усі вищеперераховані можливості.

Eplan має інтуїтивний інтерфейс, в якому було не складно розібратися, а також усі необхідні елементи для відображення.

4.2 Розробка схеми

Після вибору САПР, починаємо проектування системи. На схемах необхідно зобразити всі обрані нами у минулому розділі елементи системи. Першою схемою зазвичай зображують електричну принципову схему живлення, де зображення розподілення живлення, автоматичні вимикачі, блоки живлення. Дану схему зображено на рисунку 4.1. Оскільки в нашій системі присутні елементи 3 фазної системи живлення, а саме АД АІР 50 кВт потужності, необхідно підвести до ЧП 3 фази, нейтраль та землю. Схему підключення до двигуна також має 3 фази. Далі в системі присутні однофазні елементи, це контролери, клапани, ТЕН та блок живлення. Беремо одну фазу і нейтраль та підводимо до цих елементів.

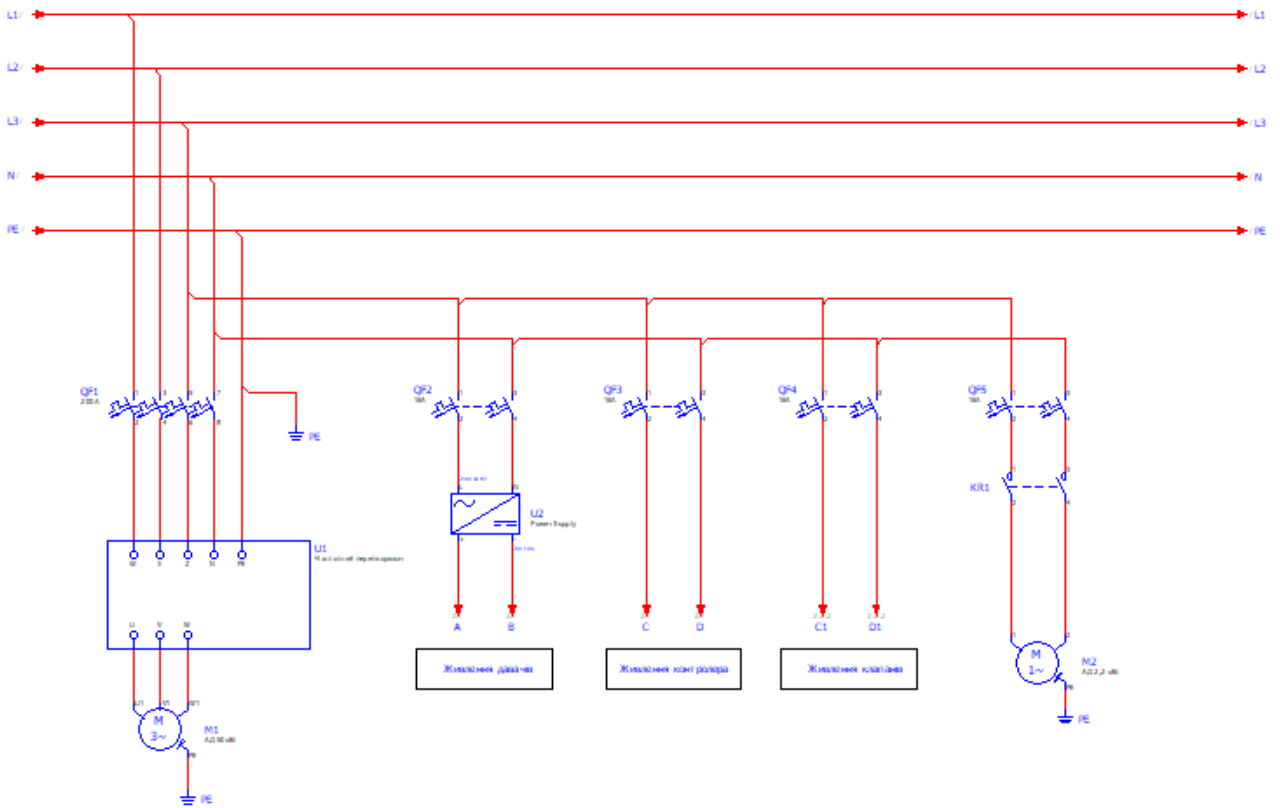


Рисунок 4.1 – Електрична-принципова схема живлення

Наступним кроком можемо побудувати електричну-принципову схему підключення до ПЛК. На ній відображаються клемники самого контролера, а саме клема для входних дискретних сигналів, вихідних дискретних сигналів, клема живлення, реле та сухий контакт, який надходить з кінцевих вимикачів клапанів. ПЛК живиться від однофазного змінного струму 220В 50Гц. Реле – це гальванічно розв’язаний комутаційний пристрій, який потрібен для управління великими напругами, наприклад в нашій системі присутні електромагнітні клапани, які живляться від 220В 50Гц, і щоб подати сигнал на катушку клапана, логічного сигналу 24 В постійного струму не достатньо. Реле за допомогою 24 В зможе замкнути контактну групу де присутні 220 В 50 Гц. Схему зображено на рисунку 4.2.

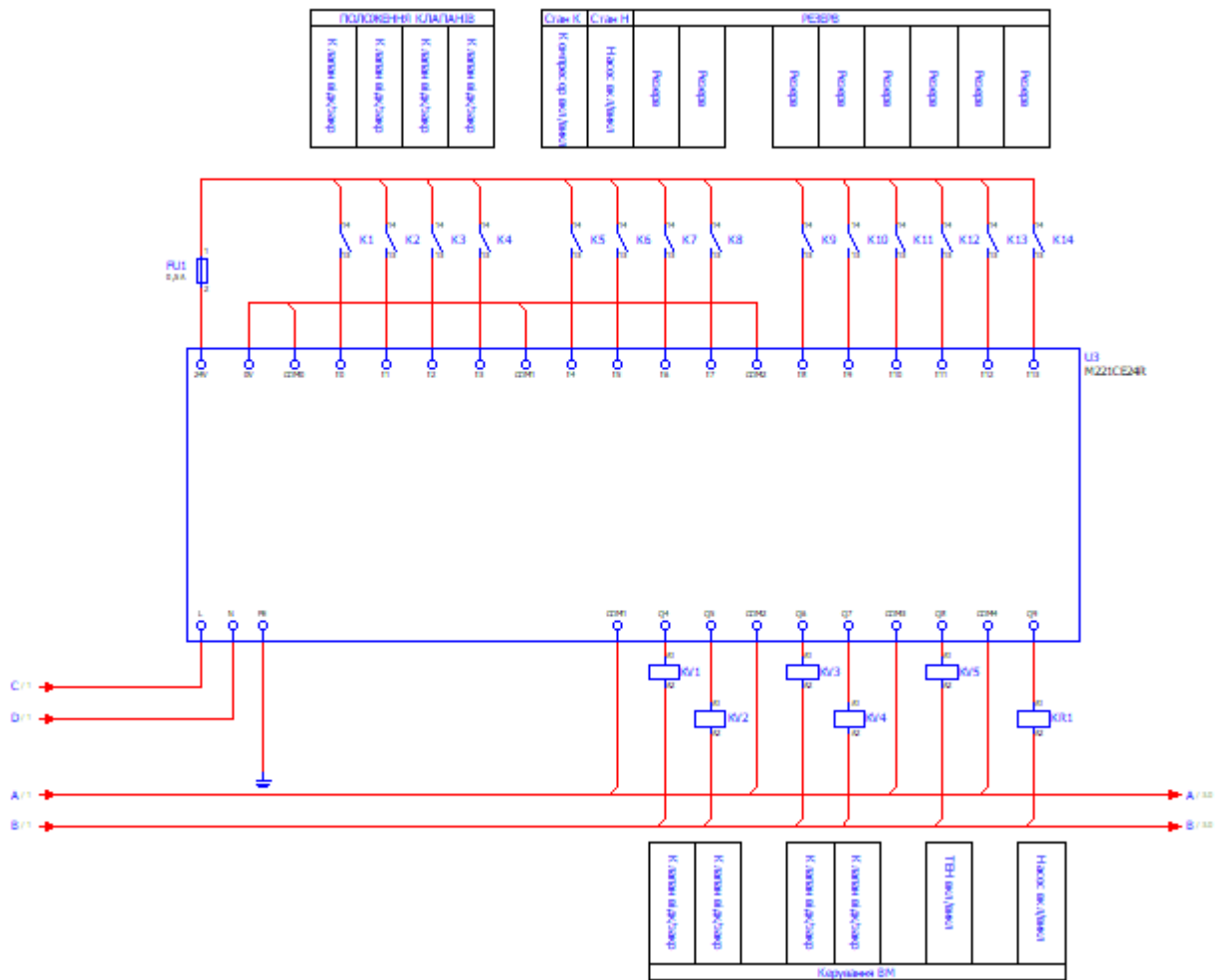


Рисунок 4.2 – Електрична-принципова схема підключення до контролера

На наступній схемі (рисунок 4.3) зображено клемники живлення клапанів та ТЕНу.

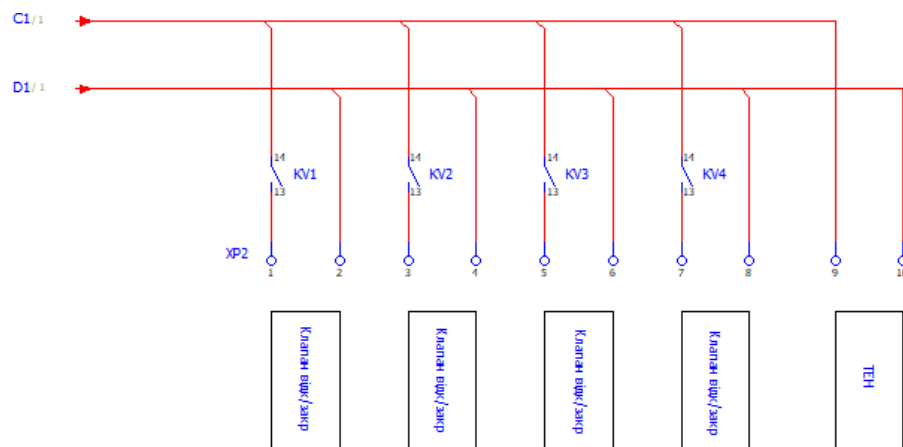


Рисунок 4.3 – Живлення електромагнітних клапанів та ТЕНу

На схемі підключення аналогових датчиків зображено клемні колодки датчиків, аналогові модулі ТМ3АІ8 та назви сигналів. Аналогові датчики мають пасивне живлення, тож підключені саме таким чином через токову петлю. Схему зображено на рисунку 4.4.

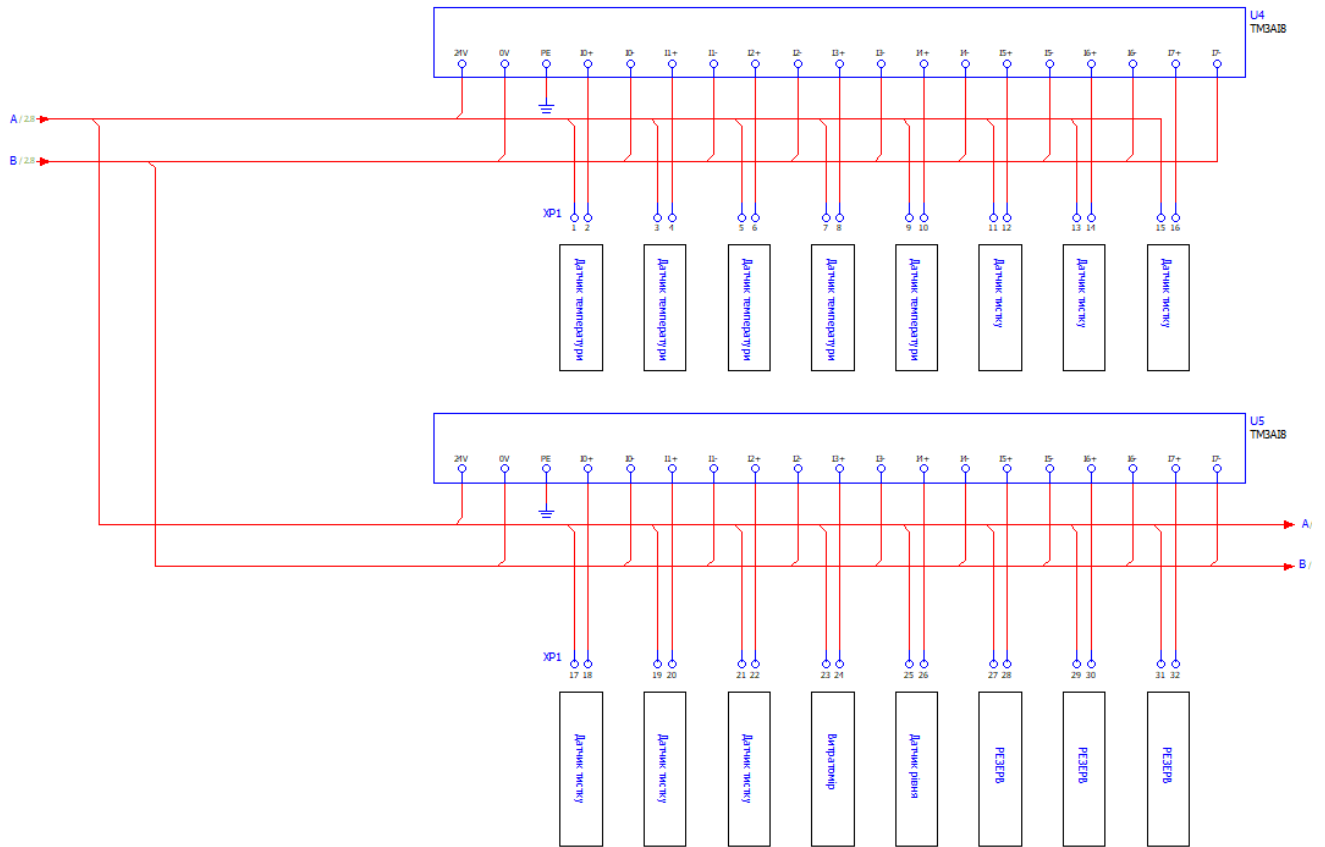


Рисунок 4.4 – Електрична-принципова схема підключення датчиків до аналогових модулів

Детально з електричною принциповою схемою можна ознайомитися у додатках СУ-91 6.151.00 ЕЗ

Схеми виконувалися відповідно до стандартів ГОСТ 2.701 – 2008, ГОСТ 2.710-2001, ГОСТ 2.702– 20011.

РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА Human-Machine Interface

5.1 Загальні поняття

Promotic SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) є програмним середовищем для розробки і впровадження систем управління та моніторингу. HMI (Human-Machine Interface) - це частина SCADA-системи, яка забезпечує взаємодію між оператором та автоматизованою системою через графічний інтерфейс.

Human-Machine Interface повинна включати в себе:

1. Елементи керування клапанами;
2. Елементи керування компресором та насосом;
3. Відображення параметрів температури;
4. Відображення параметрів тиску;
5. Відображення параметрів витрати;
6. Відображення параметрів рівня;
7. Відображення параметрів компресора.

5.2 Проектування інтерфейсу

Для проектування інтерфейсу оператора потрібно створити проект та обрати налаштування.

Для початку було розроблено початкову сторінку, де відображено усі технологічні об'єкти, контролюючі параметри, а також елементи керування, а саме перемикач режимів керування (ручний або автоматичний), для цього кнопка має 2 позиції, при натисканні на неї відбувається перемикач. Також головна сторінка має кнопки переключення на інші контури керування, які присутні в нашій системі. Це контур підготовки повітря, контур подачі масла та контур нагнітання повітря. І є кнопка аварійної зупинки системи у випадку

аварійної ситуації, нестабільної роботи компресора, пожежі або у інших небезпечних випадках. Головну сторінку зображено на рисунку 5.1.

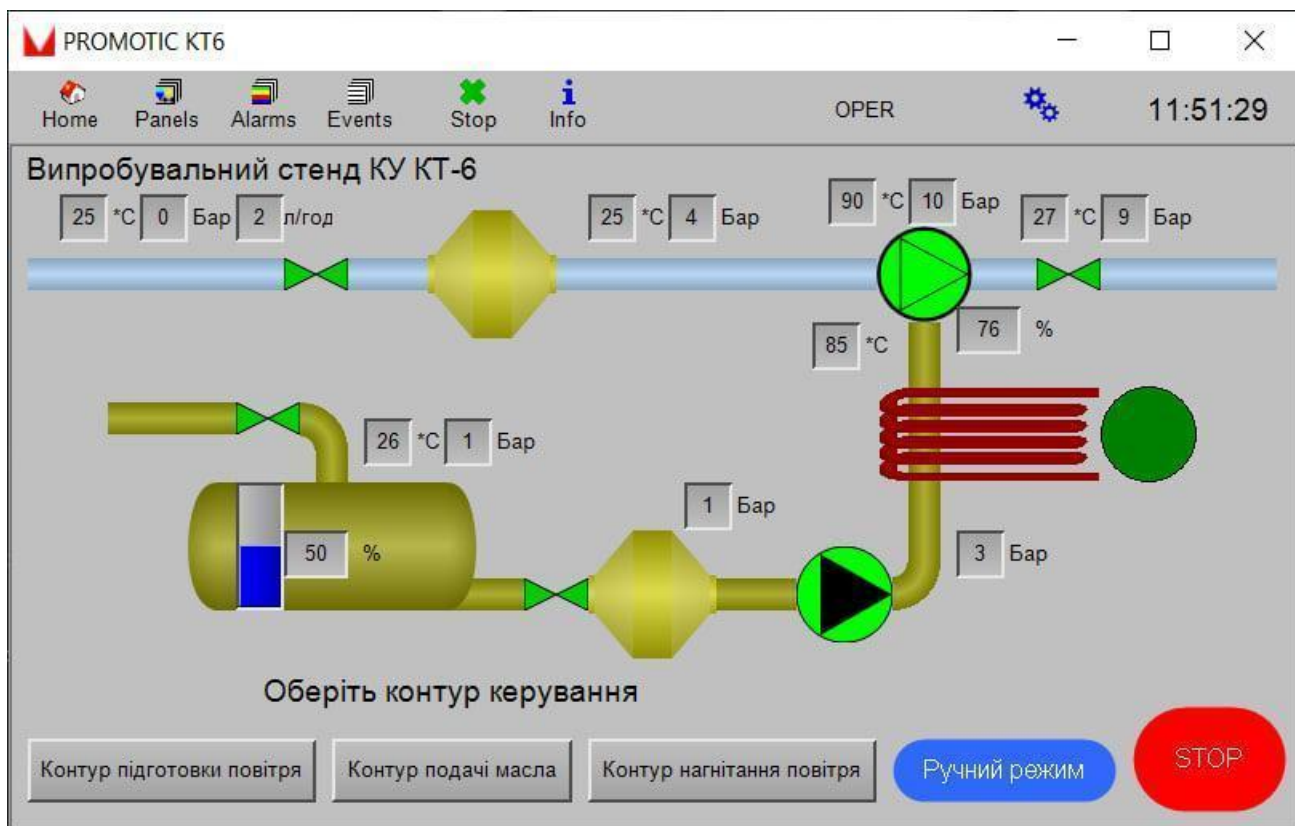


Рисунок 5.1 – Головна сторінка НМІ випробувального стенду КУ КТ-6

Якщо натиснути на кнопку «Контур підготовки повітря» побачимо сторінку, яка зображена на рисунку 5.2. Тут вже відображені елементи керування контуром, а також відображено контролюючі параметри з датчиків системи.

Даний контур складається з датчиків, електромагнітного клапана та фільтру, який захищає компресор від потрапляння в нього пилю, металевої стружки та інших непотрібних та шкідливих для компресора речей.

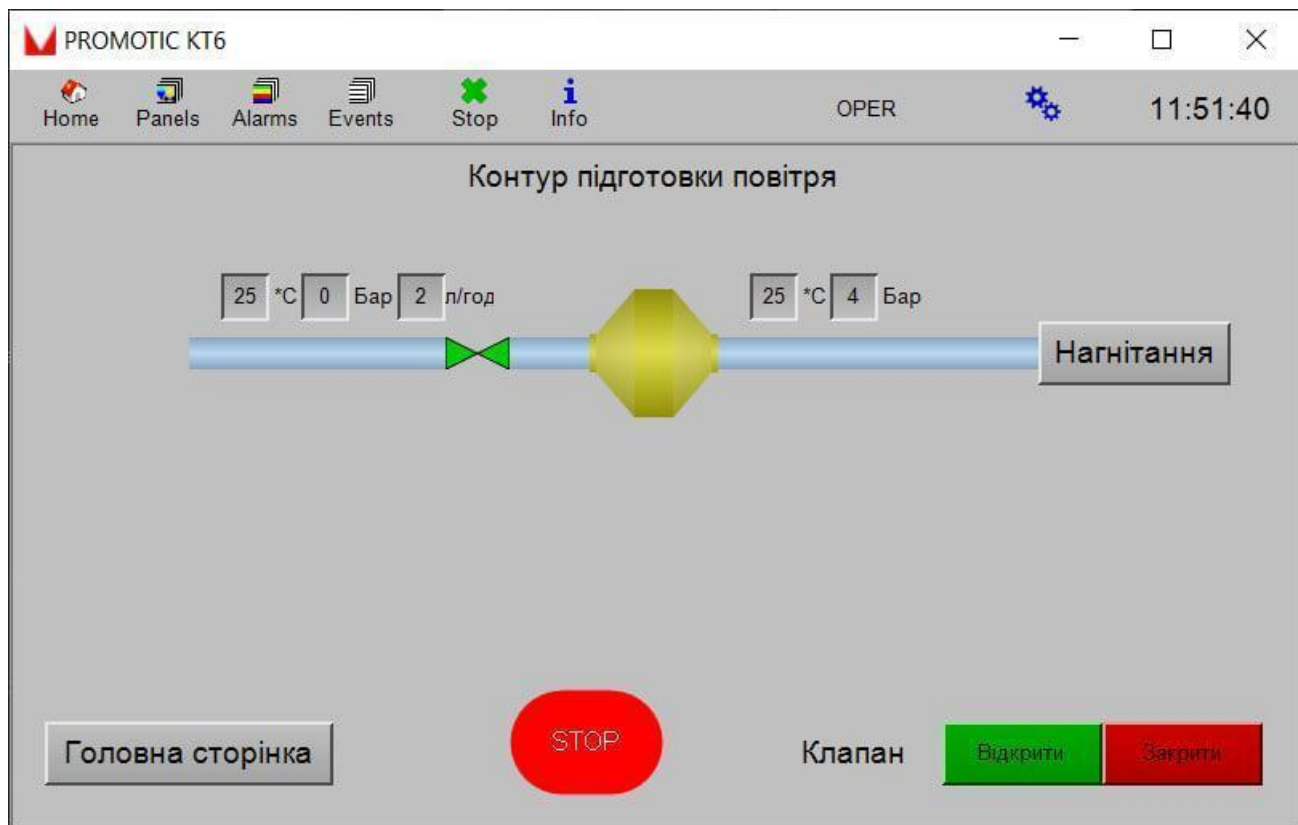


Рисунок 5.2 – Інтерфейс контура підготовки повітря

При натисканні на кнопку «Нагнітання» ми переходимо на наступну сторінку, яка відображає компресор, його параметри, параметри повітря на виході під тиском, частину масляного контуру, а саме ТЕН. Також присутні елементи керування електромагнітним клапаном, ТЕНом, присутня кнопка аварійної зупинки та кнопку виходу на головну сторінку. Також з цього контуру можна перейти на контур підготовки повітря та контур подачі масла. Також відображено параметр температури нагрітого масла. Оскільки наш компресор працює від електродвигуна, то на сторінці інтерфейсу також зображено елементи керування двигуном. Також можна використовувати «Meter» для слідкування за обертами двигуна та керування обертами асинхронного двигуна. Весь контур зображено на рисунку 5.3.

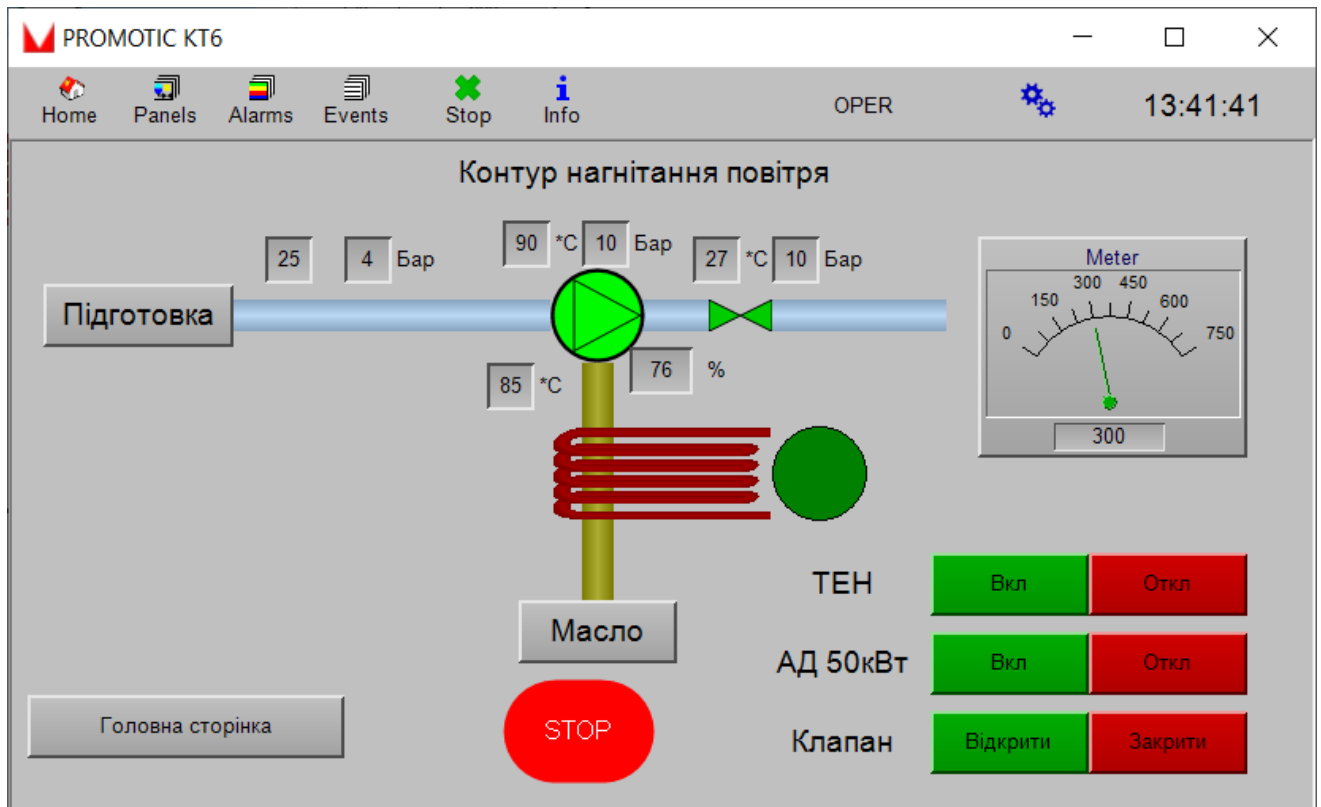


Рисунок 5.3 – Інтерфейс контуру нагнітання тиску

Остання сторінка, яку відображаємо – це контур подачі масла в компресор. Оскільки компресор поршневий, необхідно масло для змащення усіх рухомих механізмів компресора. Контур подачі масла складається з вхідного електромагнітного клапана, резервуара з маслом, клапана подачі масла, фільтра та маслососа. Масло, яке знаходиться у резервуарі повинно пройти фільтрацію і насосом закачується в маслоємність компресора. Дана сторінка інтерфейсу оператора зображена на рисунку 5.4.

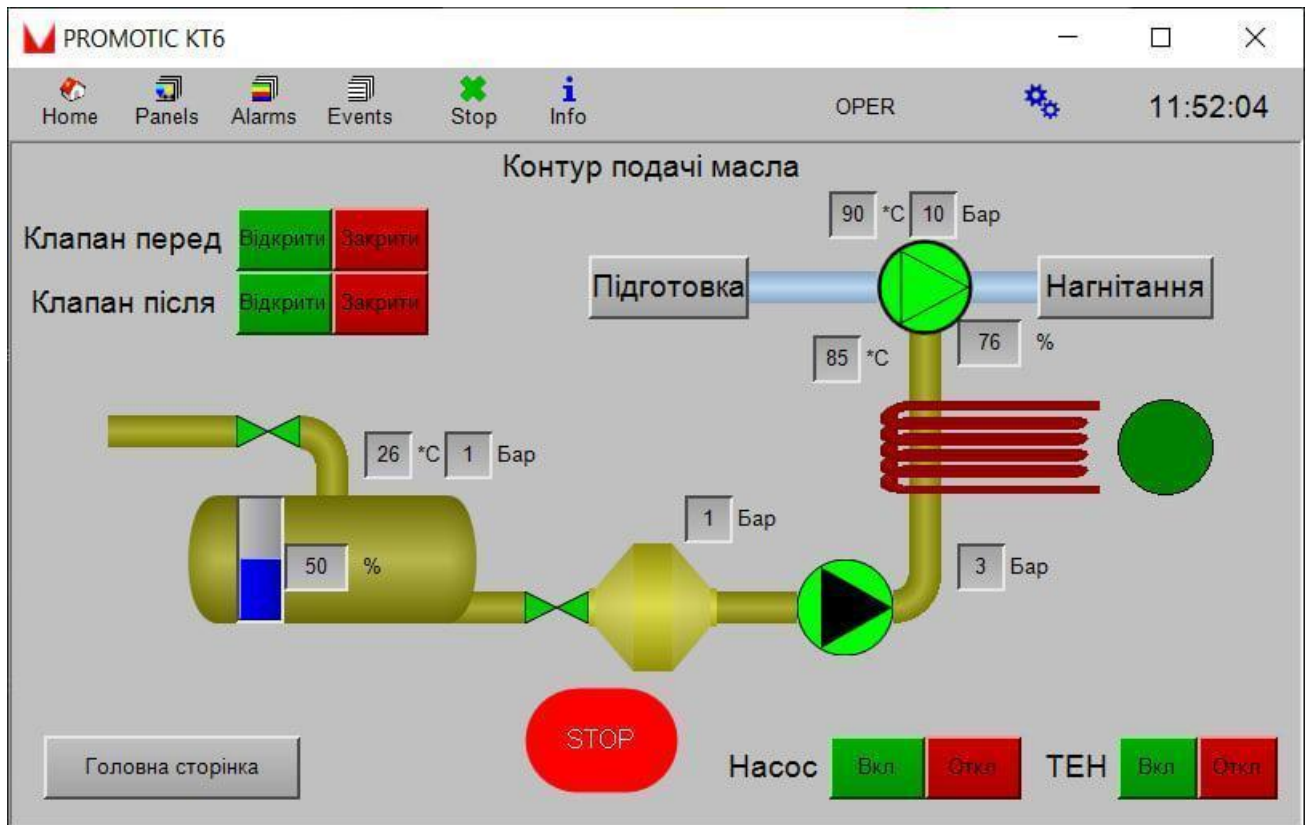


Рисунок 5.4 – Інтерфейс контура подачі масла

ВИСНОВКИ

Автоматизація випробувального стенду компресорних установок типу КТ-6 дозволяє набагато ефективніше проводити тестування, випробування компресорів, а також виявити брак при виробництві на машинобудівних підприємствах або удосконалити систему.

У дипломному проекті було розроблено автоматизований випробувальний стенд компресорних установок типу КТ-6, а саме: здійснювався аналіз автоматизованої системи, розглянуто область застосування автоматизованого випробувального стенду, призначення та характеристики системи, а також описано компоненти системи.

На основі огляду системи керування, було розроблено схему інформаційно-матеріальних потоків, в свою чергу на основі якої розроблялася функціональна схема автоматизації, а також сформовано функціональні задачі керування. У дипломному проекті розглядалися контури керування такі як: контур підготовки повітря, контур подачі масла та контур нагнітання повітря.

Сформовані задачі керування можна вирішити шляхом підбору технічних засобів автоматизації, а саме логічного контролера, давачів, електроніки та виконавчих механізмів. Усі знайдені та підібрані технічні засоби перевірені часом та мають характеристики, які підходять для нашої системи.

При виборі засобів автоматизації, розроблялася електрична-принципова схема СУ-91 6.151.00 ЕЗ, ціль якої полягає в представленні електричної системи або пристрою у вигляді символів, компонентів та з'єднань, що відображають його принципову роботу. ЕЗ є графічним зображенням, яке допомагає розуміти, аналізувати та спроектувати електричну схему.

Також постала задача розробки НМІ інтерфейсу для оператора. За допомогою Promotic SCADA створено головну сторінку, де відображається система в цілому і кожен її параметр, а також відображені контури керування, де можна безпосередньо керувати системою в ручному режимі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пузиков, О. В. (2017). Моделювання та аналіз роботи компресорних установок. Збірник наукових праць Криворізького національного університету, (36), 198-203.
2. Belyaev, I. V., Lutsenko, A. V., & Savitskiy, V. V. (2018). Development of a test bench for testing turbocharger compressors. E3S Web of Conferences, 41, 02009.
3. Ju, H., Zhang, J., Ren, Y., Liu, J., & Wang, Y. (2019). The Research on Automation Test Bench for Screw Compressor. In 2019 10th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA) (pp. 286-290). IEEE.
4. Бабушко, М. В., & Левчук, А. В. (2017). Визначення оптимальних параметрів режиму компресорної установки на основі реальних експлуатаційних умов. Технічний вісник, (2), 142-146.
5. Слюсаренко, В. П., Седельников, О. І., & Комінський, В. О. (2018). Оптимізація режиму роботи компресорних установок з різними типами двигунів. Науковий вісник Національного гірничого університету, (5), 121-127.
6. Ouyang, Q., & Sun, Z. (2013). Design and development of a test bench for reciprocating compressor valve. Procedia Engineering, 52, 76-82.
7. Pradhan, S. S., & Mahanta, P. (2016). Automated test bench for performance evaluation of a reciprocating compressor using LabVIEW. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, 5(4), 296-301.
8. Хижняк, В. І., Кобелєва, В. Л., & Лебідь, В. М. (2015). Оптимізація параметрів роботи компресорної установки для забезпечення потреб підприємства. Енергетика: економіка, технології, екологія, (4), 34-38.
9. Козаченко, В. В., & Зінкевич, Ю. В. (2019). Дослідження технічних параметрів компресорних установок та їх вплив на якість стисненого повітря. Механіка та машинобудування, (2), 118-124.

10. Lin, T., Yang, S., & Yang, G. (2014). Design and implementation of an automated test bench for the performance measurement of a small refrigeration compressor. *Applied Thermal Engineering*, 63(1), 191-200.

11. Mohd Nor, M. A., et al. (2017). Performance Analysis of a Compressor Test Rig in HVAC System. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 32(1), 68-78.

12. *Compressor Control Systems: Theory, Technology, and Application* by J. D. Keller and J. N. Voskamp (2018)

13. *Industrial Automation and Control Systems Security Principles: Protecting the Critical Infrastructure* by Ronald L. Krutz and Russell Dean Vines (2020)

