

**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
_____ Форсюк А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«2» червень 2021 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Ельперін І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«2» червень 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: Розробка системи автоматизації хлібопекарської печі тунельного типу

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

_____ Самойленко Юлія Едуардівна
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Засць Наталія Анатоліївна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент _____ Кіктєв М.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

«29» квітня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Самойленко Юлія Едуардівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації хлібопекарської печі тунельного типу*

керівник роботи *д.т.н., проф. Заєць Наталія Анатоліївна*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «29» квітня 2021 р. № 248-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «2» червня 2021 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. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 29 квітня 2021 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 та 7	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Самойленко Ю.Е.

_____ (підпис)

Керівник роботи Заєць Н.А.

_____ (підпис)

Анотація

У даній кваліфікаційній роботі розглядається розвиток системи автоматизації процесів у печі.

У роботі представлений опис технологічного процесу в тунельній печі, таблиця завдань для системи автоматизації, функціональна схема автоматики, таблиця специфікацій технічних засобів автоматизації, схема встановлення технічних засобів автоматики - датчик тиску JUMO MIDAS 401001, схема підключення датчиків і виконавчих механізмів та технічних засобів PLC до модулів контролера.

У роботі були розроблені алгоритм та програма управління процесом у печі. Програма розроблена для PLC M340 французької компанії Schneider Electric.

Інтерфейс мнемоніки дисплея процесу в печі також був розроблений за допомогою програмного забезпечення Zenon SCADA від компанії COPA-DATA, зовнішній вигляд екранів оператора представлений у примітці.

Складено структурну схему об'єкта, а випробування на стійкість проведено за критерієм Михайлова.

Ключові слова: виробництво хлібу, тунельна піч, SCADA, ПЛК, JUMO MODAS 401001

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

Annotation

In this qualification work the development of the process automation system in the baking oven is considered.

The paper presents a description of the technological process in the baking oven, table of tasks for the automation system, functional diagram of automation, table of specifications of technical means of automation, installation diagram of technical means of automation - pressure sensor JUMO MIDAS 401001, connection diagram of sensors and actuators and PLC technical means to the controller modules.

An algorithm and a program for process control in a baking oven were developed in the work. The program is designed for PLC M340 of the French company Schneider Electric.

The interface of the display mnemonic of the process in the baking oven was also developed using the Zenon Scada software from the company COPA-DATA, the appearance of the operator's screens is presented in the note.

The structural scheme of the object was made, and the stability test was performed using Mikhailov's criterion.

Keywords: bread production, tunnel oven, SCADA, PLC, JUMO MODAS 401001

					<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. Характеристика об'єкта автоматизації	9
1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації.....	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	12
Розділ 2. Опис системи автоматизації	14
2.1. Схема автоматизації	14
2.2. Обґрунтування вибору технічних засобів.....	17
2.3. Специфікація засобів автоматизації	29
Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК	32
3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера.....	32
3.2. Загальна схема підключення.....	41
3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів.....	46
Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів	49
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	53
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	60
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	61
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	62
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання ...	64
Висновки	69
Список використаної літератури	70

Вступ

Сучасний стан автоматизації характеризується різним ступенем виробничого обладнання з автоматичними системами. Однак переважаючою тенденцією, особливо при будівництві сучасних великих об'єктів, є впровадження інтегрованої автоматизації, яка передбачає автоматизацію всього процесу та створення єдиної інтегрованої системи управління. Сучасне хлібопекарське обладнання - це те, без чого сьогодні неможливе успішне, економічне та конкурентоспроможне виробництво смачних, красивих хлібобулочних виробів.

Автоматизація у виробництві розвивається від створення локальних систем автоматичного управління окремими операціями до створення автоматизованих систем управління процесами та виробництвом загалом, включаючи створення систем управління організацією, до складу яких входять автоматизовані системи управління підприємством, галузеві автоматизовані системи управління та спеціалізовані автоматизовані системи управління. До останніх належать автоматизовані системи планових розрахунків, управління логістикою тощо.

Сьогодні набувають поширення складні датчики, які дозволяють використовувати сучасні комп'ютерні технології для збору, передачі, обробки та архівування різноманітної інформації, а потім, за необхідності, використання у виробництві.

Таким чином, автоматизація технологічних процесів є одним із вирішальних факторів підвищення продуктивності праці та поліпшення умов праці, підвищення якості та розширення асортименту продукції.

На цьому етапі розвитку харчова промисловість використовує складні та трудомісткі технології, що вимагають розвитку інтегрованої автоматизації цих підприємств. Впровадження передових технологій, механізація та автоматизація окремих виробничих процесів повинні забезпечити хорошу якість продукції, підвищити продуктивність пекарень, заощадити сировину.

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

В даний час без сучасних автоматичних систем управління, які фіксують напрямок змін таких параметрів, як температура в камері печі та відповідно до управління паливом, піч не змогла б стабільно підтримувати температуру в камерах, що, в свою чергу, веде до виробництва продукції з непотрібними показниками якості.

Тому швидка зупинка печі повинна спрацювати, у разі надзвичайної ситуації оператор не завжди зможе зробити те саме вчасно, що і захисний автоматичний пристрій. Таким чином, показник якості будь-якої системи автоматичного управління залежить від багатьох причин, а саме: як вона сконструйована, як змонтована, як налаштована та як працює.

Метою цього дипломного проекту є розробка автоматизованої системи управління технологічними процесами випікання хліба. [1]

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

Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації

1.1. Аналіз технологічної дільниці як об'єкта автоматизації

Об'єктом автоматизації в нашій кваліфікаційній роботі є духова шафа тунельного типу марки «Gostal».

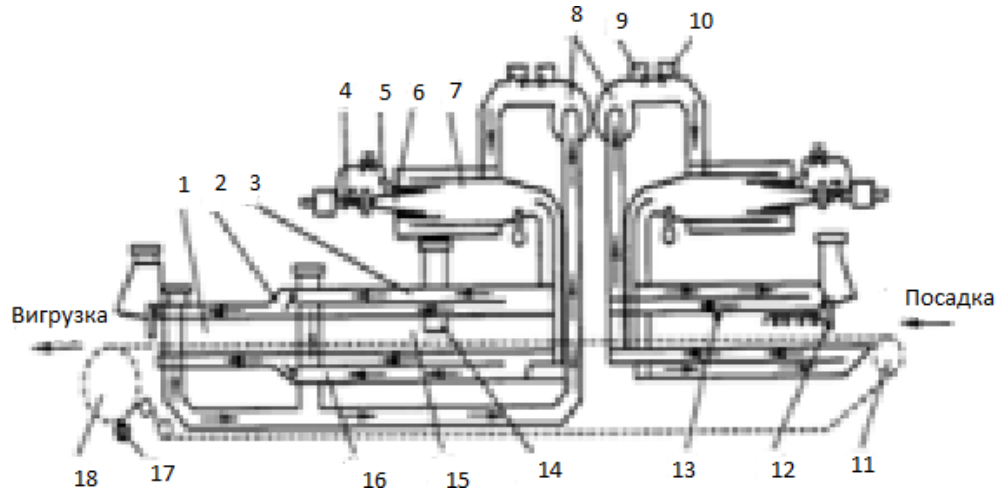


Рис. 1.1 Технологічна схема печі, де 1-пекарна камера; 2,3,16-металеві канали; 4-регулюючий кран; 5- запальник; 6-пальники; 7-топки; 8-димососи; 9,10,14-клапани; 11-натяжний барабан; 12-підйомні дверцята; 13-поворотний фартух; 15-патрубок; 17- металева кругла щітка; 18-приводний барабан.

Тунельна піч "Госталь" розташована в головному відділі пекарні в приміщенні ТС-L2. Пальники та клапан подачі газу розташовані в одному приміщенні ТС-L2. Трубопроводи газової та повітряної системи прокладені в шинах на стінах цеху.

Піч є основним обладнанням пекарні, фактична робота печі визначає не тільки асортимент та якість продукції, а й суттєво впливає на економічні показники роботи підприємства. У тепловому балансі пекарні від 40 до 50% палива витрачається на піч для випікання, а 20-30% - на зволоження середовища пекарної камери, тому витрата палива в пекарні значною мірою залежить від роботи хлібопекарських печей.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Самойленко Ю.Е.			<i>Розробка системи автоматизації хлібопекарської печі тунельного типу</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Заєць Н.А.					9	5
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				<i>НУХТ АК-4-2</i>		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

Тунельна піч "Госталь" призначена для випікання широкого асортименту зернових хлібів (включаючи суміш житнього та пшеничного борошна) та хлібобулочних виробів. Зроблено в Словенії. Випікання продуктів у духовці відбувається на мобільному стрічковому конвеєрі.

Тунельні хлібопекарські печі з газовим нагріванням мають переваги перед іншими типами печей - вони легко автоматизуються, забезпечують підтримку оптимальних параметрів пекарної камери в процесі випікання, можуть швидко вводитися в експлуатацію, що дозволяє випікати по черзі. Тунельні печі забезпечують організацію технологічних ліній з прямолінійним потоком виробництва. Вони мають гнучкий тепловий режим і високий ККД.

Піч складається з топки (тунелю), печі з пальником, розподільних і зворотних каналів із запобіжними затворами та вентилятора та приводної частини з конвеєрною стрічкою.

Піч має два незалежних контури опалення, кожен з яких обладнаний окремою піччю для спалювання палива. Камера випікання нагрівається рециркуляційними газами, продуктом згоряння палива, які надходять у нагрівальні канали через систему газопроводів.

Кожна з двох нагрівальних зон печі має власну систему рециркуляційного нагріву пекарної камери за рахунок продуктів згоряння палива.

Рециркуляційні системи опалення включають пристрої згоряння палива, печі, камери для змішування продуктів згоряння палива, транспортні та робочі канали, вентилятори для рециркуляції продуктів згоряння печі. Конструкція печі має високий ступінь заводської готовності і надходить на місце установки у вигляді переносних блоків або великих складальних одиниць, які забезпечують мінімальні терміни її встановлення та надійність функціонування систем.

Гарячі гази, що утворюються в печах, під впливом протягу, створюваного димососами, проходять через металеві канали і через їх стінки передають тепло в дві зони пекарної камери. В кінці системи охолоджені гази діляться на два потоки: один направляється в димохід через клапан, а інший - в камеру

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

змішування печі для охолодження її стінок і зменшення температури димових газів.

Обидві системи опалення оснащені лічильниками тяги для контролю тяги в печах, термопарами та термостатами для вимірювання температури газів у кінці камер згоряння, вибуховими клапанами та електромагнітним клапаном для зупинки подачі газу до пальників на випадок тиску диму або газу. Принцип роботи печі описується наступним чином: шматки тіста переміщуються на конвеєрній стрічці через піч, яка має форму тунелю, проходячи через різні теплові зони, в яких відбувається випікання. Тунель виконаний таким чином, що гаряче повітря рухається у верхній і нижній частинах тунелю. За допомогою спеціальних затворів можна регулювати потік гарячого повітря у верхній і нижній частині тунелю за бажанням. Система опалення базується на тязі, що виключає проникнення гарячих димових газів у простір печі. У бічних стінках печі є оглядові вікна для огляду конвеєра та контролю випічки, а також термостати для контролю температури навколишнього середовища пекарної камери.

Основними перевагами печі є:

- універсальність - здатність випікати хліб з пшениці та суміші пшеничного та житнього борошна;
- мобільність в управлінні режимами випічки (лише шляхом регулювання потужності пальників без використання газових заслінок в якості регуляторів);
- ефективність - мінімальний витрата палива;
- хороша якість випічки.
- Для зменшення вентиляції всередині пекарської камери передбачені два обертові фартухи, а в торцевих отворах - підйомні дверцята. Для видалення зайвої вологи камера для випікання підключається до вентиляційної системи компанії двома виходами та повітроводами.
- Піч оснащена двома системами опалення.
- Інжекційні пальники використовуються для спалювання газу середнього

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

тиску з ручним регулюванням потоку газу та автоматичним дозуванням первинного повітря. Пальники складаються з корпусу з чотирма форсунками та незалежними кранами. Газ подається в корпус пальника через регулюючий клапан, його тиск контролюється манометром. У центрі пальника знаходиться запальничка з роздільною подачею газу.

- Гарячі гази, що утворюються в печах, під впливом протягу, створюваного димососами, проходять через металеві канали і через їх стінки передають тепло в обидві зони пекарної камери. В кінці системи охолоджені гази діляться на два потоки: один направляєється в димохід через клапан, а другий - в камеру змішування печі для охолодження її стінок і зниження температури димових газів.
 - Обидві системи опалення оснащені лічильниками тяги для контролю тяги в печах, термопарами та гальванометром для вимірювання температури газу в кінці камер згорання, вибуховими клапанами та електромагнітним клапаном для зупинки подачі газу до пальників на випадок тиску диму або газу нижче допустимого.
 - Перш ніж запускати духовку, продуйте систему свіжим повітрям. Для цього клапан перекриває прохід газів, і через трубу вони викидаються, а свіже повітря через піч надходить в систему і проходить по всіх каналах.
- [2]

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1

№	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	Пекарна камера	Температура	275 ⁰ С ± 10 ⁰ С	Контроль	Індикація, Реєстрація	Робоче місце оператора	
2	Пекарна камера	Температура	325 ⁰ С ± 10 ⁰ С	Контроль	Індикація, Реєстрація	Робоче місце оператора	
3	Пекарна камера	Температура	275 ⁰ С ± 10 ⁰ С	Контроль	Індикація, Реєстрація	Робоче місце оператора	

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

4	Пекарна камера	Температура	400 ⁰ С ± 10 ⁰ С	Контроль	Індикація, Реєстрація	Робоче місце оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі газу	Ручне управління з АРМ оператора
5	Пекарна камера	Вологість	50% ± 2%	Контроль	Індикація, Реєстрація	Робоче місце оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан регулювання подачі пари	Ручне управління з АРМ оператора
6	Пекарна камера	Швидкість конвеєра	3000 об\хв ± 50 об\хв	Контроль	Індикація, Реєстрація	Робоче місце оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на двигун конвеєра	Ручне управління з АРМ оператора
7	Трубопровід подачі газу	Витрата	76.5 м3/т ± 0.1 м3/т	Контроль	Індикація, Реєстрація	Робоче місце оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі газу	Ручне управління з АРМ оператора
8	Трубопровід подачі пари	Витрата	40 кг/год ± 0.2 кг/год	Контроль	Індикація, Реєстрація	Робоче місце оператора	
9	Трубопровід подачі газу	Тиск	5 КПа ± 0.2 КПа	Контроль	Індикація, Реєстрація	Робоче місце оператора	
10	Трубопровід подачі повітря	Тиск	5 КПа ± 0.2 КПа	Контроль	Індикація, Реєстрація	Робоче місце оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі повітря	Ручне управління з АРМ оператора

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

Розділ 2. Опис системи автоматизації

2.1. Схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації (ФСА) - одна з основних проектних документів, що визначає функціональну структуру та сферу автоматизації технологічних установок та окремих вузлів промислового об'єкта. Схема автоматизації технологічного процесу в печі складається з контурів для вимірювання, сигналізації та регулювання температури, тиску, витрати та вологості.

Схема вимірювання температури:

Вимірювання та регулювання температури відбувається в 3 зонах печі. Вимірюємо термометри опору Pt100, сигнал від датчиків передається на вторинні перетворювачі ТАА431 (16, 26, 36), сигнал передається з датчиків на аналоговий вхідний модуль ІРС, сигнал обробляється в програмі і служить як додаткова інформація для автоматизації.

Схема вимірювання та управління температурою:

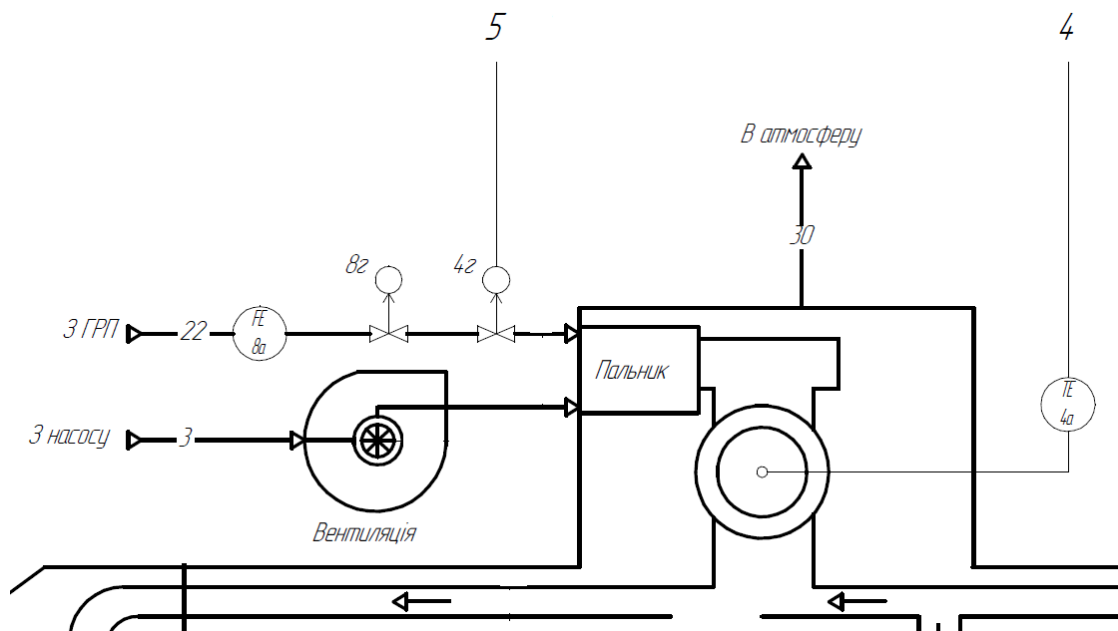


Рис.2.1. Схема вимірювання та управління температурою.

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Самойленко Ю.Е.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Заєць Н.А.				14	18
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.			НУХТ АК-4-2		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.					

Температура вимірюється і регулюється в камері згорання. Вимірювання температури здійснюється за допомогою датчика температури ТАА431 (4а). Вимірювальним елементом якого є платиновий стержень pt100, котрий під впливом температури змінює свій опір, цю зміну опору фіксує вторинний перетворювач датчика, та перетворює її у аналоговий вихідний сигнал 4-20мА, котрий в свою чергу надходить до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на 10 та 11 клему. Аналоговий модуль перетворює вхідний сигнал 4-20мА у цифровий та передає до центрального модуля контролера, в якому обробляється, реєструється та в залежності від написаної програми генерується керуючий сигнал. Цей сигнал у цифровому виді надходить до аналогового вихідного модуля контролеру ВМХ АМО 0802, котрий перетворює даний сигнал у аналоговий вихідний сигнал 4-20мА та передає на електро-пневматичний перетворювач Samson 6111 (4в). Електро-пневматичний перетворювач, принцип роботи якого оснований на методі силової компенсації, при якому момент, створюваний котушкою, розташованої в полі постійного магніту, пропорційний вхідному сигналу, компенсується моментом сили, що розвивається сильфоном зворотного зв'язку, перетворює сигнал у пневматичний 20-100кПа, з допомогою якого керує пневматичним клапаном Samson 3110(4г). Клапан у момент подачі повітря в привід, поршень піднімається вгору і через шток тягне за собою затвор, акумулюючи зусилля поворотної пружини. Клапан відкривається. Після скидання повітря поворотна пружина приводу повертає затвор у вихідне положення, закриваючи клапан. Таким чином регулюється подача газу в камеру згорання .

Схема вимірювання та регулювання шкідливості оборотів двигуна:

Вимірювання за допомогою тахометра ТЗ-6К-ТК-2 (5б), сигнал передається від датчика до модуля аналогового введення ІРС, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є невідповідність із встановленим значенням, вихід ІРС контрольний сигнал 4-20 мА. Перетворювач частоти Danfoss VLT 2800 (5в), який контролює швидкість двигуна М1.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема вимірювання та контролю тиску:

Тиск вимірюється та регулюється в газопроводі подачі газу. Вимірний датчиком тиску JUMO MIDAS 401001 (7а), сигнал передається від датчика в модуль аналогового введення ІРС, сигнал обробляється в програмі, і якщо є розбіжність із встановленим значенням, вихідний ІРС є Сигнал управління 4-20 мА на електропневматичному перетворювачі Samson 6111 (7б), сигнал 4-20 мА перетворюється на пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, який, у свою чергу, подається на пневматичний клапан Samson 3110 (7в), який регулює подачу повітря в камеру.

Схема вимірювання тиску:

Вимірювання та регулювання тиску відбувається в трубопроводі подачі повітря. Вимірний датчиком тиску JUMO MIDAS 401001 (9а), сигнал передається від датчика на модуль аналогових входів ІРС, сигнал обробляється в програмі, і при наявності розбіжностей із заданим значенням, вихідний сигнал ІРС обробляється в програмі і служить додатковою системою автоматизації інформації.

Схема вимірювання та управління потоком:

Вимірювання та регулювання витрати відбувається в газопроводі подачі газу. Вимірний витратоміром FLUXUS G800 (8б), сигнал подається від датчика до модуля аналогового введення ІРС, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є розбіжність із встановленим значенням, вихід ІРС є контролем сигнал 4-20 мА електропневматичний перетворювач Samson 6111 (8в), сигнал 4-20 мА перетворюється на пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, який в свою чергу надходить у пневматичний клапан Samson 3110 (8г), який регулює газ подача в камеру.

Схема вимірювання витрати:

Вимірювання та регулювання витрати відбувається в трубопроводі подачі повітря. Вимірюється витратоміром FLUXUS G800 (10б), сигнал подається від датчика на модуль аналогових входів ІРС, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є розбіжність із заданим значенням, то на виході ІРС, сигнал обробляється

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

в програмі. робота системи автоматизації.

Схема вимірювання та контролю вологості:

Вологість вимірюється в тунельній печі. Виміряний за допомогою датчика вологості ROSA (11б), сигнал передається від датчика на аналоговий вхідний модуль IPC, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є невідповідність із заданим значенням, вихід IPC є контрольним сигналом 4-20 мА електропневматичний перетворювач Samson 6111 (11в), сигнал 4-20 мА перетворюється на пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, який в свою чергу подається на пневматичний клапан Samson 3110 (11г), який регулює подачу пари до печі.

2.2. Обґрунтування вибору технічних засобів

Температура:

Для вимірювання температури в нашій кваліфікаційній роботі були обрані датчики температури TAA431.



Рис.2.2. Зовнішній вигляд датчику температури TAA431.

Електронний датчик температури, зонд Pt1000 46,5 мм (нержавіюча сталь), діапазон -10 ... + 150 ° C, підключення до процесу G $\frac{1}{4}$ par, AS-i, джерело живлення 18 ... 31,6 В постійного струму, роз'єм IP69K, M12. [3]

Технічні характеристики:

- Бренд (виробник): IFM Electronic;
- Тип: датчик температури;
- Принцип дії: терморезистивний;
- Особливості: для AS-інтерфейсу;
- Позначення: TAA060CCDR14-ASIVG / US;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- Вимірювальний елемент: Pt 100;
- Навколишнє середовище: гази, рідини;
- Середній тиск: 400 бар;
- Температура навколишнього середовища: -10 ... + 150 ° C на виході;
- Кількість виходів: 1;
- Типи виходів: AS-i;
- Електрична версія: AS-I;
- Вихідний захист: захист від перевантажень електроживлення;
- Тип напруги: постійний;
- Напруга живлення: 18 ... 31,6 В постійного струму;
- Матеріал корпусу: нержавіюча сталь. сталь;
- Зонд: 46,5 мм;
- Матеріал зонда: нержавіюча сталь;
- Підключення до процесу: G¹/₄ зовнішня різьба;
- З'єднання: роз'єм M12;
- Робоча температура: -25 ... + 70 ° C;
- Захист від пилки / вологи: IP69K.

Тиск:

Для вимірювання тиску були використані перетворювачі тиску Jumo Midas 401001.



Рис.2.3. Зовнішній вигляд датчику тиску Jumo Midas 401001.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Аналогові датчики тиску Jumo Midas типу 401001 - це високотехнологічні перетворювачі надлишкового тиску в уніфікованому електричному сигналі 4-20 мА або пропорційному сигналі напруги 0- (5) 6В, 0-10В або 0,5-4, 5 V Перетворювачі тиску типу Jumo Midas 401001 призначені для застосування в системах управління та управління технологічними процесами в гідравлічних та пневматичних системах. [4]

Особливості:

- Від 0 до 1,6 бар - від 0 до 100 бар відносно;
- Еластомерне ущільнення;
- Компактна конструкція: довжина 58 мм;
- Висока хімічна стійкість;
- Механічно високостійка мембрана;

Економічний:

Тип 401001 є основою сенсорної технології датчиків тиску серії JUMO MIDAS, яка вже багато разів зарекомендувала себе. В основному автоматична послідовність виробництва (цифрова компенсація та калібрування модуля датчика) зменшує час виробництва та виробничі витрати.

Надійний:

Висока якість кожного датчика тиску забезпечується 100% остаточним оглядом в повністю автоматизованій системі вимірювання та калібрування. Керамічна вимірювальна комірка з глинозему добре працює з точки зору довготривалої стабільності, що досягається завдяки вибору матеріалу датчика та спеціальному процесу регулювання, вона також має високу стійкість до перевантажень.

Універсальний:

- Різні матеріали для технологічних з'єднань, ущільнювальні матеріали, придатні для конкретного застосування, та електричні з'єднання;
- Програми;
- машинобудування та заводське машинобудування;
- Промислова пневматика;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Витрата:

Для вимірювання витрати були використані витратоміри FLUXUS G800.



Рис.2.4. Зовнішній вигляд датчику витрати FLUXUS G800.

Регулятор витрати газу FLUXUS G800 спеціально розроблений для постійного монтажу в небезпечних зонах (зона АТЕХ 1). Оснащений вибухозахищеною оболонкою та параметризований магнітним олівцем без відкривання корпусу. Дані калібрування автоматично передаються на датчик при підключенні датчиків і забезпечують точне та стабільне виявлення. [5]

Принцип дії:

Для вимірювання потоку середовища використовують ультразвукові сигнали за допомогою так званого методу часу проходження. Ультразвукові сигнали надсилаються першим датчиком, встановленим на трубці, і приймаються другим датчиком.

Сигнали по черзі надсилаються до і проти напрямку потоку. Оскільки середовище, через яке поширюється сигнал, знаходиться в русі, час проходження звукового сигналу в напрямку потоку коротший, ніж час проходження сигналу проти потоку.

Контролер потоку вимірює різницю в часі руху Δt і на основі цього значення обчислює середню швидкість потоку по шляху поширення сигналу. Враховуючи перетин профілю потоку, пристрій обчислює швидкість потоку через перетин, яка пропорційна обсягу потоку.

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

Весь процес вимірювання контролюється вбудованими мікропроцесорами. Контролер витрати перевіряє вхідні ультразвукові сигнали на придатність для поведінки вимірювань за допомогою спеціального електронного блоку та оцінює надійність результатів значень. Шкідливі сигнали придушуються.

Технічні характеристики:

- Вага G800: 2,8 кг;
- Матеріал корпусу G800: спеціальне покриття для морських умов;
- Живлення 100 ... 240 В 50/60 Гц, 12 ... 36 В пост. Струм;
- Робоча температура: електронний блок -40 ° С ... + 60 ° С;
- верхній датчик -55 ° С ... + 150 ° С (залежно від типу);
- Вимірювальні канали 1 канал або 2 канали;
- Вимірювальні функції обсягу / ваги лічильника, обсягу / ваги витрат, витрат;
- Ступінь пилозахисту електронного блоку G800: IP66;
- Ступінь пилозахисту верхніх датчиків IP67 (опція IP68);
- Опції та наявність аналогових виходів основних виходів: 1 × струм, 2 × реле;
- опції: виходи: 0/4 ... 20 мА, реле;
- Інтерфейс зв'язку Modbus RTU (через інтерфейс RS485) (додатково), HART (додатково);
- маркування вибухозахисту 2ExdeICIT6 ... T3, зона вибухонебезпеки 1 або 2;
- Матеріал корпусу G800: спеціальне покриття для морських умов;
- діаметр труби від 7 мм до 1600 мм;
- Інтеркалібровочний інтервал 4 роки.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Вологість:

Для вимірювання вологості було обрано вологоміри РОСА.



Рис.2.5. Зовнішній вигляд датчику вологості РОСА.

Прилад "Волога Air" призначений для вимірювання відносної вологості та температури повітря, включення / відключення виконавчих пристроїв (вентиляторів, зволожувачів, обігрівачів тощо) для зволоження, опалення, охолодження повітря.[6]

Результати вимірювань:

- відображається на РК-дисплеї з підсвічуванням;
- передається через інтерфейс RS485 (опція RS232) на комп'ютер або інший зовнішній пристрій;
- використовуються всередині приладу для формування контрольних сигналів, що сигналізують про вихід результатів вимірювання вологості та температури за межі, встановлені користувачем.

Принцип роботи:

Для вимірювання температури та вологості використовуйте датчик SHT11 швейцарської компанії Sensirion, відкалібрований виробником, розташований у невеликому вимірювальному блоці, підключеному до пристрою за допомогою кабелю. Це дозволяє розмістити датчик у точці, де потрібно виміряти вологість і температуру, а пристрій - у зручному для користувача місці.

Модуль SHT11 виробляє повністю відкалібрований цифровий сигнал, пропорційний температурі та відносній вологості, не вимагає додаткового

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

калібрування після вимірювання. SHT11 поєднує в одному мікросхемі два датчикові елементи, АЦП, калібрувальну схему та цифровий інтерфейс. Модуль датчика вологості та температури постачається в орендованій упаковці типу шпильки (вихідний крок 1,27 мм). Позолочена задня частина корпусу датчика забезпечує хорошу тепловіддачу. Кожен SHT11 індивідуально калібрується в прецизійній камері вологості і дає цифровий сигнал вологості ($\pm 2,5\%$ вологості та температури ($\pm 0,5^\circ\text{C}$ при 20°C). Час вимірювання не перевищує 4 с.

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювань:

- відносної вологості - (1 ... 100)%;
- температури - ($-40 \dots + 120$) $^\circ\text{C}$.

Похибка вимірювань:

- відносної вологості: $\pm 3\%$ (в діапазоні від 20 до 80%);
- температури в діапазоні $-20 \dots + 10^\circ\text{C}$: $\pm 2^\circ\text{C}$;
- в діапазоні $+ 10 \dots + 50^\circ\text{C}$: $\pm 1^\circ\text{C}$;
- в діапазоні $+ 50 \dots + 90^\circ\text{C}$: $\pm 2^\circ\text{C}$;
- в діапазонах $-40 \dots -20$ і $+ 90 \dots + 120^\circ\text{C}$: не нормується.

Дискретність відображення: 0,1%; 0,1 $^\circ\text{C}$.

Період вимірювань - 1с.

Параметри сигналів управління:

- діапазон встановлення мінімального та максимального значень вологості - (1 ... 98)%;
- діапазон встановлення мінімальних і максимальних значень температури - (30 ... + 98) $^\circ\text{C}$;
- гістерезис - 0,4%; 0,4 $^\circ\text{C}$ (наприклад, якщо користувач встановив мінімальну вологість 30%, реле включається на 29,8% і вимикається на 30,2%);
- виходи - нормально розімкнуті релейні контакти;
- кількість керуючих сигналів - 4.

Прилад живиться від джерела постійного струму з напругою 12В.

Прилад без реле допускається виконувати від джерела з напругою (7 ... 24) В.

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

Струм споживання (при 12В):

- приладу і датчика при вимкнених реле і підсвічуванні: $\leq 10\text{mA}$;
- підсвічування індикатора: $\leq 70\text{mA}$;
- кожного реле (тільки у включеному стані): $\leq 30\text{mA}$.

Протокол обміну через порт RS485

Налаштування порту:

- порт обміну - 9600;
- формат - стартовий біт, 8 бітів даних, біт контролю парності, 1 стоповий біт. Якщо адреса пристрою встановлена на 1 ... 15, то пристрій на 1-байтовий запит адреси \$ Cx, де x - встановлена адреса (\$ - знак 16-річного коду), дає порт інформаційна посилка 12 байт:
- \$ D x - маркер початку посилки;
- символ "H" у кодї ASCII (\$ 48) - аббревіатура вологості;
- 4 байти поточного значення вологості в кодї ASCII, включаючи десяткову крапку в передостанній позиції;
- символ "T" в кодї ASCII (\$ 54) - аббревіатура температури;
- 5 байт поточного значення температури в кодї ASCII, включаючи десяткову крапку в передостанній позиції та знак "-" (якщо $T < 0$) - в першу.
- Незначні нулі на початку чисел замінюються пробілами.

Приклад інформаційної посилки (відносна вологість 48,0% і температура 23,3 °C):

- 16-ковий подання - D1 48 34 38 2E 30 54 20 32 33 2E 33;
- у вигляді тексту - H48.0T 23.3 (перший символ не відображається).

Якщо встановлено адресу приладу 0, то включається автоматична передача результатів (без запитів). Інформаційна посилка передається після кожного вимірювання (1 раз в секунду).

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

Швидкість обертів двигуна:

Для вимірюваності швидкості обертів двигуна печі був обраний тахометр ТЭ-6К-ТК-2.



Рис.2.6. Зовнішній вигляд тахометру ТЭ-6К-ТК-2.

Тахометр електронний ТЕ-6К-ТК-2 призначений для безперервного вимірювання та індикації частоти обертання роторів турбін або валів будь-яких механізмів.[7]

Особливості:

- Постійне вимірювання та індикація швидкості обертання роторів турбін або валів будь-яких механізмів.;
- Універсальний вимірювальний вхід для підключення одного з наступних типів датчиків:
 - безконтактні індуктивні перемикачі, які генерують імпульс постійної напруги з амплітудою від 8 до 30 В при навантаженні 750 Ом. Тривалість
 - імпульс не менше 100 мкс. В якості датчика можуть використовуватися індуктивні датчики нашого виробництва ДТК-1 або датчики фірми TURCK;
 - індукційні датчики, які генерують сигнал змінної полярності з амплітудою від 0,2 до 200 В при навантаженні 4,4 кО (наприклад, датчики ДТК-2).
- Програмований уніфікований вихід 0..5, 0..20 або 4..20 мА.

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

- Інтерфейс RS-485, протокол Modbus (RTU).
- Сигналізація про досягнення заданого діапазону швидкості (до чотирьох).
- Можливість дублювання показань на блоці дистанційної індикації BVI-ТК-1.
- Може комплектуватися генератором імпульсів малогабаритного МІГ-1-ТК.
- Налаштування за допомогою панелі налаштувань PN-01-ТС або спеціального програмного забезпечення через інтерфейс RS-485, протокол Modbus (RTU).
- П'ятизначний зелений індикатор світіння із висотою знака 9 мм.
- Корпус тахометра призначений для установки на вертикальній DIN-рейці.

Технічні характеристики:

- Кількість міток: 1 ... 130
- Клас точності: 0,02
- Напруга живлення = 24В
- Похибка струмового виходу, мА, не більше $\pm 0,05$
- Робочий діапазон температур приладу:
 - $+ 5^{\circ} \text{C} \dots + 50^{\circ} \text{C}$;
 - $-25^{\circ} \text{C} \dots + 70^{\circ} \text{C}$;
- Пило-вологозахист приладу:
 - IP40;
 - IP67;
- Габаритні розміри приладу (Ш × В × Д), мм 105 × 52 × 110.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частотний перетворювач:

Для керування двигуном у системі автоматизації використовується частотний перетворювач Danfoss VLT 2800 .



Рис.2.7. Зовнішній вигляд частотного перетворювача Danfoss VLT 2800.

Перетворювачі частоти серії VLT 2800 є одними з найменших і універсальних на сьогоднішній день на ринку. Ідеальна система відводу тепла дозволяє встановлювати перетворювачі частоти близько один до одного.

Ми пропонуємо широкий асортимент зовнішніх силових модулів для використання з перетворювачами частоти: гальмівні модулі, фільтри радіоперешкод, LC фільтри. [8]

VLT 2800 - це вдосконалена розробка універсальних і простих у використанні перетворювачів частоти. Швидке меню містить усі основні параметри, необхідні для введення в експлуатацію. Можливість швидкого встановлення та обслуговування.

Переваги застосування пристрою:

- 1) Можливість регулювання частоти обертання трифазного асинхронного двигуна.
- 2) Регулятор швидкості економить енергію - понад 90%. Витрата енергії пропорційний кубу обертів двигуна. Тож зменшення швидкості навіть на 5% при запуску двигуна дає величезну економію;
- 3) CRP дозволяє запускати потужні двигуни без пускового струму

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшує ймовірність перегріву агрегатів і збільшує термін їх служби. Спеціальні функції серії DANFOSS VLT 2800:

- стартувати на льоту;
- режим сну;
- захист від холостого ходу;
- початкове прискорення.

Принцип дії:

Робота звичайних систем базується на періодичному скануванні цифрових входів, які ініціюють команду "стоп". Це може призвести до нерівномірних затримок, оскільки накопичувач сканує всі інші частини програми, витрачаючи 10 мс.

Коли конвеєр працює зі швидкістю 1 м / с, це дає відхилення ± 10 мм. Це недолік пакувальних систем.

У VLT 2800 команда "зупинка" є сигналом переривання, тому відхилення буде лише ± 1 мм.

Після прийому сигналу запуску VLT 2800 працює до тих пір, поки запрограмована користувачем кількість імпульсів не з'явиться на терміналах 33. Після цього формується сигнал "зупинки" і привід зупиняється з заданою швидкістю.

Імпульсний вхід призначений для підключення до кодера з роздільною здатністю до 1024 імпульсів / об. Максимальна частота імпульсів - 67 600 Гц.

Менеджмент: екс. частота 0-1000 Гц (регульований U / f).

Технічні характеристики:

- - Бренд: Danfoss;
- - Серія: VLT 2800;
- - Потужність: 0,5 кВт;
- - Кількість фаз / вхідна напруга: 1-f / 220 (однофазна 220В) В;
- - Кількість фаз / вихідна напруга: 3-f / 220 В;
- - Mmax (1 хв)%: 160-200;
- - Номінальний струм (150%): 3,20 А;

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

- - Струм протягом 1 хвилини: 5,1 А;
- - Максимальна вихідна частота: 1000 Гц;
- - Ступінь захисту від IP: 20;
- - ЕМС-фільтр: так;
- - Гальмівний модуль: Так;
- - Вбудований PLC: немає;
- - Вбудований регулятор: ПД;
- - Скалярний режим управління: так;
- - Режим векторного управління без кодера: так;
- - Закон лінійного управління U / f : так;
- - Закон квадратичного управління U / f^2 : так;
- - Панель програмування в комплекті з інвертором: незнімний;
- - Основна панель програмування: LCP 2;
- - Максимальна кількість фіксованих швидкостей: 4;
- - Кількість / тип аналогових входів: 2 (1: 1-10В; 1: 0 (4) -20мА);
- - Кількість дискретних входів: 6;
- - Кількість / тип аналогових виходів: 0 (4) -20мА;
- - Кількість дискретних (транзисторних) виходів: 1;
- - Кількість релейних виходів: 1;
- - Вбудований потенціометр (або рейтинг опору): немає;
- - Інтерфейс RS-485 / Modbus: Так.

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1

№ п. п.	№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
1	16,26, 36,46	Вторинний перетворювач температури Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50...600 °С, Клас точності-0,25.	ТАА431	С	4	ІФМ, Німеччина

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

№ п. п.	№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
2	1а,2а, 3а,4а	Чутливий елемент. Тип: МКн (Спеціалізація - низькі температури, вакуум, інертні і відновні атмосфери, окислювальні - частково) Позначення: Т (Cu-CuNi) Робочий діапазон: -200 ... 260 С(Pt100)	Pt100		4	ОАО «Тера», Україна, м. Чернігів
3	7а,9а	Датчик тиску JUMO MIDAS 401001 - високотехнологічний тензорезистивний перетворювач надлишкового тиску в уніфікований електричний сигнал 4-20 мА або пропорційний сигнал напруги 0-(5)6В, 0-10В або 0,5-4,5 В. Перетворювач тиску Jumo Midas тип 401001 призначений для застосування в системах контролю і управління технологічними процесами в гідравлічних і пневматичних системах.	JUMO MIDAS 401001	Па	2	JUMO, Німеччина
4	4в,7б, 8в,11в	Елект.-пневмат. перетворювач. Вх.сиг. 4-20 мА Вих. сиг. 20-100 кПа. Номінальний тиск повітря живлення: 140 кПа	Samson 3740		4	Siemens, Німеччина
5	4г,7в, 8г,11г	Пневматичний клапан. Вх. Сиг: 20-100 кПа. Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного проходу: 160 мм. Тиск умовний: 2 ... 5 МПа	Samson 3310		4	Siemens, Німеччина
6	5б	Тахометр ТЗ-6К-ТК-2. Безперервне вимірювання і індикація частоти обертання роторів турбін або валів будь-яких механізмів. Універсальний вимірювальний вхід для підключення одного з наступних типів датчиків. Програмований уніфікований вихід 0..5, 0..20 або 4..20 мА. Інтерфейс RS-485, протокол Modbus (RTU).	ТЗ-6К-ТК-2	об/хв	1	Оскол-Енергомаш

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

30

7	86,106	<p>Витратомір газу FLUXUS G800. Корпус для польових умов під відкритим небом - зона 1 АТЕХ; Неінтрузивний метод використання накладних датчиків для точного двонаправленого вимірювання розміру з високою динамікою вимірювань; Підтримка датчиків Лемба і поперечних хвиль; Ступінь захисту IP66; Багаточастотні вбудовані фільтри для підтримки всіх робочих частот датчиків газу; Вбудований вичислювач витрати.</p>	FLUXUS G800	л\год м3\год	2	FLEXIM, Німеччина
8	116	<p>Вологомір РОСА: Діапазон вимірювань: • відносної вологості - (1 ... 100)%; • температури - (-40 ... + 120) ° С. Похибка вимірювань: • відносної вологості: ± 3% (в діапазоні від 20 до 80%) • температури в діапазоні -20 ... + 10 ° С: ± 2 ° С в діапазоні + 10 ... + 50 ° С: ± 1 ° С в діапазоні + 50 ... + 90 ° С: ± 2 ° С в діапазонах -40 ... -20 і + 90 ... + 120 ° С: не нормується Дискретність відображення: 0,1%; 0,1 ° С. Період вимірювань - 1с.</p>	РОСА	Шт.	1	VOLOG A AIR
9	5в	<p>Перетворювач частоти Аналоговий вхід (0-10В, 0-20mA, 4-20mA); Напруга живлення: 180...380 V AC; Діапазон вихідної частоти: 0...240 Гц; Робоча температура: 0..55 ° С;</p>	Danfoss VLT 2800		1	Danfoss, Данія

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

Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК

3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера

Modicon M340:



Рис.3.1. Зовнішній вигляд ПЛК Modicon M340.

Програмований логічний контролер Modicon M340 - це компактний і потужний мікропроцесорний контролер з високою швидкістю та продуктивністю.

Особливості контролера:

Потужність пам'яті. Немає необхідності оптимізувати розробки, завдяки величезній пам'яті, яка потрапляє у ваше розпорядження. Процесор має вбудовану оперативну пам'ять 4 Мб, яка може зберігати до 70 тис. Інструкцій. Процесор постачається з флеш-накопичувачем SD, готовим до зберігання архіву додатків (виконуваний код, вихідний код та коментарі). Тож нічого не потрібно додавати, і немає потреби йти на компроміси, коли мова заходить про гнучкість дизайну додатків.

Експертні функції програми. Оскільки технологічні особливості є ознаками вашої програми, Modicon M340 дозволяє вам впроваджувати свої ноу-хау, завжди пропонуючи конкретне спеціальне рішення. Функції підрахунку

					<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>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Самойленко Ю.Е.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Заєць Н.А.</i>				32	17
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>			НУХТ АК-4-2		
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Ельперін І.В.</i>					

імпульсів реалізовані за допомогою 2 модулів: 2 канали 60 кГц і 8 каналів 10 кГц. 32-розрядна кількість, час циклу 1 мс, 2 реєстри захоплення та рефлекторні функції з відгуком до 200 мікросекунд; розширені налаштовувані функції: фільтрація для кожного входу, широкий вибір рефлекторних функцій, генератор імпульсів, обмежувач вільного ходу; конфігуровані функції підрахунку та вимірювання Лічильник призначений для таких програм, як: розмотувач попередження про спустошення, сортування дрібних предметів, проста електронна САМ, регулювання швидкості.

Modicon M340 пропонує інтегровані, гнучкі та економічно ефективні рішення позиціонування для незалежних та з'єднаних осей. Для цього не потрібен спеціальний модуль. Рішення базується на інтегрованій бібліотеці програм позиціонування (MFB), що відповідає стандарту PLCOpen. Сервопривід або частотний привід управляються командами

Багатофункціональні пристрої, що видаються на приводі через шину CANOpen. Багатофункціональні пристрої реалізують виконавчі механізми Altivar для асинхронних двигунів або Lexium або IcIA для безщіткових або крокових синхронних двигунів для управління позиціонуванням. Розроблений спеціально для виробників компактних, модульних або складних верстатів, Modicon M340 особливо добре підходить для застосувань, що включають обробку матеріалів, транспортування та перепакування конвеєрів, а також для спеціальних та деревообробних верстатів.

Бібліотека функцій управління є стандартною в пакеті Unity. Функціональна мова блок-схеми забезпечує гнучке програмування з вдосконаленим графічним інтерфейсом. Можна оптимізувати та контролювати алгоритм управління На додаток до звичайних регуляторів, таких як PID або PI, бібліотека включає багато додаткових функцій. Автонастройка регуляторів. 2- або 3-позиційний контролер, тип PI гарячий / холодний, PIP і каскадний контролер. Генератор функцій зміни алгоритму управління; Переключення структури PD / PI; Модуляція тривалості імпульсу; Значення масштабування ... Modicon M340 представляє новий підхід до управління пам'яттю. SD-карта

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

підтримує послугу "Plug & Load", яку ви, без сумніву, оціните. Картка Plug & Load Ви можете будь-коли вийняти або встановити іншу карту, не впливаючи на виконання програми. Наступного разу, коли ви ввімкнете живлення, програма автоматично завантажиться у внутрішню пам'ять. Тому вам не потрібно бути експертом, щоб «оновити» алгоритм машини. Якщо у вас кілька однакових машин, ви можете використовувати одну і ту ж карту для завантаження всіх встановлених контролерів.

Спрощене обслуговування. SD-карта автоматично зберігає програму та позбавляє від необхідності резервного акумулятора.

Зручне зберігання даних. Його можна організувати в самому Modicon M340, який може зберігати дані до 16 МБ: За допомогою функціональних блоків з бібліотеки Unity Pro: в режимі запису підтримуються функції запису даних та запису. У режимі читання можна завантажувати виробничі рецепти.

З вашого персонального комп'ютера, підключеного до мережі Ethernet, ви можете безпосередньо отримувати дані через FTP-сервер і отримувати доступ до файлів у потрібному форматі (текст, таблиця, ...).

Modicon M340 має вбудований WEB-сервер, що спрощує експлуатацію та обслуговування. Послуга доступна як у локальному, так і у віддаленому режимах (через звичайний або ADSL-модем).

Modicon M340 має стандартний, готовий до використання WEB-сервер для системної діагностики та конфігурації параметрів процесу. Ви навіть можете інтегрувати інтерфейс людина-машина в контролер, який також буде доступний локально або віддалено за допомогою веб-навігатора.

Не напружуючись, вибравши Modicon M340, ви зможете використовувати винятковий сервіс програмного забезпечення Unity на всіх етапах розробки та підтримки своїх додатків. Modicon M340 та Unity - 0% проблем.

Єдине середовище програмування. Скористайтеся єдиним, простим та дружнім підходом до розробки додатків для додатків Modicon M340, Premium, Quantum та Atrium, які можна передавати з однієї платформи на іншу.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Unity Pro підтримує всі 5 мов ІЕС, графічне програмування, розширені контекстні підказки та численні майстри введення даних. Вбудований симулятор дозволяє негайно протестувати створені програми без прямого підключення до реального ПЛК. На етапі роботи готові до використання діагностичні засоби дозволяють відображати помилки та збої з автоматичним виявленням їх джерела.

Швидкісне підключення - стандартно. Для підключення до персонального комп'ютера можна використовувати простий і швидкісний USB-інтерфейс, який доступний на будь-якому процесорі. Ви також можете підключитися через Ethernet, точка-точка або LAN.

Повний сервіс, навіть віддалено. Ваші послуги завжди в межах досяжності. Використання послідовного модему (RTC, GSM / GPRS, Радіо) або ADSL, ви можете підключитися до своїх налаштувань. Інтернет-програмування; завантажувати або вивантажувати програми; віддалена діагностика через WEB-сервер; запис / читання файлів даних. [9]

Конфігурування МПК Modicon M340:

Оскільки Modicon M340 може виконати всі необхідні кроки для впровадження нашої системи автоматизації хлібопекарських процесів, нам потрібно налаштувати наш ПЛК, додавши додаткові модулі вводу-виводу, які підключатимуть всі датчики та виконавчі пристрої до нашого мікропроцесорного контролера. Кількість усіх входів / виходів в системі наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Конфігурування МПК

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	10
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	5
Кількість дискретних виходів 9-30В	2

Вибір процесорного модуля:

Враховуючи кількість каналів вводу-виводу, обсяг пам'яті для користувальницької програми та доступність комунікацій, виберіть процесорний модуль ВМХР342020, оскільки він зможе реалізувати систему з такою кількістю сигналів.

Для підключення датчиків та ВМ були обрані модулі вводу\виводу:

- 8 ВА (Входи аналогові) 4-20 мА – ВМХ АМІ 0800 ;
- 8 АВ (Аналогові виходи) 4-20 мА – ВМХ АМО 0802 ;
- 16 ДВ (дискретні виходи) 9-30В – ВМХ DDO 0802 ;

Технічні параметри модулів вказані у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу.

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Найменування	Кількість	
ВМХ ХВР 0800 Шасі	1	Шасі для встановлення блоку живлення, процесора та модулів розширення
ВМХ СРС 2000 Блок живлення	1	Напруга живлення 100...240 VAC Загальна корисна потужність (PPS) 20 Вт Потужність на виході 3V3_VAC монтажного шасі 8,3 Вт (2,5 А) Потужність на виході 24V_VAC монтажного шасі 16,5 Вт (0,7 А) Максимальна сумарна потужність на виходах 3V3_VAC та 24V_VAC (P3V3_24V) 16,5 Вт Сумарна корисна потужність на споживання зовнішніми датчиками 24V_SENOSRS 10,8 Вт (0,45 А)
ВМХ Р34 2020 Центральний процесор	1	Макс. кількість шасі: 2 дискретних вх+вих. 512 аналогових вх+вих 128 лічильних каналів 20 Об'єм RAM загальний розмір 2048 Кб Макс. кількість об'єктів: локалізовані внутрішні біти %Mi 16250 локалізовані внутр. Слова %MWi 32464

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Найменування	Кількість	
ВМХ АМІ 0800 Модуль аналогових входів	2	Діапазон сигналу $\pm 10\text{В}, 0 \dots 10\text{В}, 0 \dots 5\text{В}, \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{мА}$ Характеристики каналів 16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс Підключення 20-контактна з'ємна колодка
ВМХ АМО 0802 Модуль аналогових виходів	1	Діапазон сигналу $\pm 10\text{В}, 0 \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{мА}$ Характеристики каналів 16-бітні, ізоляція між каналами Підключення 20-конт. з'ємна кол.
ВМХ DDO 1602 Модуль дискретних виходів	1	Дискретна вихідна напруга 24 В 19 ... 30 В постійного струму дискретний вихідний струм 0,5 А Підключення 20-конт. з'ємна кол.
ВМХ ФТВ 2010	2	20 контактна з'ємна клемна колодка з гвинтовими зажимами
ВМХ АМІ 810	1	28-конт. з'ємна кол. з'ємна клемна колодка ВМХ ФТВ 2820

Аналогові входи:

У цьому проекті використовуються датчики та перетворювачі з рівномірним вихідним струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА послідовно проходить через клемний блок і надходить в аналого-цифровий перетворювач модуля ВМХ АМІ 0800.

За допомогою письмової програми здійснюється керуючий сигнал в залежності від тих значень сигналу, які надійшли до модуля ВМХ АМІ 0800.



Рис.3.2. Зовнішній вигляд модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики:

Модуль аналогового введення:

- Електричне підключення;
- 1 роз'єм на 28 позицій;
- ізоляція між каналами без роз'єднання;
- 8 аналогових входів;

Тип підключення:

- Струм +/- 20 мА;
- струм 0 ... 20 мА;
- Струм 4 ... 20 мА;
- Напруга +/- 10 В;
- Напруга +/- 5 В;
- Напруга 0 ... 10 В;
- Напруга 0 ... 5 В;
- Напруга 1 ... 5 В;

Допустиме перевантаження на входах:

- +/- 30 мА 0 ... 20 мА;
- +/- 30 мА 4 ... 20 мА;
- +/- 30 В +/- 10 В;
- +/- 30 В +/- 5 В;
- +/- 30 В 0 ... 10 В

Аналогові виходи:

Сигнал з виходу модуля ВМХ АМО 0802 подається на клемний блок. Модуль ВМХ АМО 0802 перетворює сигнал з цифрового в аналоговий у вигляді струму від 4 до 20 мА. Цей сигнал надходить до електропневматичних перетворювачів, де він перетворюється на пневматичний, і управляє пневматичними клапанами.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



Рис.3.3. Зовнішній вигляд модуля аналогових виходів BMX AMI 0802.

Технічні характеристики:

Похибка вимірювання:

- - $\leq 0,25\%$ від повної шкали $0 \dots 60 \text{ }^\circ\text{C}$;
- - $0,1\%$ від повної шкали $25 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Придушення асиметричних перешкод між каналами:
- $\rightarrow = 80 \text{ дБ}$;

Тип помилки:

- - Обрив ланцюга $4 \dots 20 \text{ мА}$;
- - коротке замикання $0 \dots 20 \text{ мА}$;

Опір активного навантаження:

- - $\leq 350 \text{ Ом}$ $0 \dots 20 \text{ мА}$
- - $\leq 350 \text{ Ом}$ $4 \dots 20 \text{ мА}$

8 аналогових входів:

- - струм $0 \dots 20 \text{ мА}$;
- Струм $4 \dots 20 \text{ мА}$.

Дискретні виходи:

Модуль BMX DDO 1602 перетворює сигнал з цифрового в дискретний, який подається на клеми перетворювача частоти, контролює його ввімкнення та вимкнення.

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



Рис.3.4. Зовнішній вигляд модуля дискретних виходів BMX DDO 1602.

Технічні характеристики:

- дискретна вихідна напруга 24 В 19 ... 30 В постійного струму;
- дискретний вихідний струм 0,5 А;
- сумісність з виходом ІЕС 61131-2 типу 3 постійного струму;
- відсутність вхідного сигналу ІЕС 61131-2 постійного струму;
- струм каналу 0,625 А;
- Струм на модуль ≤ 10 А;
- струм витоку $\leq 0,5$ мА при стані 0;
- [Ures] залишкова напруга 1,2 В у стані 1;
- опір ізоляції > 10 МО 500 В постійного струму;
- розсіювання потужності у Вт ≤ 4 Вт;
- Початковий час реакції 1,2 мс.
- Паралельні виходи Так: максимум 2.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Загальна схема підключення

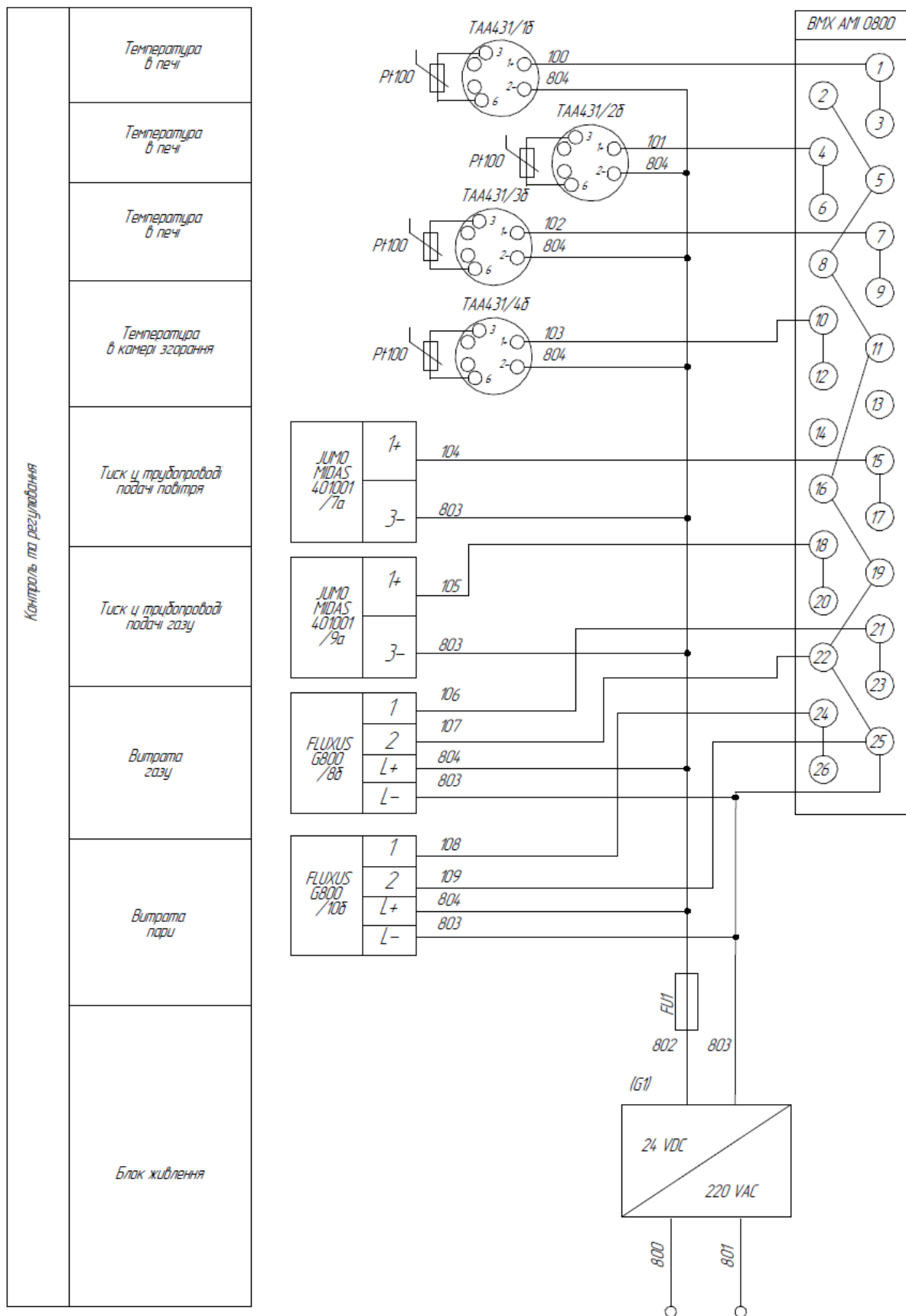


Рис.3.5. Підключення датчиків до першого модуля аналогових входів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

41

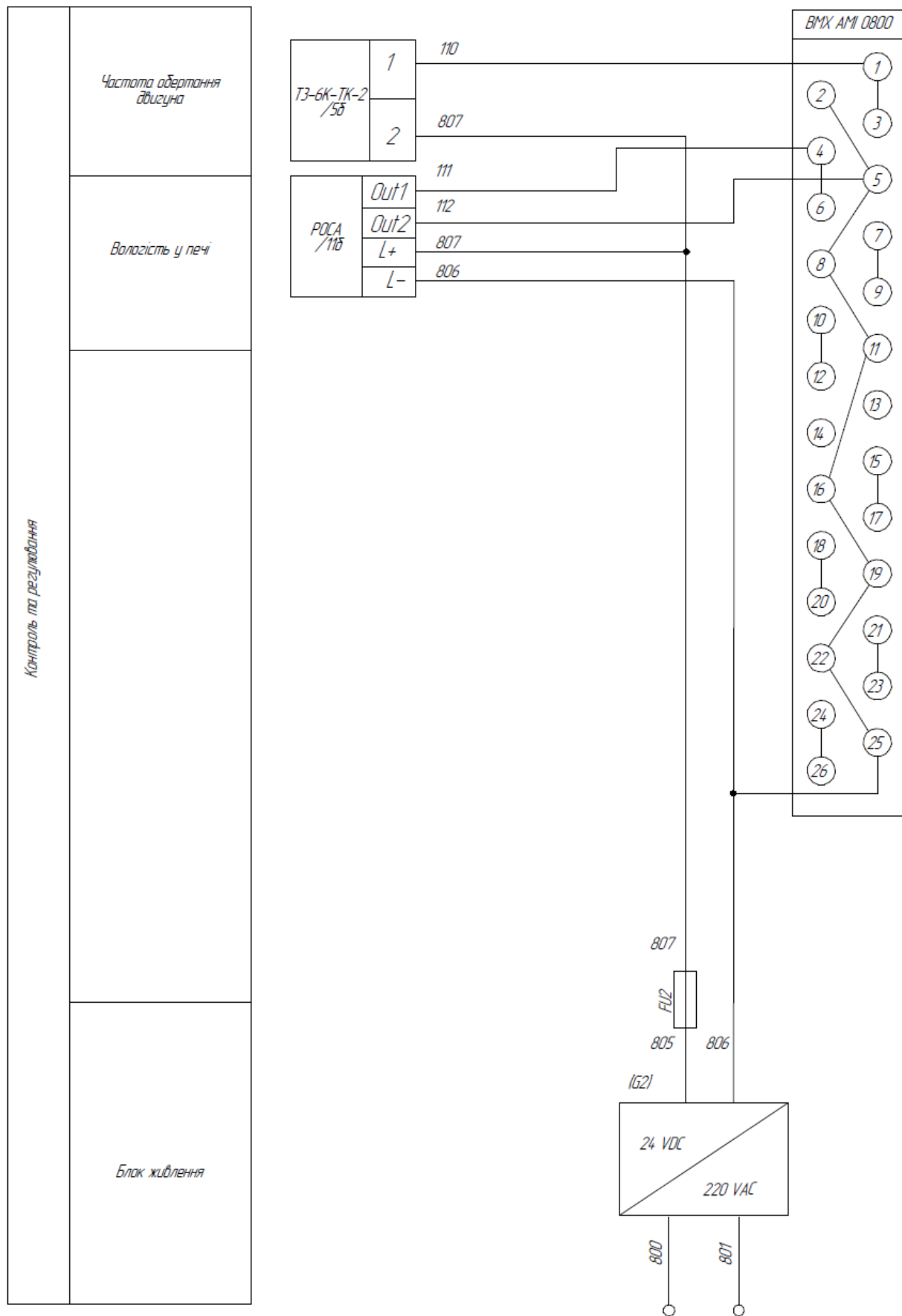


Рис.3.6. Підключення датчиків до другого модуля аналогових входів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

42

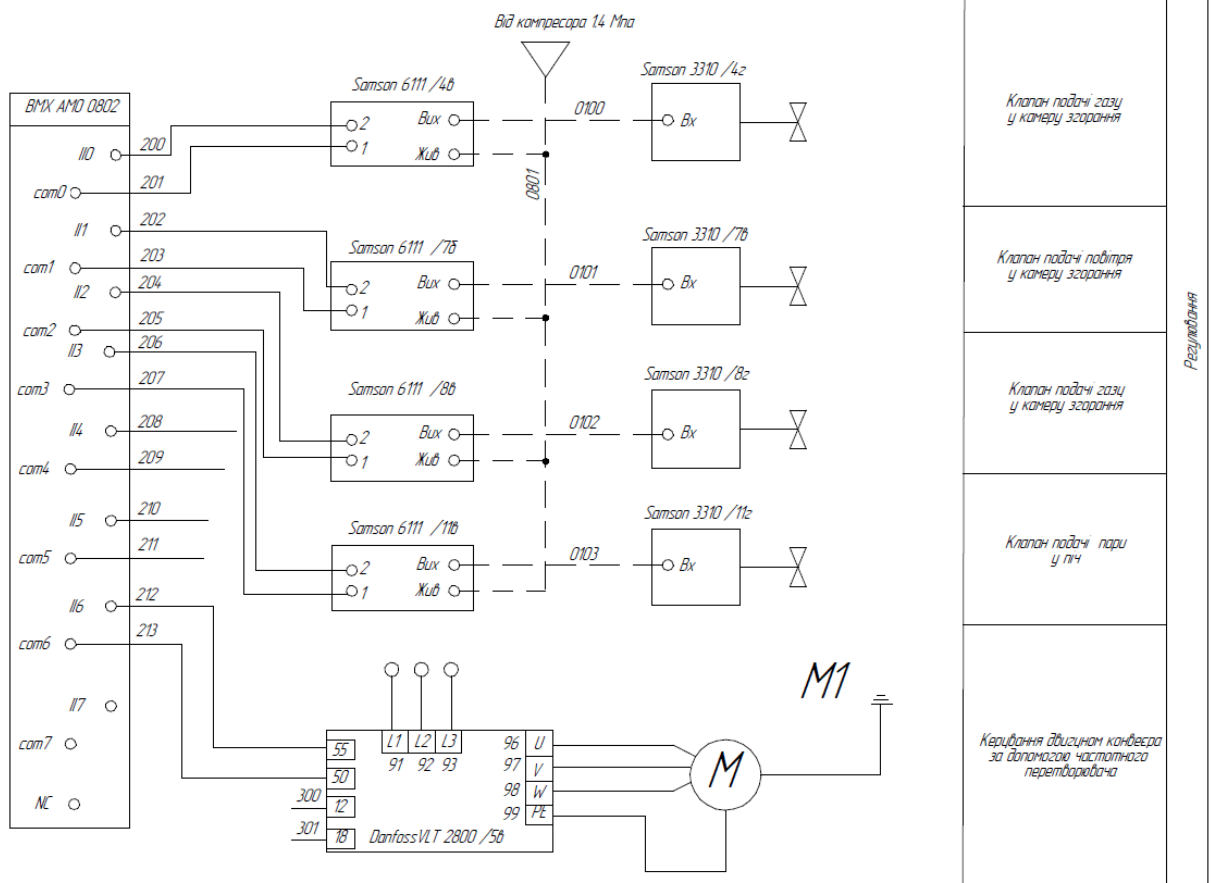


Рис.3.7. Підключення датчиків до модуля аналогових виходів.

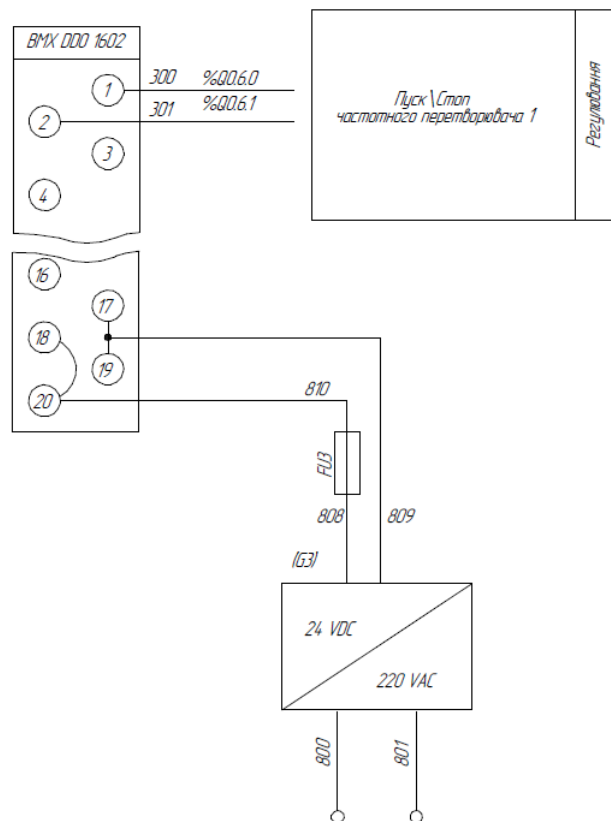


Рис.3.8. Підключення датчиків до модуля дискретних виходів.

Перетворювачі вторинної температури ТТ (1б, 2б, 3б) підключені до першого модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на клеммах 1 і 2, 4 і 5, 7 і 8. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від інформація датчиків температури передається на контролер ВМХ Р342020, де залежно від отриманої інформації та написаної програми вона обробляється, реєструється і служить додатковою інформацією для системи автоматизації.

Вторинний перетворювач температури ТТ (4б) підключений до першого модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на 10 і 11 терміналах. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика температури інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та генерується та передається до модуля аналогового виводу ВМХ АМО 0802. Електропневматичний перетворювач (4в) підключений до клем П0 і СОМ0, що управляє пневматичним клапаном (4г), який регулює подачу газу в камеру згоряння.

Перетворювач вторинного тахометра СТ (5б) підключений до другого модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на клеммах 1 і 2. Після отримання інформації аналоговий модуль ВМХ АМІ 0800 від датчика інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де залежно від отриманої інформації та написаної програми керуючий сигнал обробляється, реєструється та генерується та передається на аналоговий вихідний модуль ВМХ АМО 0802. перетворювач частоти (5в) підключається до клем П6 та СОМ6, що управляє двигуном печі М1.

Датчик тиску РТ (7а) підключений до першого аналогового вхідного модуля ВМХ АМІ 0800 на клеммах 15 і 16. Після отримання інформації аналоговий вхідний модуль ВМХ АМІ 0800 від датчика тиску інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де залежно від отриману інформацію та письмову програму, вихід керуючого сигналу обробляється, записується і генерується і передається на аналоговий вихідний модуль ВМХ АМО 0802. Електропневматичний перетворювач (7б) підключений до клем П1 і СОМ1, який управляє пневматичним клапаном (7в), який регулює тиск у магістралі подачі

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

повітря в камеру згоряння.

Датчик витрати FT (8б) підключений до першого модуля аналогового входу ВМХ АМІ 0800 на клеммах 21 і 22. Після отримання інформації аналоговим модулем введення ВМХ АМІ 0800 від датчика потоку інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де залежно від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та генерується та передається на аналоговий вихідний модуль ВМХ АМО 0802. Електропневматичний перетворювач (8в) підключений до клем П2 та СОМ2, які керують пневматичним клапаном (8г), який регулює подачу газу в камеру згоряння.

Датчик тиску РТ (9а) підключений до першого модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на клеммах 18 і 19. Після отримання інформації аналоговий вхід ВМХ АМІ 0800 від датчика тиску інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де залежно від Отримана інформація і написана програма обробляється, реєструється і служить додатковою інформацією для системи автоматизації.

Датчик потоку FT (10б) підключений до першого модуля аналогового вводу ВМХ АМІ 0800 на 24 і 25 терміналах. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика витрати інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вона обробляється, реєструється і служить додатковою інформацією для система автоматизації.

Вологомір МТ (11б) підключений до другого модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на 4 і 5 клеммах. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика вологості інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний керуючий сигнал обробляється, реєструється та генерується та передається до аналогового вихідного модуля ВМХ АМО 0802. Термінали СОМ3 підключені до електропневматичного перетворювача (11в), який управляє пневматичним клапаном (11г), який регулює подачу пари до печі.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

Розширена схема підключення контуру вимірювання та регулювання температури:

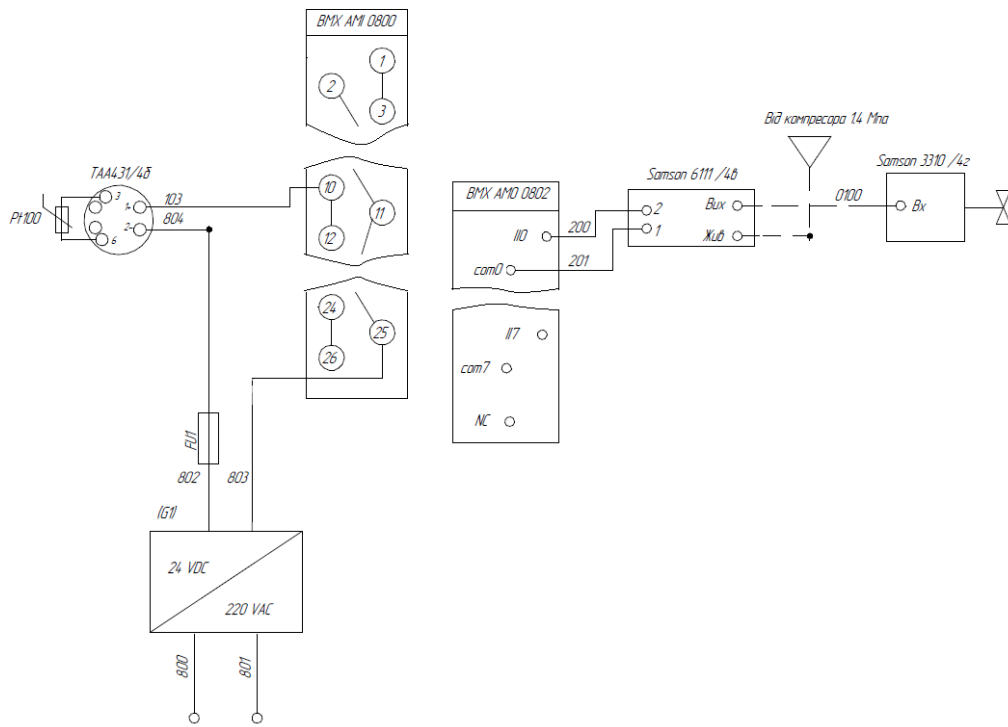


Рис.3.9. Підключення датчика температури та ЕП до модуля аналогових входів та виходів

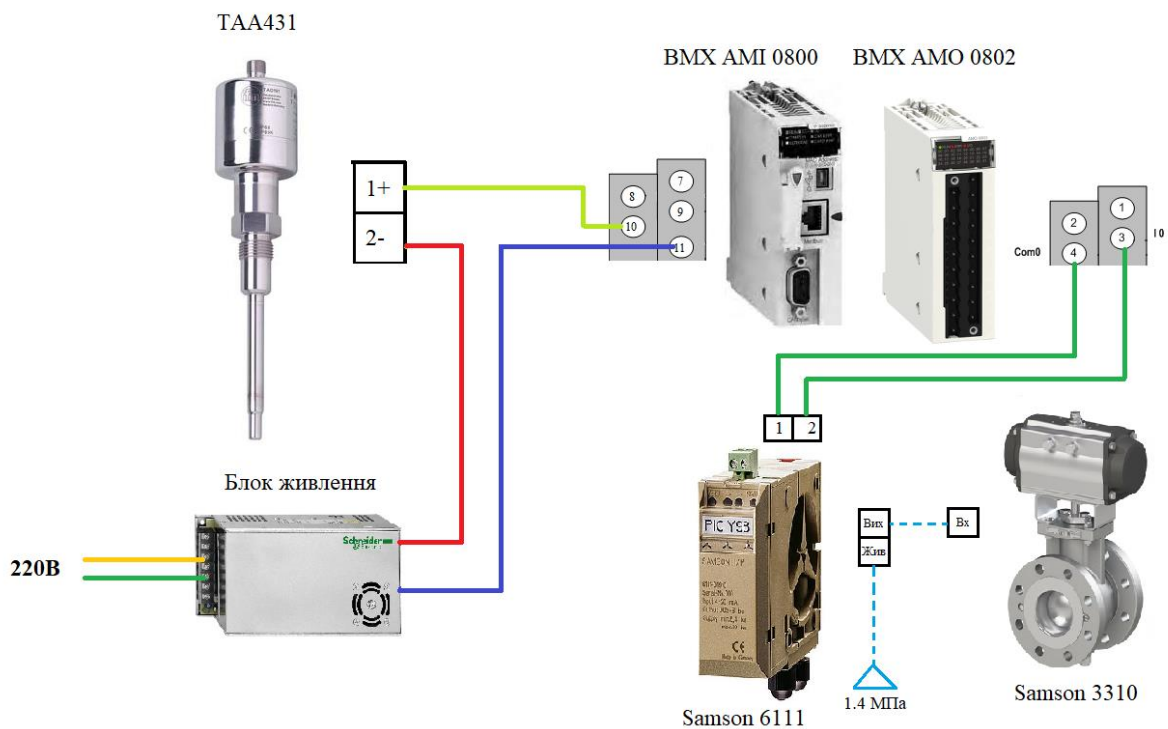


Рис.3.10. Графічне зображення підключення технічних засобів контуру контролю та регулювання температури

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

46

Опис схеми підключення:

Вторинний перетворювач температури ТТ (4б) підключений до першого модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на 10 і 11 терміналах. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика температури інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та генерується та передається до модуля аналогового виводу ВМХ АМО 0802. Електропневматичний перетворювач (4в) підключений до клем П0 і СОМ0, що управляє пневматичним клапаном (4г), який регулює подачу газу в камеру згоряння.

Розширена схема підключення контуру вимірювання тиску:

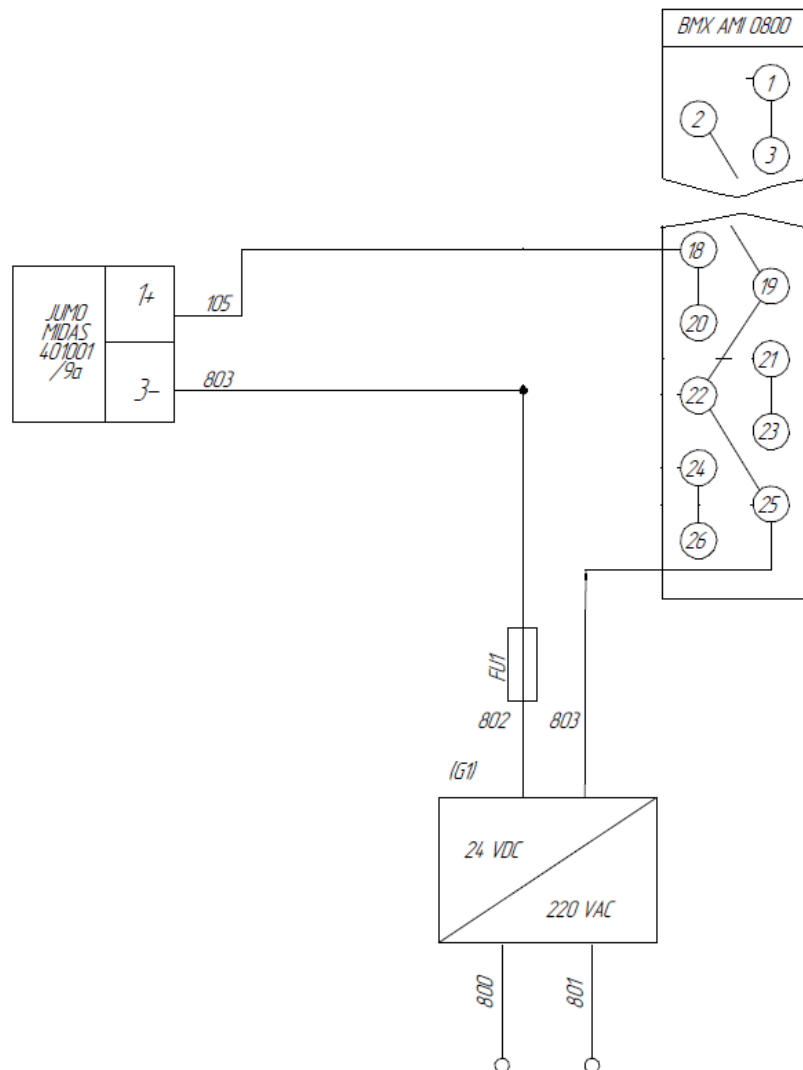


Рис.3.11. Підключення датчика тиску до модуля аналогових входів

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

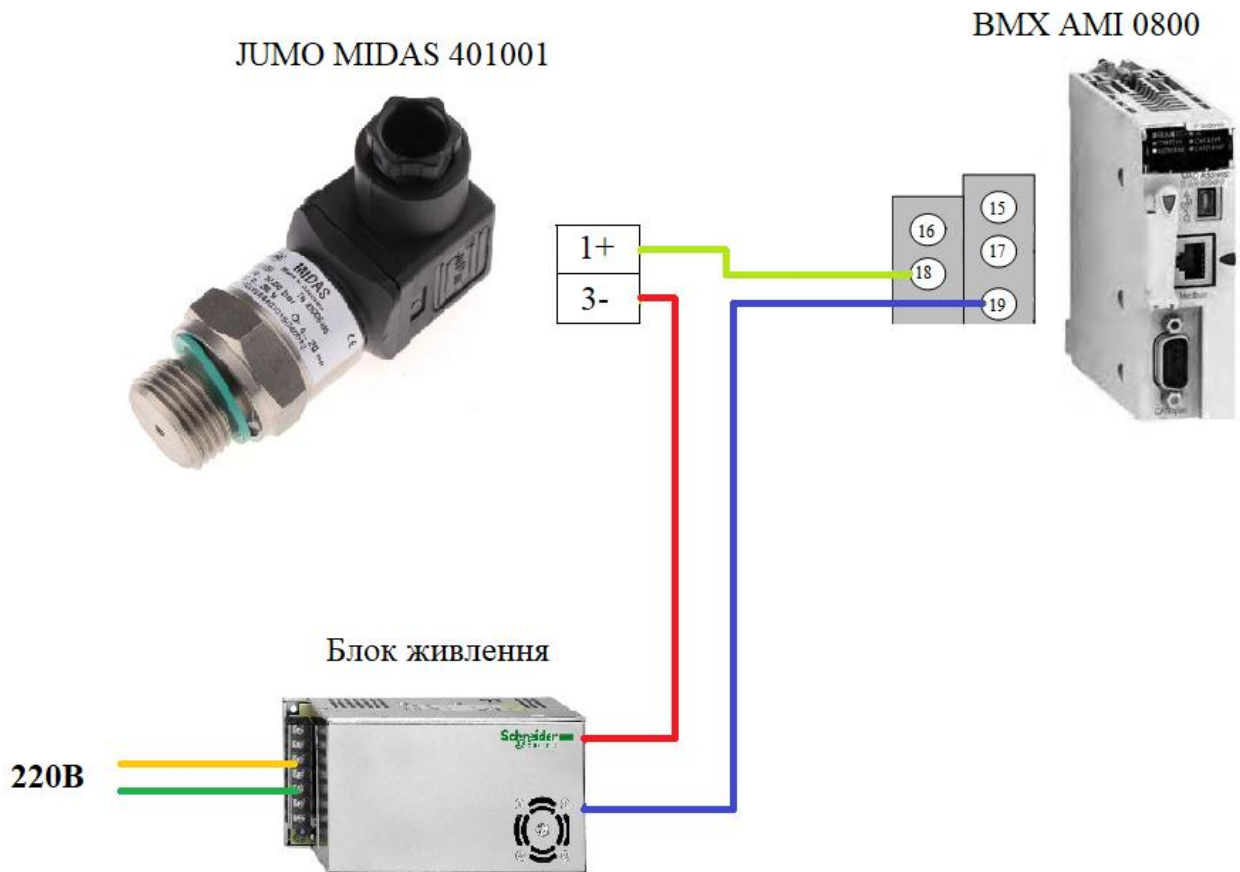


Рис.3.12. Графічне зображення підключення технічних засобів контуру контролю тиску

Опис схеми підключення:

Датчик тиску РТ (9а) підключений до першого модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на клеммах 18 і 19. Після отримання інформації аналоговий вхід ВМХ АМІ 0800 від датчика тиску інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де залежно від Отримана інформація і написана програма обробляється, реєструється і служить додатковою інформацією для системи автоматизації.

Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів

Датчик тиску JUMO MIDAS 401001:



Рис.4.1. Зовнішній вигляд датчику тиску JUMO MIDAS 401001.

Датчик тиску JUMO MIDAS 401001 з аналоговим виходом 4-20 мА призначений для регулювання тиску в діапазоні від 0 до 100 бар. Підходить для використання на мобільних транспортних засобах. Підвищена стійкість до зовнішніх впливів. Керамічна мембрана. Датчик тиску підключається через стандартний 4-контактний роз'єм М12. Діапазон вимірювання: 0 ... 100 бар. Вихідний сигнал: 4 ... 20 мА. Температура навколишнього середовища: -25 ... + 90 ° С. Блок живлення: 9,6 ... 32 В постійного струму. [2]

Принцип дії:

Принцип вимірювання перетворювачів тиску JUMO MIDAS 401001 заснований на перетворенні зміни опору п'єзореzystорного моста, пропорційного вимірюваній різниці тисків, у стандартний сигнал струму.

Чутливим елементом є кремнієва пластина з чотирма п'єзореzystорами, з'єднаними мостовим контуром, відокремленим від навколишнього середовища розділовою мембраною та манометричною рідиною.

Установка:

Завдяки тому, що перетворювач має невелику масу, він встановлюється безпосередньо на об'єкті. При вимірюванні тиску пари або інших гарячих середовищ необхідно використовувати сільфон або імпульсну трубку.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Самойленко Ю.Е.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Заєць Н.А.				49	4
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.			НУХТ АК-4-2		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.					

Використання спеціального манометра перед датчиком полегшує установку, допомагає з нульовим регулюванням або при заміні датчика під час роботи об'єкта. У разі замовлення перетворювача з різною різьбою, ніж зазначена, пропонується перехідний фітинг. Підключення процесу: G ¼ (внутрішнє).

Інструкції з безпечної експлуатації:

- Описаний пристрій є підкомпонентом для інтеграції в систему;
- Виробник системи відповідає за безпеку системи;
- Виробник системи зобов'язується провести оцінку ризиків та створити документацію відповідно до законодавчих та нормативних вимог, які повинні бути надані оператору та користувачеві системи. Ця документація повинна містити всю необхідну інформацію та інструкції з техніки безпеки для оператора, користувача та, за необхідності, для будь-якого обслуговуючого персоналу, уповноважений виробником системи.
- пристрій повинен бути придатним для відповідного застосування та умов навколишнього середовища без будь-яких обмежень;
- Використовуйте датчик лише у прийнятних умовах;
- Недотримання інструкцій з експлуатації або технічних параметрів може призвести до травмування людей або пошкодження обладнання;
- Виробник не несе відповідальності або гарантує будь-які наслідки у разі недотримання інструкцій, неправильного використання пристрою або втручання в роботу пристрою;
- Всі роботи з монтажу, налаштування, підключення, введення в експлуатацію та технічного обслуговування повинні виконуватися кваліфікованим персоналом, який має дозвіл на роботу на цьому технологічному обладнанні;
- Захистіть прилади та кабелі від пошкоджень.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

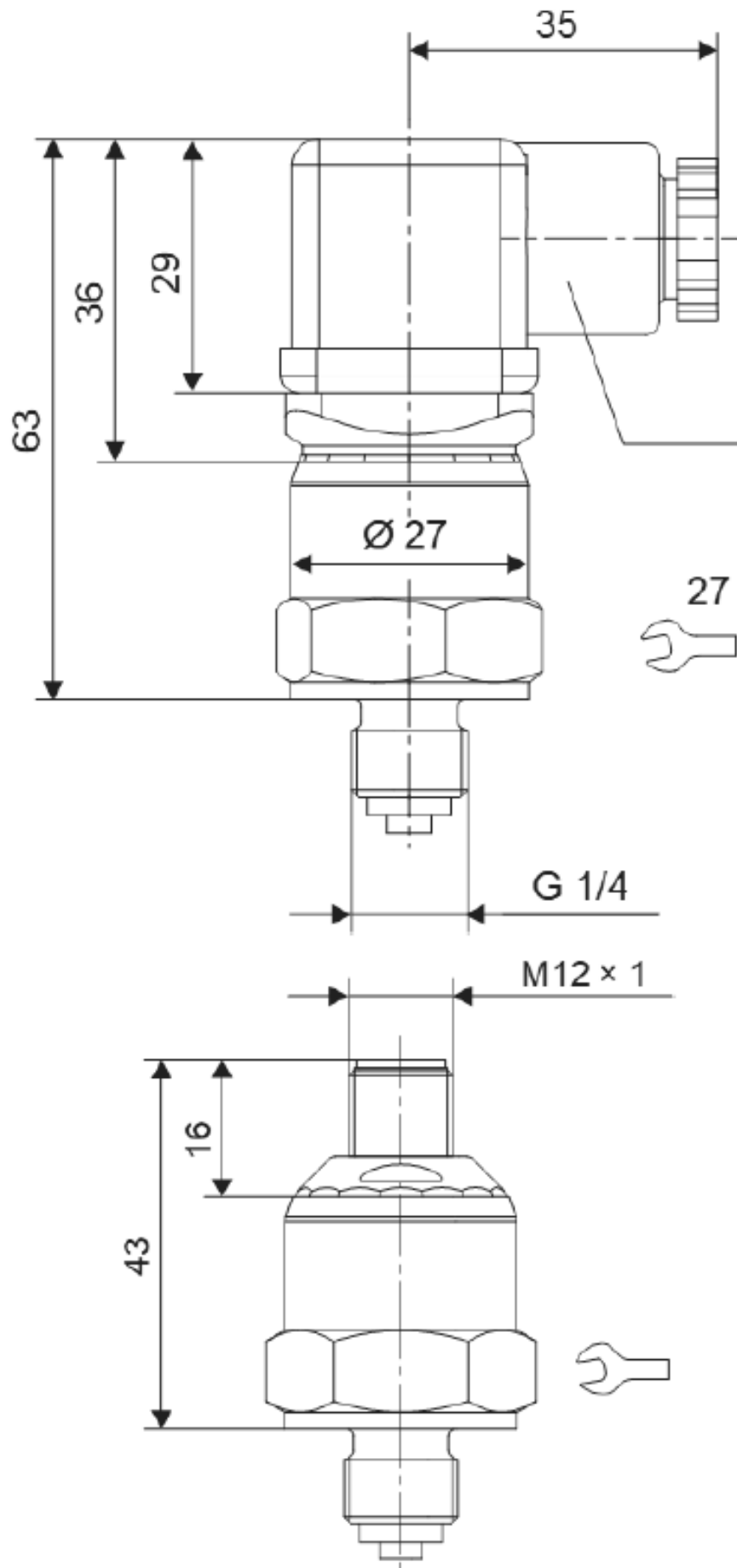


Рис.4. 2. Габаритні розміри датчику.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

51

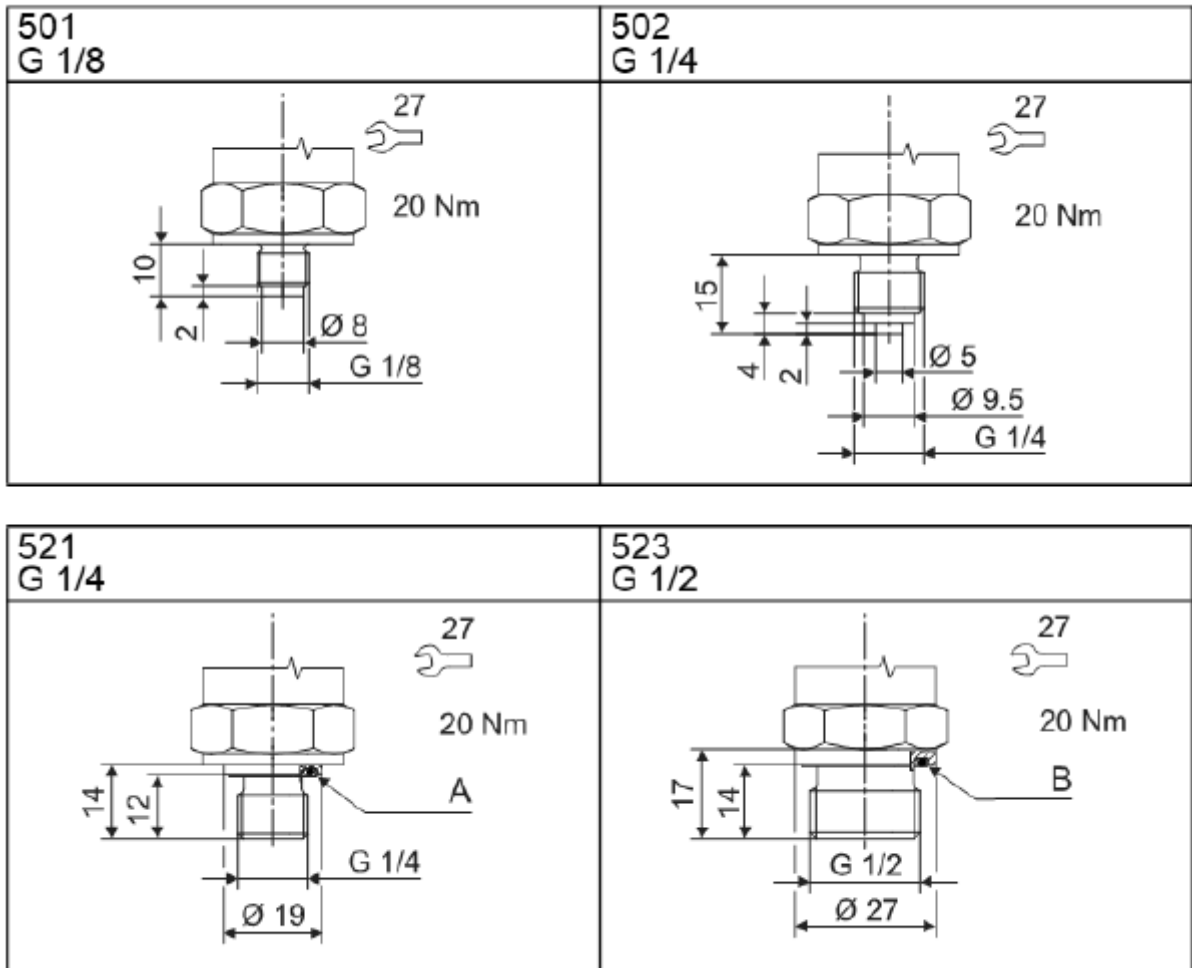


Рис.4.3. Приклад монтажу датчику.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

52

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

Програма для роботи системи автоматизації розроблена в програмі Unity Pro від Schneider Electric.



Рис.5.1. Логотип програмного забезпечення Unity Pro.

Система Unity Pro - це багатофункціональне програмне забезпечення для програмування, налагодження та оперативного управління ПЛК Modicon M340, Premium та Quantum, а також Atrium. який відповідає стандарту IEC 61131-3, визнав переваги пакетів PL7 та Concept, а також базується на відомих стандартах PL7 та Concept.

Unity Pro має повний набір готових функцій для підвищення продуктивності:

- нові вбудовані засоби діагностики.
- сучасний функціонал;
- оптимальна стандартизація, що дозволяє повторно використовувати розробки;
- численні інструменти для тестування програми та вдосконалення системи;

Unity включає спеціальне програмне забезпечення, яке має:

- природна комунікабельність.
- розробка та створення додатків з інтеграцією PLC / інтерфейс людина-машина.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Літ.	Арк.	Акрушів				
Розроб.		Самойленко Ю.Е.			53	7					
Перевір.		Заєць Н.А.			НУХТ АК-4-2						
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.									
Зав.кафедри		Ельперін І.В.									

- відкритість для розробки на C або VBA (Visual Basic для додатків);

Платформи автоматизації Modicon з технологією Transparent Ready на основі TCP / IP Ethernet та веб-технологіями мають рішення для оптимізації продуктивності. Послуги веб-сервера, електронна пошта, прямий доступ до бази даних, синхронізація пристрою, розподілене введення-виведення.

Робоча система інструментів Unity Pro дозволяє:

- настроювана панель інструментів та піктограми;
- функції перетягування та масштабування;
- вбудоване діагностичне вікно.
- прямий доступ до інструментів та інформації;
- 100% графічна конфігурація;

Розширений діапазон функцій:

- журнал історії операторів в системі Unity Pro, що зберігається у захищеному файлі;
- захист профілю користувача та пароля;

Емуляція ПЛК:

Вбудована функція емулятора PLC дозволяє точно відтворити поведінку програми PLC на вашому комп'ютері. Емулятор підтримує всі необхідні засоби налагодження для досягнення максимальної якості перед установкою:

- поступове впровадження програми;
- точки зупинку програми та контрольні точки змінних змін;
- Анімація в реальному часі для перевірки змінних та логіки під час роботи.
- Скорочення вимушеного простою.

Система інструментів Unity Pro підтримує бібліотеку DFB для діагностики роботи програми. Функціональні блоки, інтегровані в програму, використовуються (залежно від їх призначення) для контролю умов безпечної роботи та розвитку процесу в часі.

Вікно програми відображає в хронологічному порядку всі повідомлення про збої в системі та помилки програми з позначкою часу, коли вони сталися. В

У цьому вікні ви можете запустити редактор одним клацанням, щоб

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

усунути помилки в програмі (пошук помилок у вихідному тексті). Зміни, внесені в режимі онлайн, можна групувати в автономному режимі на комп'ютері та завантажувати безпосередньо в ПЛК, щоб усі зміни враховувалися за один цикл сканування. [10]

Переваги стандартизації:

Система інструментів Unity Pro має повний набір інструментів та функцій, необхідних для структурування додатків відповідно до характеристик процесу або блоку.

Програма розділена на ієрархічно розташовані функціональні блоки, що містять:

- програмна область;
- таблиці анімації;
- екрани операторів;
- гіперпосилання.

Основні часто використовувані функції можуть бути запрограмовані в спеціальних функціональних блоках (DFB) у IEC 61131.

Багаторазове використання модулів:

Всі модулі оптимізовані та відповідають вимогам, скорочуючи час розробки та налагодження на місці, одночасно оптимізуючи якість:

- функціональні модулі можуть бути використані повторно в додатку та застосовувати XML для імпорту / експорту між проектами;
- функціональні блоки легко «перетягуються» в проект з бібліотеки за допомогою «миші» - технології перетягування та перетягування;
- автоматичне оновлення копій блоків у телевізійних програмах при змінах у бібліотеці (за бажанням).

Також був розроблений алгоритм промислового логічного контролера (PLC) для запуску системи автоматизації випічки хліба в тунельній печі. Структурна схема алгоритму представлена на малюнку 5.2.

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



Рис.5.2. Блок-схема алгоритму роботи програми

Алгоритм програми:

Якщо натиснути кнопку пуску (1), усі виконавчі механізми повинні бути закриті (блок 2). Якщо виконавчі механізми закриті (блок 3), двигун конвєсєра (блок 4) включається. Потім включається таймер нагріву печі (блок 5), час нагрівання повинен становити 15 хв (блок 6), потім регулятор швидкості конвєсєра (блок 7), терморегулятор (блок 8) і регулятор вологості (блок 9) увімкнені.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Фрагмент програми на мові програмування ST:

```

IF Pusk OR (restart AND Pusk) THEN
    KL4g:=0.0;
    KL7v:=0.0;
    KL8g:=0.0;
    KL11g:=0.0;
    M1:=0.0;
    restart:=FALSE;
    Pusk:=FALSE;
    Step1:=TRUE;
END_IF;

IF Step1 THEN
    M1:=3000.0;
    Step2:=TRUE;
    Step1:=FALSE;
END_IF;

IF Step2 AND M1>=2800.0 THEN
    Timer1:=TRUE;
    Step3:=TRUE;
    Step2:=FALSE;
END_IF;

IF Step3 AND FBI_0.Q THEN
    Timer1:=FALSE;
    Timer2:=TRUE;
    Reg_Speed:=TRUE;
    Reg_Temperature:=TRUE;
    Reg_Humidity:=TRUE;
    Step4:=TRUE;
    Step3:=FALSE;
END_IF;

IF FBI_1.Q AND Step4 THEN
    Timer2:=FALSE;
    Reg_Speed:=FALSE;
    Reg_Temperature:=FALSE;
    Reg_Humidity:=FALSE;
    restart:=TRUE;
    Step4:=FALSE;
    M1:=0.0;
    KL4g:=0.0;
    KL7v:=0.0;
    KL8g:=0.0;
    KL11g:=0.0;
END_IF;

IF Stop THEN
    Timer1:=FALSE;
    Timer2:=FALSE;
    Reg_Speed:=FALSE;
    Reg_Temperature:=FALSE;
    Reg_Humidity:=FALSE;
    restart:=TRUE;
    Step4:=FALSE;
    M1:=0.0;
    KL4g:=0.0;
    KL7v:=0.0;
    KL8g:=0.0;
    KL11g:=0.0;
END_IF;

```

Рис.5.3. Фрагменти програми з програмного середовища Unity Pro.

Регулятори температури, швидкості обертання та вологості:

Вхід "EN" підключена змінна, яка запускає блок контролера, "PV" - змінна, яка вказує поточне значення регульованого параметра, "SP" - задане значення параметра, "Man_Auto" -автоматичний \ ручний режим (має два значення: 1 \ 0 або TRUE \ FALSE), "PARA" - блок налаштувань, "OUT" (вхід і вихід, також званий In-Out) - значення, яке ми регулюємо (% відкриття клапана, частота обертання двигуна).

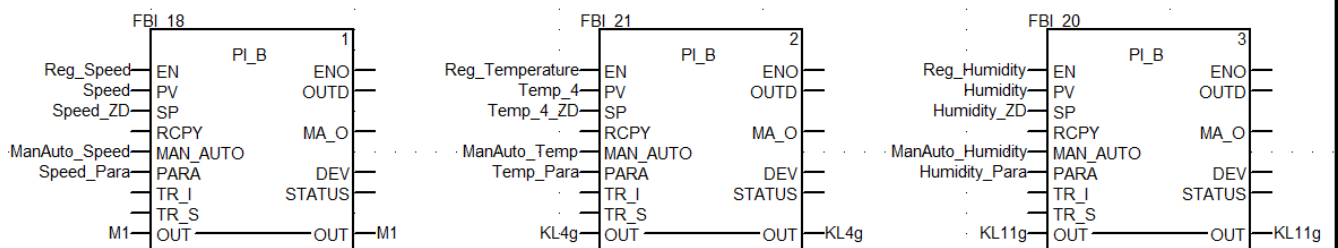


Рис.5.4. Блоки регуляторів на мові FBD.

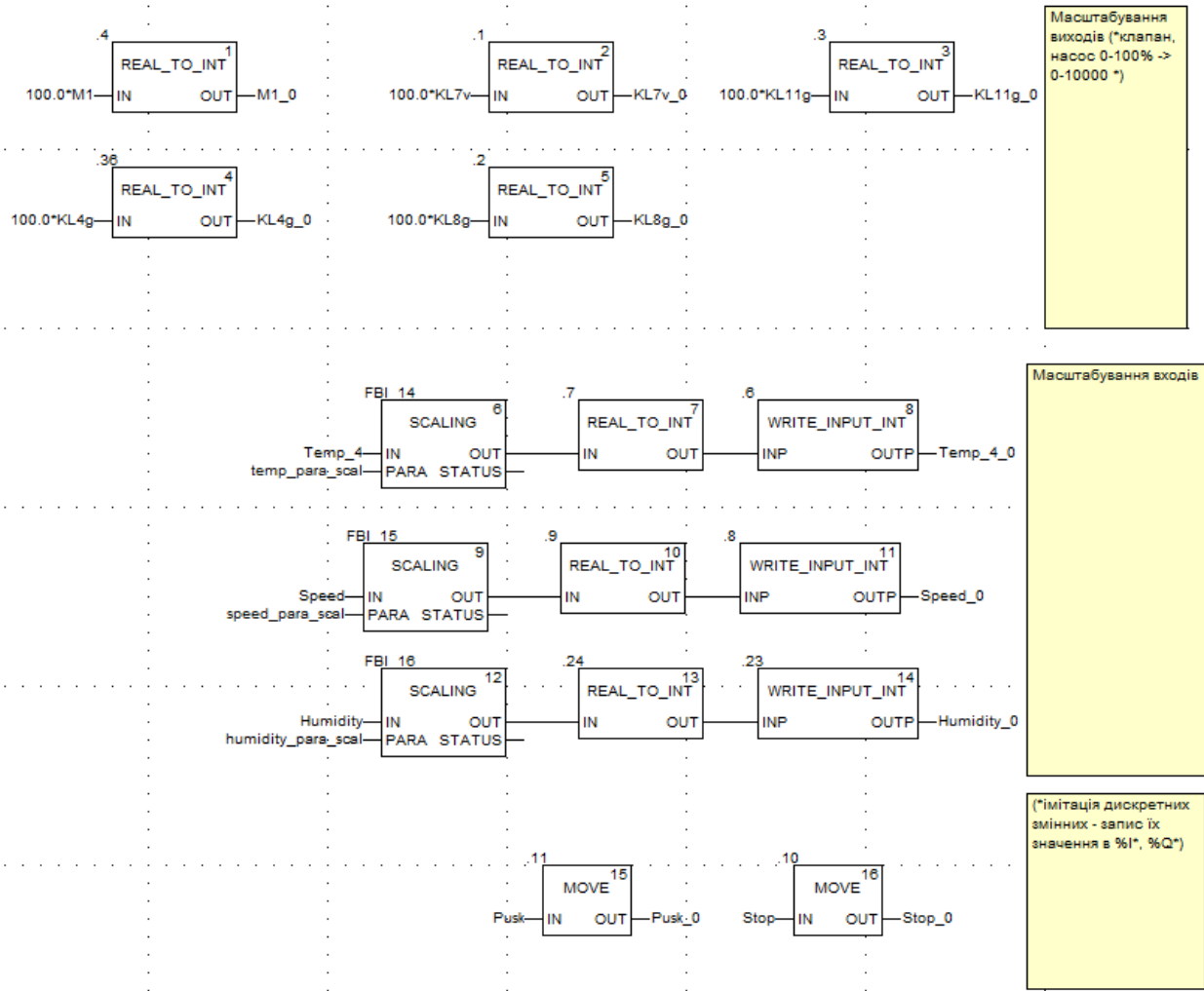


Рис.5.6. Блоки шкалювання змінних

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

В якості програмного середовища для розробки інтерфейсу HMI / SCADA було обрано програмне середовище Zenon SCADA.

Zenon - це простий у використанні, але потужний програмний пакет для систем автоматизації, розроблений світовим лідером у HMI / SCADA-рішеннях COPA-DATA. Він використовується багатьма компаніями по всьому світу в області візуалізації процесів, машинних операцій та управління виробництвом.

Zenon пропонує простий об'єктно-орієнтований дизайн, повну сумісність та інтеграцію в єдину систему пристроїв, від окремих терміналів до пунктів управління, рівень безпеки відповідає міжнародним стандартам. Його відкритість дозволяє швидко та ефективно підключати будь-яке апаратне та програмне забезпечення (наприклад, програми ERP). Чудово працює на промислових ПК та пристроях Windows CE. Розробник пропонує найновіші програмні інтерфейси, такі як VSTA та VBA.

SCADA - програмний пакет, призначений для розробки або забезпечення систем реального часу для збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління. SCADA може входити до складу ACS TP, ASKOE, системи моніторингу навколишнього середовища, наукового експерименту, автоматизації будівель тощо. SCADA-системи використовуються у всіх галузях економіки, де потрібно забезпечити операторський контроль над технологічними процесами в режимі реального часу. Це програмне забезпечення встановлюється на комп'ютерах і використовує драйвери вводу-виводу або сервери OPC / DDE для зв'язку з об'єктом. Код програми може бути написаний однією з мов програмування та сформований у середовищі проектування.

Іноді системи SCADA оснащуються додатковим програмним забезпеченням для програмування промислових контролерів. Такі системи

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Самойленко Ю.Е.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Заєць Н.А.</i>				60	4
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>			<i>НУХТ АК-4-2</i>		
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Ельперін І.В.</i>					

SCADA називаються інтегрованими, і до них додається термін SoftLogic.

Термін SCADA зазвичай позначає централізовані системи контролю та управління цілою системою або комплекси систем, що здійснюються за участю людини. Більшість контрольних дій виконуються автоматично RTU або PLC. Пряме управління процесом зазвичай забезпечується RTU або PLC, а SCADA контролює режими роботи.

Наприклад, PLC може контролювати потік охолоджуючої води в рамках частини виробничого процесу, а система SCADA може дозволяти операторам змінювати налаштування потоку, змінювати маршрути рідини, наповнювати певні резервуари та контролювати повідомлення про тривогу, такі як втрата потоку та високий температури. відобразитися, записуватись і на що оператор повинен своєчасно реагувати. Цикл управління зворотним зв'язком проходить через RTU або PLC, тоді як система SCADA контролює повне виконання циклу.

[11]

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

Таблиця даних SCADA/HMI:

Status	Name	Id	M	Net address	Data block	Offset	Bit num	Align	Symbol	Drivers	Data Type	Decimals	Start offset
	Клапан			0	0		0			MODRTU32 - Modb...	BOOL		0
	T1_LT1			0	0	100	0	0		MODRTU32 - Modb...	INT	1	
	T_SB1			0	0	15	0	0		MODRTU32 - Modb...	BOOL		0
	Температура			0	0	0	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL	0	0
	Температура[1]			0	0	0	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL	0	0
	Температура[2]			0	0	1	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL	0	0
	Температура[3]			0	0	2	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL	0	0
	Температура[4]			0	0	3	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL	0	0
	Пив			0	0					Intern - Driver for int...	Tawk		0
	Тиск			0	0					MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Тиск[1]			0	0	0	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL	0	0
	HEA_TC1_SP			0	0	202	0	0		MODRTU32 - Modb...	REAL	2	
	Мотор			0	0					MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Мотор[1]			0	0	0	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL	0	0
	Витрата			0	0					MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Витрата[1]			0	0	0	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL	0	0
	Витрата[2]			0	0	1	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL	0	0
	Швидкість			0	0					MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Швидкість[1]			0	0	0	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL	0	0

Рис.6.1. Таблиця змінних використаних при розробці SCADA/HMI.

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора:

Система автоматизації в нормальному стані:

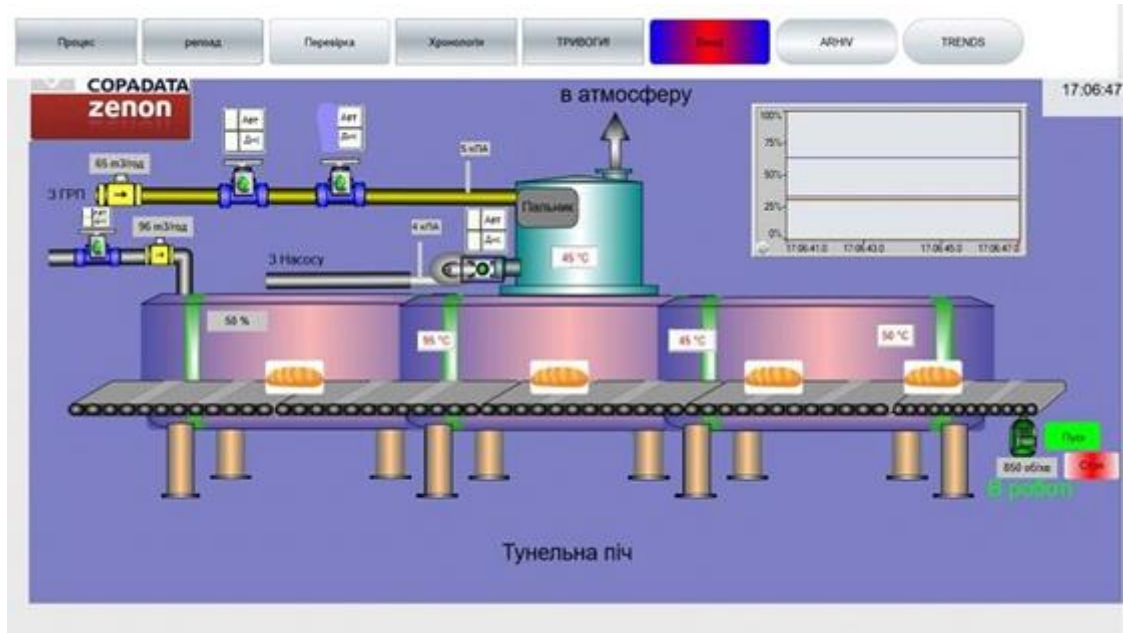


Рис.6.2. Система автоматизації в нормальному стані.

Вкладка хронологія системи автоматизації. На цьому вікні відображаються всі події в хронологічному порядку:

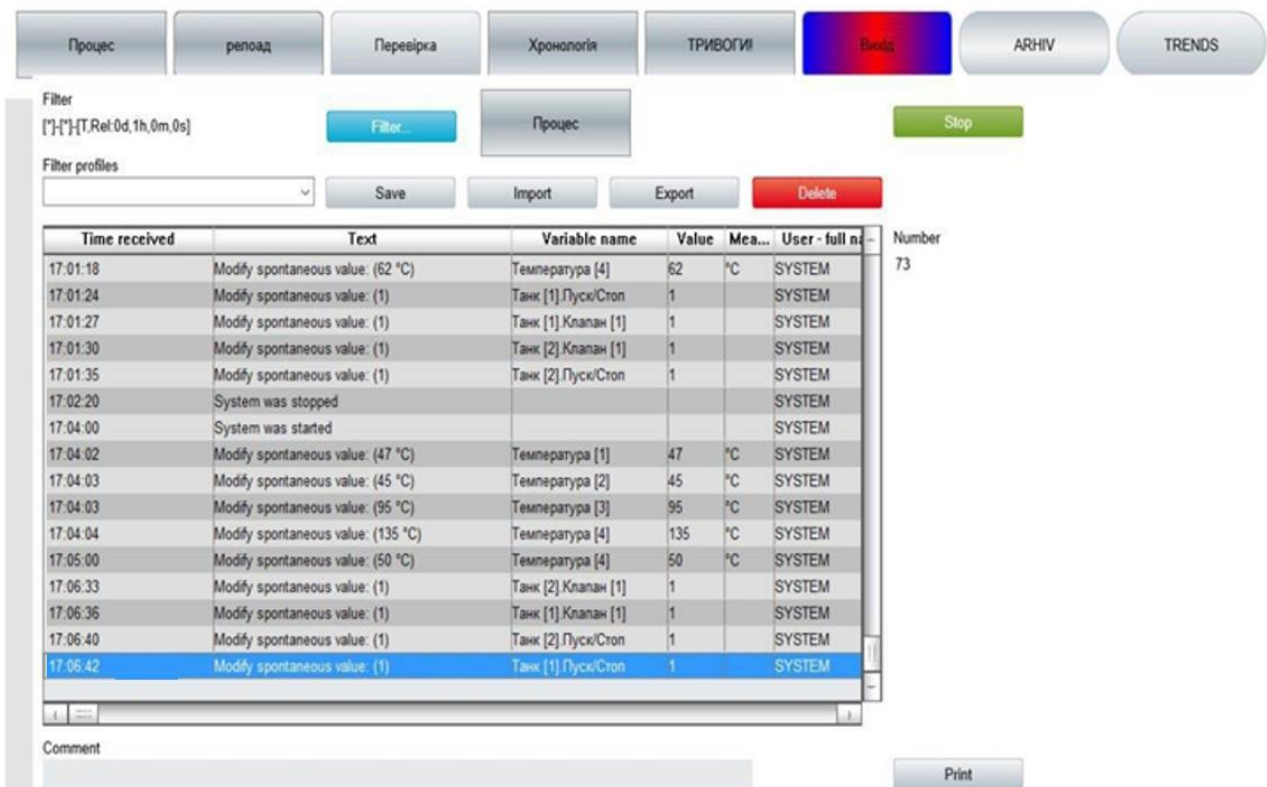


Рис.6.3. Вкладка хронології.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

62

Вкладка трендів системи автоматизації. На цьому вікні представленні у вигляді графіків всі зміни контролюючих параметрів.

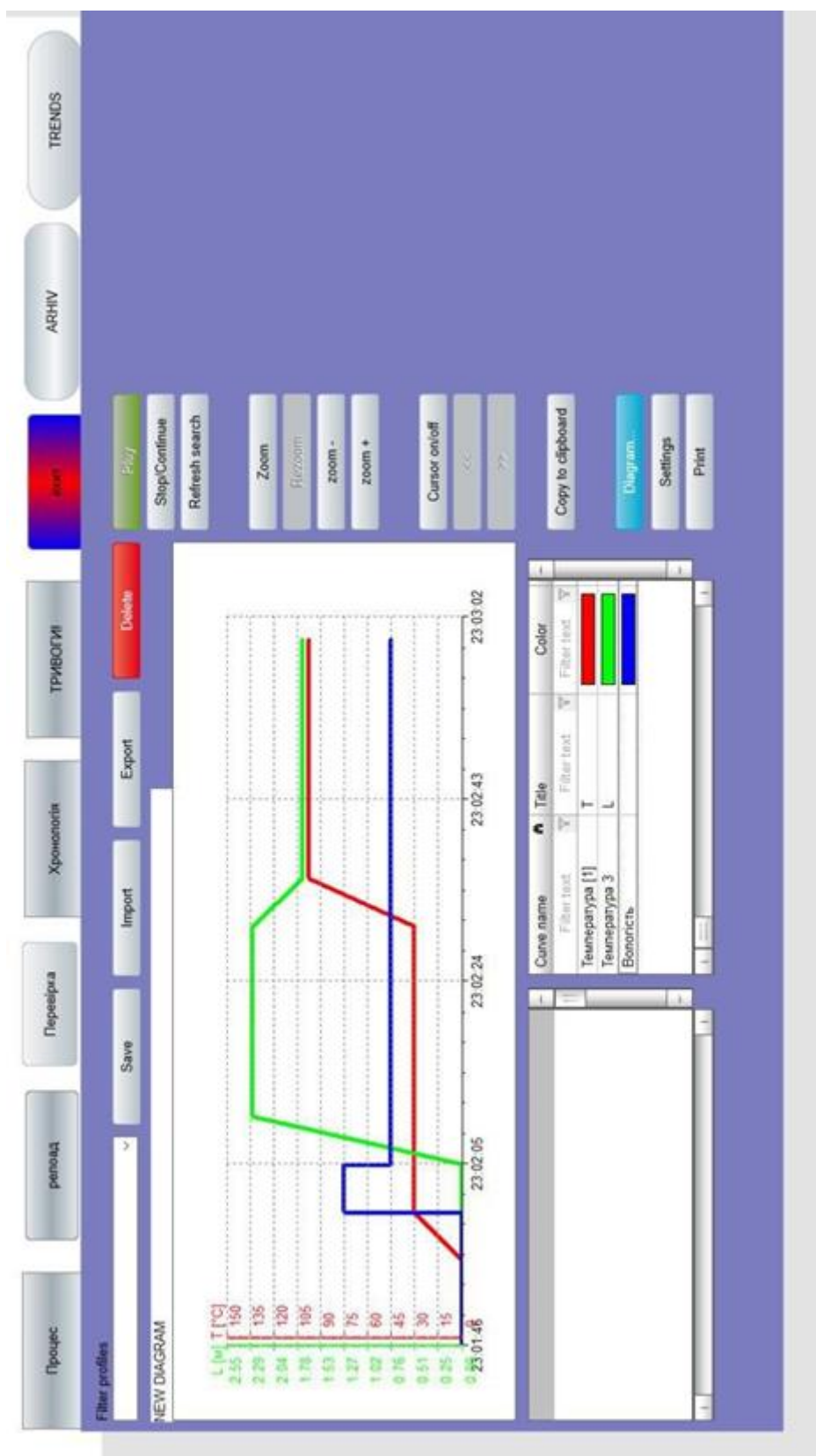


Рис.6.4. Вкладка трендів.

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

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.

7.1. Постановка задачі дослідження.

Комп'ютерне моделювання - це інструмент математичного моделювання, що використовується для вивчення складних систем. Комп'ютерні моделі використовуються для отримання нових знань про об'єкт або для наближення поведінки систем, занадто складних для аналітичних чи польових досліджень.

У дипломному проекті здійснюється комп'ютерне моделювання для підсистеми управління технологічною змінною для наступних завдань:

- визначення оптимальної структури та / або параметрів SAR;
- вивчення властивостей ПАР (стійкість, якість, енергоємність);
- вивчення SAR технологічними об'єктами, що працюють в умовах нестационарності / нелінійності / невизначеності тощо [12]

Постановка задачі: Для системи автоматизації технологічних процесів у тунельній печі визначити оптимальні налаштування ПІ та ПІД-регуляторів.

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.

В даному дипломному проекті за систему регулювання було взято АСР тунельній печі.

Визначимо передаточні функції (передаточні функції та структурну систему об'єкта було взято з довідника по теорії автоматичного керування для типового процесу в тунельній печі):

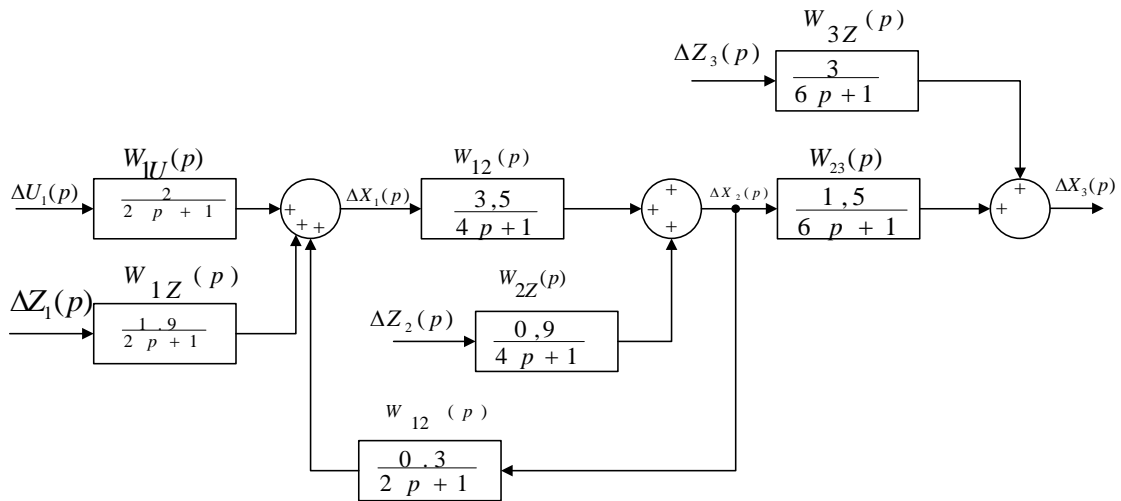
$$W_{1U}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{2}{2p+1}; W_{1Z}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta Z_1(p)} = \frac{1,9}{2p+1}; W_{21}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0.3}{2p+1};$$

$$W_{2Z}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta Z_2(p)} = \frac{0.9}{4p+1}; W_{12}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta X_1(p)} = \frac{3,5}{4p+1};$$

$$W_{23}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{1.5}{6p+1}; W_{3Z}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta Z_3(p)} = \frac{3}{6p+1};$$

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Самойленко Ю.Е.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Заєць Н.А.				64	5
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.			НУХТ АК-4-2		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.					

Складаємо структурну схему об'єкта:



7.3. Моделювання САР

Настройка ПД- регулятора

Наближеним методом розрахунку параметрів настройок регуляторів є метод *незагасаючих* коливань (в технічній літературі його називають методом Ціглера-Нікольса). Замкнену систему автоматичного регулювання з П-регулятором переводять в режим автоколивань за допомогою збільшення $K_{рег}$. Якщо в системі працює ІІ-регулятор, то $T_i \rightarrow \infty$, при ПД-регуляторі $T_i \rightarrow \infty$, $T_d \rightarrow 0$. Для отримання автоколивань визначають критичні значення $K_{рег}^{крит}$ і період $T_{п}^{крит}$. Тоді наближеними параметрами настройки ПД-регулятора будуть :

Параметры типовых регуляторов

	$k_{п}$	$k_{и}$	$k_{д}$
П-регулятор	$0,50k_{п}^*$		
ПИ-регулятор	$0,45k_{п}^*$	$0,54k_{п}^*/T^*$	
ПИД-регулятор	$0,60k_{п}^*$	$1,2k_{п}^*/T^*$	$0,075k_{п}^*T^*$

Для цього знаходимо $K_{р}$ критичне, при якому система знаходиться на межі стійкості .

$K_{п крит}=1,103$. $T_{п}=12,8$ (с).

Для ІІ-регулятора настройки будуть наступними:

$K_{п} = K_{п(крит)} * 0,45 = 1,103 * 0,45 = 0,49635$

$K_{и} = (0,54 * K_{п(крит)}) / T_{п} = 0,54 * 1,103 / 12,8 = 0,04653$

Для ПД-регулятора настройки будуть наступними:

$$K_p = K_p(\text{крит}) * 0,6 = 0,6618$$

$$K_i = (1,2 * K_p(\text{крит})) / T_p = 0,1034$$

$$K_d = 0,075 * K_p(\text{крит}) * T_p = 1,05888$$

Зменшення коефіцієнта передачі регулятора дозволяє забезпечити необхідний запас стійкості, хоча в цілому отримані настройки не гарантують досягнення екстремуму показника якості, наприклад, інтегрального критерію.

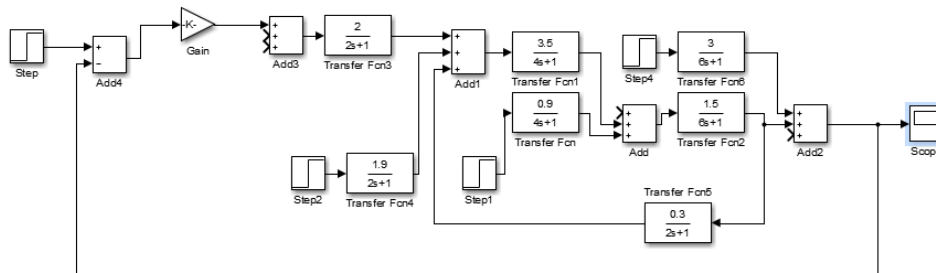


Рис. 7.1. Структурна схема АСР з П-регулятором

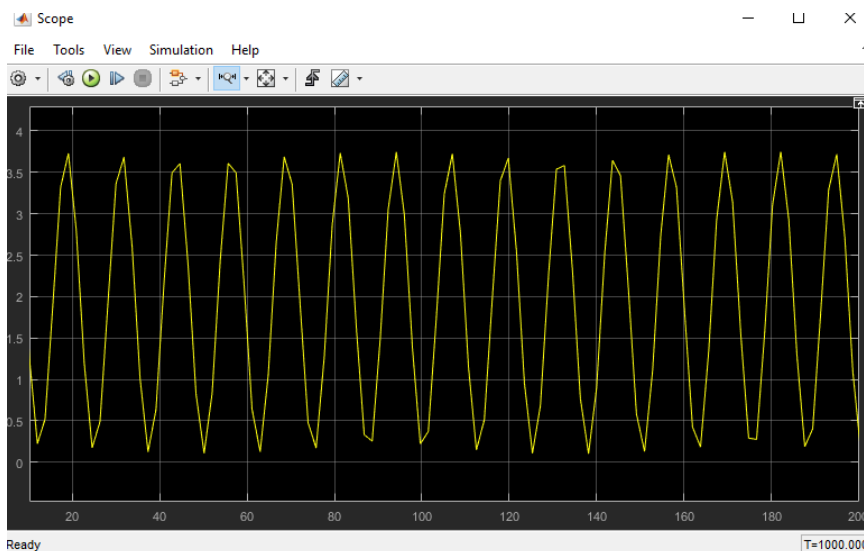


Рис.7.2. Перехідний процес АСР з П-регулятором на межі стійкості

$$(K_p(\text{крит.})) = 1,103$$

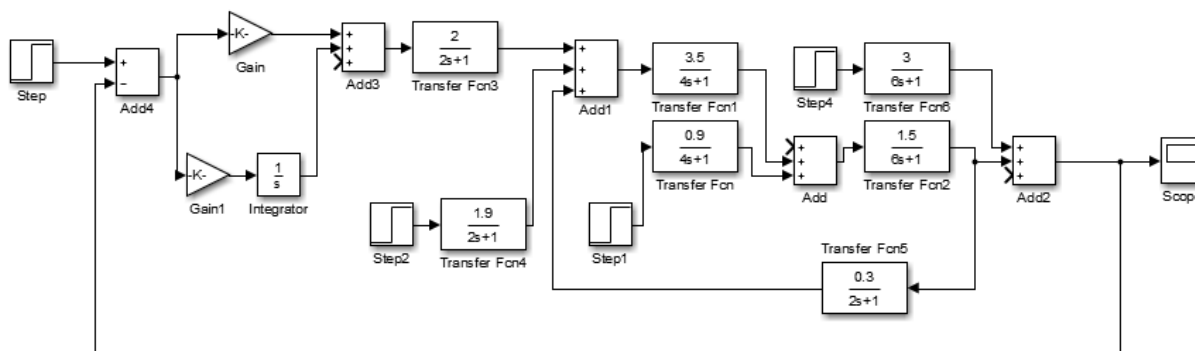


Рис.7.3. Структурна схема АСР з ПІ-регулятором

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

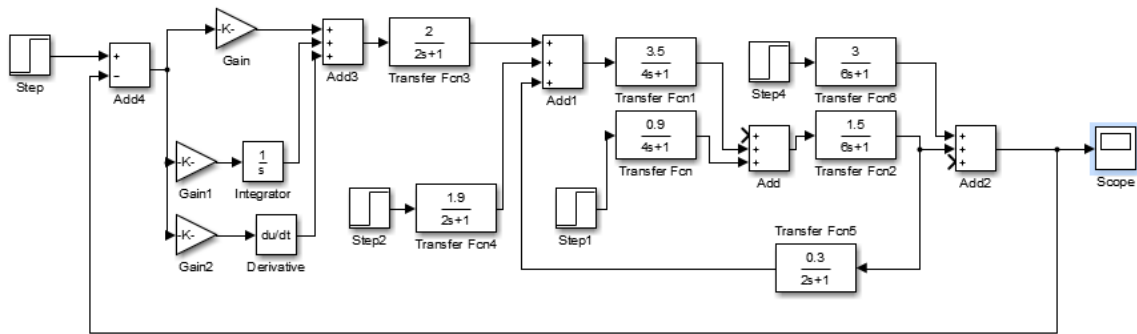


Рис.7.4. Структурна схема АСР з ПІД-регулятором

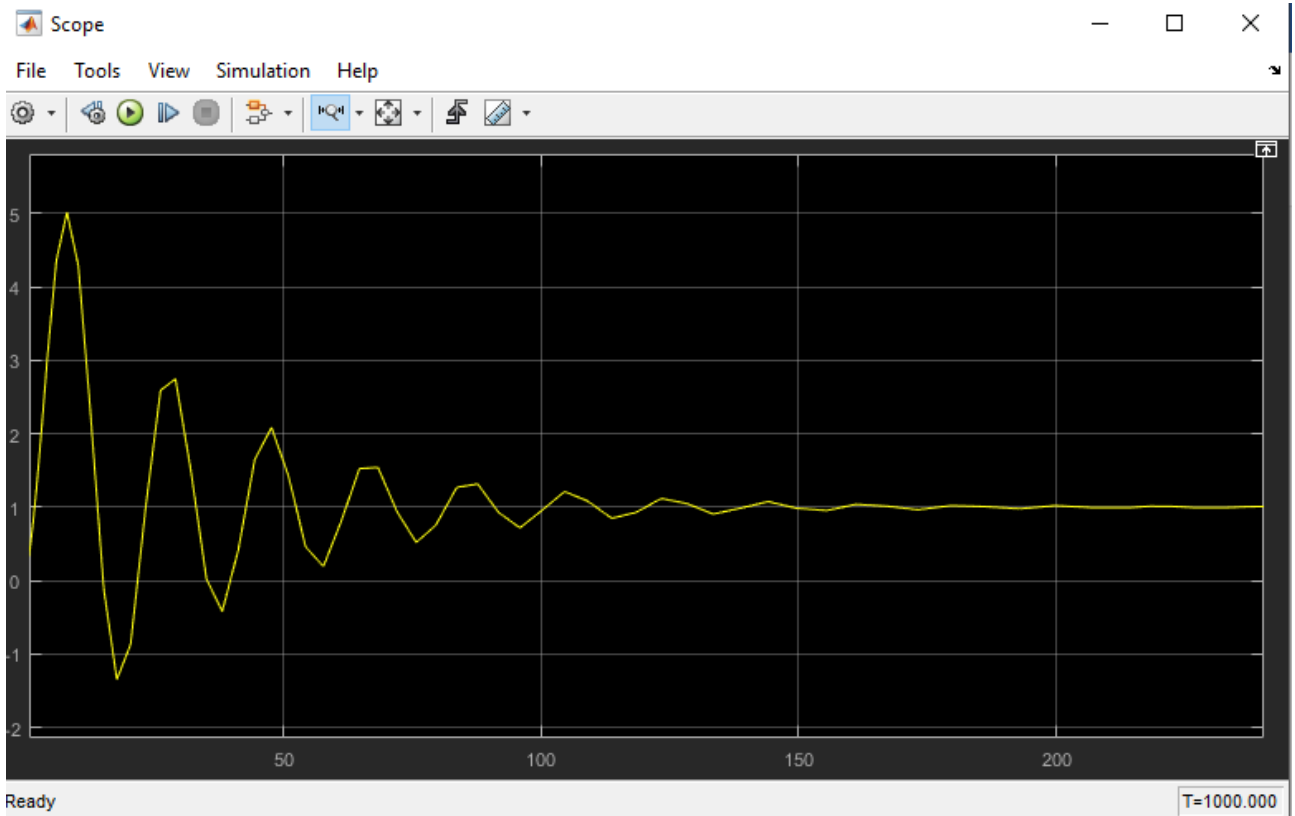


Рис.7.5 Перехідний процес з ПІ-регулятором (оптимальні настройки)

$$\psi = (A1 - A3) / A1 = (5 - 2,8) / 5 = 0,44;$$

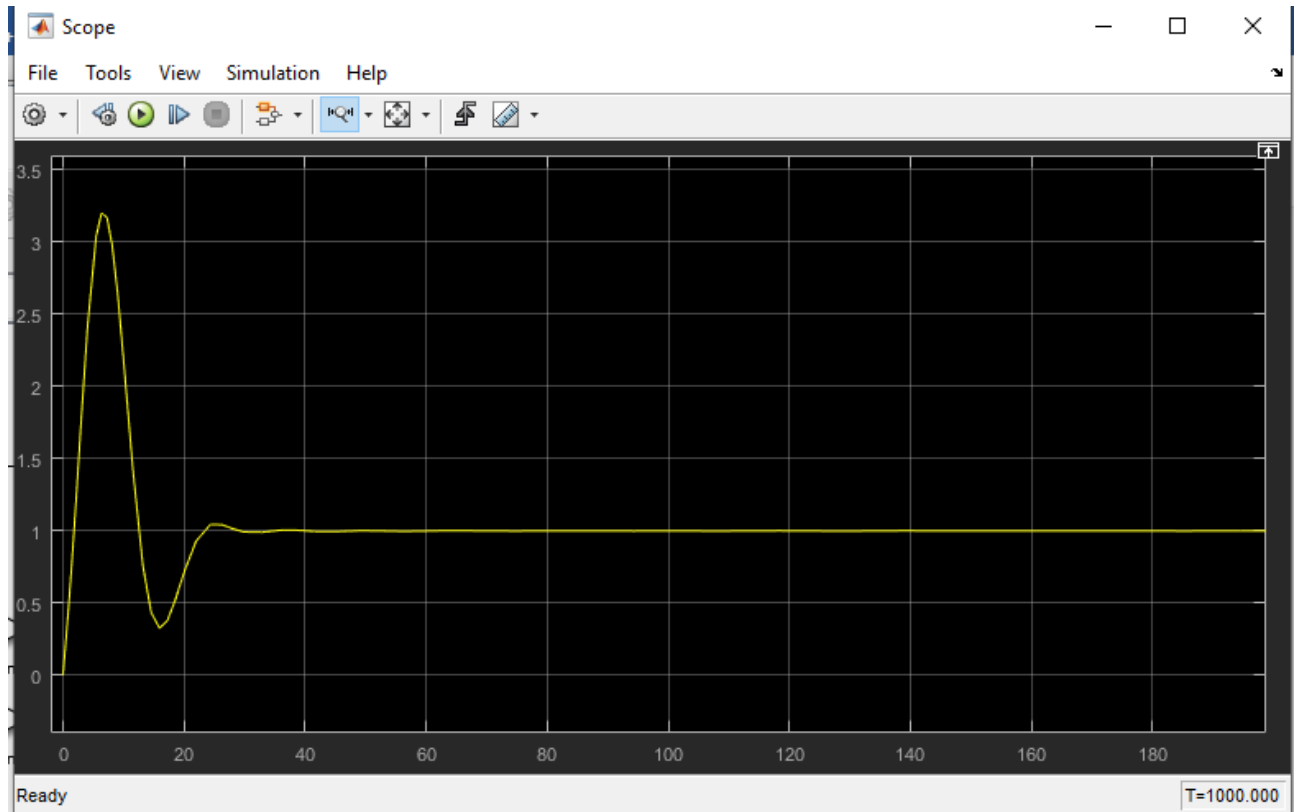


Рис.7.6. Перехідний процес АСР з ПД-регулятором.

$$\psi = (A1 - A3) / A1 = (2,2 - 0,1) / 2,2 = 0,95;$$

Висновок: В даному розділі була складена структурна схема АСР тунельної печі. Після встановлення коеф. настройки регуляторів в структурну схему і отримання перехідних процесів для ПІ та ПД регуляторів. З графіків можна сказати, що найкраще справився із задачею ПД регулятор, тому що він має підходящу ступінь затухання та малу динамічну похибку. Робимо висновок, що використання ПД- регулятора в даному випадку доцільне.

Висновки

У кваліфікаційній роботі розглядалася система автоматизації технологічного процесу в печі. Була розроблена автоматизована система управління (САУ) на базі контролера Modicon M340 французької компанії Schneider Electric.

Для нашого закладу датчики використовувались для вимірювання таких параметрів, як: температура (термометри опору), тиск (датчики тиску), витрата (витратоміри), вологість (вологоміри).

Всі пристрої сумісні для роботи в парі з вибраним нами контролером, що дозволило реалізувати роботу всього об'єкта на робочій станції оператора.

Також розробляються алгоритм роботи об'єкта і блок-схема за алгоритмом, реалізується програма роботи об'єкта, вибираються пристрої для підключення до контролера, наводяться схеми підключення, складається таблиця специфікації технологічних засобів, SCADA / HMI для оператора був розроблений і впроваджений відповідно. використання програмного забезпечення Zenon SCADA від COPA-DATA.

У майбутньому доцільно модернізувати обладнання на новіше, оскільки застаріле обладнання зазнає збитків у прибутках компанії порівняно з новітніми технологіями. Тому рекомендується модернізувати САУ після досягнення певного прибутку та окупності, щоб збільшити прибуток компанії та підвищити ефективність системи.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Список використаної літератури

1. Проектування систем автоматизації. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів напряму 6.050202 денної та заочної форм навчання [Текст]/ Уклад. В.М. Сідлецький, В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2013 (регістраційний номер 100.19-02.07.2013).
2. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник [Текст]/ В.Г. Трегуб. – К. Видавництво: Ліра-К, 2015.
3. Емельянов А.И. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие по содержанию и оформлению проектов [Текст] / А.И. Емельянов, О.В. Капник. – М.: Энергоатомиздат. – 1983. – 400 с.
4. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 [Текст]/ А.Л. Нестеров. –СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
5. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 [Текст]/ А.Л. Нестеров. –СПб.: Издательство ДЕАН. –2009. – 944 с.
6. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник [Текст]/ І.В. Ельперін. – К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
7. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник [Текст]/ Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І. В., Цюцюра В.Д. – К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
8. Дробот.В. І. Технологія хлібопекарського виробництва : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. І. Дробот. – К. : Логос, 2002. – 365 с.
9. Виробництво хлібу. URL: <https://foodtechnology.pro/tehnologiya-virobnitstva-hliba> [1];
10. Технологічна схема хлібопекарської печі марки «Gostal». URL: <https://mydocx.ru/3-55174.html> [2];
11. TAA431. URL: <https://www.ifm.com/ru/ru/product/TAA431> [3];
12. Jumo Midas 401001. URL: <http://reinsoft.com.ua/ru/datchiki-davleniya-jumo-midas-401001.html> [4];

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

13. FLUXUS G800. URL: <https://www.flexim.com/ru/ustroystva/stacionarnyy-rashodomery-gazov/fluxus-g800> [5];
14. РОСА. URL: <https://chemtest.com.ua/ua/izmeritel-vlazhnosti-i-temperature-vozduha-rosa-ua> [6];
15. TE-6K-TK-2. URL: <https://v-kip.com/tahometr-elektronny-te-6k-tk-2-24v-d> [7];
16. Danfoss VLT 2800. URL: <http://danfoss.net.ua/products/4285/4385.html> [8];
17. M340. URL: <https://www.se.com/ua/uk/product-range-presentation/1468-modicon-m340> [9];
18. Unity Pro. URL: <https://www.se.com/ua/ru/product-range/548-unity-pro-%28ecostruxure%E2%84%A2-control-expert%29/> [10];
19. Zenon SCADA. URL: <https://www.copa-data.com.ua/> (дата звернення 23.05.2020) . [11];
20. Системна задача управління біотехнологічними процесами / А. П. Ладанюк, В. Д. Кишенько, О. А. Ладанюк // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. - 2006. - № 1. - С. 154-158. [12];
21. 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. [13].

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		