

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Факультет** Автоматизації і комп'ютерних систем

**Кафедра** Автоматизації та комп'ютерних технологій систем  
управління

**«До захисту в ЕК»**

Декан факультету

Андрій Форсюк  
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«05» червня 2023 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

Ярослав Смітюх  
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«05» червня 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна інженерія  
в автоматизації»

на тему: Розробка системи автоматизації газової турбіни ГТТ-3М

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-2ск

Квотченко Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Клименко Олег Миколайович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

Сергій Грибков

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач

(підпис)

Київ – 2023 р.

# Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

Спеціальність *151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*

Освітньо-професійна програма *«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав Смітюх

«03» квітня 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

*Квотченку Дмитру Олександровичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації газової турбіни ГТТ-3М*

керівник роботи *доц. Клименко Олег Миколайович*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03» квітня 2023 р. №204-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «05» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи

*Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.*

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

*Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного*

контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 03 квітня 2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2	1 тиждень	
4	Розділ 3	2 тиждень	
5	Розділ 4 та 5	3 тиждень	
6	Розділ 6	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Квотченко Д.О.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Клименко О.М.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації газової турбіни ГТТ-3М.

В кваліфікаційній роботі представлено опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчика температури ОВЕН ДТПХхх5М-И, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Розроблено алгоритм та програма для управління. Програма розроблена для ПЛК М340 від виробника Schneider Electric. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні Citect SCADA 2018 та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

**Ключові слова:** ГТТ-3М, температура, тиск, М340, ОВЕН ДТПХхх5М-И.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						4
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

## Annotation

This qualification work deals with the development of the system automation system for GTT-3M gas turbine.

The qualification work presents a description of the technological process, the task for the automation system, the automation scheme, the specification of automation equipment, the wiring diagram of the automation equipment - temperature sensor OVEN DTPHxx5M-I, the connection diagrams of sensors and actuators to the PLC and extended connection diagrams of the equipment.

An algorithm and a control program were developed. The program was developed for PLC M340 from Schneider Electric. The interface of the SCADA process program was developed in the software

Citect SCADA 2018 and the view of the display mnemonic is presented in the note.

**Keywords:** GTT-3M, temperature, pressure, M340, OVEN DTPHxx5M-I.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						5
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1. Опис об'єкта автоматизації .....	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації .....	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації .....	12
2. Система автоматизації .....	14
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, ВМ та РО..	14
2.2.Схема автоматизації.....	33
2.3 Специфікація приладів та засобів автоматизації .....	35
3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.....	37
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	37
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	39
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру .....	40
4. Креслення встановлення технічного засобу.....	44
5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК) .....	47
6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога .....	55
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI .....	55
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	57
Висновок .....	60
Список використаної літератури .....	61

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## ВСТУП

Автоматизація виробництва завжди була однією з основних складових прискорення науково-технічного прогресу, як і в хімічних галузях, так і в інших галузях виробництва.

В сучасних умовах системи автоматичного керування стали невіддільною частиною практично всіх сфер матеріального виробництва. Найбільш широко вони використовуються в промисловості, на транспорті, все помітнішими вони стають у сферах сільського господарства та побуту. Системи автоматичного керування застосовуються як для управління окремими машинами, так і для управління складними автоматичними комплексами, в яких ці машини та агрегати об'єднуються у зв'язану сукупність.

Термін «автоматизація виробництва» має різні тлумачення залежно від того, який аспект загальної проблеми розглядається в окремій ситуації: розробка, проектування, впровадження систем автоматизації, тощо. У загальному плані, автоматизація виробництва – це етап машинного виробництва, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій, управління виробничими процесами та їх передачі технічним засобам – автоматичним пристроям та системам. У більш загальному визначенні, автоматизація – це один з основних напрямів науково-технічного прогресу, пов'язаний з впровадженням автоматичних та автоматизованих систем управління, які замінюють людину при керуванні різними об'єктами. В основі поняття автоматизації лежить термін «управління» – цілеспрямована дія на процес (об'єкт), яка забезпечує оптимальний чи заданий режим роботи.

Автоматизація виробництва дає найкращі результати лише при системному підході, коли досконало вивчаються властивості об'єкта

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

автоматизації, розробляється функціональна структура, як сукупність виконуваних системою функцій.

Системи управління виділяються в особливий клас систем, які мають самостійні функції й задані цілі, а також високий рівень спеціальної системи організації, необхідної для реалізації цих функцій і завдань. Система управління завжди є взаємопов'язаною сукупністю об'єкта управління (керованої підсистеми) та регулятора в широкому значенні цього слова (управляючої підсистеми). Об'єкт управління є відкритою підсистемою і взаємодіє із зовнішнім середовищем, яке, у свою чергу може порушувати режим функціонування об'єкта внаслідок впливу збурень.

Розробка систем автоматичного керування повинна передбачати задоволення ряду необхідних умов, котрі ставляться перед ними, а саме умовам стійкості, якості та надійності. Крім того, розроблювані системи повинні мати вигідні економічні показники, що зумовлювало б вигідне їх використання в процесі виробництва [1].

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## Розділ 1. Опис об'єкту автоматизації

### 1.1. Технічний опис об'єкта автоматизації

Автоматизація є одним з найважливіших факторів росту продуктивності праці й підвищення якості продукції. Однією зі сфер автоматизації є підприємства, які виготовляють продукцію.

Слабка азотка кислота застосовується як сировина у виробництві аміачної селітри, складних добрив, в окислювальних процесах та процесах травлення металів.

Повітря з атмосфери через апарат очисти повітря надходить на усмоктування осьового компресора газотурбінної установки ГТТ – 3М і стискується до 2.3-2.6 кгс/см<sup>2</sup>, після чого з загальною витратою до 82 тисяч нм<sup>3</sup>/год і температурою до 175С° надходить в проміжний холодильник де охолоджується водою до 50 С°.

Далі повітря надходить в відцентровий нагнітач, де стискується до 6.3 кгс/см<sup>2</sup>. З нагнітача основна частина повітря з температурою до 143 С° в кількості 60000нм<sup>3</sup>/год надходить в підігрівач в якому підігрівається до 260 С° і далі направляється в змішувач аміачно-повітряної суміші де змішується з газоподібним аміаком.

Газотурбінна установка типу ГТТ-3М призначена для постачання повітря в технологічну частину агрегату УКЛ виробництва неконцентрованої азотної кислоти включає в себе:

- осьовий компресор і газову турбіну;
- повітряохолоджувач;
- нагнітач;
- універсальну камеру ;
- редуктор;
- розгінний електродвигун;

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Квотченко Д.О			Розробка системи автоматизації газової турбіни ГТТ-3М	9	5
Керівник		Клименко О.М.					
Зав. каф.		Смітюх Я.В.					
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

Компресор і нагнітач приводяться в рух за допомогою газової турбіни. Осьовий компресор конструктивно об'єднаний з газовою турбіною в одному корпусі і має з нею спільний вал. Нагнітач з'єднаний через редуктор і має більшу швидкість обертання.

Універсальна камера згорання турбіни типу УКЗТ-700 забезпечує роботу газотурбінної установки під час пуску та в робочому режимі.

Редуктор – чотиривальний, горизонтального типу з розподіленням потужності між турбіною та розгінним електродвигуном, і приводом нагнітача.

Електродвигун типу 2ФА3-800/6000 (або 4ФА3-800/6000) з фазним ротором призначений для розгону газотурбінної установки ГТТ-3М під час пуску і забезпечення балансу потужності установки в робочому режимі. Електродвигун укомплектований рідинним регулятором ковзання типу ЖРС-700, призначеним для пуску і регулювання частоти обертання розгінного електродвигуна за рахунок плавної зміни опору в електричному колі ротора.

Валоповоротний пристрій – це одновальний редуктор з черв'ячною передачею, який призначений для обертання ротора турбокомпресора з частотою обертання  $0,32 \text{ c}^{-1}$  (20 об/хв).

Повітря з атмосфери через апарат очистки повітря надходить на всас осьового компресора газотурбінної установки ГТТ-3М.

Для схеми виробництва очистки повітря здійснюється на двох ступенях:

- перший ступінь
- другий ступінь очистки
- перший ступінь (груба очистка)
- другий ступінь (тонка очистка)

Після очистки від механічних домішок повітря надходить на всмоктувач осьового компресора, в якому стискається до тиску не більшою ніж 0,3 МПа ( $3 \text{ кгс/см}^2$ ), при цьому температура повітря підвищується до температури не більше ніж  $190 \text{ }^\circ\text{C}$ . При підвищенні тиску повітря до межі 0,3 МПа ( $3 \text{ кгс/см}^2$ ), спрацьовує сигналізація. При зниженні тиску менше ніж 0,15 МПа

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

(1,5 кгс/см<sup>2</sup>), спрацьовує блокіровка і турбокомпресор зупиняється. Далі повітря поступає в проміжний повітряохолоджувач, де охолоджується оборотною водою до температури 40 °С – 90 °С. З повітряохолоджувача повітря надходить у відцентровий нагнітач, де стискається до тиску не більше ніж 0,8 МПа (8 кгс/см<sup>2</sup>).

Відпрацьовані гази, які витратили свою енергію, виходять із турбіни і надходять в котел-утилізатор хвостових газів.

Баланс потужності газової турбіни, яка використовується осьовим компресором та нагнітачем для отримання стисненого повітря, підтримується роботою електродвигуна ФАЗ-800, електрична потужність якого в нормальному режимі може змінюватись від 0 кВт до 800 кВт.

Газотурбінна установка ГТТ-3М автоматично зупиняється у разі порушення таких параметрів:

- зниження тиску повітря після осьового компресора до 0,15 МПа (1,5 кгс/см<sup>2</sup>);
- підвищення температури підшипників турбіни та нагнітача до 85 °С;
- підвищення температури обмоток статора розгінного електродвигуна до 85 °С;
- підвищення температури підшипників редуктора до 95 °С;

В установці здійснюється двоступеневе стискання повітря: компресорною групою у осьовому компресорі, який входить до складу турбокомпресора, і в дожимному нагнітачі з попереднім охолодженням повітря в проміжному повітроохолоджувачі.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації.

№	Машина, агрегат, установка	Параметр місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	Трубопровід повітря після осьового компресора до проміжного повітряохолоджувача,	Тиск	0,24 -0,29 МПа (2,4 - 2,9) ± 0,01 (± 0,1)	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора  Сигналізація	
		Температура	190 °С ± 3	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
2	Трубопровід повітря після проміжного повітроохолоджувача	Температура	40-90 °С ± 3	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
3	Трубопровід повітря після нагнітача	Тиск	0,8 МПа (8) ± 0,02 (± 0,2)	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
		Температура	180 °С ± 3	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
4	Трубопровід хвостових газів	Тиск	0,22 МПа (2,2) ± 0,004 (± 0,04)	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
5	Підшипники редуктора	Температура	90°С ± 3	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора  Сигналізація	

Продовження таблиці 1.1

6	Опорний підшипник компресора	Температура	80 °С ± 3	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора  Сигналізація	
7	Опорний підшипник турбіни	Температура	80 °С ± 3	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора  Сигналізація	
8	Упорний підшипник нагнітача	Температура	80 °С ± 3	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора  Сигналізація	
9	Задній опорний підшипник нагнітача	Температура	80 °С ± 3	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора  Сигналізація	
10	Передній опорний підшипник РД ФАЗ-800	Температура	80 °С ± 3	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора  Сигналізація	
11	Стан обмотки статора РД ФАЗ-800	Температура	80 °С ± 3	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора  Сигналізація	
12	Універсальна камера згорання	Наявність полум'я	0-1	Контроль	Відображення	АРМ оператора  Сигналізація	
13	Трубопровід газу	Подача газу	0-100%	Контроль Регулювання	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
		Витрата	1300м3/год				

## Розділ 2. Система автоматизації

### 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)

Для точних вимірювань фізичних величин розроблені способи використання принципів і засобів вимірювальної техніки, застосування яких дозволяє вилучити із результатів вимірювань ряд систематичних і випадкових похибок і позбавити експериментатора необхідності вводити поправки для їх компенсації, а в деяких випадках взагалі одержувати вірогідні результати. Багато способів використання так і залишаються лише способами, їх застосовують лише в окремих, небагатьох випадках [2].

Для вибору технічних засобів необхідно проаналізувати функціональну схему автоматизації.

В даній системі автоматизації керування газотурбінною установкою використовуються такі датчики: температури для вимірювання змащувальної оливи на підшипниках турбіни і також в трубопроводі для вимірювання температури повітря, датчики тиску для вимірювання тиску повітря після осьового компресора і в трубопроводах, індуктивний датчик разом зі тахометром для вимірювання обертів двигуна, перетворювач частоти до якого підключений двигун, клапани.

#### Вимір температури

Температура підшипників турбіни ГТТ-3М визначається датчиками температури ОВЕН ДТПХхх5М-И. Зовнішній вигляд датчиків температури ОВЕН ДТПХхх5М-И на рис. 2.1.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Квотченко Д.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації газової турбіни ГТТ-3М</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Клименко О.М.</i>				14	23
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-2ск</i>	
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					



Рис. 2.1 – Зовнішній вигляд датчика температури ОВЕН ДТПХхх5М-И

Перетворювачі термоелектричні ОВЕН ДТПХхх5М-И оснащені вбудованим високоточним нормувальним перетворювачем та призначені для безперервного вимірювання температури та перетворення температури рідких, газоподібних, твердих та сипких середовищ в уніфікований вихідний сигнал 4...20 мА постійного струму.

ОВЕН ДТПХхх5М-И виготовляються на базі термопар ДТПЛхх5 (ХК), ДТПКхх5 (ХА), ДТПНхх5 (НН) та складаються із первинного перетворювача (термозонду) та вимірювального перетворювача ОВЕН НПТ-3, який встановлюється у головку датчика температури.

Високоточний мікропроцесорний нормувальний перетворювач ОВЕН НПТ-3, що входить до складу виробу, дозволяє встановлювати через USB-інтерфейс межі діапазону вимірювання температури (у межах діапазону вимірювання для відповідного термозонду).

Термопари з уніфікованим струмовим виходом 4...20 мА застосовуються для побудови ліній зв'язку довжиною до 800 м, які є заводозахищеними та надійними. Надійність ліній зв'язку зумовлюється мінімальним впливом електромагнітних завод на струмові сигнали. Крім того, застосування термопар зі струмовим виходом дає змогу використовувати для підмикання звичайні двожильні провідники замість термокомпенсаційних.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Технічні характеристики перетворювача термоелектричного ОВЕН ДТПК085М-0110.60.И10:

- робочий діапазон температур: від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- клас допуску датчика: 1;
- тип термоелектричного перетворювача: К(Хромель-алюмель);
- межа допустимої основної похибки:  $\pm 0,75\%$ ;
- ступінь захисту з металевією комутаційною головкою: IP65;
- вихідний сигнал: 4...20 мА;
- напруга живлення: 24В пост. струму;

Принцип його дії термоелектричний перетворювач (термопар) ґрунтується на виникненні термоелектрорушійної сили (термоЕРС) у місці з'єднання двох провідників з різними термоелектричними властивостями. [3]

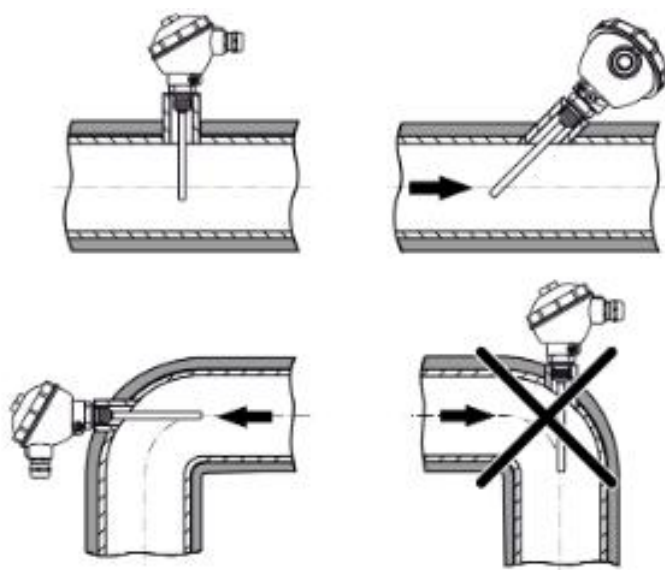


Рис. 2.2 – Спосіб монтажу датчика температури ОВЕН ДТПК085М-0110.60.И10

### Вимір тиску

Для вимірювання тиску в системі автоматизації використовується датчик тиску IGP10-T22 зображений на рисунку 2.5. Він є інтелектуальним двопровідним передавачем, який забезпечує точне і надійне вимірювання

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

абсолютного або манометричного тиску і передають аналоговий сигнал від 4 мА до 20 мА з накладеним цифровим сигналом HART для віддаленого налаштування і моніторингу. Схема підключення зображена на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд перетворювача тиску IGP10-T22

Особливості перетворювача тиску IGP10-T22:

- кремнієві тензометричні датчики успішно пройшли польові випробування в багатьох тисячах установок;
- проста, елегантна упаковка датчика з дуже невеликим кількістю деталей; досягається виключно висока надійність;
- алюмінієвий корпус має міцну, корозійно стійку епоксидну обробку;
- корпус відповідає рейтингам NEMA 4X і IEC IP66;
- віддалена конфігурація або локально через додатковий РК-індикатор, може бути забезпечений численними конфігураціями прямого підключення або віддаленого монтажу ущільнень;
- протокол HART є багатоточковою топологією;
- SIL2-сертифікований передавач пропонується в якості опції.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

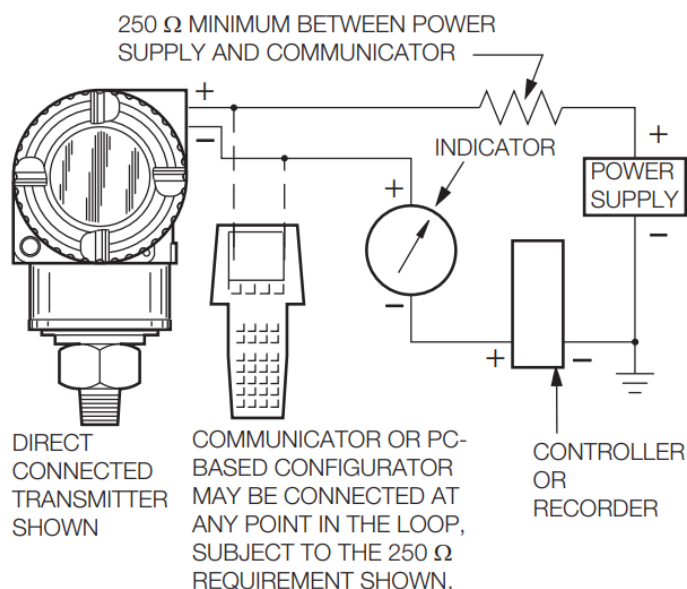


Рисунок 2.4 – Схема підключення датчика тиску IGP10-T22

Технічні характеристики перетворювача тиску IGP10-T22:

- вихідний сигнал: від 4мА до 20мА;
- межі температури сенсора: від -26 °С до +180°С;
- межі навколишньої температури: від -40 °С до +85 °С;
- висока точність вимірювань: від 0,50 %;
- межі вимірювань тиску: 1 МПа. [4]

### Вимір витрати

Представляючи фундаментальну технологію вимірювань, вихрові витратоміри Rosemount пропонують великий вибір різних опцій, які дозволяють вирішити будь-які технологічні завдання.

Вихровий витратомір Rosemount 8600 підвищує надійність і знижує вартість монтажу шляхом зведення до мінімуму можливих місць витoku і усунення необхідності в імпульсних лініях.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

### Переваги:

- скорочення монтажних витрат
- простота установки
- підвищена надійність
- широкий діапазон вимірювань

Регулятор потоку призначений для вимірювання об'ємної витрати рідких і газоподібних середовищ шляхом вимірювання частоти вихорів, що виникають за тілом обтікання при протіканні середовища через проточну частину витратоміра. Проточна частина витратоміра вбудовується в трубопровід. За тілом обтікання в проточній частині витратоміра встановлений сенсор вихорів, що сприймає пульсації тиску, викликані виникаючими вихорами. Блок електроніки вимірює частоту вихорів і перетворює її в дані витрати. Даний посібник має сприяти правильному монтажу та експлуатації вихрового витратоміру Rosemount 8600D. [5]

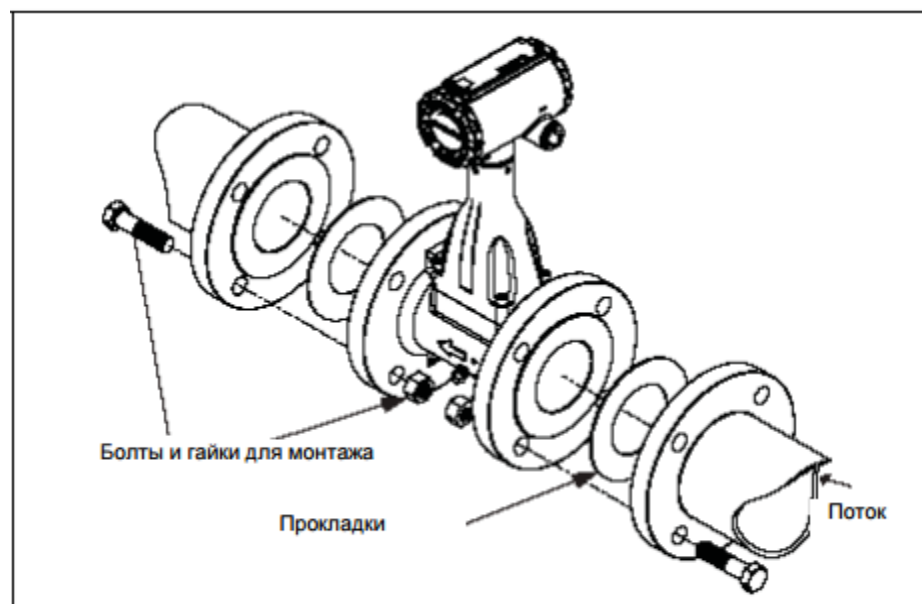


Рис. 2.5 - Будова витратоміра

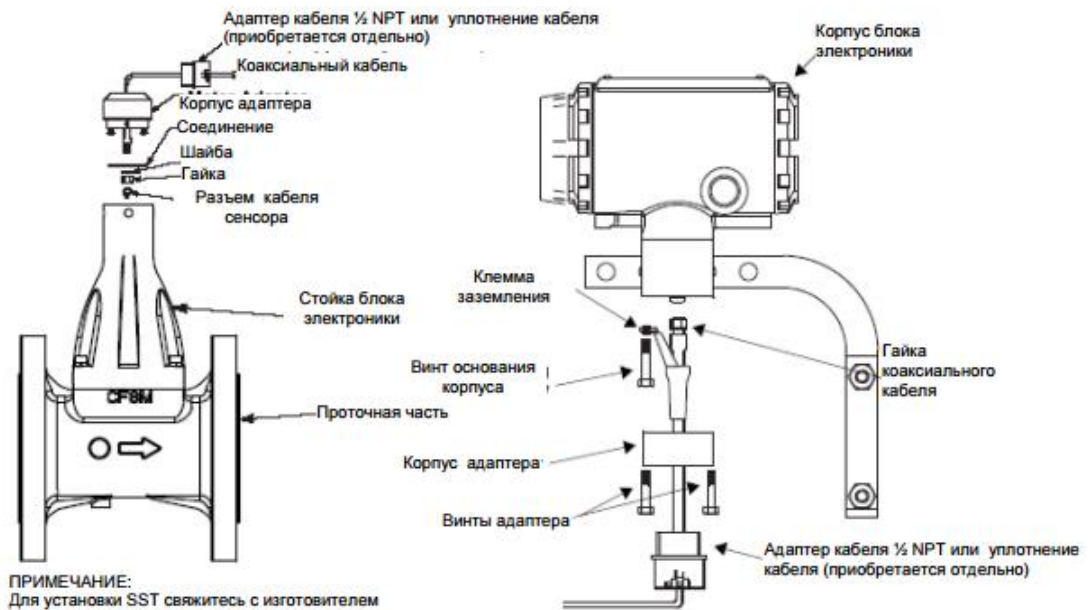


Рис. 2.6. – Блок-схема монтажу віддаленого блока електроніки

### Фотодатчик наявності полум'я

Для контролю наявності полум'я в універсальній камері згорання турбіни використовується фотодатчик наявності полум'я «УФД ІР-65».

Чутливий елемент налаштований на ультрафіолетову область спектру випромінювання полум'я. Детектор не реагує на розпечені предмети. Датчик має високу чутливість. Напругу живлення датчика постійне в діапазоні 10-30В. Вихід УФД - "сухі" контакти реле. Максимальний комутований струм 240мА при ~ 250В. Детектор випускається в пиловологозахищеному корпусі зі ступенем захисту IP65. [6]



Рис. 2.7 - Зовнішній вигляд фотодатчику наявності полум'я УФД ІР-65

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

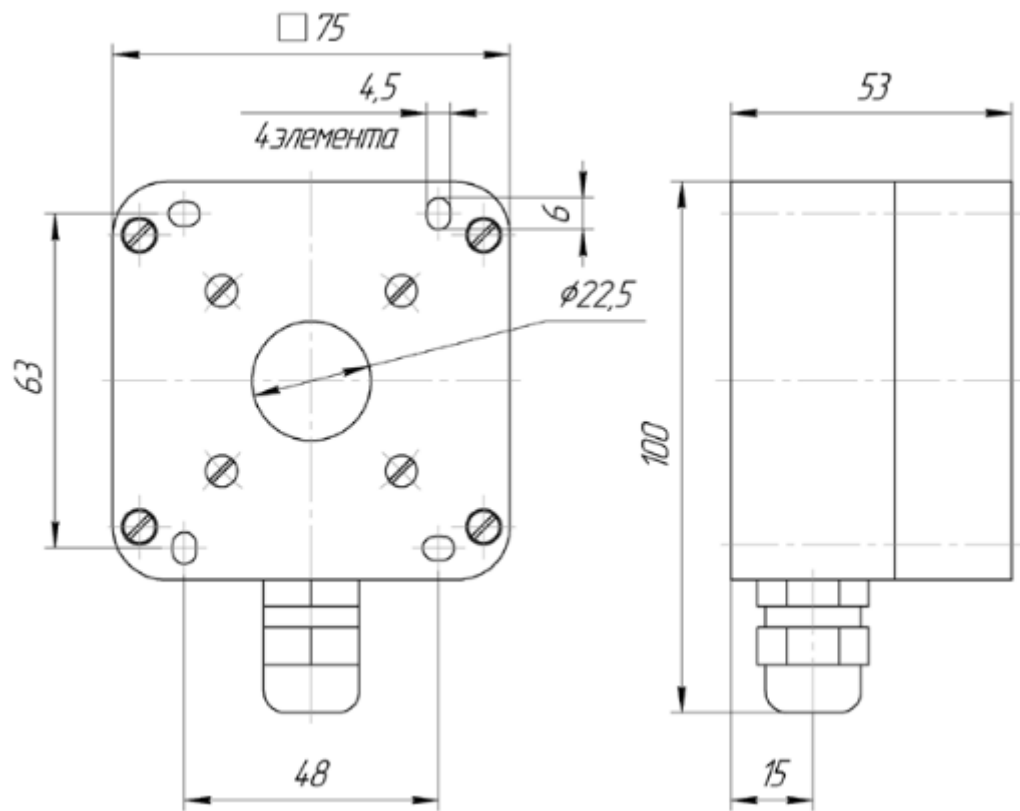


Рис. 2.8 - Розмір фотодатчику наявності полум'я УФД IP-65

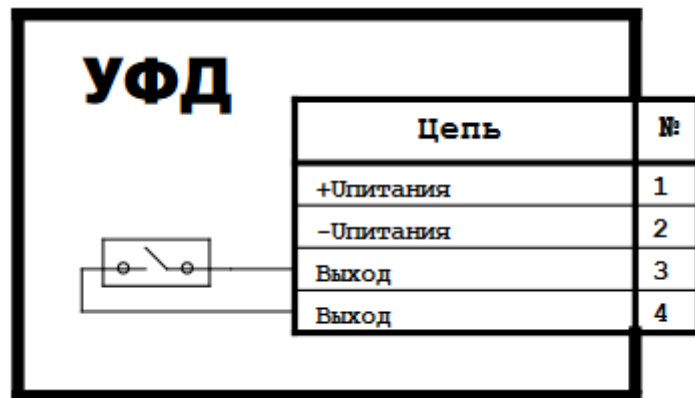


Рис. 2.9 – Схема підключення фотодатчику наявності полум'я УФД IP-65

## Частотний перетворювач

Даний частотний перетворювач DANFOSS FC 51 широко застосовується в системах управління асинхронних електродвигунів з коротко замкненим ротором, у яких принцип регулювання частоти обертання, можливо, реалізувати тільки зміною частоти мережі живлення.

Серія FC 51 або VLT MicroDrive є універсальною бюджетною серією, вона справляється з усіма простими завданнями управління, які перед нею ставить технологічний процес, і виконана в компактному корпусі, що, безсумнівно, є величезною перевагою при монтажі та експлуатації.

Перетворювач частоти Danfoss FC 51 дуже легко ввести в експлуатацію і не складно запрограмувати на необхідні для споживача режими роботи. Це можна зробити, підключивши привід до персонального комп'ютера, і здійснити настройку за допомогою програми MCT 10, яка візуально дуже доступно відображає всі змінні і настраюємі параметри. Так само налаштувати привід можливо за допомогою дисплея LCP 12, з описом роботи дисплея можна ознайомитись в інструкції по експлуатації, яка входить в комплект поставки. Зовнішній вигляд перетворювача частоти Danfoss FC 51 зображена на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти Danfoss FC 51

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Перетворювач частоти Danfoss FC 51 завдяки своїй простоті має найвищі показники надійності, і розрахований на багаторічний період експлуатації, причому при налаштуванні на автоматичні режими роботи, практично без контролю оператора. Всі ці фактори, безумовно, істотно впливають на прийняття рішення щодо придбання саме даного бренду на споживача. А так же через те, що перетворювач частоти Danfoss FC 51 має новий ціновий стандарт на якісний привід в Україні.

Схема підключення частотного перетворювача зображена на рисунку 2.11.

Основні атрибути Danfoss FC 51:

- виробник: Danfoss;
- країна виробник: Данія;
- тип робочої величини: частота;
- номінальна вхідна напруга: 380 В;
- номінальний струм: 15,5 А;
- частота: 50,0 Гц;
- номінальна вихідна напруга: 380/400 В;
- номінальна потужність: 7500,0 Вт;
- перевантажувальна здатність: 150%;
- гарантійний термін: 12 місяців;
- ступінь захисту: IP 20;
- напруга: 380 В. [7]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

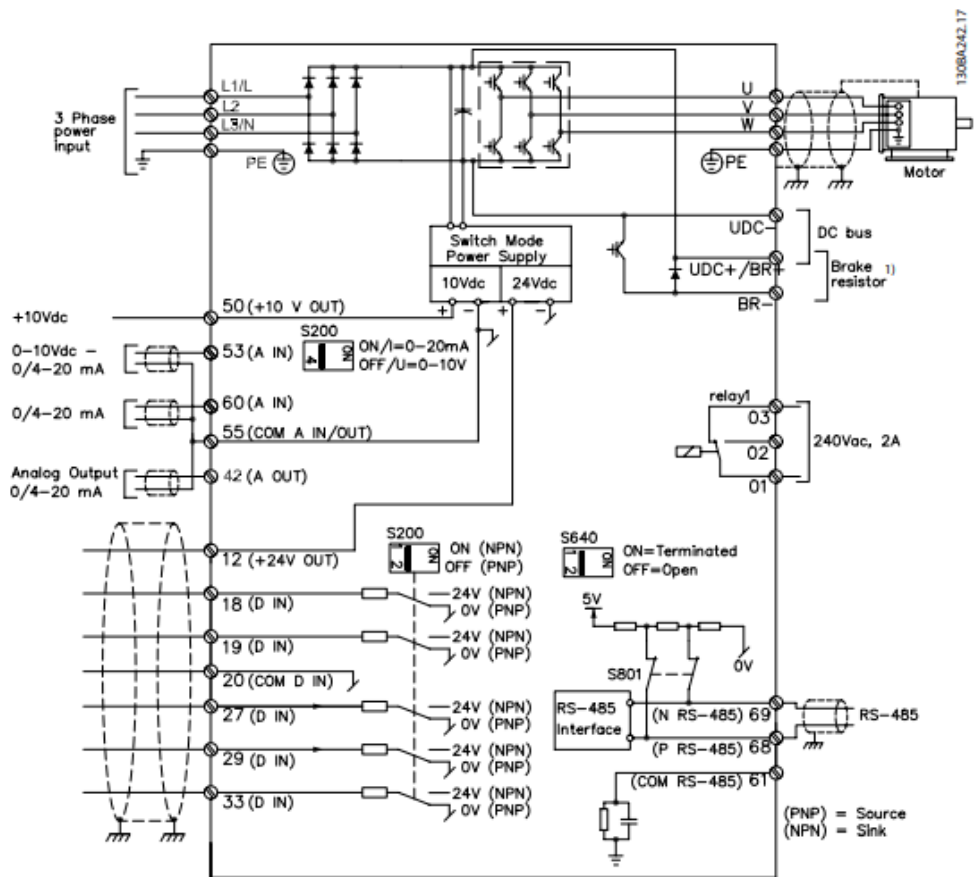


Рисунок 2.11 – Схема підключення до двигуна перетворювача Danfoss FC 51

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

24

## Електропневматичні перетворювачі

Для управління пневматичними клапанами задіяні електропневматичні перетворювачі (ЕПП) ASCO NUMATICS Sentronic LP. Зовнішній вигляд ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP [11] наведено на рис. 2.12. [8]



Рис. 2.12- Зовнішній вигляд ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

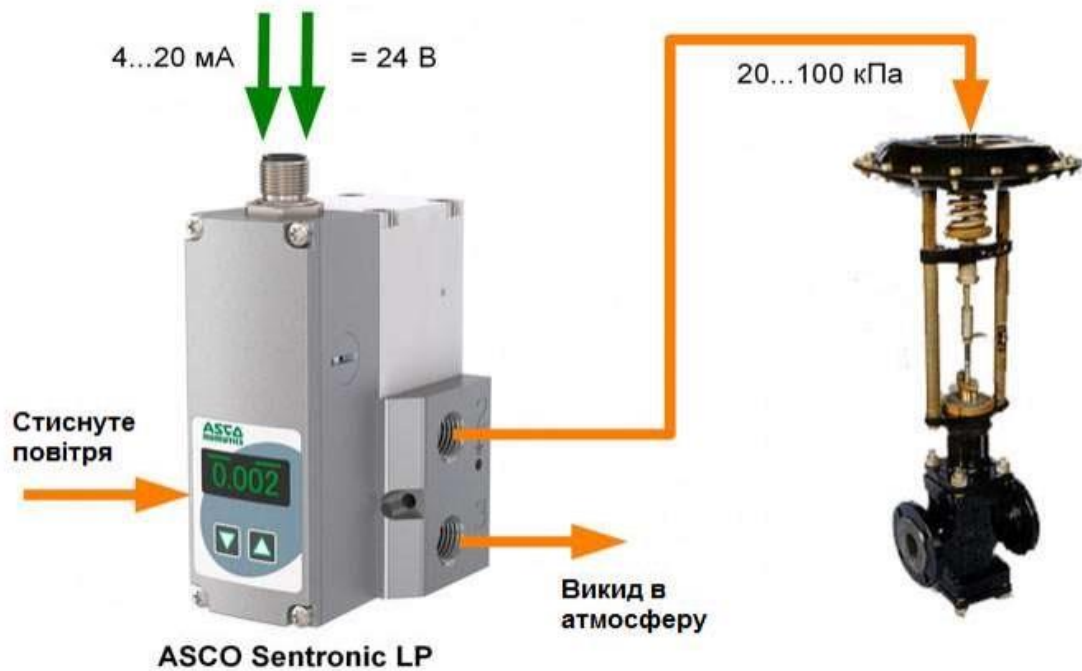


Рис. 2.13 - Схема з'єднання ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP і регулюючого клапана

#### GENERAL

<b>Fluids</b>	Air or neutral gas filtered at 50 $\mu\text{m}$ , without condensate, lubricated or unlubricated, class 5 according to ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
<b>Max. allowable pressure (MAP)</b>	At least 1 bar above the maximum outlet pressure
<b>Pressure range</b>	0-3 bar, 0-6 bar, 0-10 bar
<b>Fluid temperature</b>	0°C to +60°C
<b>Ambient temperature</b>	0°C to +50°C
<b>Flow (Qv at 6 bar)</b>	470 Nl/min
<b>Setpoint</b>	0 - 10 V (Impedance 100 k $\Omega$ ) 0 - 20 mA / 4 - 20 mA (Impedance 250 $\Omega$ )
<b>Hysteresis</b>	1% of span
<b>Linearity</b>	1% of span
<b>Repeatability</b>	1% of span
<b>Minimum setpoint</b>	100 mV (0,2 mA/4,2mA) with shutoff function
<b>Minimum outlet pressure</b>	1% of span
<b>Failsafe behaviour</b>	Pressure hold on loss of power, without control

#### CONSTRUCTION

<b>Body</b>	Aluminium
<b>Internal parts</b>	POM (polyacetal)
<b>Seals</b>	NBR (nitrile)

#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

nominal diameter DN (mm)	stabilised voltage	max. power (W)	max. current (mA)	Insulation class	degree of protection	electrical connection
4	24VDC	3,8 W (<1W compensate)	160	H	IP 65	5-pin M12 connector (to be ordered separately)

#### SPECIFICATIONS

$\varnothing$ port	$\varnothing$ orifice DN (mm)	$K_v$ -coefficient (Nm <sup>3</sup> /h)	flow at 6 bar (Nl/min)
G 1/4	4	0,43	470

Рис. 2.14 - Технічні характеристики ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP

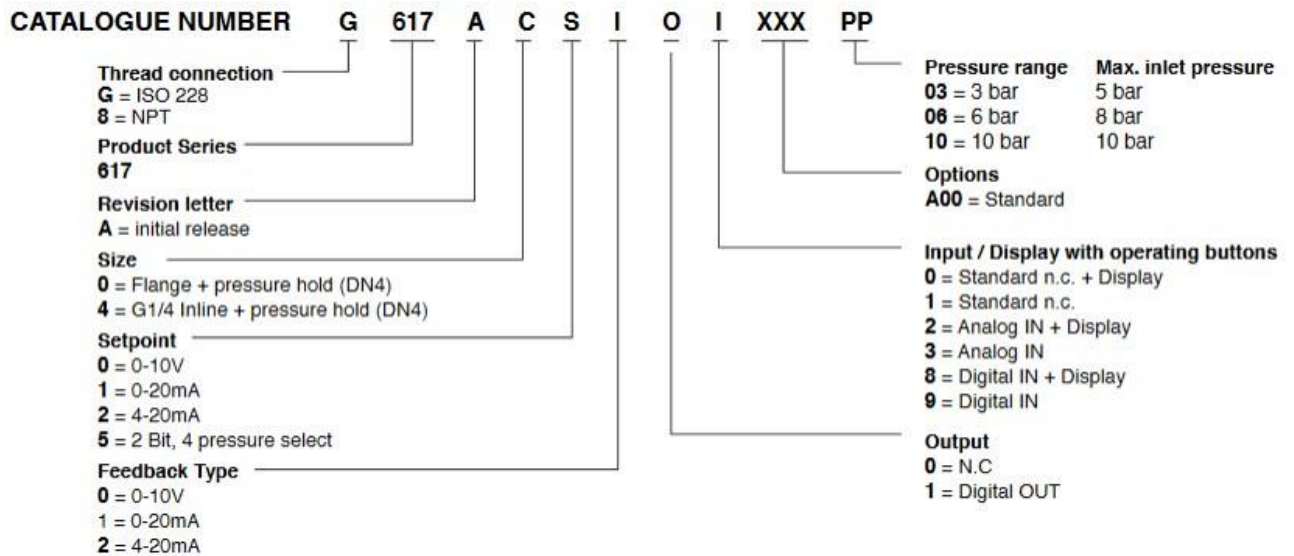
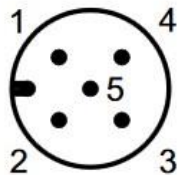


Рис. 2.15 - Специфікація ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP

**CONNECTOR PINNING / CABLE WIRING**



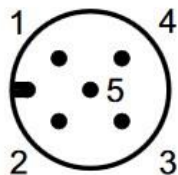
View from soldering side

pin	description	5-wire cable (2m)	6-wire cable (5m, 10m)
1	24V voltage supply	brown	brown
2	Analog setpoint input	white	white
3	Supply ground	blue	green
	Analog ground *		yellow
4	Analog output (feedback) <sup>1</sup>	black	pink
5	Digital output (pressure switch)	grey	grey
<b>Body</b>	EMC shield	shield	shield

\* A 6-wire cable with separate analog ground is used for cable lengths over 2 m to set off the voltage drop for the setpoint.

<sup>1</sup> Analog input when using cascade control

**CONNECTOR PINNING / 2BIT - SETPOINT**



pin	description
1	24V voltage supply
2	Input signal 1 (LSB)
3	Supply ground
4	Input signal 2 (MSB)
5	unused

Рис. 2.16 - Схема електричних контактів ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP

## Пневматичні клапани

Для управління подачею води в процесі охолодження повітря та керування подачею газу використовуються пневматичні клапани виробника Valsteam ADCA – ADCATrol PV25G. Зовнішній вид пневматичного клапана ADCATrol PV25G наведено на рис. 2.17.



Рис. 2.17 - Зовнішній вид пневматичного клапана ADCATrol PV25G

Регулюючі клапани PV25G є двоходові односідельні клапани з прямими з'єднаннями. Клапани можуть поставлятися з пневматичними приводами мембранного типу серії PA прямої дії DA (подача повітря закриває клапан) або зворотної дії RA (подача повітря відкриває клапан). Регулюючі клапани PV25G були розроблені для забезпечення точного управління в будь-яких умовах процесу. Широкі діапазони застосування регулюючих клапанів дозволяють використовувати їх з найбільш поширеними технологічними

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

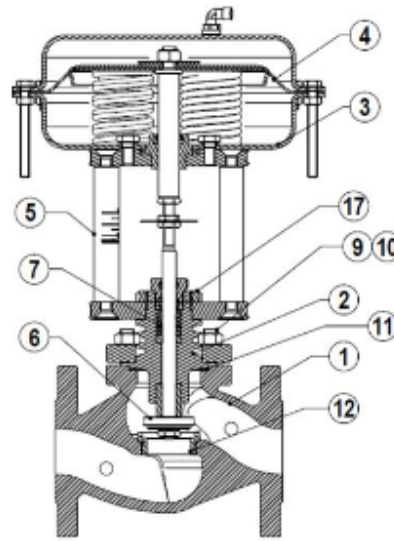
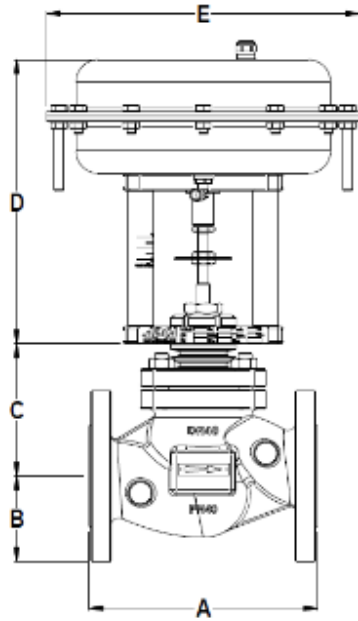
рідинами, такими як вода, перегріта вода, насичений і перегрітий пар, повітря, газ і іншими неагресивними рідинами.

Верхній фланець клапана міцно прикріплений до корпусу. Заміна приводу може проводитися без вилучення клапана з лінії трубопроводу. Клапани випускаються з м'якими сідлами або сідлами метал-по-металу. Додатково клапани можуть випускатися з перфорованим плунжером (з низьким рівнем шуму). В якості опції доступні датчик положення, пневматичні і електропневматичні позиціонери. Клапани випускаються з плунжерами, які забезпечують рівнопропорційна або лінійну характеристику. Корпус клапанів випускається з чавуну, кришка – з вуглецевої сталі, внутрішні деталі – з нержавіючої сталі. Максимально допустима робоча температура – +220 ° С. Максимальний робочий тиск – 40 бар. Приєднання – фланцеві по EN 1092-1 PN40.

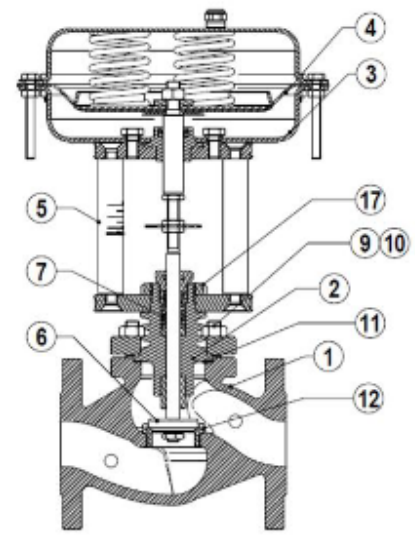
Робоче середовище:

- насичений або перегрітий пар;
- гаряча або перегріта вода;
- інші неагресивні середовища;
- Типорозміри: DN15 – DN100;
- Приєднання: фланцеве EN 1092-2 PN40.
- Пневмоприводи: PA-205; PA-280; PA-340; PA-435.
- Підведення повітря: 1/4 " NPT-F.
- Керуючий сигнал: 0,2 - 1 бар; 0,4 - 1,2бар; 0,4 - 2бар.
- Технічні характеристики:
- тиск умовний: PN40;
- мінімальна. робоча температура: -5°C;
- Максимальний тиск повітря: 3,5 бар;
- Температура навколишнього середовища: -20°C ... + 70°C;
- Робоча температура: стандарт від -5°C до + 220°C (стандарт); [9]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



PV25 DA – Direct action



PV25 RA – Reverse action

DIMENSIONS - VALVE BODY				
DN	A (mm)	B (mm)	C (mm) BONNET	
			STD.	FINN.
15	130	48	85	150
20	150	53	85	150
25	160	58	90	170
32	180	70	110	190
40	200	75	115	195
50	230	83	125	215
65	290	93	175	275
80	310	100	175	275
100	350	110	190	310

DIMENSIONS - ACTUATOR			
Type	ø E (mm)	D (mm)	WEIGHT Kgs
		DN15-100 DA/RA	
PA-205	210	235	5,7
PA-280	275	240	8,8
PA-340	335	265	14,3
PA-435	430	295	24,5

MATERIALS			
POS.	DESIGNATION	MATERIAL PV25G-OF	MATERIAL PV25I-OF
1	Valve Body	GJS-400-15 / 0.7040	CF8M / 1.4408
2	Bonnet	CF8 / 1.4308	CF8 / 1.4308
3	Actuator (Steel)	S235JRG2 / 1.0038	S235JRG2 / 1.0038
	Actuator (St. steel)	AISI 304 / 1.4301	AISI 304 / 1.4301
4	Diaphragm	NBR 70	NBR 70
5	Yoke (Steel)	C45E / 1.1191	C45E / 1.1191
	Yoke (St. Steel)	AISI 304 / 1.4301	AISI 304 / 1.4301
6	Valve plug (Soft)	St. Steel / PTFE/GR	St. Steel / PTFE/GR
6	Valve plug (Metal)	AISI316 / 1.4401	AISI316 / 1.4401
7	Standard packing	PTFE/GR	PTFE/GR
9	Studs	34CrNiMo8 / 1.6582	A4 - 70
10	Nuts	Steel 8.8	A4 - 70
11	Gasket	St. Steel / Graphite	St. Steel / Graphite
12	Seat	AISI316 / 1.4401	AISI316 / 1.4401
17	Lock nut	St. Steel	St. Steel

ACTUATOR STROKE IN mm									
	SIZES								
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
Stroke	5	5	7	8	10	13	17	20	25

FLOW RATE COEFFICIENTS									
	SIZES								
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
Kvs	3,8	5,1	9,4	15,4	22,2	40,1	63,4	89,7	136,7

Рис. 2.18 - Конструкція пневматичного клапану ADCATrol PV25G

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Кваліфікаційна робота

Арк.

30

ORDERING CODES V25/OF										
<b>VALVE CODES</b>					V	.25	G			.X.
<b>Actuator Type (1)</b>										
Pneumatic Actuator					P					
Electric Actuator					E					
<b>Group Designation</b>										
Globe valve, two way, straight body					V					
<b>Valve Model</b>										
Class PN16, GJS-400-15 body, stainless steel trim					.25	G				
Class PN16, CF8M body, stainless steel trim					.25	I				
<b>Stem Sealing</b>										
PTFE/GR-V-Rings / Standard bonnet										1
Virgin PTFE V-Rings / Standard bonnet										2
Graphite / Standard bonnet										3
Graphite / Finned bonnet										4
<b>Valve Plug</b>										
PT (on-off) - Soft (PTFE/GR)										9
PT (on-off) - Metal AISI 316 / 1.4401										10
<b>Pipe Connection</b>										
Flanged EN1092-2 PN16										L
<b>Size</b>										
DN15										15
DN20										20
...										
<b>Actuator</b>										(1)
<b>Extras (3)</b>										E
<b>ACTUATOR CODES ( pneumatic )</b>										
P.										
<b>Group Designation</b>										
Multi-spring , pneumatic linear actuator					P.					
<b>Actuator Size</b>										
205										1
280										3
340 A - From DN15 to DN50										5
340 B - From DN65 to DN100										6
435 A - From DN15 to DN50										7
435 B - From DN65 to DN100										8
<b>Actuator</b>										
Direct Action										D
Reverse Action										R
<b>Actuator Construction</b>										
Steel construction (painted) - standard										(2)
Stainless steel construction										I
<b>Control Signal</b>										
0,2 - 1 bar (3/15 psi)										15
0,4 - 1,2 bar (6/18 psi)										18
0,4 - 2 bar (6/30 psi)										30
0,4 - 2,4 bar (6/35 psi)										35

To be introduced on ".X.", if supplied in combination with the valve.  
 Example:  
 V25G valve model PT soft plug, PTFE/GR stem sealing DN50 complete with reverse action actuator signal 0,4-1,2bar, size340A steel.  
  
 Code: PV.25G.19L50.5R18  
  
**REMARKS:**  
 (1)- Indicate actuator type.  
 (2)- Omitted if the standard actuator is selected.  
 (3)- To be used only when a non-standard combination valve is supplied.  
 ADCATROL control valves are identified by a serial number on a nameplate, located on the actuator yoke.  
 Always order spares by using that serial number. If the valve has non-standard extras the serial number has also an E (extras).

Рис. 2.19 - Вибір пневматичного клапану ADCATrol PV25G

## Індуктивний датчик

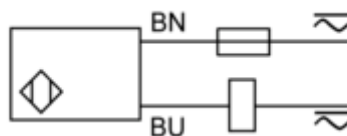
Для вимірювання швидкості обертання турбіни ГТТ-3М використовуються пневматичні клапани індуктивний датчик циліндр.nc XSAV11801. Зовнішній вигляд індуктивного датчика циліндр.nc XSAV11801 наведено на рис. 2.20.



Рис. 2.20 – Зовнішній вид індуктивного датчика циліндр.nc XSAV11801

Технічні характеристики:

- тип датчика: безконтактний індуктивний датчик;
- додаток для пристрою: контроль обертання;
- розмір: 81мм;
- матеріал: метал;
- тип вихідного сигналу: дискретний;
- спосіб електромонтажу: 2-провідний;
- робоча температура навколишнього повітря: -25...70 °С; [10]



BU : Синій  
BN: Коричневий

Рис. 2.21 – Схема підключення від індуктивного датчика циліндр.nc XSAV11801

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

## 2.2. Схема автоматизації

На схемі автоматизації газової турбіни ГТТ-3М представлено регулювання подачі газу, витрати, температура, тиск, та регулювання клапанів.

Температура повітря після осьового повітряного компресора, після повітряохолоджувача, нагнітача та температура підшипників вимірюється за допомогою термоперетворювачів опору ОВЕН ДТСхх5М-И з нормувальним перетворювачом НПТ-3 (поз. 1а-13а), від них уніфіковані сигнали з технологічного об'єкта поступають до ПЛК, де відображаються.

Тиск після осьового компресора та після нагнітача вимірюється за допомогою перетворювача тиску IGP10-T22 (поз. 14а-16а). Від них уніфіковані сигнали з технологічного об'єкта поступають до ПЛК, де відображаються.

Швидкість обертання газотурбінного агрегату вимірюється за допомогою індуктивний датчик XSAV11801 (поз. 24а), від нього дискретний сигнал з технологічного об'єкту поступає до ПЛК.

Витрата газу вимірюється за допомогою вихрового витратоміру Rosemount 8600 (поз. 26а), від нього уніфікований сигнал з технологічного об'єкту поступає до ПЛК, де відображається.

Наявність полум'я в універсальній камері згорання відображається за допомогою фотодатчика ультрафіолетового IP-65(УФД IP-65) (поз. 23а), від нього дискретний сигнал з технологічного об'єкту поступає до ПЛК.

Управління двигуном М1 відбувається за допомогою катушки магнітного пускача Carlo Gavazzi RZ3A60D40P (поз. КМ1), управління відбувається від сигналів дискретного модуля виходів ПЛК.

Регулювання подачі газу відбувається за допомогою пневматичного клапану Valsteam ADCA ADCATrol PV25G (поз.25б) який приводиться в дію електропневматичним перетворювачем ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 25а), управління відбувається уніфікованим сигналом від

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

модуля аналогових виходів, в залежності від обертів агрегату, що прописаний в ПЛК.

Управління клапанами подачі охолодженої води та стисненого повітря далі на технологічну лінію відбувається за допомогою пневматичного клапану Valsteam ADCA ADCATrol PV25G (поз.17б-21б) який приводиться в дію електропневматичним перетворювачем ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 17а-21а), управління відбувається дискретним сигналом від модуля дискретних виходів ПЛК.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						34
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація засобів автоматизації.

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	Кількість	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а-13а	по місцю	Термоперетворювачі опору з вихідним сигналом 4...20 мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювання: -40...+800 °С	ОВЕН ДТПК085М-0110.60.И10	13	ОВЕН м. Харків
2	14а-16а	по місцю	Датчик тиску з вихідним сигналом 4...20 мА, напруга живлення 24 DC, межа вимірювання тиску 1 МПа	IGP10-T22	3	Фохборо Німеччина
3	17а-21а	по місцю	Перетворювач електропневматичний для перетворення дискретного сигналу струму: 0-24 В в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 DC	Sentronic LP G617A42700A003	5	EMERSON ASCO Numatics США
4	23а	по місцю	Фотодатчик ультрафіолетовий з вихідним сигналом 0-24В, напруга живлення 24 DC.	УФД IP-65	1	ООО «ЕЛАС» м.Фастів
5	24а	по місцю	Індуктивний датчик з вихідним сигналом 0-24В, напруга живлення 24 DC	XSAV11801	1	Schneider Electric Німеччина
6	25а	по місцю	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 DC	Sentronic LP G617A42200A003	1	EMERSON ASCO Numatics США

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Продовження таблиці 2.1.

7	26а	по місцю	Вихровий витратомір з вихідним сигналом 4...20 мА, відносна похибка вимірювання газу ±1,0%;	Rosemount 8600	1	EMERSON  США
8	176- 216,256	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа Рвих. – 20-100 кПа	ADCA TroIPV.25G.11.L100.1R15	6	Valsteam ADCA Португалія
9	КМ1	по місцю	Електромагнітне реле, 3 контакти. Напруга макс. 440В АС, струм комутації 20 А	Relpol R3N-2013-23-5024-WTL	1	СВ Альтера м.Київ

## Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

### 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Розробка системи автоматизації газової турбіни ГТТ-3М виконувалася з промисловим логічним контролером (ПЛК) Schneider Electric M340.

Документація на замовлення промислового логічного контролера (ПЛК) тісно пов'язана з завданням на виготовлення щитів і пультів, оскільки у щитових конструкціях розміщується як сам ПЛК так і його блоки живлення.

Основним документом при замовленні ПЛК є замовна специфікація в якій вказується модель, тобто кількість та опис модулів. Вигляд специфікації наведена в таблиці 3.1 та на рисунку 3.1:

*Таблиця 3.1. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу.*

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2000	1	Процесорний модуль Schneider Electric Modicon M340
BMX CPS 2000	1	Блок живлення ПЛК
BMX AMM 0600	1	Модуль аналогових входів та виходів (4 входи, 2 виходи)
BMX AMI 0810	2	Модуль аналогових входів (8 входи)
BMX DDM 16025	1	Модуль дискретних входів та виходів (8 входи, 8 виходи)
BMX ENC 0200	1	Модуль лічильника (2 високошвидкісних каналів)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Квотченко Д.О.			<i>Розробка системи автоматизації газової турбіни ГТТ-3М</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Клименко О.М.					37	7
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-2ск</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

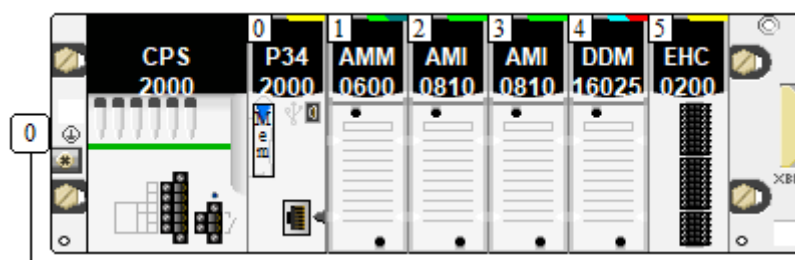


Рис. 3.1 – Вибрані модулі ПЛК М340

**Аналогові входи.** Датчики та перетворювачі з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА послідовно проходить клемну колодку та потрапляє на аналогово-цифровий перетворювач модулів ВМХ АММ 0600 та ВМХ АМІ 0810. За допомогою написаної програми виробляється управління в залежності від тих чи інших значень сигналу, що надійшли до модулів ВМХ АММ 0600 та ВМХ АМІ 0810.

**Аналогові виходи.** Електропневматичним перетворювачем для управління клапаном та частотний перетворювач для управління двигуном. Уніфікований аналоговий сигнал 4-20 мА від модуля ВМХ АМО 0410 подається на електричні регулюючі клапани та частотні перетворювачі для управління ними.

**Імпульсні входи.** Індуктивний датчик для відображення обертів агрегату. Сигнал від індуктивного датчика надходить в до модуля лічильника ВМХ ЕНС 0200 в залежності від написаної програми управляє подачею газу в універсальну камеру згорання.

**Дискретні входи та виходи.** Електропневматичний перетворювач для управління клапанами та датчик наявності полум'я. Сигнал від модуля ВМХ ДДМ 16025 в залежності від написаної програми проходить клемну колодку та поступає на електропневматичного перетворювача, що в свою чергу відкривають чи закривають клапани чи сигнал від датчика полум'я на модуль.

### 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

При розробці принципової електричної схеми живлення були використані наступні компоненти:

- пакетні вимикачі QF1-QF4 – 4 шт., для вмикання та вимикання певних гілок з технічними засобами автоматизації
- перетворювач напруги або блок живлення (БЖ1-БЖ2) для перетворення змінної напруги 220 В в постійну напругу 24 В для живлення датчиків, електропневматичних перетворювачів та модулів.

В принциповій електричній схемі живлення та в принциповій схемі підключення датчиків та ВМ до ПЛК застосовувалася наступна нумерація провідників:

- нумерація провідників в яких протікає змінний струм починається з 800 (800-814).
- нумерація провідників в яких протікає постійний струм починається з 900 (900-903).
- нумерація провідників в яких проходить вимірювальний сигнал від датчиків до ПЛК починається з 100 (100-118).
- нумерація провідників в яких проходить сигнал управління від ПЛК до електропневматичних, частотних перетворювачів та реле починаються з 200 (200-207)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

### 3.3. Розширенні схеми підключення для окремого контуру

#### Контур регулювання подачі газу в універсальну камеру згорання

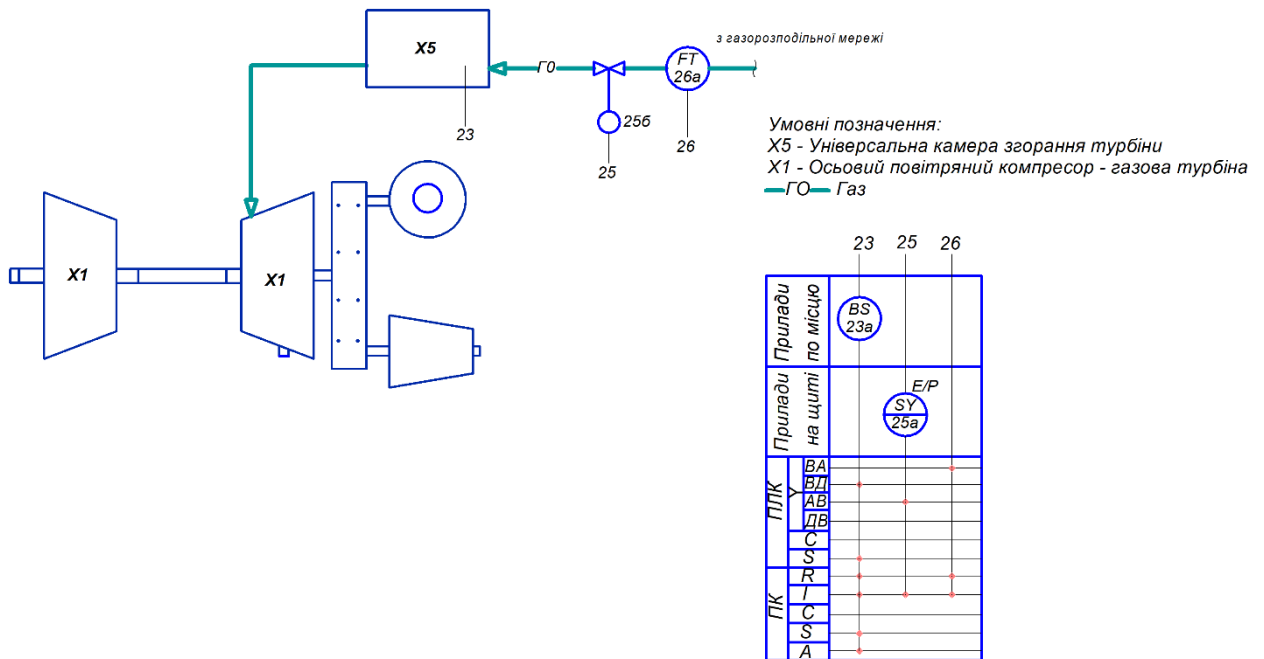


Рис. 3.2 – Функціональна схема автоматизації контуру регулювання подачі газу в універсальну камеру згорання

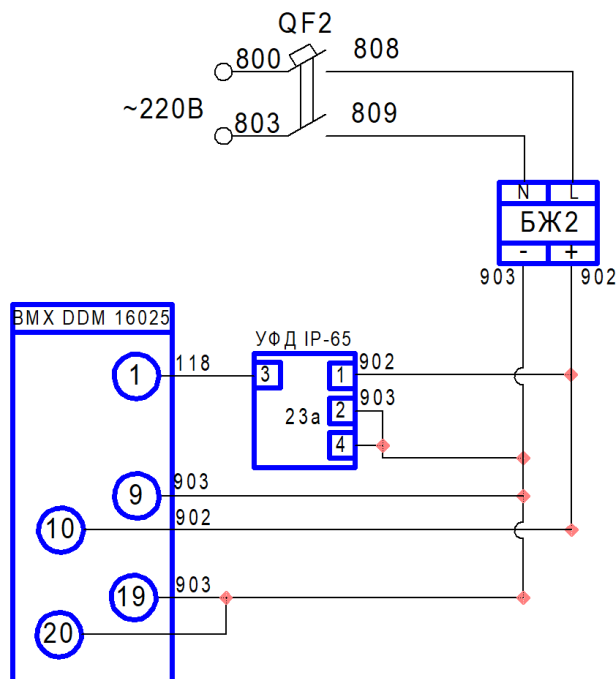


Рис. 3.3 – Принципова розширена схема підключення датчика наявності полум'я УФД IP-65 до модуля дискретних входів BMX DDM 16025

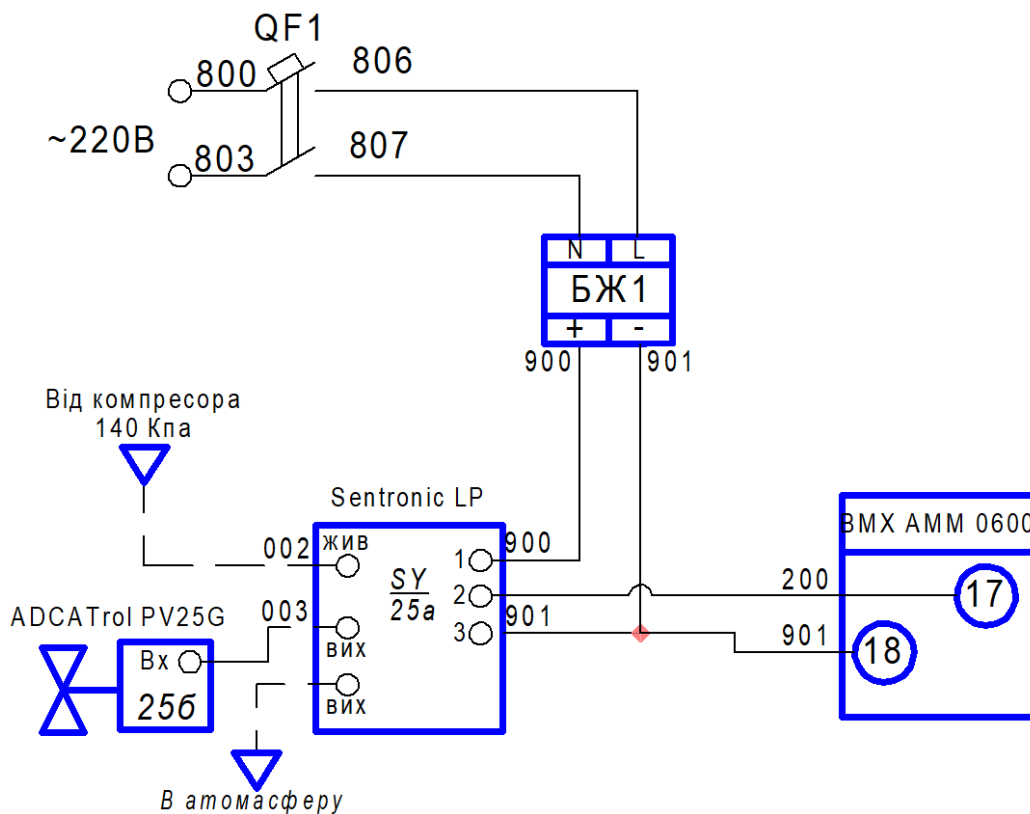


Рис. 3.4 – Принципова розширена схема підключення ЕПІ Sentronic LP до модуля аналогових входів та виходів BMX AMM 0600

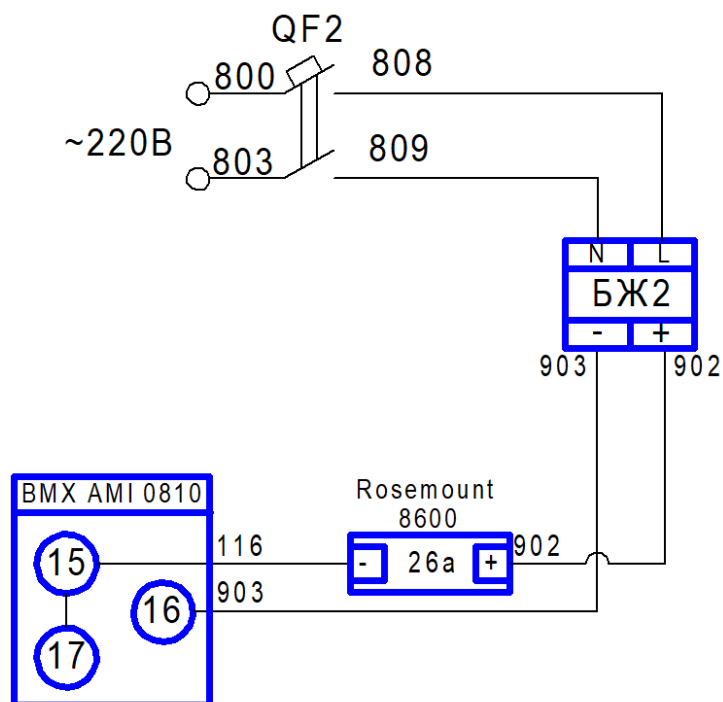


Рис. 3.5 – Принципова розширена схема підключення вихрового витратоміру Rosemount 8600 до модуля аналогових входів BMX AMI 0810

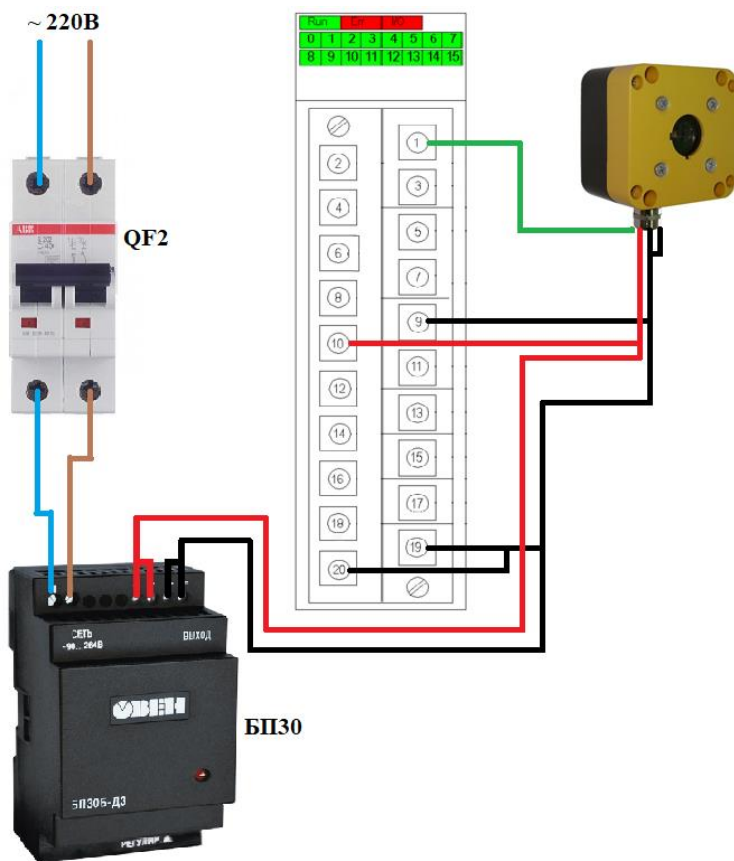


Рис. 3.6 – Графічна схема підключення фотодатчика полум'я УФД ІР-65 до модуля ВМХ DDM 16025

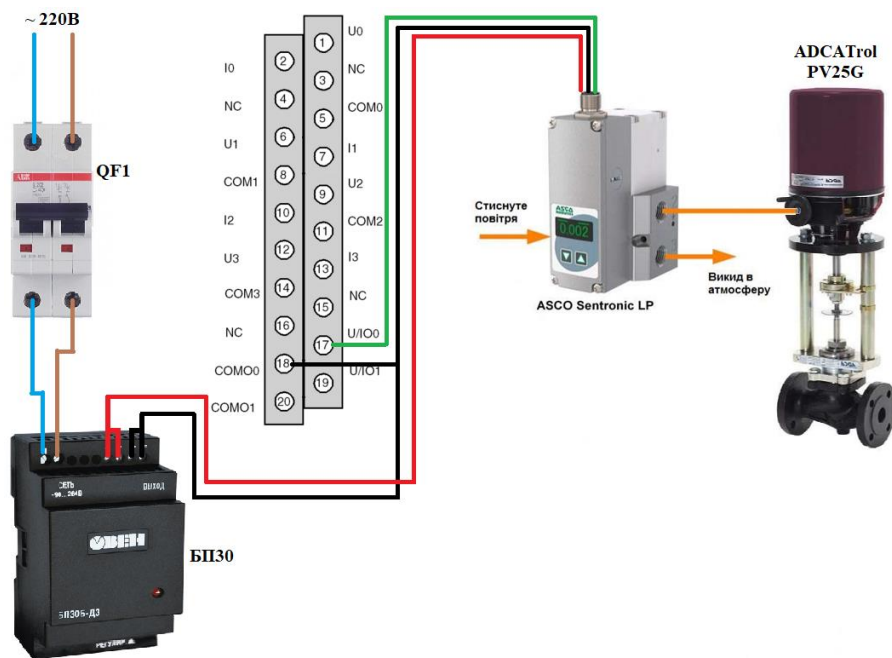


Рис. 3.7 – Графічна схема підключення ЕПП Setronic LP до модуля ВМХ АММ 0600

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

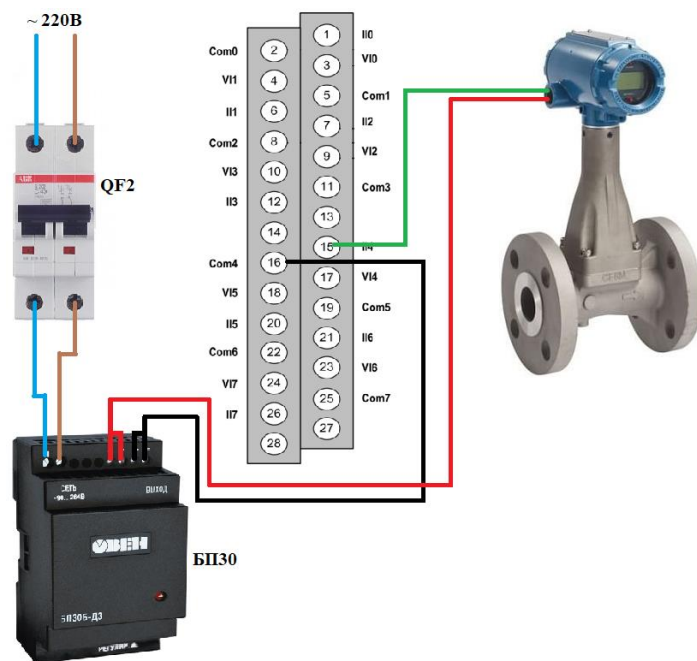


Рис. 3.8 – Графічна схема підключення вихрового витратоміру Rosemount 8600 до модуля BMX AMI 0810

Витрата газу вимірюється вихровим витратоміром Rosemount 8600 (поз. 26а).

Регулювання подачі газу в універсальну камеру згорання турбіни відбувається за допомогою пневматичного клапана Valsteam ADCA ADCATrol PV25G (поз. 25б).

Положення пневматичного клапана регулюється електропневматичним перетворювачем ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 25а) до якого надходить уніфікований сигнал 4-20 мА від модуля аналогових входів BMX AMI 0810.

Фотодатчик наявності полум'я інформує про наявність полум'я в універсальній камері згорання турбіни (поз. 23а) від якого надходить дискретний сигнал на модуль дискретних входів та виходів BMX DDM 16025.

Фотодатчик, вихровий витратомір та електропневматичний перетворювач живляться напругою 24В постійного струму за допомогою ОВЕН БП30 – блок живлення (поз. БЖ1-БЖ2). Напруга на блоки живлення вмикається чи вимикається за допомогою автоматичних вимикачів QF1 і QF2, що мають вбудований захист по струму.

#### Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу.

Вимірювання температури підшипників турбіни відбувається датчиком температури ОВЕН ДТПХхх5М-И. Зовнішній вигляд датчика температури ОВЕН ДТПХхх5М-И зображено на рис. 4.1. [3]



Рис 4.1 - Зовнішній вигляд датчика температури ОВЕН ДТПХхх5М-И

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>Розробка системи автоматизації газової турбіни ГТТ-3М</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Квотченко Д.О.					44	3
Керівник		Клименко О.М..				<i>НУХТ АК-4-2ск</i>		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

## ОВЕН ДТП**XXX5M-0XXX.X.1,0.И[X]**

### Тип сенсора (НСХ):

**L** - перетворювач типу ТПЛ (ХК) хромель-копель  
**K** - перетворювач типу ТПК (ХА) хромель-алюмель  
**N** - перетворювач типу ТПН (НН) ніхросил-нісил  
**J** - перетворювач типу ТПЈ (ЗК) залізо-константан

### Конструктивне виконання датчика (модель):

**XX5** - датчики з комутаційною головкою  
 (див. таблицю конструктивних виконань)

### Діаметр термоелектрода:      Діаметр КТМС:

**0** - 0,5 мм                              **7** - 3,0 мм  
**1** - 0,7 мм (стандарт)              **9** - 4,5 мм

### Матеріал комутаційної головки:

**0** - пластмасова  
**1** - металева

### Матеріал захисної арматури:

#### для ДТПЛ

**0** - сталь 12Х18Н10Т (-40...+600 °С)

#### для ДТПК

**0** - сталь 12Х18Н10Т (-40...+800 °С), мод. 015-105, 185-265  
**1** - сталь 10Х23Н18 (-40...+900 °С), мод. 025, 045, 075, 085  
**5** - сталь AISI 310 (-40...+900 °С)                              ] мод. 275, 285, 295, 365  
**6** - сталь AISI 316 (-40...+900 °С)                              ] КТМС Ø4,5 мм  
**7** - сталь AISI 321 (-40...+800 °С)                              ]  
**6** - сталь AISI 316 (-40...+900 °С)                              ] мод. 275, 285, 295, 365  
**7** - сталь AISI 321 (-40...+800 °С)                              ] КТМС Ø3,0 мм

#### для ДТПН

**8** - сталь Niсrobell (-40...+1250 °С), мод. 275, 285, 295, 365  
 КТМС Ø4,5 мм

#### для ДТПЈ

**6** - сталь AISI 316 (-40...+600 °С), мод. 275, 285, 295, 365  
 КТМС Ø3,0; 4,5 мм

### Довжина монтажної частини L, мм:

Див. таблицю конструктивних виконань

### Діапазон перетворення:

#### для ДТПК

**7** - «-40...+600 °С»  
**10** - «-40...+800 °С»  
**20** - «-40...+900 °С»  
**8** - «0...+400 °С»  
**6** - «0...+500 °С»  
**9** - «0...+600 °С»  
**11** - «0...+800 °С»  
**19** - «0...+900 °С»

#### для ДТПН

**10** - «-40...+800 °С»  
**20** - «-40...+900 °С»  
**25** - «-40...+1000 °С»  
**26** - «-40...+1100 °С»  
**27** - «-40...+1200 °С»  
**18** - «-40...+1250 °С»  
**9** - «0...+600 °С»  
**11** - «0...+800 °С»  
**19** - «0...+900 °С»  
**21** - «0...+1000 °С»  
**22** - «0...+1100 °С»  
**23** - «0...+1200 °С»

#### для ДТПЛ

**7** - «-40...+600 °С»  
**8** - «0...+400 °С»  
**6** - «0...+500 °С»  
**9** - «0...+600 °С»

#### для ДТПЈ

**28** - «-40...+750 °С»  
**6** - «0...+500 °С»  
**7** - «-40...+600 °С»  
**8** - «0...+400 °С»  
**9** - «0...+600 °С»

Рис. 4.2 - Конфігурація ОВЕН ДТПХxx5М-И

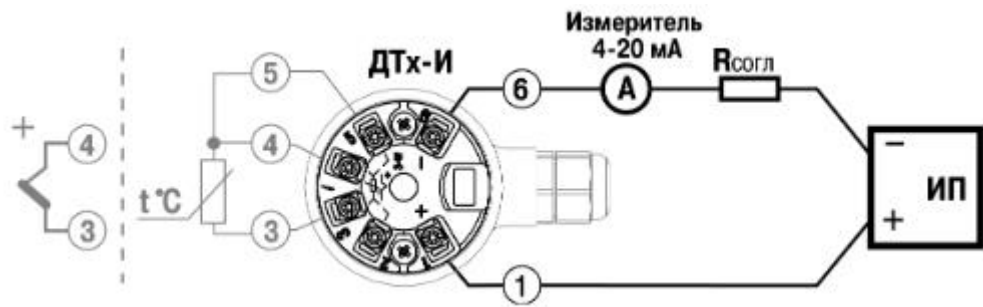


Рис. 4.3 - Схема підключення ОВЕН ДТПХxx5М-И

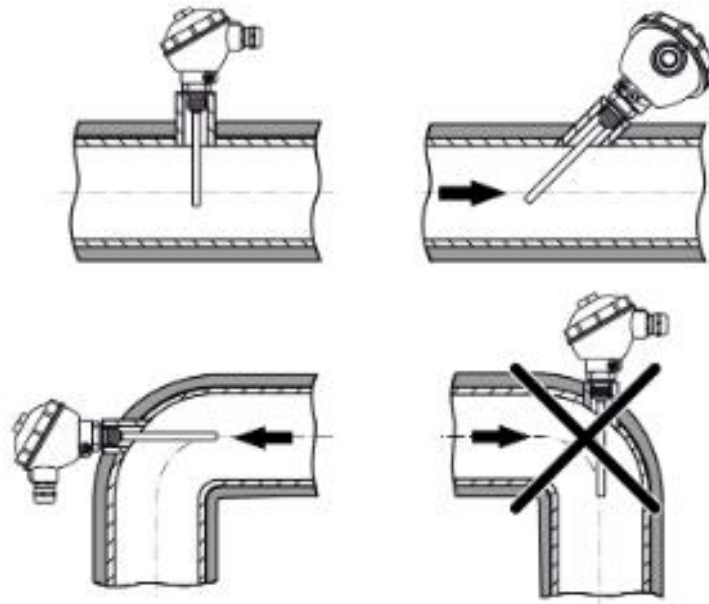
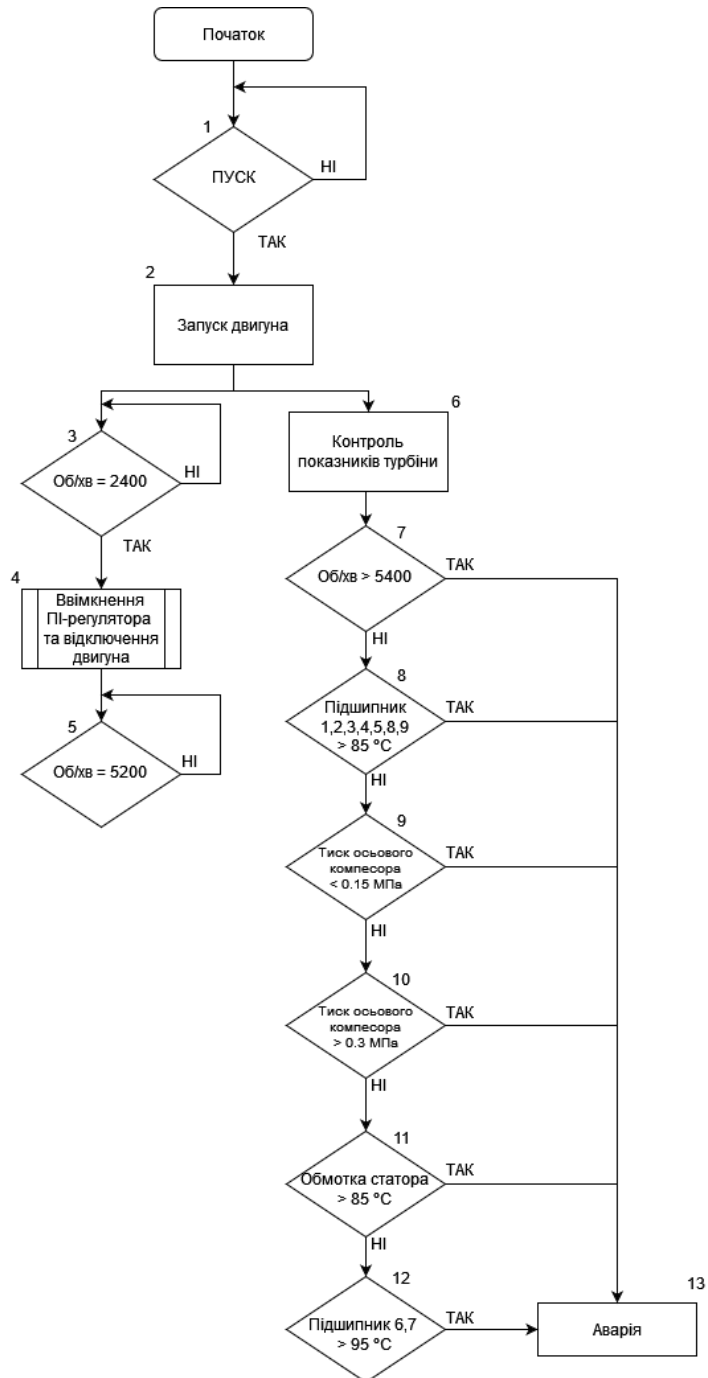


Рис. 4.4 - Спосіб монтажу датчика температури ОВЕН ДТПХxx5М-И

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

Процес роботи газотурбінної установки відбувається за наступним алгоритмом:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Квотченко Д.О.			Розробка системи автоматизації газової турбіни ГТТ-3М	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Клименко О.М.					47	8
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-2ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Згідно представленого алгоритму вище відбувається програмування ПЛК. В табл. 5.1 зображено змінні, які використовуються під час написання програми.

*Таблиця 5.1. Змінні для ПЛК.*

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
t_podh1	%IW0.1.0	Температура підшипника турбіни №1
t_podh2	%IW0.1.1	Температура підшипника турбіни №2
t_podh3	%IW0.1.2	Температура підшипника турбіни №3
t_podh4	%IW0.1.3	Температура підшипника турбіни №4
t_podh5	%IW0.2.0	Температура підшипника турбіни №5
t_podh6	%IW0.2.1	Температура підшипника турбіни №6
t_podh7	%IW0.2.2	Температура підшипника турбіни №7
t_podh8	%IW0.2.3	Температура підшипника турбіни №8
t_podh9	%IW0.2.4	Температура підшипника турбіни №9
t_10	%IW0.2.5	Температура підшипника турбіни №10
t_11	%IW0.2.6	Температура підшипника турбіни №11
t_12	%IW0.2.7	Температура підшипника турбіни №12
t_obm	%IW0.3.0	Температура обмоток статора
tusk_1	%IW0.3.1	Тиск після осьового компресора
tusk_2	%IW0.3.2	Тиск після нагнітача
tusk_3	%IW0.3.3	Тиск після осьового компресора
fl_gaz	%IW0.3.4	Датчик витрати газу
kl_g	%QW0.1.4	Клапан подачі газу
faz_800	%QW0.1.5	Двигун ФАЗ-800
kl1	%Q0.4.0	Клапан 1
kl2	%Q0.4.1	Клапан 2
kl3	%Q0.4.2	Клапан 3
kl4	%Q0.4.3	Клапан 4
kl5	%Q0.4.4	Клапан 5
fire	%Q0.4.5	Датчик наявності полум'я

Програма користувача складається з декількох підпрограм для кращої орієнтації та розподілення задач.

Програма користувача складається з наступних підпрограм:

- scaling;
- programs;
- imit;
- kl\_fire;
- avar;

Підпрограма *scaling* написана на мові FBD, призначена для перетворення аналогового сигналу 4...20 мА в діапазон вимірювання датчиків, а також навпаки. Лістинг програми показано на рисунку 5.1 та 5.2.

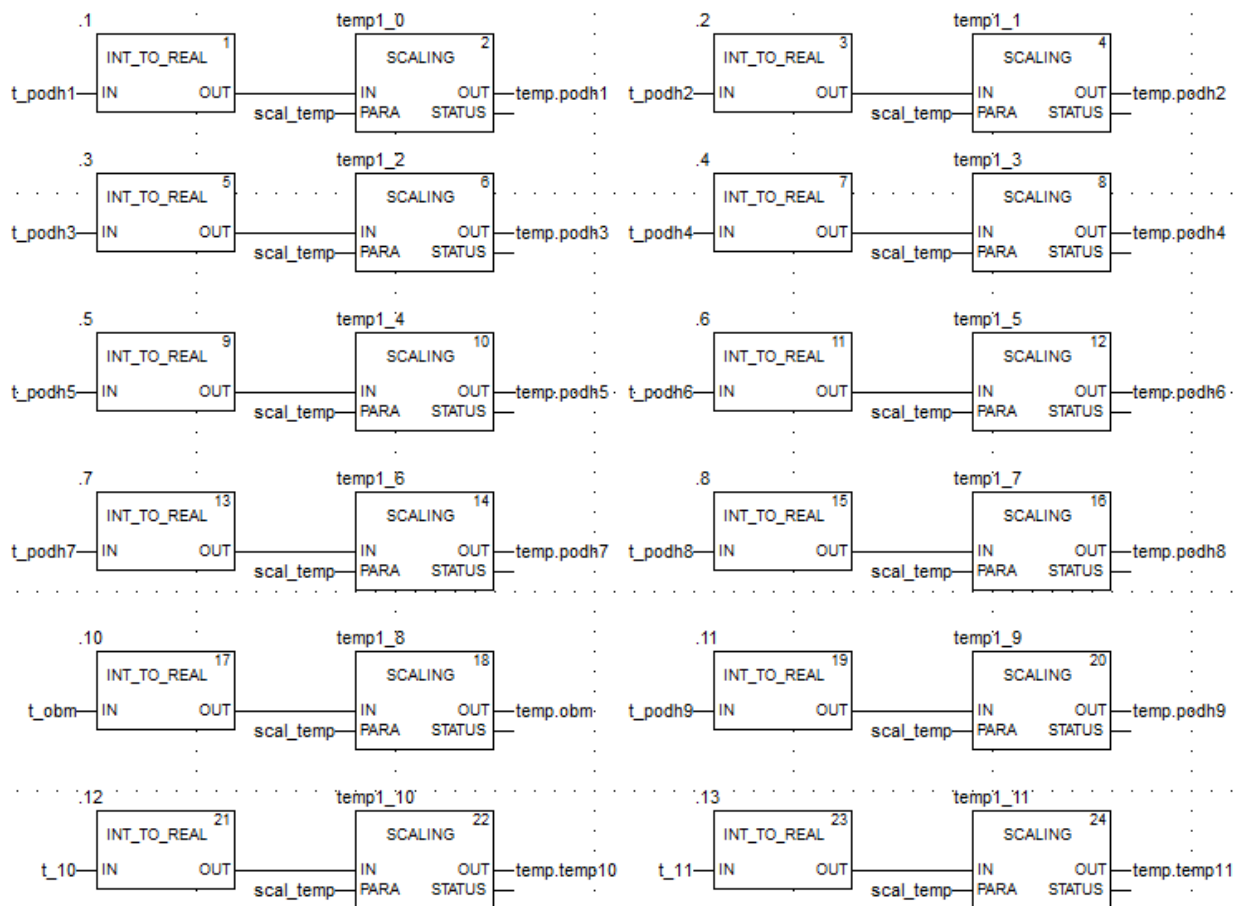


Рис. 5.1 – Підпрограма *scaling*

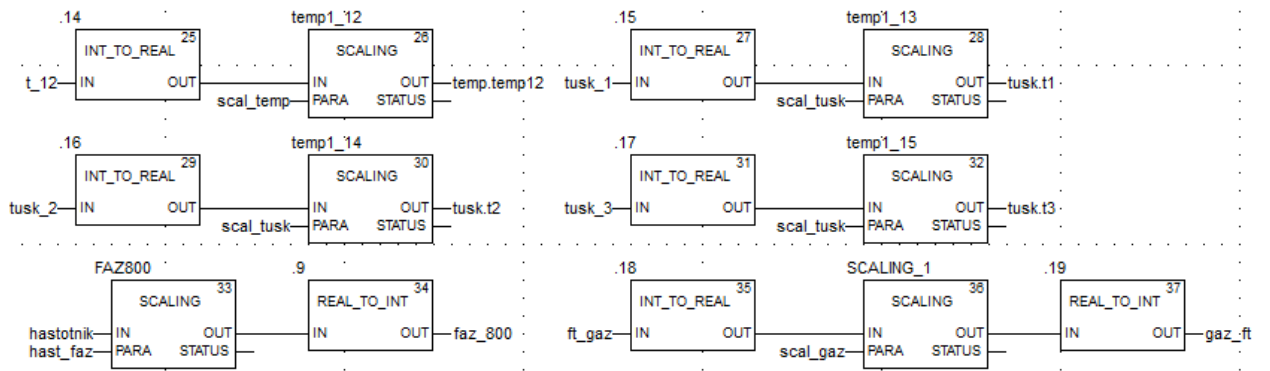


Рис. 5.2 - Підпрограма scaling

Підпрограма programs написана на мові FBD, вона є основною програмою де відбувається виконання процесу. Лістинг програми показано на рисунку 5.3.

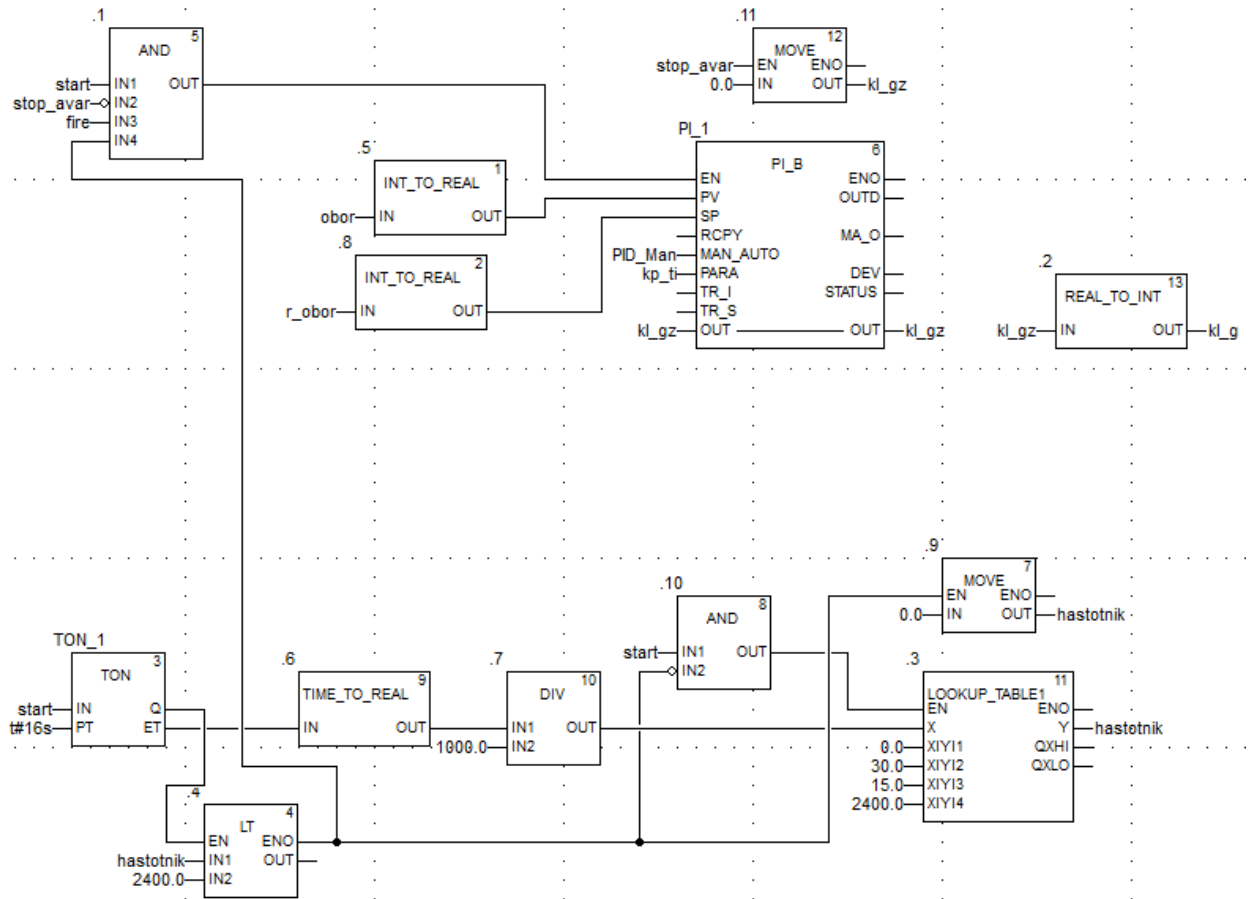


Рис. 5.3 - Підпрограма programs



```

kl1 := kl1_1; kl2 := kl2_1; kl3 := kl3_1; kl4 := kl4_1; kl5 := kl5_1; (*клапани*)
fir := fire; (*датчик наявності полум'я*)
(*Управління клапанами*)
IF (avto_ruh = true) THEN
    kl1_1 := true;
    kl2_1 := true;
    kl3_1 := true;
    kl4_1 := true;
    kl5_1 := true;
ELSIF (avto_ruh = false) THEN
    IF (kl1_1 = true) THEN
        kl1 := true;
    ELSE
        kl1 := false;
    END_IF;

    IF (kl2_1 = true) THEN
        kl2 := true;
    ELSE
        kl2 := false;
    END_IF;

    IF (kl3_1 = true) THEN
        kl3 := true;
    ELSE
        kl3 := false;
    END_IF;

    IF (kl4_1 = true) THEN
        kl4 := true;
    ELSE
        kl4 := false;
    END_IF;

    IF (kl5_1 = true) THEN
        kl5 := true;
    ELSE
        kl5 := false;
    END_IF;
END_IF;

```

Рис. 5.6 - Підпрограма kl\_fire

Підпрограма авар написана на мові ST, вона використовується для моніторингу значень в разі перевищення чи зниження за критичні межі зупиняє чи подає сигнал про небезпеку. Лістинг програми показано на рисунку 5.7 та 5.8.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

```

(*Перевищення температури підшипник 1*)
IF (temp.podh1 > 85.0) THEN
    av1 := true;
ELSE
    av1 := false;
END_IF;
(*Перевищення температури підшипник 2*)
IF (temp.podh2 > 85.0) THEN
    av2 := true;
ELSE
    av2 := false;
END_IF;
(*Перевищення температури підшипник 3*)
IF (temp.podh3 > 85.0) THEN
    av3 := true;
ELSE
    av3 := false;
END_IF;
(*Перевищення температури підшипник 4*)
IF (temp.podh4 > 85.0) THEN
    av4 := true;
ELSE
    av4 := false;
END_IF;
(*Перевищення температури підшипник 5*)
IF (temp.podh5 > 85.0) THEN
    av5 := true;
ELSE
    av5 := false;
END_IF;
(*Перевищення температури підшипник 6*)
IF (temp.podh6 > 95.0) THEN
    av6 := true;
ELSE
    av6 := false;
END_IF;

```

Рис. 5.7 - Підпрограма авар

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

```

(*Перевищення температури підшипник 7*)
IF (temp.podh7 > 95.0) THEN
    av7 := true;
ELSE
    av7 := false;
END_IF;
(*Перевищення температури підшипник 8*)
IF (temp.podh8 > 85.0) THEN
    av8 := true;
ELSE
    av8 := false;
END_IF;
(*Перевищення температури підшипник 9*)
IF (temp.podh9 > 85.0) THEN
    av9 := true;
ELSE
    av9 := false;
END_IF;
(*реалізація сигналізації і аварії датчика тиску*)
IF ( tusk.t1 <= 0.3 and not(tusk.t1 >= 0.3) and tusk.t1 = 0.1 ) THEN
    signal := true;

ELSE
    signal := false;
END_IF;

IF (tusk.t1 < 0.15 and not(tusk.t1 >= 0.15) and obor > 5100 ) THEN
    av10 := true;
ELSE
    av10 := false;

END_IF;
(*Перевищення обертів турбіни*)
IF (obor >= 5399) THEN
    av11 := true;
ELSE
    av11 := false;
END_IF;
(*Перевищення температури підшипника обмотки*)
IF (temp.obm > 85.0) THEN
    av12 := true;
ELSE
    av12 := false;
END IF;

```

Рис. 5.8 - Підпрограма авар

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

### 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI

Дисплейна мнемосхема газової турбіни ГТТ-3М розроблялася в програмному забезпеченні Citect SCADA 2018.

Змінні, що використовувалися при розробці дисплейної мнемосхеми наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Змінні в Citect SCADA 2018.

Ім'я тегу	Адреси	Тип даних	Мін. вхідне значення	Макс. вхідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру
1	2	3	4	5	6	7
start	%M1	DIGITAL	0	1	0	1
stop_avar	%M2	DIGITAL	0	1	0	1
kl1	%M90	DIGITAL	0	1	0	1
kl2	%M92	DIGITAL	0	1	0	1
kl3	%M94	DIGITAL	0	1	0	1
kl4	%M96	DIGITAL	0	1	0	1
kl5	%M98	DIGITAL	0	1	0	1
kl_g	%MW42	REAL	0	10000	0	100
obor	%MW75	INT	0	6000	0	6000
r_obor	%MW70	INT	0	6000	0	6000
Signal	%M39	DIGITAL	0	1	0	1
T_podh1	%MW4	REAL	0	800	0	800
T_podh2	%MW6	REAL	0	800	0	800
T_podh3	%MW8	REAL	0	800	0	800
T_podh4	%MW10	REAL	0	800	0	800
T_podh5	%MW12	REAL	0	800	0	800
T_podh6	%MW14	REAL	0	800	0	800
T_podh7	%MW16	REAL	0	800	0	800
T_podh8	%MW18	REAL	0	800	0	800
T_podh9	%MW20	REAL	0	800	0	800
T_10	%MW22	REAL	0	800	0	800
T_11	%MW24	REAL	0	800	0	800
T_12	%MW26	REAL	0	800	0	800
T_obm	%MW28	REAL	0	800	0	800

					<b>Кваліфікаційна робота</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Квотченко Д.О.			Розробка системи автоматизації газової турбіни ГТТ-3М	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Клименко О.М.					55	5
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-2ск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Продовження таблиці 6.1. Змінні в Citect SCADA 2018.

tusk1	%MW32	REAL	0.0	2.0	0.0	2.0
tusk2	%MW34	REAL	0.0	2.0	0.0	2.0
tusk3	%MW36	REAL	0.0	2.0	0.0	2.0
avar1	%M45	DIGITAL	0	1	0	1
avar2	%M47	DIGITAL	0	1	0	1
avar3	%M49	DIGITAL	0	1	0	1
avar4	%M51	DIGITAL	0	1	0	1
avar5	%M53	DIGITAL	0	1	0	1
avar6	%M55	DIGITAL	0	1	0	1
avar7	%M57	DIGITAL	0	1	0	1
avar8	%M59	DIGITAL	0	1	0	1
avar9	%M61	DIGITAL	0	1	0	1
avar10	%M63	DIGITAL	0	1	0	1
avar11	%M65	DIGITAL	0	1	0	1
avar12	%M67	DIGITAL	0	1	0	1
hastotnik	%MW80	REAL	0	3000	0	3000
gaz_ft	%MW85	INT	0	5000	0	5000
fire	%M100	DIGITAL	0	1	0	1
avto_ruh	%M105	DIGITAL	0	1	0	1

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Дисплейна мнемосхема технологічного процесу призначена для моніторингу процесу з АРМ оператора, а також для внесення ручних дій при виникненні аварійних ситуацій та дозволяє оператору контролювати проходження технологічного процесу, спостерігати за міною параметрів і за необхідності корегувати управляючі дії.

Дисплейна мнемосхема газотурбінної установки ГТТ-3М зображена на рисунку 6.1.

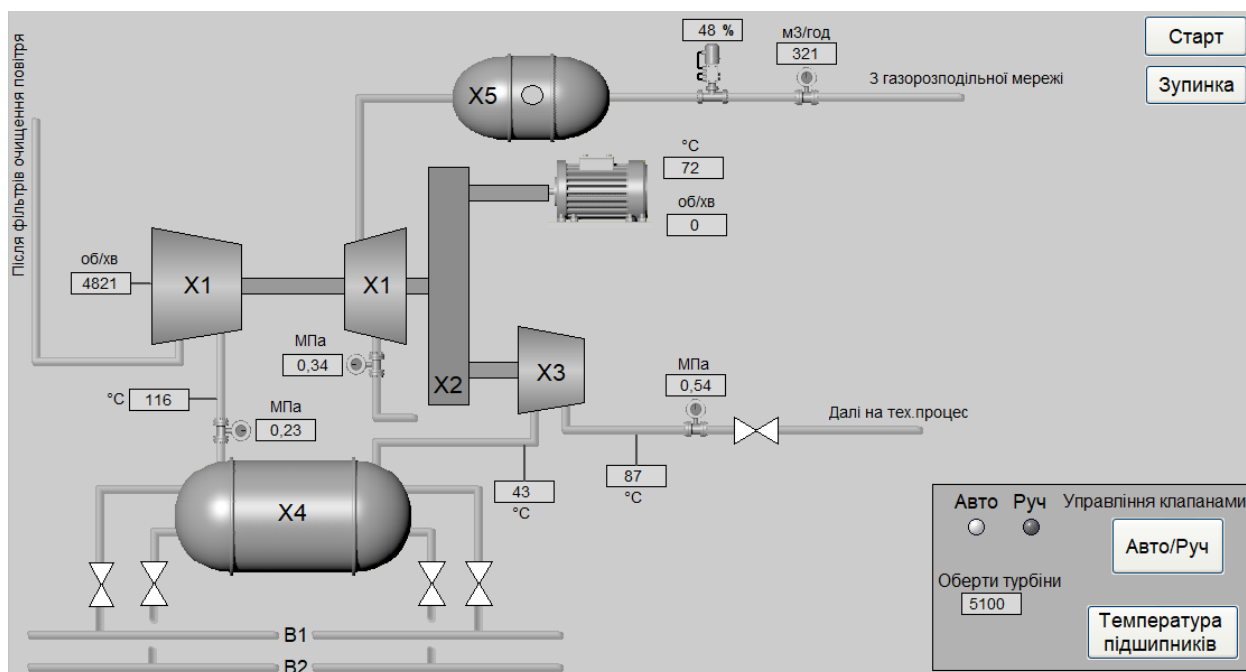


Рис. 6.1 – Дисплейна мнемосхема газотурбінної установки ГТТ-3М

Реалізована дисплейна мнемосхема температури підшипників турбіни в окремому вікні яка зображена на рисунку 6.2.

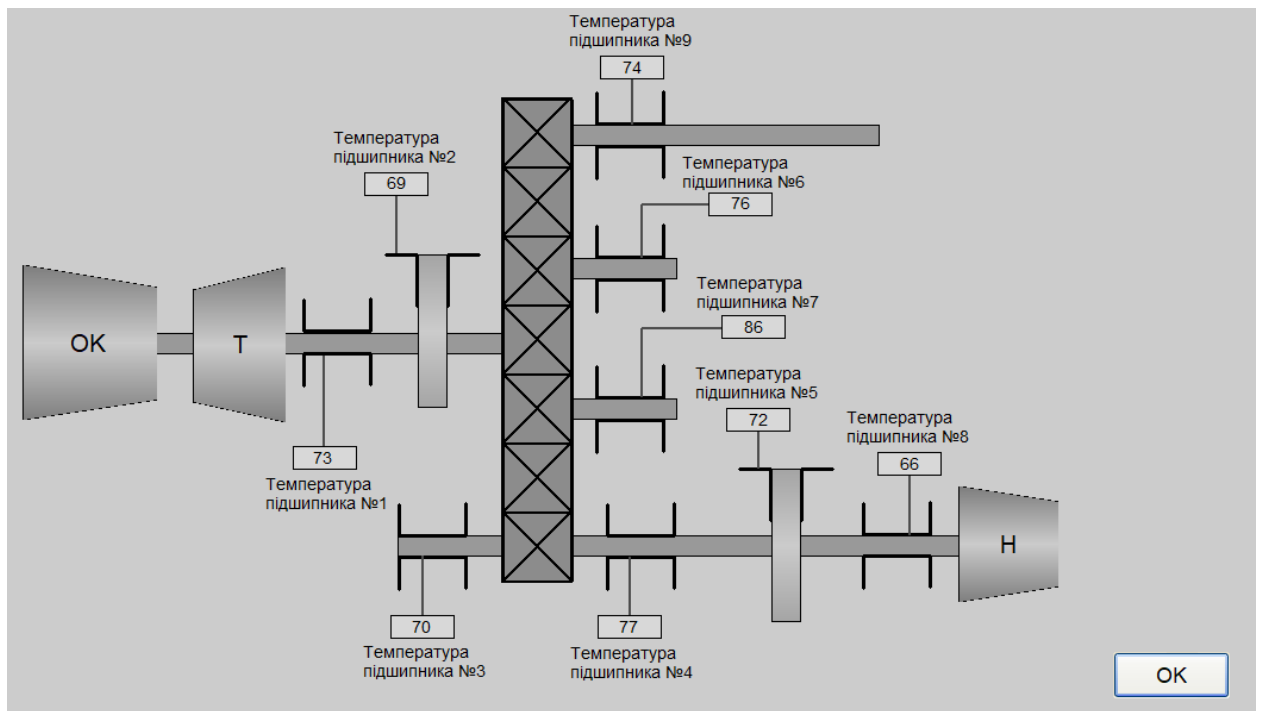


Рис. 6.2 – Дисплейна мнемосхема температури підшипників

Реалізоване вікно управління клапанами в ручному режимі, при натисканні на клапан з'являється вікно з налаштуваннями клапану яка зображена на рисунку 6.3.

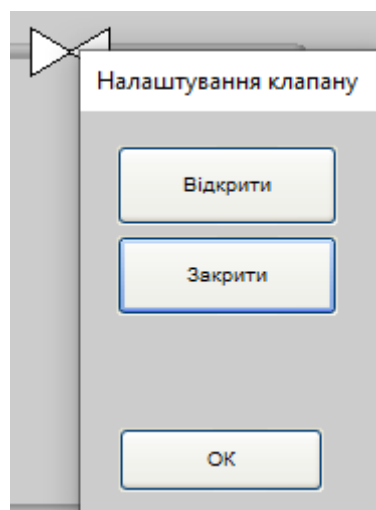


Рис. 6.3 – Вікно налаштування клапану

Реалізовані тривоги газової турбіни ГТТ-3М, відображення даних тривог відбувається на окремій сторінці та у верхній частині екрану, яка зображена на рисунку 6.4.

The screenshot shows the Citect SCADA interface with the 'Active Alarms' window open. The window title bar includes 'Startup' and 'Active Alarms'. Below the title bar is a navigation bar with options like 'Страница квитирования', 'Фильтрация...', 'Автоподбор размера столбцов', 'Сохранить представление', and 'Печать/экспорт...'. The main area contains a table of active alarms.

Дата	Время	Дескриптор	Имя	Состояние
03.06.2023	10:47:17	avar9	Підшипник 9	ВКЛ.
03.06.2023	10:47:17	avar11	Оберти турбіни	ВКЛ.
03.06.2023	10:47:17	avar12	Підшипник обмоток двигуна	ВКЛ.
03.06.2023	10:41:29	avar1	Підшипник 1	ВКЛ.
03.06.2023	10:41:29	avar3	Підшипник 3	ВКЛ.
03.06.2023	10:41:29	avar5	Підшипник 5	ВКЛ.
03.06.2023	10:41:29	avar6	Підшипник 6	ВКЛ.

Рис. 6.4 – Сторінка тривог та подій

## Висновок

В даній кваліфікаційній роботі була розглянута система автоматизації газової турбіни ГТТ-3М.

При розробці системи автоматизації газової турбіни ГТТ-3М задіяні новітні технічні засоби автоматизації та промисловий логічний контролер (ПЛК).

Була розроблена АСУ на базі контролера Schneider Electric M340 для даного об'єкта, також була розроблена дисплейна мнемосхема газової турбіни ГТТ-3М в програмному забезпеченні Citect SCADA 2018. Всі пристрої сумісні з роботою в парі з контролером, що дало змогу реалізувати роботу всього об'єкта на АРМ оператора. Розроблено алгоритм роботи об'єкта, програму, підібрано пристрої для підключення до контролера, наведено схеми підключень.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						60
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

## Список використаної літератури

1. Аналіз властивостей об'єкта [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5193549> (дата звернення: 15.05.2023). – Назва з екрана.

2. Принципи, методи та методика вимірювання [Електронний ресурс]: сайт – ELARTU – Режим доступу: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/18006/1/Pryncypy\\_metody\\_ta\\_metodyka\\_vumirjuvan.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/18006/1/Pryncypy_metody_ta_metodyka_vumirjuvan.pdf) (дата звернення: 15.05.2023). – Назва з екрана.

3. Перетворювач термоелектричний ОВЕН ДТПК085М-0110.60.И10 [Електронний ресурс]: сайт – ОВЕН – Режим доступу: <https://owen.ua/ua/datchyky/dtpxxx5m-i-termopary-z-vyhidnym-sygnalom-4-20-ma/konstruktyvni-vykonannja> (дата звернення: 17.05.2023). – Назва з екрана.

4. Перетворювач тиску типу IGP10 [Електронний ресурс]: сайт – Indecx – Режим доступу: <http://www.indecx.co.za/pdfdownloads/FoxboroIAP10,%20IGP10,%20IAP20,%20IGP20.pdf> (дата звернення: 17.05.2023). – Назва з екрану.

5. Вихровий витратомір Rosemount 8600 [Електронний ресурс]: сайт – EMERSON – Режим доступу: <https://www.emerson.com/ru-ru/catalog/rosemount-8600-utility-ru-ru> (дата звернення: 17.05.2023). – Назва з екрана.

6. Фотодатчик наявності полум'я «УФД ІР-65» [Електронний ресурс]: сайт – ELAS – Режим доступу: <http://elas.com.ua/uk/produktsiya/datchiki-polumya/fotodatchik-ufd-ip-65> (дата звернення: 17.05.2023). – Назва з екрана.

7. Перетворювач частоти DANFOSS FC 51 7,5 КВТ 380 [Електронний ресурс]: сайт – Привідна техніка – Режим доступу: <https://teh-privod.com.ua/catalog/peretvoryuvach-chastoti/peretvoryuvach-chastoti-danfoss-vlt-micro-drive-fc1646/> (дата звернення 17.05.2023). – Назва з екрану.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

8. Електропневматичний перетворювач ASCO NUMATICS Sentronic LP [Електроний ресурс]: сайт – EMERSON – Режим доступу: <https://www.emerson.com/documents/automation/catalog-617-sentronic-lp-aventics-en-4275266.pdf> (дата звернення: 17.05.2023). – Назва з екрана.

9. Пневматичний клапан ADCATROL PNEUMATIC CONTROL VALVESPV25–ON-OFF [Електроний ресурс]: сайт – TECCON – Режим доступу: <https://www.cdftecon.es/sites/default/files/pdf/valvula-neumatica-paso-recto-dn15-100-pn16-pv25g.pdf> (дата звернення: 17.05.2023). – Назва з екрана.

10. Індуктивний датчик циліндр.nc [Електроний ресурс]: сайт – Schneider Electric – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/XSAV11801> (дата звернення: 17.05.2023). – Назва з екрана.

11. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.

12. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.

13. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.

14. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.

15. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.

16. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

17. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.

18. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.

19. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.– 160 с.

20. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп’ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К.: НУХТ, 2007. – 71 с.

21. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об’єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.

22. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.

23. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.

24. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах [Текст]: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.

25. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO [Текст]: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

26. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.

27. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.

28. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.

29. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.

30. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentru Uchbovooi Literatury, 2014.- 240 p.

31. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [Текст] : монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Івашук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.

32. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.

33. Методи сучасної теорії управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Івашук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

34. Системний аналіз складних систем управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.

35. Системний аналіз складних систем управління. Практикум. [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)

36. Методи сучасної теорії управління [Текст] : підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.

37. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.

38. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro [Текст]: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.

39. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів [Текст]: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с.– ISBN: 978-613-9-87035-6

40. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини [Текст]: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.

41. Кишенько В. Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно- інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

42. Кишенько В. Д. Інтелектуальні системи [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.

43. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.

44. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.

45. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості [Текст]: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.

46. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання : уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66