

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

ім. проф. А.П. Ладанюка

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

Спеціальність *174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»*

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

зав. кафедри АКТСУ

ім. проф. А.П. Ладанюка

Ярослав СМІТЮХ

«28» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

ПАНЬКО Ярослав Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації турбіни 250/300-250*

керівник роботи *ст. викл. МАЦЕБУЛА Дмитро Валерійович*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від *«28» квітня 2025 р. № 254-кс*

2. Строк подання здобувачем роботи *«5» червня 2025 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 компонентування 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 28 квітня 2025 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 Ярослав ПАНЬКО

_____ (підпис)

Керівник роботи Дмитро МАЦЕБУЛА

_____ (підпис)

Анотації

У кваліфікаційній роботі представлено проєкт розробки системи автоматизації парової турбіни T250/300-240. Метою роботи є підвищення ефективності, надійності та безпеки експлуатації турбінного обладнання за рахунок впровадження сучасних засобів автоматизації.

У системі автоматизації використано промисловий логічний контролер Schneider Electric Modicon M340, з підключенням модулів аналогових входів та виходів, а також дискретних сигналів. До системи інтегровано датчики температури, тиску, вологості, індуктивний датчик обертів, електропневматичні перетворювачі та виконавчі пневматичні клапани.

Особливу увагу приділено реалізації алгоритмів регулювання у середовищі програмування Structured Text та створенню операторського інтерфейсу в SCADA-системі Citect SCADA 2015. Візуалізація мнемосхеми забезпечує зручність моніторингу параметрів та оперативне керування процесом.

Ключові слова: турбіна, автоматизація, Modicon M340, MBT 5252, GENEBRE 8081, Yokogawa TDLS8000, SCADA, клапан, регулятор тиску.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Annotation

The bachelor's qualification thesis presents the project for developing an automation system for the T250/300-240 steam turbine. The aim of the work is to enhance the efficiency, reliability, and safety of turbine operation by implementing modern automation technologies.

The automation system is based on the Schneider Electric Modicon M340 programmable logic controller, with modules for analog and discrete signal processing. The system integrates temperature sensors, pressure sensors, humidity analyzers, a rotation sensor, electro-pneumatic converters, and pneumatic control valves.

Special focus is given to implementing control algorithms in Structured Text language and developing the human-machine interface using Citect SCADA 2015. The turbine process visualization helps operators monitor parameters and manually adjust control elements if needed.

Keywords: turbine, automation, Modicon M340, MBT 5252, GENEBRE 8081, Yokogawa TDLS8000, SCADA, valve, pressure regulator.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	13
Розділ 2. Система автоматизації.....	15
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	15
2.2. Схема автоматизації.....	34
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	35
Розділ 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
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів.....	48
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	50
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	56
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	56
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	57
Висновки	58
Список використаної літератури	59

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

Вступ

Забезпечення надійної, стабільної та ефективної роботи турбінного обладнання є однією з ключових вимог у сучасних енергетичних, промислових та технологічних системах. Турбіна, як складний технічний об'єкт, виконує критично важливу функцію перетворення енергії (теплової, парової, газової чи гідравлічної) у механічну або електричну. Від стабільності її роботи залежить ефективність усього виробничого процесу, якість продукції, безпека персоналу та екологічна безпека об'єкта загалом.

Під час проходження технологічного процесу роботи турбіни важливо забезпечити точне дотримання встановлених параметрів тиску, температури, частоти обертання та інших важливих величин. Виконання цих умов є запорукою досягнення високої продуктивності обладнання, зниження витрат енергоресурсів, зменшення зносу механічних вузлів, а також уникнення аварійних ситуацій.

Для оптимального керування роботою турбіни доцільно впроваджувати сучасні системи автоматизації, що базуються на використанні мікропроцесорної техніки, сенсорних технологій та цифрових алгоритмів регулювання. Вони дозволяють реалізувати гнучке та точне керування технологічним процесом, здійснювати моніторинг у реальному часі, автоматично реагувати на зміни режимів роботи та виявляти несправності на ранніх стадіях.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проєктної документації системи автоматизації технологічного процесу роботи турбіни із застосуванням сучасних технічних засобів автоматизації. У межах проєкту буде розроблено структурну та функціональну схему автоматизації, обрано оптимальні технічні засоби для реалізації системи, а також обґрунтовано

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

доцільність впровадження даної системи для забезпечення стабільної, енергоефективної та безпечної експлуатації турбінного обладнання.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Турбіна Т-250/300-240 — це парова конденсаційна турбіна з регульованим теплофікаційним відбором пари. Основна її функція полягає у виробництві електричної енергії та забезпеченні тепlopостачання для промислових і побутових споживачів. Вона є ключовим елементом теплоелектроцентралей (ТЕЦ), що працюють у комбінованому циклі.

Технологічний процес роботи турбіни починається з подачі високотемпературної та високотискової пари у турбіна високого тиску (ТВС). Тут пара піддається початковому розширенню, що призводить до виділення частини її енергії. Після ТВС пара переходить у турбіна середнього тиску (ТСТ), а потім — у турбіна низького тиску (ТНС), де завершується процес її розширення.

Результатом розширення пари у трьох послідовних циліндрах є механічна енергія, яка передається на ротор, що обертається зі швидкістю 3000 обертів на хвилину. Ця енергія далі використовується для приводу електрогенератора, який виробляє електроенергію потужністю 250 МВт. Залишкова пара спрямовується в конденсатор, де вона охолоджується, переходячи у рідкий стан (конденсат). Конденсат повертається до котла через систему живильних насосів для повторного використання.

При великій кількості пари, яка не може бути використана в процесі, надлишкова пара випускається через спеціальні трубопроводи. Це забезпечує безпеку експлуатації турбіни та запобігає аварійним ситуаціям.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Панько Я.І.</i>			<i>Розробка системи автоматизації турбіни Т250/300-240</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Мацебула Д.В.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-2ск</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

Система теплофікаційного відбору забезпечує адаптивне використання пари для потреб теплопостачання. Обсяги відбору регулюються залежно від потреб споживачів та робочих умов турбіни.

Основні технологічні параметри:

Параметри на вході:

Тиск пари: 23,5 МПа

Температура пари: 540 °С

Параметри у циліндрах:

Тиск у ТВТ: 23,5 МПа

Тиск у ТСТ: 4-8 МПа

Тиск у ТНТ: 0,003 МПа

Параметри на виході:

Температура: до 40 °С (у конденсаторі)

Тиск: близький до вакууму

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

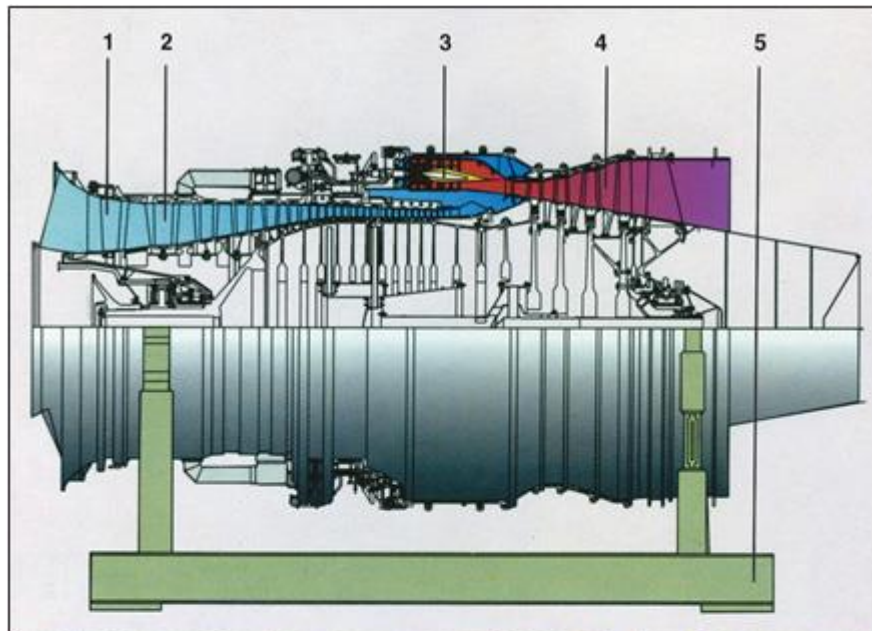


Рис.1 – Зовнішній вигляд турбіни T250/300-240

Особливості конструкції:

Ротор:

Високоміцний суцільнокований ротор з використанням сучасних матеріалів для зниження втрат енергії та збільшення довговічності.

Турбіни:

Виконані з легованої сталі з термостійким покриттям для забезпечення стабільності роботи за високих температур.

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

Система охолодження:

Водяний контур охолодження забезпечує ефективне зниження температури пари у конденсаторі.

Система ущільнення:

Ущільнення валів мінімізує витоки пари, що забезпечує енергоефективність роботи.

Система видалення неконденсованих газів:

У конденсаторі встановлено спеціальне обладнання для видалення неконденсованих газів. Ця система забезпечує підтримання вакууму в конденсаторі та підвищує ефективність роботи турбіни.

Дренажна система:

Система дренажу забезпечує збирання і відведення конденсату та інших рідин, що утворюються під час роботи турбіни. Це допомагає уникнути накопичення рідин у системі та забезпечує її безперебійну роботу.

Турбіна оснащена інтегрованою системою автоматизації для моніторингу та управління технологічними параметрами в режимі реального часу. Це дозволяє досягти високої точності регулювання та мінімізувати втрати енергії.

Додаткові переваги:

Можливість роботи на різних типах палива.

Висока надійність завдяки сучасним матеріалам і конструктивним рішенням.

Гнучкість у роботі, що дозволяє змінювати параметри виробництва в залежності від потреб енергосистеми.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

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
Турбіна	Температура на вході в турбіну високого тиску	540°C	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	
	Температура в турбіні високого тиску	450°C	Показання	Контроль	Сигналізація	
	Рівень	98%	Показання	Контроль	Сигналізація	
	Температура на вході в турбіну низького тиску	250°C	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	
	Температура в турбіні низького тиску	150°C	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	
	Тиск в турбіні високого тиску	23,5МПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Продовження таблиці 1.1

Турбіна	Тиск в турбіні низького тиск	0,003 МПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	
	Кількість обертів турбіни	3000 об/хв.	Показання	Контроль	Сигналізація	

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Розділ 2. Система автоматизації

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

Вимір температури

Для вимірювання температури в системі використовується промисловий датчик температури MBT 5252 1021-0200-0200-G140 (рис. 2).



Рис. 2 - Промисловий датчик температури MBT 5252 1021-0200-0200-G140.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Панько Я.І.			Розробка системи автоматизації турбіни T250/300-240	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Мацебула Д.В.					15	22
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-2ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Датчики серії МВТ 5252 розроблені для точного вимірювання температури в складних умовах експлуатації. Вони використовуються для контролю температури в трубопроводах, резервуарах, та інших технологічних середовищах. Основні технічні характеристики:

Діапазон вимірювання: -50...+600 °С.

Вихідний сигнал: уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА.

Матеріал корпусу: нержавіюча сталь, стійка до агресивних середовищ.

Зонд із різьбовим кріпленням для простого монтажу.

Висока точність вимірювання і стабільність роботи.

Ці датчики забезпечують довготривалу стабільну роботу навіть в умовах високих вібрацій, тиску та температури, що робить їх оптимальними для використання в промислових системах автоматизації.

Технічні характеристики промислового датчика температури МВТ 5252 1021-0200-0200-G140:

		(2) Operating temperature (additional versions upon request)
x	x	386 -50 to +260 °C
x	x	402 -50 to +400 °C (standard)
x	x	415 -50 to +600 °C
		(3) Measuring insert (additional versions upon request)
x	x	1001 1× Pt100 in three-wire circuit
x	x	1003 1× Pt100 in two-wire circuit
x	x	1011 1× Pt100 in four-wire circuit
x	x	2001 2× Pt100 in three-wire circuit
x	x	2003 2× Pt100 in two-wire circuit
		(4) Tolerance class according to DIN EN 60751:2009 / IEC 60751:2008 (additional versions upon request)
x	x	1 Class B (standard) (-50 to +500 °C)
x	x	2 Class A (-30 to +300 °C)
		(5) Protection tube diameter D
x		9 Ø 9 mm
x		9 Ø 9 mm reduced to Ø 6 mm
x		11 Ø 11 mm
x		12 Ø 12 mm reduced to Ø 9 mm
		(6) Insertion length EL in mm (EL up to 1000 mm)
x	x	... Specification in plain text
		(7) Process connection (additional versions upon request)
x	x	104 Screw connection G 1/2
x	x	105 Screw connection G 3/4
x	x	106 Screw connection G 1

Рис. 3 – Технічні характеристики датчика температури.

		(8) Extra codes
x	x	000 None
x	x	320 Terminal head form BUZ
x	x	321 Terminal head form BUZH
x	x	322 Terminal head form BBK
x	x	326 Terminal head form KGI-1
x	x	424 Terminal head with M12 machine connector (can only be selected in the case of measuring inserts with max. 4 wires, e.g. 1003, 1011, or 2003)
x	x	924 Terminal head form AB7 with LC plug-in display (only in conjunction with extra code 866 or 867)
x	x	925 Terminal head form BUZH with LC plug-in display (only in conjunction with extra code 866 or 867)
x	x	330 1× analog transmitter (type 707031 according to data sheet 707030), output 4 to 20 mA, (only for measuring insert 1× Pt100 in two-wire or three-wire circuit, not in conjunction with extra codes 658 or 659)
x	x	331 1× programmable transmitter (type 707014 according to data sheet 707010), output 4 to 20 mA/20 to 4 mA, (only for measuring insert 1× Pt100, not in conjunction with extra codes 658 or 659, suitable setup program part no. 00605080)
x	x	333 1× analog transmitter (type 707033 according to data sheet 707030), output 0 to 10 V, (only for measuring insert 1× Pt100 in two-wire or three-wire circuit, not in conjunction with extra codes 658 or 659)
x	x	334 2× analog transmitters (type 707031 according to data sheet 707030), output 4 to 20 mA, (only for measuring insert 2× Pt100 in two-wire or three-wire circuit and with extra code 321, not in conjunction with extra codes 658 or 659)

Рис. 4 – Технічні характеристики датчика температури.

Type MBT 5252		Sensor					Transmitter				
Measuring range, sensor element											
-50 – 200 °C	0										
-50 – 400 °C	1										
Sensing element											
1 × Pt 100	0										
2 × Pt 100 (-50 – 200 °C)	1										
1 × Pt 1000	2										
2 × Pt 1000 (-50 – 200 °C)	3										
Other	9										
Protection Tube, W.nr. 1.4571 (AISI 316 Ti)											
Acid-proof steel, ø8 mm (-50 – 200 °C)	0										
Acid-proof steel, ø10 mm (-50 – 200 °C)	1										
Acid-proof steel, ø11 mm (-50 – 400 °C)	2										
Other	9										
Extension length											
None	0										
50 mm	1										
100 mm	2										
Other	9										
Insertion length											
50 mm	0050										
100 mm	0100										
150 mm	0150										
200 mm	0200										
250 mm	0250										
300 mm	0300										
400 mm	0400										
500 mm	0500										
xxx0 mm	xxx0										
Connection head											
B (IP65)	0										
B-mini (IP65) (only up to 4 terminals) (transmitter not possible)	1										
Other	9										
Process connection											
G ¼ A (only ø8 mm protection tube)	0										
G 3/8 A	1										
G ½ A	2										
G ¾ A	3										
½ –14 NPT	7										
Other	9										
Transmitter setting, end of range											
0 °C (or none)	0 0										
	1 1										
	2 2										
	3 3										
	9 4										
	5										
	6										
	7										
	8										
	9 9										
Transmitter setting, start of range											
None	0										
0 °C	1										
-50 °C	4										
Other	9										
Transmitter type											
As terminal block											
None	0										
Standard	G										
Standard EEx ia IIC T4/T6	L										
In hightened lid											
Standard	A										
Standard EEx ia IIC T4/T6	J										
Galvanically isolated	B										
Other	9										
Connection											
2-wire, 3 terminals	0										
4-wire, also to be used for 3 wire	1										
2 wire, 2 terminals	2										
Tolerance											
EN 60751 Class B	0 0										
EN 60751 Class A	1 3										
Other	2 9										

Temperature range 220 °C = 22
Temperature range 150 °C = 15
1. digit defines 100's
2. digit defines 10's

■ Preferred versions

Рис. 5 – Специфікаційна матриця датчика температури.

Вимір тиску

Для вимірювання тиску в системі використовується промисловий датчик тиску GENEBRE 8081 100 (рис. 6).



Рис. 6 Промисловий датчик тиску GENEBRE 8081 100.

Датчики серії GENEBRE 8081 призначені для точного контролю тиску в промислових установках, системах водопостачання, опалення, кондиціонування та інших технологічних процесах. Ці пристрої широко використовуються завдяки своїй надійності, простоті монтажу та високій стійкості до зовнішніх впливів.

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

Основні технічні характеристики:

Діапазон вимірювання тиску: 0-500 бар.

Вихідний сигнал: уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА.

Матеріал корпусу: нержавіюча сталь.

Температурний діапазон робочого середовища: -10...+110 °С.

Робоча температура: до +110 °С

Ступінь захисту: IP65

Ці датчики забезпечують стабільну роботу навіть у складних умовах, включаючи перепади температури та вібрації. Вони легко інтегруються в автоматизовані системи керування та моніторингу тиску, що робить їх ефективним інструментом у сучасній промисловості.



Рис. 7 – Типи підключення датчика тиску.

Вимір вологості

Для вимірювання вологості в технологічному процесі використовується лазерний газоаналізатор Yokogawa TDLS8000(рис. 7).



Рис. 7. Лазерний газоаналізатор вологості Yokogawa TDLS8000.

Газоаналізатори серії TDLS8000 розроблені компанією Yokogawa для безконтактного, високоточного вимірювання концентрацій вологості, кисню, метану, аміаку та інших газів у газових потоках. Вони засновані на технології лазерної абсорбційної спектроскопії з настроюваною довжиною хвилі (TDLS), що забезпечує надзвичайно високу чутливість, вибірковість і швидкість вимірювання.

Ці пристрої не потребують контакту з вимірюваним середовищем, що забезпечує мінімальне технічне обслуговування та тривалий термін служби. Завдяки високій точності та швидкій реакції, TDLS8000 є ідеальним рішенням для моніторингу вологості в таких галузях, як хімічна, нафтогазова, енергетика та металургія.

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

Технічні характеристики лазерного аналізатора вологості Yokogawa TDLS8000:

Метод вимірювання: TDLS (Tunable Diode Laser Spectroscopy)

Діапазон вимірювання вологості: від 0–10 ppm до 0–100% об. (залежно від конфігурації)

Час відгуку: < 1 с

Точність: ±2% від діапазону

Температура газового середовища: до 1500 °C (з охолодженням)

Сигнали: 4–20 mA, HART, Modbus

Захист: IP66 / NEMA 4X

Сертифікація: ATEX, IECEx (вибухозахищене виконання)

Protection degree	IP66, NEMA Type 4X
Hazardous area classifications	Division 1, Zone 1; Explosion-proof/ Flame-proof type; IECEx, ATEX, FM (US, Canada), Korea Ex, EAC, INMETRO, Japan Ex Division 2, Zone 2; Non-Incendive/Type n; IECEx, ATEX, FM (US, Canada), Korea Ex, NEPSI, EAC, INMETRO, Japan Ex
Process gas condition	Process gas temperature; Max. 1500 °C Process gas pressure; Max. 1 MPa abs., Min. 90 kPa abs. Dust in process gas; 20 g/m ³ or less
Installation condition	Ambient operating temperature; -20 to 55 °C Storage temperature; -30 to 70 °C Humidity; 0 to 95%RH at 40 °C (Non-condensing) Mounting flange type; ASME B 16.5, DIN, JIS Gas connections; 1/4 NPT or Rc1/4

Рис. 8 – Специфікація датчику вологості (Частина 1)

Measurement object	O ₂ , CO, CO or CH ₄ , CO ₂ , CO + CO ₂ , H ₂ O, NH ₃ , H ₂ S, HCl concentration in combustion exhaust gas and process gas			
Measurement system	Tunable diode laser spectroscopy			
Measured components and ranges	Measured component	Min. range	Max. range	
	O ₂	0-1%	0-25%	
	CO (ppm)	0-200 ppm	0-10,000 ppm	
	CO or CH ₄	CO	0-200 ppm	0-10,000 ppm
		CH ₄	0-5%	
	NH ₃	0-30 ppm	0-5,000 ppm	
	H ₂ O (ppm) in non HC	0-30 ppm	0-30,000 ppm	
	H ₂ O (ppm) in HC	0-30 ppm	0-30,000 ppm	
	CO (%)	0-20%	0-50%	
	CO (%) + CO ₂ (%)	0-30%	0-100%	
	NH ₃ + H ₂ O	NH ₃	0-30 ppm	0-5,000 ppm
		H ₂ O	0-5%	0-50%
	H ₂ S	0-5%	0-100%	
	CO ₂ (%) High Range	0-1%	0-5%	
	CO ₂ (%) Extend. Range	0-30%	0-50%	
	H ₂ O (%)	0-10%	0-100%	
	HCl	0-50 ppm	0-5,000 ppm	
	HCl + H ₂ O	HCl	0-30 ppm	0-100 ppm
		H ₂ O	0-50%	
HF	0-10 ppm	0-1,500 ppm		
Optical path length	Optical distance between the laser unit and the sensor control unit Standard; 0.5 to 6 m, Max; 30 m (With LAO)			
Analog output	2 points, 4 to 20 mA DC Output types; Gas concentration, Transmission, Process gas temperature, Process gas pressure Output range; 3.0 to 21.6 mA DC			
Digital communication	HART, Ethernet			
Digital output	2 points, contact rating 24 V DC, 1 A DO; Function: Activate during Warning / Calibration / Validation / Warm up / Maintenance conditions Fault; Function: Activate during Fault condition or when the system power is off			
Valve control output	2 points Function; Activate calibration or validation solenoid valves for zero, span or validation gas Output signal; 24 V DC, 500 mA Max. per terminal			
Digital input	2 points Function; External alarm/Calibration start/Validation start/Stream switch Contact specification; Zero voltage contact input Input signal; Open signal; 100 kΩ or more, Close signal; 200 Ω or less			
Analog input	2 points, 4 to 20 mA DC Input types; Process gas temperature, Process gas pressure			
Self-diagnostics	Laser Unit temperature, Sensor Control Unit temperature, Laser temperature, Detector signal level, Memory read/write function, Peak locking condition			
Calibration	Calibration method; Zero/Span calibration Calibration mode; Manual, Auto (Time initiate, Remote initiate (DI/Modbus)), Semi-Auto (YH8000/HART)			
Validation	Validation method; Up to 2 points Validation mode; Manual, Auto (Time initiate, Remote initiate (DI/Modbus)), Semi-Auto (YH8000/HART)			
Power supply	24 V DC ± 10%			
Warm-up time	5 min.			

Рис. 9 – Специфікація датчика вологості (Частина 2)

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		22

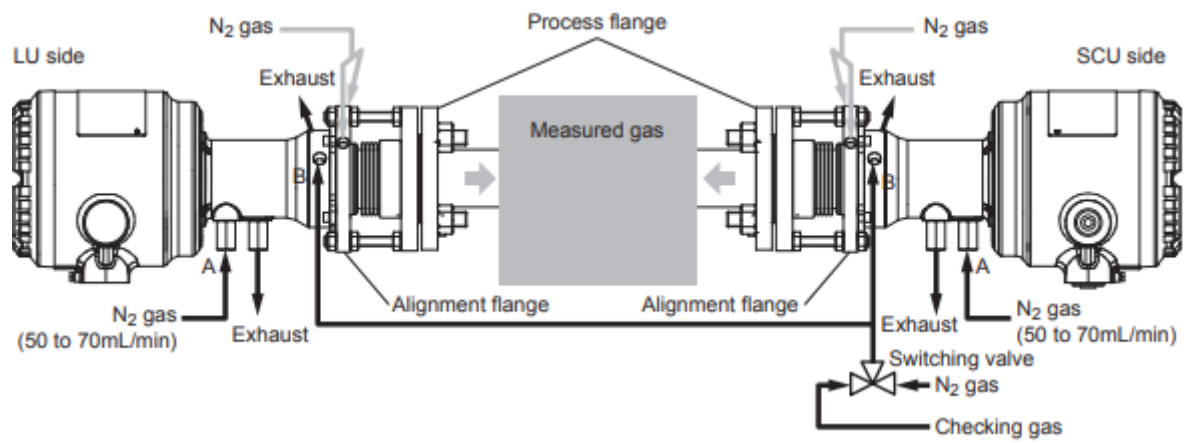


Рис. 10 – Принцип роботи лазерного датчика вологості.

Електропневматичні перетворювачі

Для точного регулювання тиску в пневматичних системах використовується пропорційний електронний регулятор тиску ASCO Numatics SentronicLP (рис. 11).



Рис. 11. Пропорційний регулятор тиску ASCO Numatics SentronicLP.

Серія SentronicLP від компанії ASCO Numatics представляє собою компактні, енергоефективні пропорційні регулятори тиску, призначені для точного керування тиском у пневматичних системах автоматизації. Вони застосовуються в різних галузях промисловості, включаючи харчову, фармацевтичну, автомобільну та електроніку.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтерфейс: можливість налаштування через програмне забезпечення Sentronic DSV.

Електроживлення: 24 В DC.

Споживана потужність: лише 4 Вт.

Матеріал корпусу: алюміній та технополімер.

Монтаж: на панель або DIN-рейку.

Регулятори SentronicLP забезпечують високу стабільність тиску, низьке енергоспоживання та компактні розміри, що робить їх ідеальними для застосувань, де необхідна висока точність при мінімальних габаритах. Їх легко інтегрувати у вже наявні системи керування завдяки широкому вибору інтерфейсів та простому налаштуванню.

Технічні характеристики пропорційного регулятора тиску ASCO Numatics SentronicLP:

Діапазон вихідного тиску: 0...10 бар

Вхідний тиск: макс. 12 бар

Сигнал керування: 0–10 В / 4–20 мА / RS232 (опції)

Напруга живлення: 24 В DC

Потужність споживання: 4 Вт

Точність: $\pm 0,5\%$

Час реакції: < 50 мс

Матеріал: алюміній, пластик

Ступінь захисту: IP65

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

General Valve Information	
Fluids	Compressed air or inert gases, compressed air according to ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Ports	G/NPT 1/8 - 1/4 - 1/2 - 1
Max. allowable pressure	see "How to Order"
Pressure range	see "How to Order"
Fluid temperature	0...60 °C
Ambient temperature	0...60 °C
Setpoint - analog	0 - 10 V (impedance 100 K Ω) 0 - 20 mA/4 - 20 mA (impedance 250 Ω)
Hysteresis	0.5 % of span
Linearity / pressure measurement	\pm 0.5 % of span
Repeatability	\pm 0.5 % of span

Explosion Safety	
Safety code	Ex II 3D Ex tc IIIC T135 °C Dc X Ex II 3G EX ec IIC T4 Gc X, 0 \leq Ta \leq +50 °C

Construction	
Body	see "How to Order"
Internal parts	Stainless steel and brass
Seals	FKM and NBR
Note on materials	RoHS compliant

Рис. 12 – Характеристики електропневматичного перетворювача.

Catalog Number

6 1 4 3 5 7 B A S I D P P

B: CONTROL PANEL

- A = M12 without display - non-explosionproof
- D = M12 with display - non-explosionproof
- E = M12 without display - explosionproof (ATEX)
- F = DIN connector, 7-pin, with display - non-explosionproof
- G = DIN connector, 7-pin without display - non-explosionproof

A: VERSION (ports), body

- | | |
|-------------------------|----------------------------------|
| 0 = DN6 (G 1/4), Alu | 7 = DN3 (G 1/8), Brass |
| 1 = DN12 (G 1/2), Alu | 8 = DN6 (G 1/4), Brass |
| 2 = DN20 (G 1), Alu | 9 = DN3 (NPT 1/8), Brass |
| 4 = DN6 (NPT 1/4), Alu | A = DN6 (NPT 1/4"), Brass |
| 5 = DN12 (NPT 1/2), Alu | C = DN6 (G 1/4), Stainless Steel |
| 6 = DN20 (NPT 1), Alu | H = DN6 (G 1/4), Brass 2) |
| | J = DN1 (G1/8), Brass |

S: SETPOINT

- 0 = 0 ... 10 Volt
- 1 = 0 ... 20 mA
- 2 = 4 ... 20 mA

I: FEEDBACK

- 1 = Feedback output 0 ... 10 Volt
- 2 = Feedback output 0 ... 20 mA
- 3 = Feedback output 4 ... 20 mA
- 4 = Feedback input 0 ... 10 Volt
- 5 = Feedback input 0 ... 20 mA
- 6 = Feedback input 4 ... 20 mA

PP: PRESSURE RANGE 3)

Relative pressure	Max. allowable pressure (bar)	Vacuum (relative)
40 = 0 - 100 mbar	2	V1 = 0 ... -1 bar shut-off valve (vacuum at port 3)
50 = 0 - 500 mbar	2	V2 = 0 ... -1 bar Bypass version
60 = 0 - 1 bar	2	V3 = 0 ... -1 bar shut-off valve (vacuum at port 1)
02 = 0 - 2 bar	3	
03 = 0 - 3 bar	8	
05 = 0 - 5 bar	8	
06 = 0 - 6 bar	12	
10 = 0 - 10 bar	12	
12 = 0 - 12 bar	14	
16 = 0 - 16 bar 1)	18	
20 = 0 - 20 bar 1)	22	
3H = 0 - 30 bar 2)	40	
5H = 0 - 50 bar 2)	60	
PA = 0-50 psi	116 psi	
PB = 0-100 psi	125 psi	
PC = 0-150 psi	174 psi	
PD = 0-200 psi 1)	261 psi	
PE = 0-250 psi 1)	275 psi	
PF = 0-300 psi 1)	319 psi	
PG = 0-350psi 2)	377 psi	

D: DIGITAL OUTPUT

- 1 = Pressure switch output PNP ± 5 %

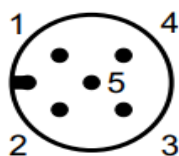
Notes:

- 1) Only for DN1, DN3 and DN 6
- 2) Only for DN6, brass / 1,8 A 44 W
Other versions available on request.
- 3) Other pressure ranges on request

Рис. 13 – Специфікація електропневматичного перетворювача.

Connector Pinning / Cable Wiring

VERSION: 5 Pol. M12

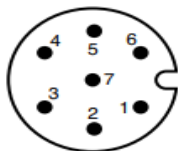


Pin	Description	5-wire cable (2 m)	6-wire cable (5 m, 10 m)
1	24 V voltage supply	brown	brown
2	Analog setpoint input	white	white
3	Supply ground	blue	green
	Analog ground *	-	yellow
4	Analog output (Feedback)	black	pink
5	Digital output (Pressure switch)	grey	grey
Body	EMC screen	shield	shield

* 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.

Connector Pinning / Cable Wiring

VERSION: 7 Pol. M16



View from soldering side

Pin	Description
1	+24 V
2 *	Supply ground (24 V)
3	Analog setpoint input
4	Supply ground (Setpoint)
5	
6	Outlet pressure (Analog output feedback) - max. 10 mA (optional). For external electrical pressure sensor: Feedback input (optional)
7	Output pressure switch (optional)

* Pin 2 must be connected with supply ground!

Рис. 14 – Контакти електропневматичного перетворювача.

Пневматичний клапан

Для автоматичного зниження та стабілізації тиску пари або газу в трубопроводній системі використовується пілотний редуційний клапан ADCATrol PV25G (рис. 15).



Рис. 15. Пілотний регулятор тиску ADCATrol PV25G.

ADCATrol PV25G — це самоходний редуційний клапан з пілотним керуванням, призначений для точного регулювання тиску в парових, повітряних і газових системах. Завдяки своїй конструкції, він забезпечує високу стабільність тиску на виході навіть при значних коливаннях витрати та вхідного тиску.

Особливості:

Пілотна схема забезпечує точне керування основним клапаном.

Можливість точної настройки вихідного тиску за допомогою регулювального гвинта на пілоті.

Висока пропускна здатність і швидка реакція на зміну навантаження.

Вбудований фільтр та імпульсні лінії в комплекті.

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

Технічні характеристики пілотного клапана ADCATrol PV25G:

Діапазон регулювання тиску: 0,2...25 бар

Температура робочого середовища: до 190 °C

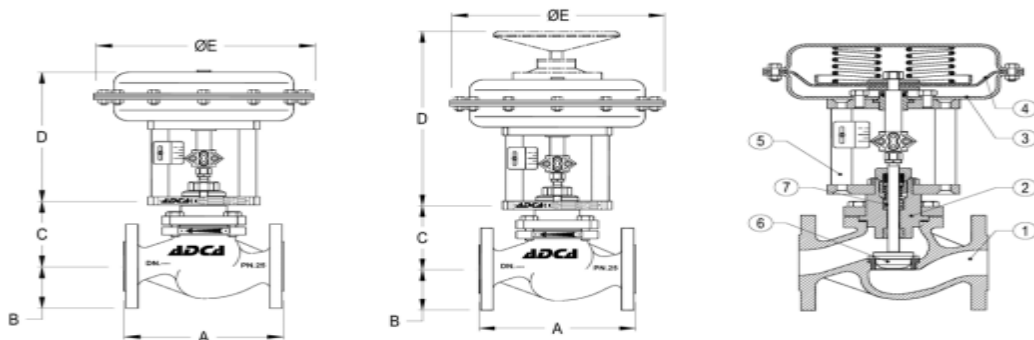
Підключення: фланці PN16–40

Матеріал корпусу: вуглецева сталь A216 WCB

Призначення: зниження тиску пари, повітря, газів

Автономна робота, не потребує електроживлення

Точність регулювання: висока, завдяки пілотному контролю



DIMENSIONS - VALVE BODY						
DN	A (mm)	B (mm)	C (mm)			
			BONNET			
			STANDARD	FINNED	EXTENDED	BELLOWS
15	130	48	80	145	145	205
20	150	53	80	145	145	205
25	160	58	85	165	165	225
32	180	70	90	170	170	230
40	200	75	90	170	170	240
50	230	83	95	185	185	245
65	290	93	155	255	255	355
80	310	100	160	260	260	360
100	350	110	190	310	310	400

DIMENSIONS - ACTUATOR			
Type	Ø E (mm)	D (mm)	
		DN15-100 DA/RA	DN125-200 DA
PA-205	210	235	—
PA-280	275	240	—
PA-340	335	265	—
PA-435	430	295	—

MATERIAL		
POS.	DESIGNATION	MATERIAL
1	Valve Body	GGG 40.3
2	Bonnet	C40-Carbon Steel
3	Actuator	Steel Fe410.1
4	Diaphragm	NBR 70
5	Yoke	Carbon Steel
6	Valve Seal	PTFE/GR
7	Standard Packing	PTFE/GR

PV16 DA - Direct action from DN15 to DN200, PV16 RA -Reverse action from DN15 to DN100

FLOW RATE COEFFICIENTS												
Kv	SIZES											
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200
Kv	3.8	5.1	9.4	15.4	22.2	40.1	63.4	89.7	136.7	230.6	316.1	590

Kv - flowrate in m³/h with 1 bar of differential pressure

VALVE STROKE IN mm												
Stroke	SIZES											
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200
Stroke	20	20	20	20	20	20	30	30	30	40	40	50

Perforated plug and on-off valves may have different strokes, please see literature or consult factory

Рис. 16 – Загальна конструкція клапана.

Вимір кількості обертів

Для безконтактного виявлення металевих об'єктів у промислових умовах використовується індуктивний датчик BI5U-M18-AP6X-N1141 (рис. 18).



Рис. 18. Індуктивний датчик Turck BI5U-M18-AP6X-N1141.

Turck BI5U-M18-AP6X-N1141 — це індуктивний циліндричний датчик з підвищеною зоною виявлення, призначений для точного визначення присутності металевих об'єктів без фізичного контакту. Завдяки компактній конструкції, високій стійкості до електромагнітних завад і ступеню захисту IP68/IP69K, датчик ідеально підходить для використання у складних промислових середовищах, включаючи харчову промисловість, пакування та автоматизоване виробництво.

Індуктивний датчик BI5U-M18-AP6X-N1141 забезпечує високу точність, стабільність і довговічність, навіть за наявності вологи, пилу або вібрацій. Завдяки універсальному стандарту підключення і сумісності з більшістю систем керування, його легко інтегрувати в автоматизовані виробничі процеси.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики індуктивного датчика BI5U-M18-AP6X-H1141:

Тип: індуктивний, циліндричний

Дальність спрацювання: 5 мм

Вихід: PNP, NO (нормально відкритий)

Напруга живлення: 10–30 В DC

Підключення: M12 x 1, 4-pin

Корпус: латунь, нікельована

Температура експлуатації: –25...+70 °C

Ступінь захисту: IP68 / IP69K

Частота перемикання: до 2000 Гц

Особливості: висока стійкість до вологи, тиску та миття (підходить для CIP/SIP)

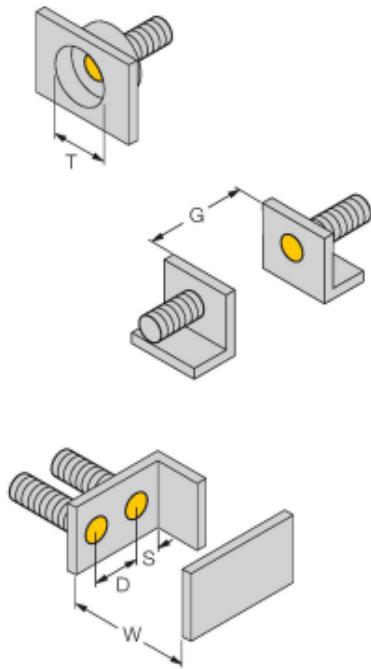
Technical data

Type	BI5U-M18-AP6X-H1141
ID	1635140
General data	
Rated switching distance	5 mm
Mounting conditions	Flush
Secured operating distance	$\leq (0.81 \times S_n)$ mm
Repeat accuracy	≤ 2 % of full scale
Temperature drift	$\leq \pm 10$ % $\leq \pm 15$ %, ≤ -25 °C v $\geq +70$ °C
Hysteresis	3...15 %
Electrical data	
Operating voltage U_n	10...30 VDC
Ripple U_r	≤ 10 % U_{nmax}
DC rated operating current I_n	≤ 200 mA
No-load current	≤ 25 mA
Residual current	≤ 0.1 mA
Isolation test voltage	0.5 kV
Short-circuit protection	yes/Cyclic
Voltage drop at I_n	≤ 1.8 V
Wire break/reverse polarity protection	yes/Complete
Output function	3-wire, NO contact, PNP
DC field stability	300 mT
AC field stability	300 mT _{ss}
Insulation class	□
Switching frequency	1.5 kHz
Mechanical data	
Design	Threaded barrel, M18 x 1

Рис. 19 – Технічні характеристики датчика.

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

Mounting instructions/Description



Distance D	2 x B
Distance W	3 x Sn
Distance T	3 x B
Distance S	1.5 x B
Distance G	6 x Sn
Diameter active area B	Ø 18 mm

Рис. 20 – Монтаж датчика.

2.2 Схема автоматизації.

На функціональній схемі автоматизації турбіни відображено регулювання: тиску пари на вході до турбіни, температури пари, температури конденсату, а також контроль кількості обертів турбіни.

Температура пари вимірюється датчиками температури MBT 5252 1021-0200-0200-G140 (поз. 1a1, 2a1, 5a1), які формують уніфікований аналоговий сигнал 4–20 мА. Ці сигнали надходять до модуля аналогових входів BMX AMI 0810 ПЛК Schneider Electric Modicon M340. Алгоритми регулювання температури реалізовані в програмному забезпеченні ПЛК і забезпечують точне підтримання заданих параметрів.

Контроль складу пари, а саме його вологість та домішки, здійснюється за допомогою лазерного аналізатора Yokogawa TDLS8000 (поз. 3a1), сигнал з якого також надходить до аналогових входів ПЛК.

Регулювання подачі пари, відведення конденсату та контрольного газу здійснюється пневматичними клапанами ADCATrol PV25G (поз. 1в, 5в, 6в, 7в, 8в), які керуються електропневматичними перетворювачами ASCO Numatics SentronicLP (поз. 1б, 5б, 6б, 7б, 8б). Кожен перетворювач отримує сигнал 4–20 мА від модуля аналогових виходів BMX AMO 0802 ПЛК M340, що формує керуючий сигнал відповідно до логіки алгоритму регулювання.

Для фіксації кількості обертів використано індуктивний датчик BI5U-M18-AP6X-N1141 (поз. 13a1), який подає дискретний сигнал на модуль ПЛК, що дозволяє контролювати стан виконавчих механізмів.

Живлення системи автоматизації здійснюється за допомогою імпульсних блоків живлення Mean Well HDR-100-24 (БЖ1, БЖ2), що забезпечують стабільне живлення всіх елементів схеми, зокрема сенсорів, перетворювачів і модулів ПЛК.

Таким чином, система автоматизації турбіни забезпечує надійний контроль та регулювання основних параметрів пари й конденсату, що дозволяє підтримувати ефективну та безпечну роботу агрегату в автоматичному режимі.

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

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації.

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	К-сть	Виробник
1	1а, 2а, 5а	По місцю	Датчик температури з вихідним сигналом 4-20 мА, діапазон вимірювань -50...+600 °С	MBT 5252 1021-0200- 0200-G140	3	DANFOSS, Аргентина
2	4а, 6а, 7а	По місцю	Датчик тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, діапазон 0-40 бар.	GENEBRE 8081 100	3	GENEBRE, Іспанія
3	3а	По місцю	Датчик вологості з вихідним сигналом 4-20 мА, діапазон вимірювань 0-100%	Yokogawa TDLS8000	1	Yokogawa, Японія
4	1б, 5б, 6б, 7б, 8б,	На щиті	Перевтворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму 4-20мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 В DC.	ASCO Numatics SentronicLP	5	ASCO Rompe, Італія

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Продовження таблиці 2.1

5	1в, 5в, 6в, 7в, 8в	По місцю	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. =140 кПа, Рвих. = 20-100 Кпа.	ADCATrol PV25G	5	ADCANTrol, Португалія
6	13а	По місцю	Індуктивний датчик наближення з PNP-виходом, нормально відкритий, дальність спрацювання 5 мм, циліндричний корпус Ø18 мм, роз'єм M12, напруга живлення 4-20мА, ступінь захисту IP68/IP69К	BI5U-M18- AP6X- H1141	1	TURCK, Німеччина

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Система автоматизації турбіни побудована на ПЛК М340 від компанії Schneider Electric

Модулі для ПЛК М340 представлено в таблиці 3.1 та їх компонування наведено на рис. 21.

Таблиця 3.1. Використані модулі для ПЛК М340

Модуль вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
ВМХ Р34 2020	1	Процесорний модуль Scheider Electric Modicon M340
ВМХ СРС 2000	1	Блок живлення ПЛК
ВМХ АМІ 0810	1	Модуль аналогових входів (8 входів)
ВМХ АМО 0802	1	Модуль аналогових виходів (8 виходи)

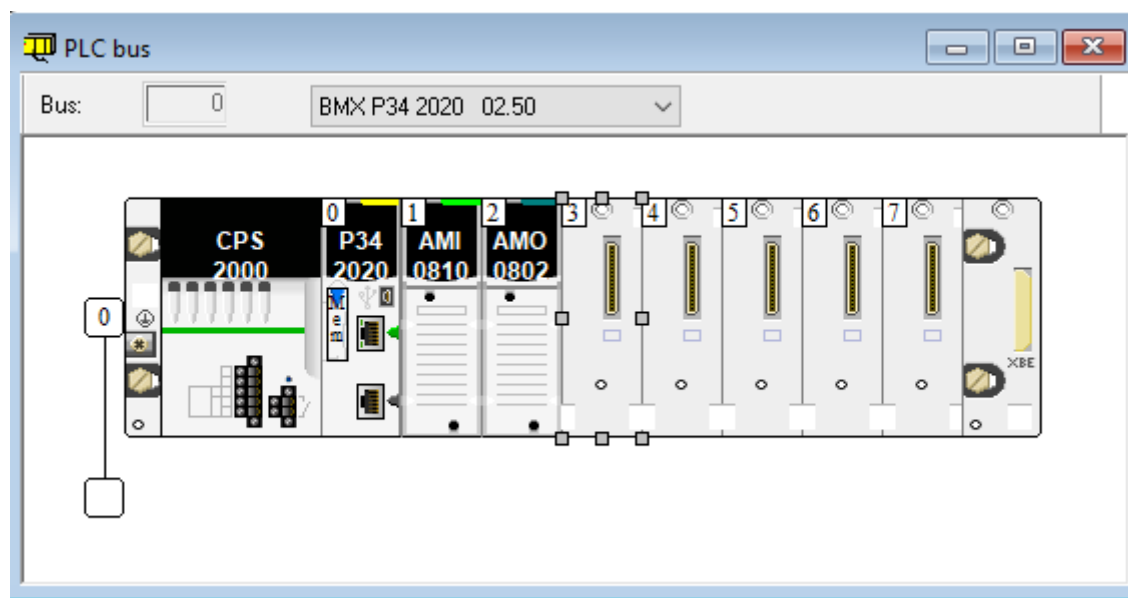


Рис. 21 - Компонування модулів ПЛК М340.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Панько Я.І.			Розробка системи автоматизації турбіни Т250/300-240	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Мацебула Д.В.					37	10
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-2ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Аналогові входи.

У даному проєкті використовуються датчики тиску GENEBRE 8081 100, індуктивний датчик BI5U-M18- AP6XH1141 та датчик вологості Yokogawa TDLS8000 з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА від цих датчиків передається через клемну колодку на аналогово-цифровий перетворювач модуля BMX AMI 0810. Контролер Schneider Electric Modicon M340, за допомогою попередньо запрограмованих алгоритмів, обробляє отримані дані для подальшого регулювання параметрів технологічного процесу.

Аналогові виходи

Система використовує аналогові виходи для управління пневматичним регулюючим клапаном ADCATrol PV25G. Уніфіковані аналогові сигнали 4-20 мА, що формуються модулем BMX AMO 0802, передаються на:

Електропневматичний перетворювач ASCO NUMATICS Sentronic LP, що регулює відкриття пневматичного клапана.

Ця система забезпечує точне управління ключовими параметрами технологічного процесу за допомогою інтегрованих аналогових входів та виходів, гарантуючи стабільність і точність роботи обладнання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						38
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Принципова електрична схема автоматичного регулювання включає наступні компоненти:

- QF1–QF3 – автоматичні вимикачі з захистом по струму;
- БЖ1–БЖ2 – блоки живлення Mean Well HDR-100-24, які забезпечують живлення 24 В постійного струму;
- PLC – контролер Schneider Electric Modicon M340;
- Датчики температури – MBT 5252;
- Датчики тиску – GENE BRE 8081 100;
- Електропневматичний перетворювач – ADCATrol PV25G;
- Пневматичний клапан – ASCO Numatics SentronicLP;
- Індуктивний датчик– BI5U-M18-AP6X-N1141;
- Датчик вологості – Yokogawa TDLS8000.

Нумерація провідників та ліній:

- 800–809 – провідники живлення змінним струмом;
- 900–929 – провідники сигналів з пристроїв та датчиків;
- 0800–0805 – пневматичні лінії живлення від компресора (140 кПа);
- 0200–0204 – пневматичні лінії регулювання до виконавчих механізмів;
- 100–107 – провідники з вимірювальними аналоговими сигналами;
- 200–209 – провідники з сигналами управління та регулювання.

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

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру Контур живої пари з котла до турбіни високого тиску

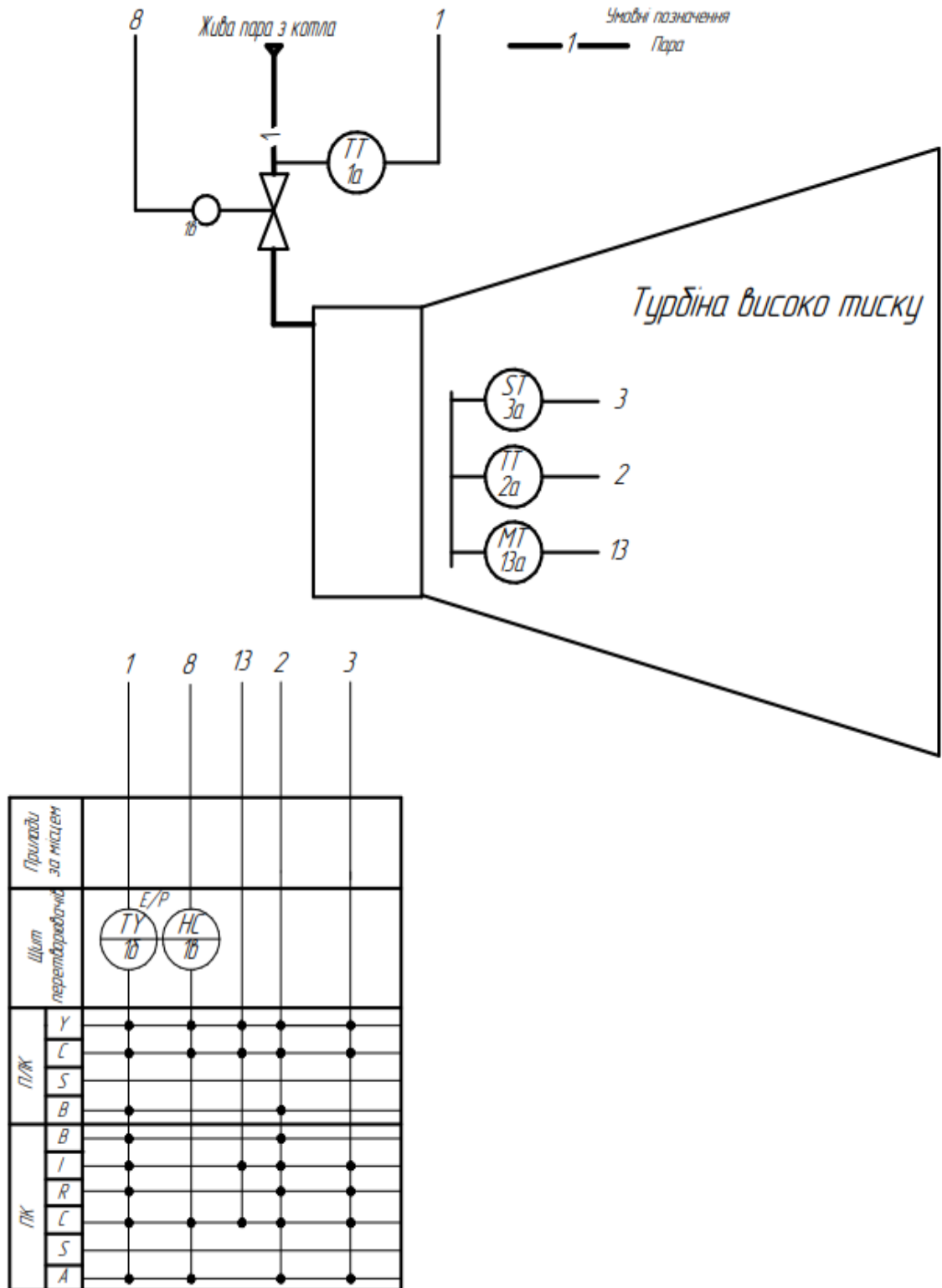


Рис. 22 – Фрагмент схеми автоматизації контуру живої пари до турбіни високого тиску

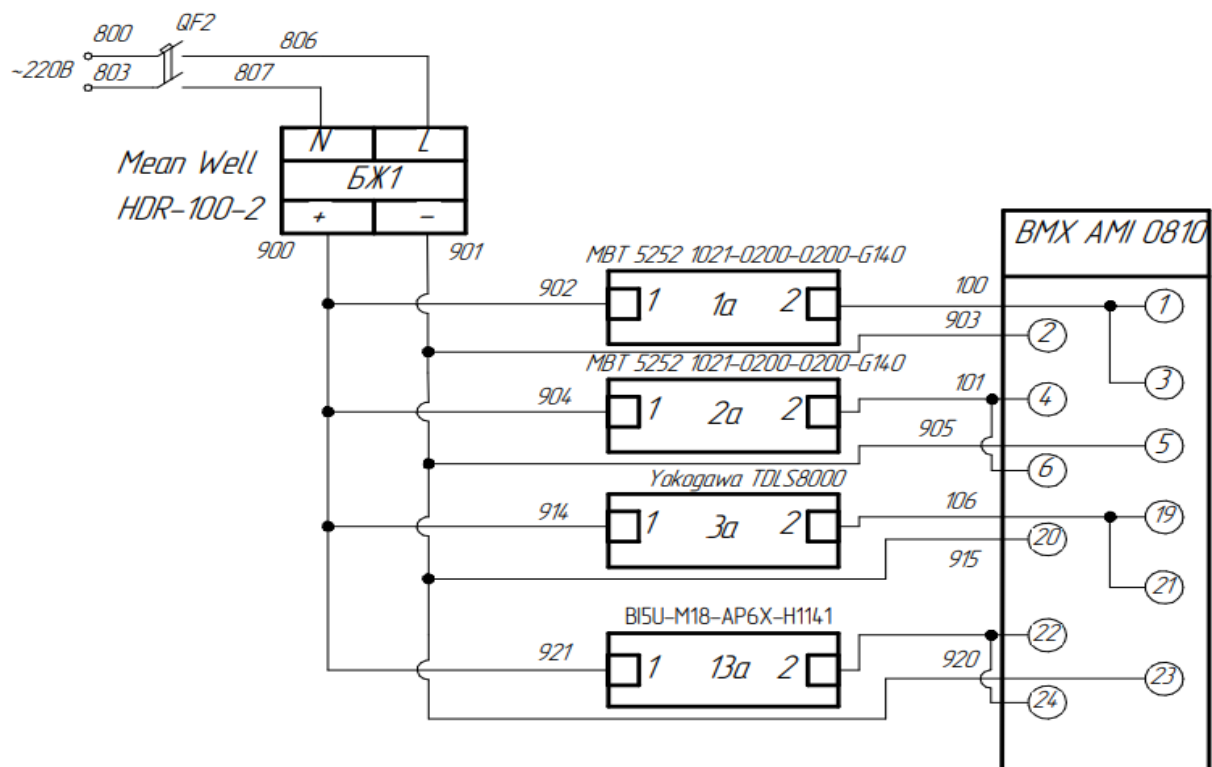


Рис. 23 – Принципова розширена схема підключення аналогових вхвів разом з блоком живлення.

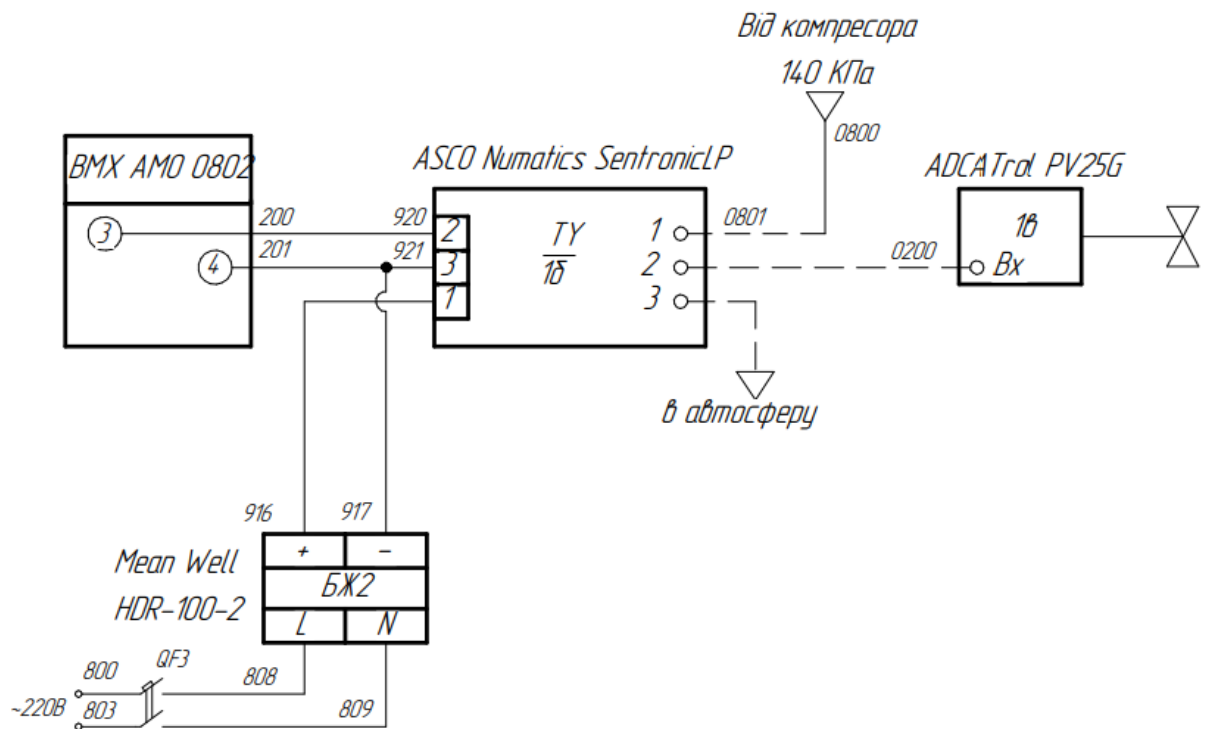


Рис. 24 - Принципова розширена схема підключення ЕПП Setronic LP до модуля BMX AMO 0802.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

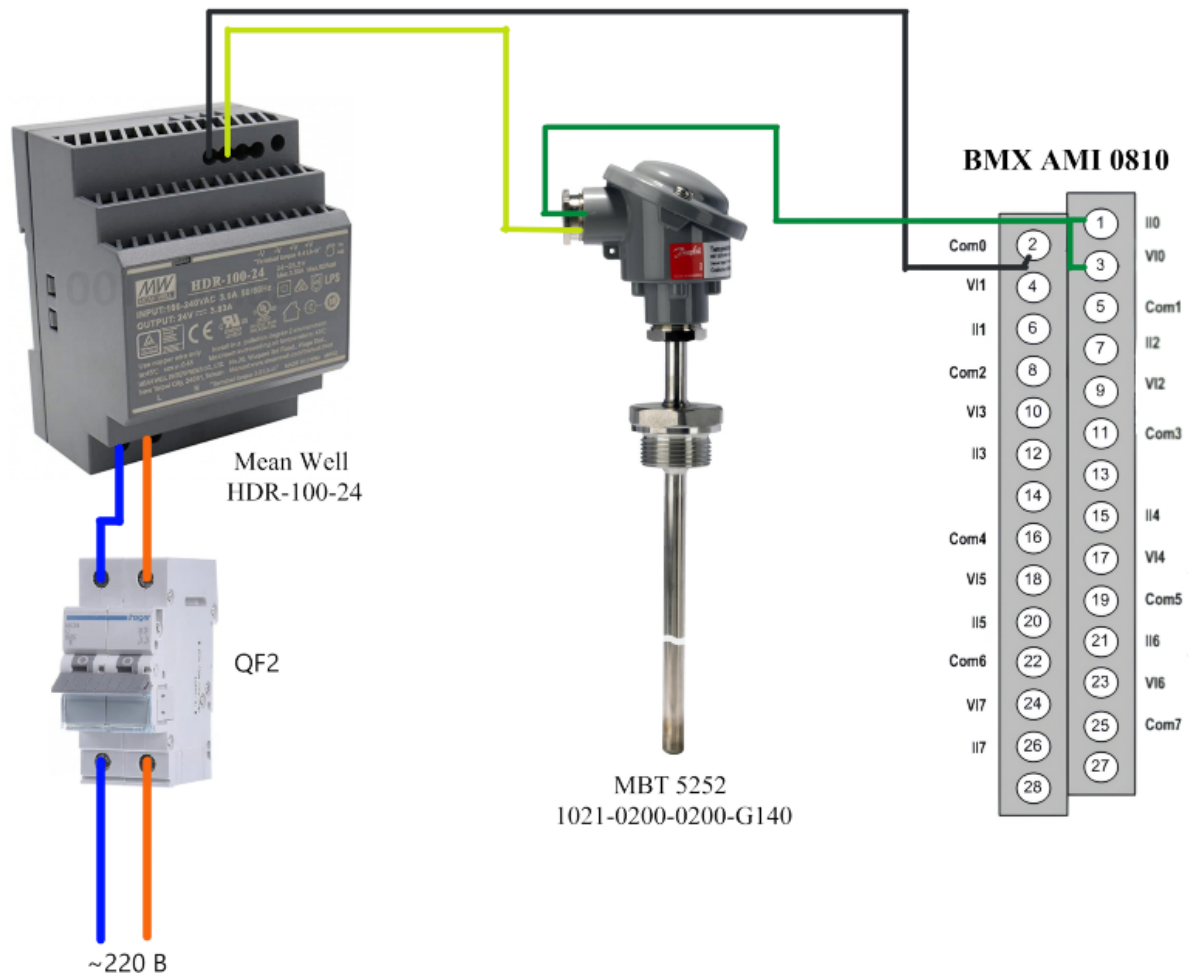


Рис. 25 – Графічна схема підключення датчику температури MBT 5252 до модуля BMX AMI 8010

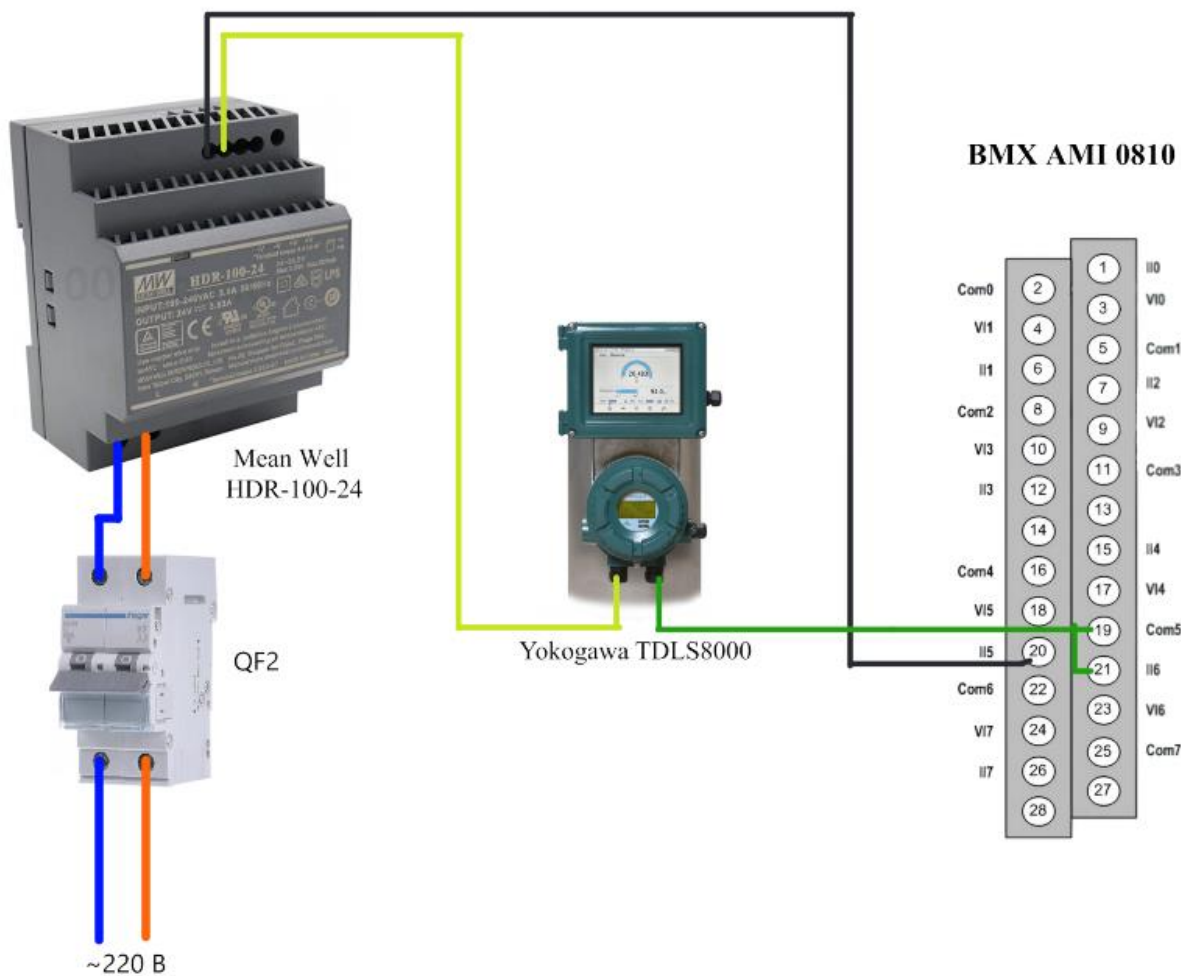


Рис. 26 – Графічна схема підключення датчика вологості Yokogawa TDLS8000 до модуля BMX AMI 8010

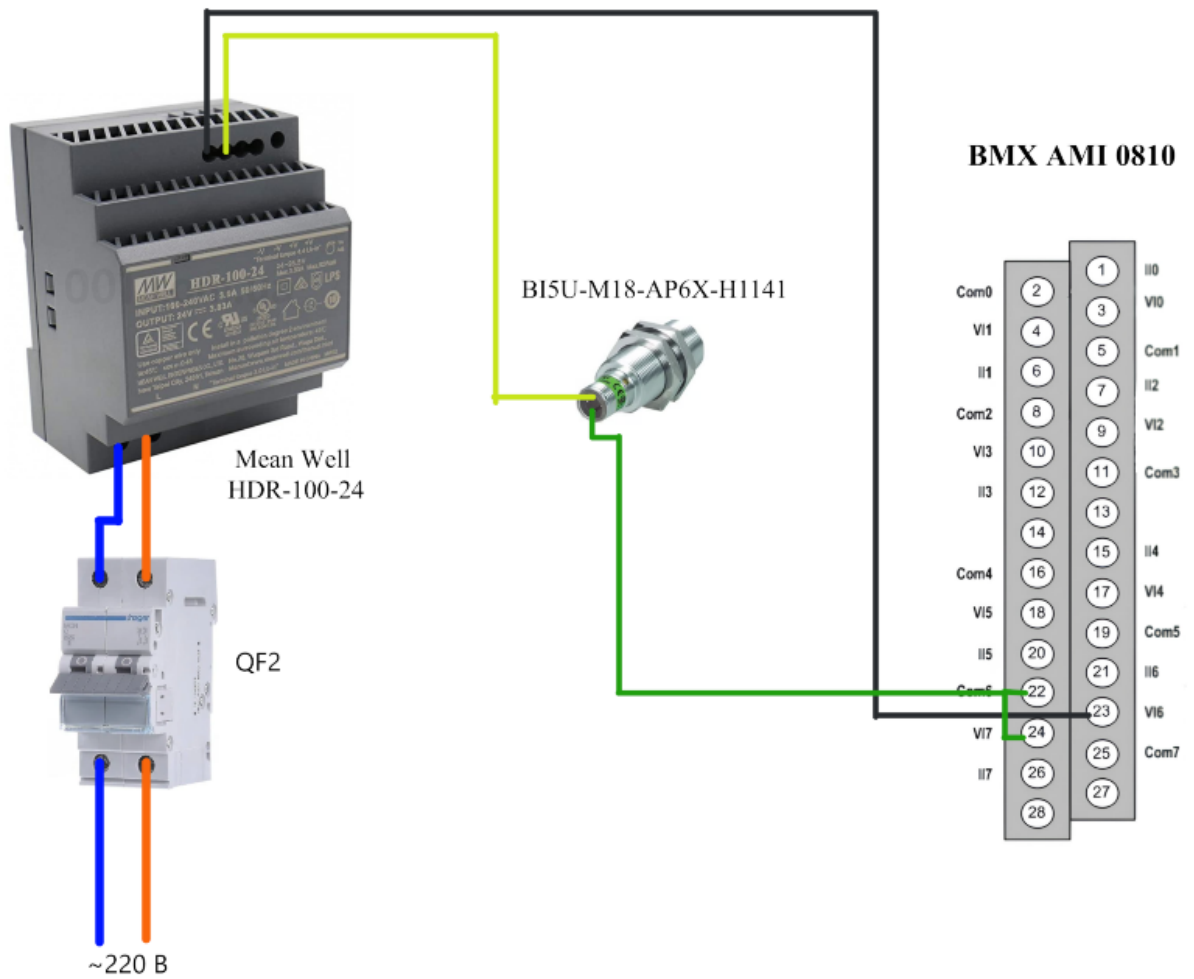


Рис. 27 – Графічна схема підключення індуктивного датчика BI5U-M18-AP6X-H1141 до модуля BMX AMI 8010

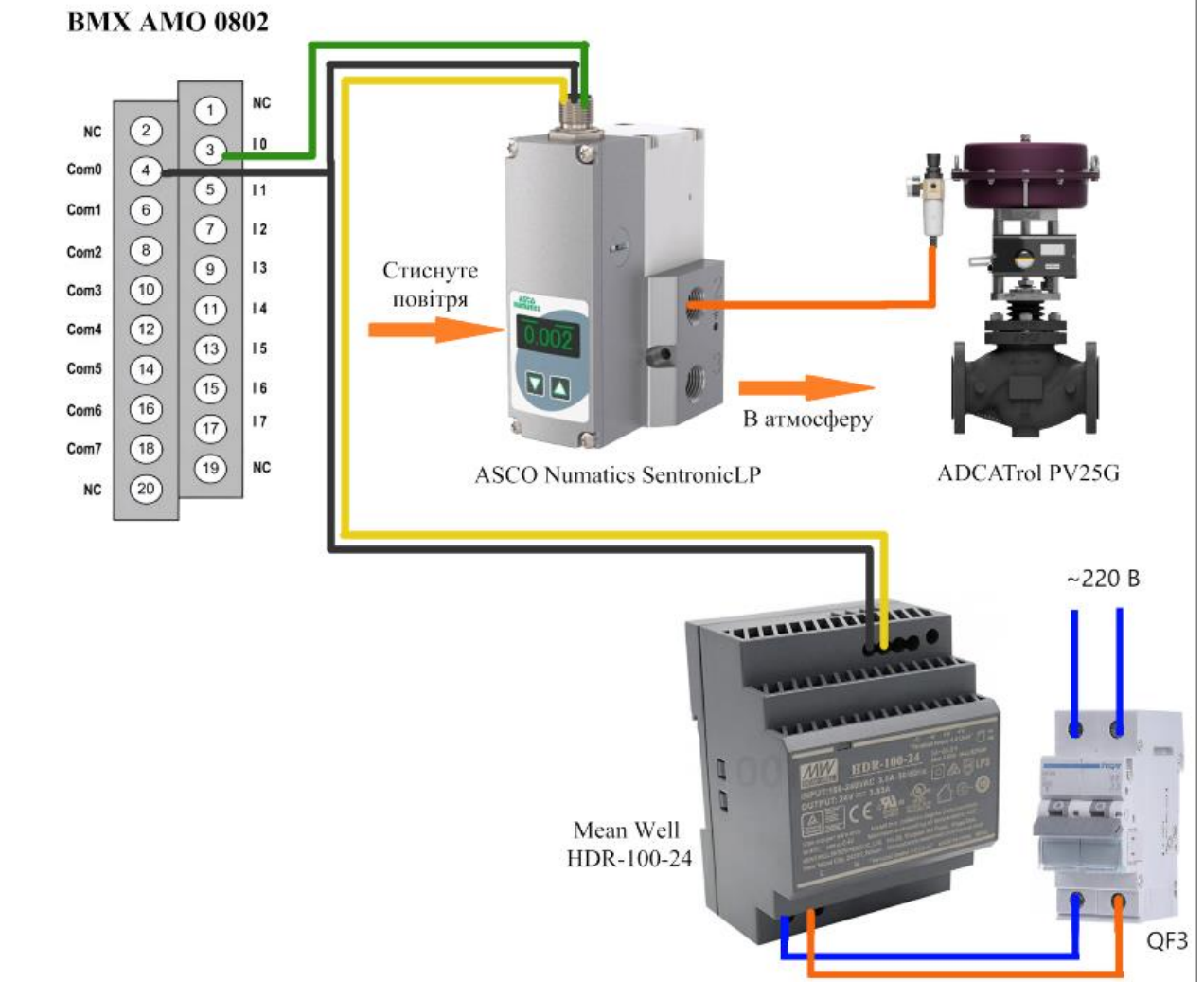


Рис. 28 – Графічна схема підключення електропневматичного перетворювача Setronic LP до модуля BMX AMO 0802.

Тиск пари, температури та вологість у контурі живої пари до турбіни вимірюються датчиками тиску GENE BRE 8081 100, температури MBT 5252, вологості Yokogawa TDLS8000 та індуктивним датчиком BI5U-M18-AP6X-N1141, які формують уніфікований струмовий сигнал 4–20 мА. Ці сигнали надходять через клемну колодку на модуль аналогових входів BMX AMI 0810 контролера Schneider Electric Modicon M340.

Регулювання тиску пари здійснюється за допомогою пневматичного клапана ADCATrol PV25G (поз. 1в), положення якого керується електропневматичним перетворювачем ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 1б). На електропневматичний перетворювач подається уніфікований аналоговий сигнал 4–20 мА від модуля аналогових виходів BMX AMO 0802.

Всі активні компоненти живляться постійною напругою 24 В від джерел живлення Mean Well HDR-100-24 (поз. БЖ1–БЖ2), які вмикаються через автоматичні вимикачі QF1–QF3 з вбудованим захистом по струму.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Для вимірювання температури в системі використовується промисловий датчик температури MBT 5252 1021-0200-0200-G140 (рис. 5).



Рис. 29 - Промисловий датчик температури MBT 5252 1021-0200-0200-G140.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Панько Я.І.			Розробка системи автоматизації турбіни Т250/300-240	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Мацебула Д.В.					48	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-2ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Датчики серії MBT 5252 розроблені для точного вимірювання температури в складних умовах експлуатації. Вони використовуються для контролю температури в трубопроводах, резервуарах, та інших технологічних середовищах.

Основні технічні характеристики:

Діапазон вимірювання: -50...+600 °С.

Вихідний сигнал: уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА.

Матеріал корпусу: нержавіюча сталь, стійка до агресивних середовищ.

Зонд із різьбовим кріпленням для простого монтажу.

Висока точність вимірювання і стабільність роботи.

Ці датчики забезпечують довготривалу стабільну роботу навіть в умовах високих вібрацій, тиску та температури, що робить їх оптимальними для використання в промислових системах автоматизації.

Технічні характеристики промислового датчика температури MBT 5252 1021-0200-0200-G140:

		(2) Operating temperature (additional versions upon request)
x x	386	-50 to +260 °C
x x	402	-50 to +400 °C (standard)
x x	415	-50 to +600 °C
		(3) Measuring insert (additional versions upon request)
x x	1001	1× Pt100 in three-wire circuit
x x	1003	1× Pt100 in two-wire circuit
x x	1011	1× Pt100 in four-wire circuit
x x	2001	2× Pt100 in three-wire circuit
x x	2003	2× Pt100 in two-wire circuit
		(4) Tolerance class according to DIN EN 60751:2009 / IEC 60751:2008 (additional versions upon request)
x x	1	Class B (standard) (-50 to +500 °C)
x x	2	Class A (-30 to +300 °C)
		(5) Protection tube diameter D
x	9	Ø 9 mm
x	9	Ø 9 mm reduced to Ø 6 mm
x	11	Ø 11 mm
x	12	Ø 12 mm reduced to Ø 9 mm
		(6) Insertion length EL in mm (EL up to 1000 mm)
x x	...	Specification in plain text
		(7) Process connection (additional versions upon request)
x x	104	Screw connection G 1/2
x x	105	Screw connection G 3/4
x x	106	Screw connection G 1

Рис. 30 – Технічні характеристики датчика температури.

		(8) Extra codes
x	x	000 None
x	x	320 Terminal head form BUZ
x	x	321 Terminal head form BUZH
x	x	322 Terminal head form BBK
x	x	326 Terminal head form KGI-1
x	x	424 Terminal head with M12 machine connector (can only be selected in the case of measuring inserts with max. 4 wires, e.g. 1003, 1011, or 2003)
x	x	924 Terminal head form AB7 with LC plug-in display (only in conjunction with extra code 866 or 867)
x	x	925 Terminal head form BUZH with LC plug-in display (only in conjunction with extra code 866 or 867)
x	x	330 1× analog transmitter (type 707031 according to data sheet 707030), output 4 to 20 mA, (only for measuring insert 1× Pt100 in two-wire or three-wire circuit, not in conjunction with extra codes 658 or 659)
x	x	331 1× programmable transmitter (type 707014 according to data sheet 707010), output 4 to 20 mA/20 to 4 mA, (only for measuring insert 1× Pt100, not in conjunction with extra codes 658 or 659, suitable setup program part no. 00605080)
x	x	333 1× analog transmitter (type 707033 according to data sheet 707030), output 0 to 10 V, (only for measuring insert 1× Pt100 in two-wire or three-wire circuit, not in conjunction with extra codes 658 or 659)
x	x	334 2× analog transmitters (type 707031 according to data sheet 707030), output 4 to 20 mA, (only for measuring insert 2× Pt100 in two-wire or three-wire circuit and with extra code 321, not in conjunction with extra codes 658 or 659)

Рис. 31 – Технічні характеристики датчика температури.

Метод підключення МВТ 5252 1021-0200-0200-G140 до ПЛК за допомогою уніфікованого електричного сигналу 4-20мА представлено на рис. 32.

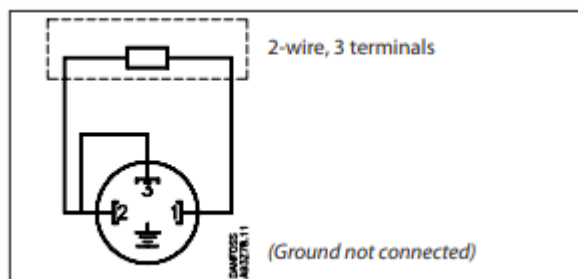
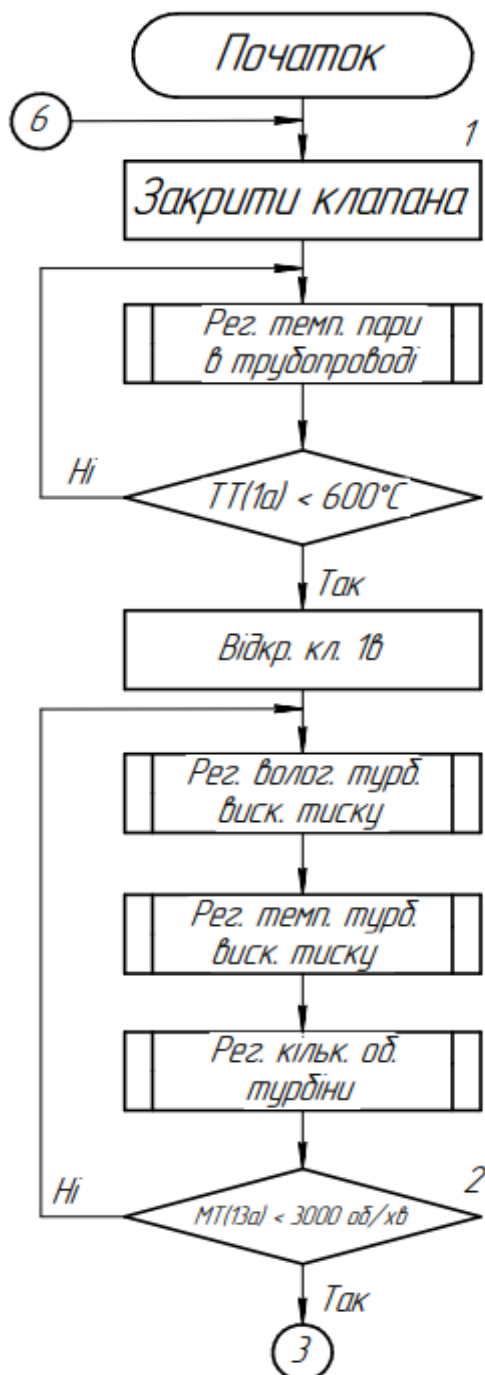


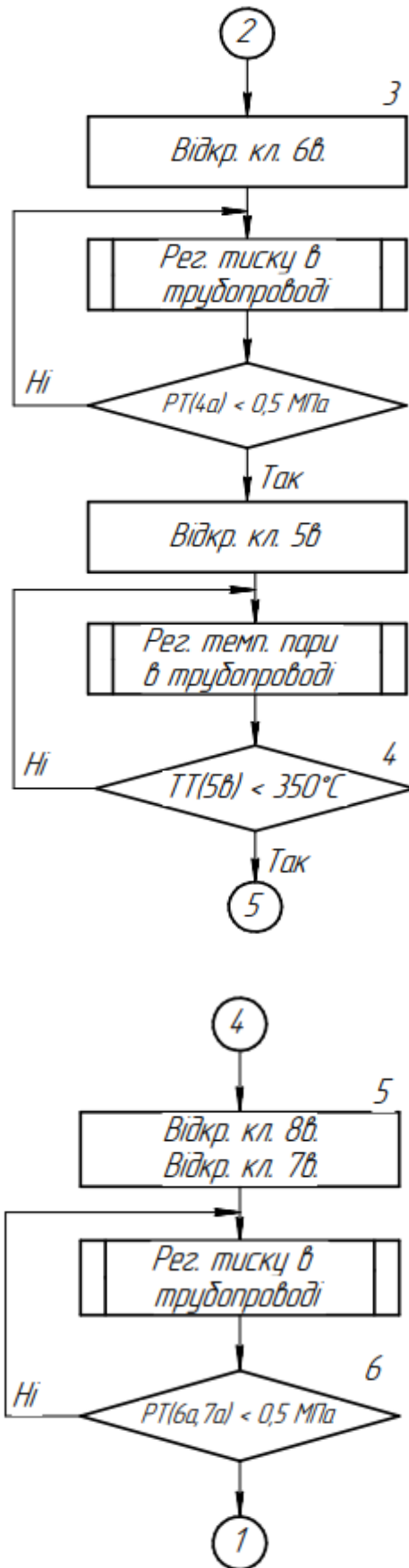
Рис. 32 – Метод підключення МВТ 5252 1021-0200-0200-G140.

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

Проходження процесу роботи турбіни відбувається за наступним алгоритмом:



					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Панько Я.І.			Розробка системи автоматизації турбіни Т250/300-240	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Мацебула Д.В.					50	6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-2ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Змінні для програми в ПЛК представлені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Змінні для програми в ПЛК.

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
TInH	%IW0.1.0	Температура на вході в турбину BT
TOutH	%IW0.1.1	Температура на виході пари з турбіни BT
TCond	%IW0.1.2	Температура в турбіні
NrTurb	%IW0.1.3	Кількість обертів в хв.
PCond	%IW0.1.4	Тиск в трубопроводі в конденсаційні баки
FO2	%IW0.1.5	Вологість
PLowTurb	%IW0.1.6	Тиск пари в трубопроводі у дренаж
PWTurb	%IW0.1.7	Тиск конденсату в трубопроводі у дренаж

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
VSteamIn	%QW0.3.0	Клапан подачі пари в турбіну
VSteamOut	%QW0.3.1	Клапан виходу пари після турбіни ВТ
VCondPress	%QW0.3.2	Клапан виходу конденсату у конденсаційні баки
VGasOut1	%QW0.3.3	Клапан виходу пари у дренаж
VGasOut2	%QW0.3.4	Клапан виходу конденсату у дренаж

Програма процесу написана на мові програмування ST (Structured Text):

(* Початок програми *)

WHILE TRUE DO

(* Крок 1: Закриття всіх клапанів, якщо температура менше 600°C *)

IF TInH < 600 THEN

VSteamIn := 0;

VSteamOut := 0;

VCondPress := 0;

VGasOut1 := 0;

VGasOut2 := 0;

ELSE

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

(* Крок 2: Відкриття клапана VSteamIn і регулювання обертів турбіни *)

IF NrTurb < 3000 THEN

VSteamIn := (NrTurb * 100) / 3000; (* Пропорційне відкриття *)

IF VSteamIn > 100 THEN

VSteamIn := 100; (* Обмеження максимуму *)

END_IF;

ELSE

VSteamIn := 100; (* Повністю відкрити клапан *)

END_IF;

(* Крок 3: Регулювання тиску в трубопроводі *)

IF PCond < 500 THEN

VSteamOut := (500 - PCond) * 20 / 100;

IF VSteamOut > 100 THEN

VSteamOut := 100;

END_IF;

ELSE

VSteamOut := 0;

END_IF;

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

(* Крок 4: Відкриття клапанів VGasOut1 і VGasOut2, якщо температура і вологість у межах *)

```
IF TOutH < 350 AND FO2 < 500 THEN
    VGasOut1 := (350 - TOutH) * 20 / 100;
    VGasOut2 := (500 - FO2) * 20 / 100;
    IF VGasOut1 > 100 THEN
        VGasOut1 := 100;
    END_IF;
    IF VGasOut2 > 100 THEN
        VGasOut2 := 100;
    END_IF;
ELSE
    VGasOut1 := 0;
    VGasOut2 := 0;
END_IF;
END_IF;
END_WHILE;
```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Мнемосхема процесу роботи турбіни розроблена в SCADA-програмі Cirect SCADA 2015. Опис змінних для програми наведено в таблиці 6.1

Таблиця 6.1. Опис змінних для SCADA-програми.

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях вимірювання	Макс. значення в одиницях вимірювання	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
TInH	%IW0.1.0	0	10000	0	1000	INT
TOutH	%IW0.1.1	0	10000	0	1000	INT
TCond	%IW0.1.2	0	10000	0	1000	INT
NrTurb	%IW0.1.3	0	10000	0	4000	INT
PCond	%IW0.1.4	0	10000	0	50	INT
FO2	%IW0.1.5	0	10000	0	100	INT
PLowTurb	%IW0.1.6	0	10000	0	50	INT
PWTurb	%IW0.1.7	0	10000	0	50	INT
VSteamIn	%QW0.2.0	0	10000	0	100	INT
VSteamOut	%QW0.2.1	0	10000	0	100	INT
VCondPres	%QW0.2.2	0	10000	0	100	INT
VGasOut1	%QW0.2.3	0	10000	0	100	INT
VGasOut2	%QW0.2.4	0	10000	0	100	INT

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Панько Я.І.				Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник	Мацебула Д.В.					56	2
Зав. каф.	Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-2ск		
Секр. ЕК	Проскурка Є.С.						
Розробка системи автоматизації турбіни Т250/300-240							

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема роботи турбіни допомагає оператору спостерігати за проходженням технологічного процесу та за зміною технологічних параметрів з автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора, а також при необхідності вносити вручну управляючі дії, щодо клапанів та насосів.

Вигляд мнемосхеми роботи турбіни представлена на рис. 6.2.

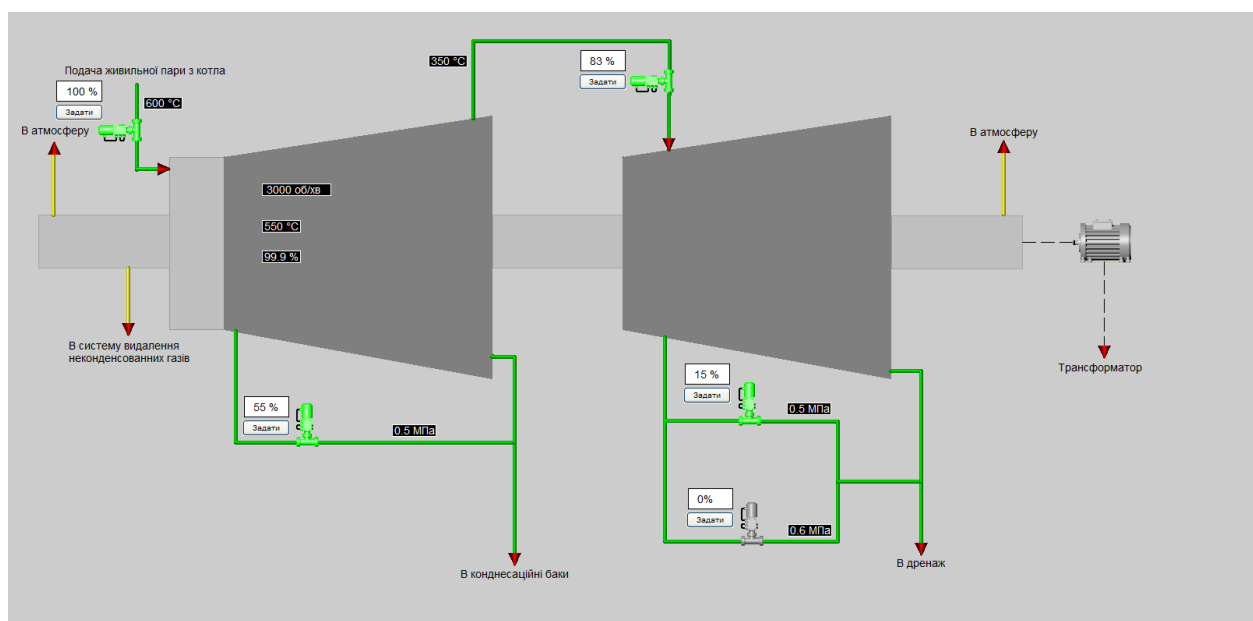


Рис. 33 – Мнемосхема роботи турбіни.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Висновки

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено систему автоматизації для парової турбіни T250/300-240, яка забезпечує стабільну та ефективну роботу обладнання в автоматичному режимі.

Проведено детальний аналіз об'єкта автоматизації та обґрунтовано вибір технічних засобів, серед яких: датчики температури MBT 5252, тиску GENEVRE 8081 100, вологості Yokogawa TDLS8000, індуктивний датчик BI5U-M18-AP6X-N1141, електропневматичні регулятори ASCO Sentronic LP та пневматичні клапани ADCATrol PV25G.

На основі ПЛК Schneider Electric Modicon M340 реалізовано систему збору та обробки сигналів з датчиків, а також формування керуючих впливів на виконавчі механізми. Для контролю роботи системи створено операторську мнемосхему в середовищі Citect SCADA 2015, що забезпечує візуалізацію процесу в реальному часі.

Розроблені програмні алгоритми на мові Structured Text забезпечують адаптивне регулювання параметрів технологічного процесу, зокрема температури, тиску, вологості та частоти обертів турбіни. Це дозволяє підвищити ефективність роботи агрегату, знизити енерговитрати та забезпечити безпечні умови експлуатації.

Таким чином, поставлену мету роботи досягнуто: створено сучасну, гнучку та надійну систему автоматизації, що відповідає вимогам енергетичної галузі та може бути впроваджена на підприємствах для підвищення технологічної ефективності.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Simoyu, L.L., Barinberg, G.D., Gutorov, V.F. Efficiency of operation of a T-250/300–240 turbine without moving blades of last stages of the low-pressure cylinder [Текст] // Power Technology and Engineering. – 2006. – Vol. 40. – С. 38–43.
2. Lenev, S.N., Moskvina, K.V., Radin, Y.A., et al. On the Issue of Unloading Supercritical Steam Pressure Units Used in T-250/300-240 Cogeneration Steam Turbines [Текст] // Power Technology and Engineering. – 2023. – Vol. 56. – С. 883–888.
3. Plotkin, E.R., Radin, Yu.A., Shustrov, N.D. Perfecting the start-up regimes of 250 MW cogeneration monoblock units [Текст] // Collection of Scientific Papers of the All-Russian Power Engineering Institute. – 1983.
4. Izrailev, Yu.L., Radin, Yu.A., Lyashenko, V.I., et al. Study of a new heating system for flange connections of the high-pressure cylinders and the 1st medium-pressure cylinder of the T-250/300-240 TMZ turbine [Текст] // Teploenergetika. – 1980. – № 7. – С. 33–37.
5. Plotkin, E.R. Investigation of the Thermally Stressed State of the Main Nodes in Order to Improve Transient Modes and Increase the Maneuverability of Steam Turbines of Power Units [Текст] : Doctoral Dissertation in Engineering. – Moscow, 1985.
6. RD 34.25.501. Typical Instructions for Start-Up from Various Thermal States and Shutdown of a 300 MW Double-Unit with a K-300-240 LMZ Turbine [Текст]. – Ministry of Energy of the USSR, 1980.
7. SO 34.26.718. Procedure Guidelines for Testing of Hydraulic Stability of Continuous-Flow Power and Hot-Water Boilers [Текст]. – SPO STÉÉ, Moscow, 1983.
8. Schneider Electric. Modicon M340 Automation Platform – Hardware Reference Manual [Текст]. – 2022.
9. Schneider Electric. SCADA Expert Vijeo Citect 2015 – Product Overview [Текст]. – Режим доступу: controleng.com
10. Danfoss. Temperature Sensor MBT 5252 Datasheet [Текст]. – 2021.
11. GENE BRE. Pressure Transmitter 8081 100 Datasheet [Текст]. – 2020.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

12. Yokogawa. TDLS8000 Tunable Diode Laser Spectrometer – User’s Manual [Текст]. – 2021.
13. ASCO Numatics. Sentronic LP Series – Proportional Pressure Control Valve Datasheet [Текст]. – 2022.
14. Turck. BI5U-M18-AP6X-H1141 Proximity Sensor Datasheet [Текст]. – 2021.
15. ADCATrol. PV25G Pneumatic Control Valve Datasheet [Текст]. – 2020.
16. Білодід, О.О., Ладанюк, А.П. Автоматизація технологічних процесів [Текст] : навч. посіб. – К. : НУХТ, 2020. – 280 с.
17. Мацебула, Д.В., Фурсік, М.Л. Основи SCADA-систем автоматизації [Текст]. – Київ : КНУТД, 2019. – 214 с.
18. Пахольчук, В.Ю., Бровко, І.А. Промислова автоматизація: теорія і практика [Текст]. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 328 с.
19. Іванов, І.І., Петренко, П.П. Програмування ПЛК в середовищі Unity Pro [Текст]. – Львів : ЛНТУ, 2021. – 256 с.
20. Смирнов, С.С. SCADA-системи: принципи побудови та програмування [Текст]. – Дніпро : ДНУ, 2020. – 310 с.
21. Коваленко, О.О. Системи автоматичного керування [Текст] : підручник. – Одеса : ОНАХТ, 2019. – 290 с.
22. Тарасенко, В.В. Основи теорії автоматичного керування [Текст]. – Харків : ХНУРЕ, 2017. – 350 с.
23. Abbas, H.A., Shaheen, S.I., Amin, M.H. Simple, Flexible, and Interoperable SCADA System Based on Agent Technology [Текст] // controleng.com; arXiv. – 2015.
24. Abbas, H.A., Mohamed, A.M. Review on the Design of Web Based SCADA Systems Based on OPC DA Protocol [Текст] // SpringerLink; arXiv. – 2015.
25. Abbas, H., Shaheen, S., Amin, M. Adaptive Agent-Based SCADA System [Текст] // arXiv. – 2015.
26. Abbas, H.A. Efficient Web-Based SCADA System [Текст] // arXiv. – 2015.
27. ControlSoft. Automation with Modicon M340, M520, and Schneider SCADA [Текст]. – 2025.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60