

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)

«___» лютого 2021 р.

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

«___» лютого 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 технологічного процесу в хлібопекарській печі»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗАК-5-1

_____ Некращук Олег Романович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Смітюх Ярослав Володимирович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

(прізвище та ініціали) (підпис)

(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____ Мошенський А.О. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

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 9 листопада 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Некращук О.Р.

_____ (підпис)

Керівник роботи Смітюх Я.В.

_____ (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
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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. Специфікація засобів автоматизації	16
2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів.....	18
Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК	31
3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера.....	31
3.2. Загальна схема підключення.....	39
3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів.....	44
Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів	47
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	51
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	58
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	59
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	60
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання ...	62
Висновки	66
Список використаної літератури	67

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

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 цілісної 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 технологічними процесами та виробництвом загалом, включаючи створення систем організаційного управління, 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.

На сьогоднішній день 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 роботи пекарень, заощадити сировину.

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

В даний час без сучасних автоматичних систем управління, які вловлюють напрямок зміни параметрів, таких як температура в камері печі та відповідно до керування роботою пальника, піч не змогла б стабільно підтримувати температуру в камерах, що в свою чергу призводить до виробництва продукція з непотрібним показником якості.

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

У цьому дипломному проєкті метою є розробка автоматизованої системи управління технологічними процесами випікання хліба. [1]

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

Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації

1.1. Аналіз технологічної дільниці як об'єкта автоматизації

У якості об'єкта автоматизації у нашій кваліфікаційній роботі виступає хлібопекарська піч тунельного типу марки "Gostal".

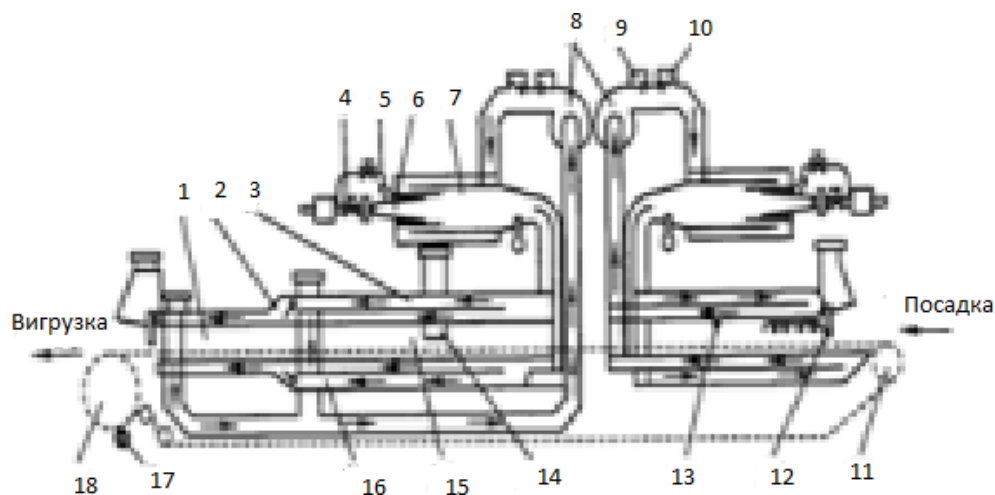


Рис. 1.1 Технологічна схема печі, де 1-пекарна камера; 2,3,16-металеві канали; 4-регулюючий кран; 5- запальник; 6-пальники; 7-топки; 8-димососи; 9,10,14-клапани; 11-натяжний барабан; 12-підйомні дверцята; 13-поворотний фартух; 15-патрубок; 17- металева кругла щітка;18-приводний барабан.

Тунельна піч марки Gostal розташована в головному відділенні хлібозаводу в приміщенні ТС-L2. Газові 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 на пекарні значною мірою залежить від роботи пекарських печей .

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Некращук О.Р.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу в хлібопекарській печі	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Смітюх Я.В.					9	5
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.			НУХТ ЗАК-5-1			
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

Тунельна піч для випікання марки Gostal призначена для випічки широкий асортимент зернових хлібів (включаючи суміш житнього та пшеничного борошна) та хлібобулочних виробів. Зроблено в Словенії. Випікання продуктів у духовці відбувається на рухомому стрічковому конвеєрі.

Тунельні хлібопекарські печі з газовим нагріванням мають переваги перед іншими типами печей - вони легко автоматизуються, забезпечують підтримку оптимальних параметрів пекарської камери під час процесу 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 топочної частини (тунелю), топки з факелом, розподільних та зворотних каналів із запобіжними затворами та вентилятором та приводної частини з конвеєрною стрічкою.

Піч має два незалежних контури опалення, кожен з яких обладнаний окремою піччю для спалювання палива. Нагрівання пекарської камери здійснюється за рахунок рециркуляційних газів, продукту 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 для спалювання 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.
						10
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

змішування печі для охолодження її стінок і зниження температури димових газів. Обидві системи опалення оснащені лічильниками тяги для контролю тяги в печах, термопарами та термостатами для вимірювання температури газів у торці камер камери згоряння, вибуховими клапанами та електромагнітним клапаном для зупинки подачі газу до пальників у разі зупинки диму або тиск подачі 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 приплив 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 встановлені оглядові вікна для огляду конвеєра та контролю за випічкою, а також термостати для контролю температури навколишнього середовища пекарної камери.

Основними перевагами печі є:

- універсальність - здатність випікати хліб як із пшеничного, так і із 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 надлишку вологи хлібопекарська камера підключена двома випускними отворами та повітропроводами до системи вентиляції підприємства.
- Піч оснащена двома системами опалення.
- Інжекційні пальники використовуються для спалювання газу середній тиск

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 направляється 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 згоряння, вибуховими клапанами та електромагнітним клапаном для зупинки подачі газу до пальників у разі зупинки диму або тиску подачі газу нижче допустимого.
- Перед тим, як запустити піч, систему продувають 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.
								12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

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 процесу в печі складається з контурів для вимірювання, сигналізації та регулювання температури, тиску, витрати та вологості.

Контур вимірювання температури:

Вимірювання та регулювання температури відбувається в 3 зонах печі. Вимірюємо термометрами опору pt100, сигнал від датчиків передається на вторинні перетворювачі ТАА431 (1б, 2б, 3б), сигнал передається з датчиків на модуль аналогових входів ІРС, сигнал обробляється в програмі і служить додатковою інформацією для автоматизації.

Контур вимірювання та управління температурою:

Температура вимірюється і регулюється в камері згорання. Вимірний термометром опір pt100, сигнал від датчика передається на вторинний перетворювач ТАА431 (4б), сигнал передається з датчика на аналоговий вхідний модуль ІРС, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є невідповідність встановленому значенню. сигнал 4-20 мА, який подається на електропневматичний перетворювач Samson 6111 (4в), сигнал 4-20 мА перетворюється на пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, який в свою чергу подається на пневматичний клапан Samson 3110 (4г), який регулює подачу газу в камеру.

Контур вимірювання та регулювання шкідливості оборотів двигуна:

Вимірний за допомогою тахометра ТЗ-6К-ТК-2, сигнал передається від датчика до модуля аналогових входів МПК, де сигнал обробляється в програмі, і при наявності невідповідності із заданим значенням, вихід ІРС - це керуючий

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Некращук О.Р.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу в хлібопекарській печі	Лім.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Смітюх Я.В.					14	17
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ ЗАК-5-1		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

сигнал 4-20 мА, який надходить на перетворювач частоти Danfoss VLT 2800 (5в), який контролює швидкість двигуна М1.

Контур вимірювання та контролю тиску:

Вимірювання та регулювання тиску відбувається в газопроводі подачі газу. Виміряний за допомогою датчика тиску JUMO MIDAS 401001 (7а), сигнал передається від датчика в модуль аналогових входів ІРС, сигнал обробляється в програмі, і якщо є розбіжність із заданим значенням, вихідний ІРС є контрольний сигнал 4-20 мА на електропневматичному перетворювачі Samson 6111 (7б), сигнал 4-20 мА перетворюється на пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, який в свою чергу подається на пневматичний клапан Samson 3110 (7в), який регулює подачу повітря в камеру.

Контур вимірювання тиску:

Вимірювання та регулювання тиску відбувається в трубопроводі подачі повітря. Виміряний за допомогою датчика тиску JUMO MIDAS 401001 (9а), сигнал передається від датчика в модуль аналогових входів ІРС, сигнал обробляється в програмі, і якщо є розбіжність із заданим значенням, то на виході ІРС, сигнал обробляється в програмі і служить додатковою інформацією для роботи системи автоматизації.

Контур вимірювання та управління витратою:

Вимірювання та регулювання витрати відбувається в трубопроводі подачі газу. Виміряний за допомогою витратоміра FLUXUS G800 (8б), сигнал подається від датчика до модуля аналогових входів ІРС, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є розбіжність із встановленим значенням, вихід ІРС становить контрольний 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 подачу газу в камеру.

Контур вимірювання витрати:

Вимірювання та регулювання витрати відбувається в трубопроводі подачі повітря. Виміряний за допомогою витратоміра FLUXUS G800 (10б), сигнал

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

подається від датчика до модуля аналогових входів ІРС, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є розбіжність із заданим значенням, то на виході ІРС, сигнал обробляється в програмі. робота системи автоматизації.

Контур вимірювання та контролю вологості:

Вологість вимірюється в тунельній печі. Вимірний за допомогою датчика вологості ROSA (11б), сигнал передається від датчика на аналоговий вхідний модуль ІРС, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є невідповідність із заданим значенням, вихід ІРС є контрольний сигнал 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. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1

№ п. п.	№ Поз-иції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
1	1б,2б, 3б,4б	Вторинний перетворювач температури Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50...600 °С, Клас точності-0,25.	TAA431	С	4	ІFM, Німеччина
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

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

№ п. п.	№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
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
7	8б,10б	Витратомір газу FLUXUS G800. Корпус для польових умов під відкритим небом - зона 1 АTEX; 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.	FLUXUS G800	л\год м3\год	2	FLEXIM, Німеччина

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

8	116	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.	РОСА	Шт.	1	VOLOG A AIR
9	5в	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;	Danfoss VLT 2800		1	Danfoss, Данія

2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів

Температура:

Для вимірювання температури в нашому дипломному проекті були обрані датчики температури ТАА431.



Рис.2.1. Зовнішній вигляд датчику температури ТАА431.

Електронний датчик температури, зонд Pt1000 46,5 мм (нержавіюча сталь), діапазон -10 ... + 150 ° С, підключення до процесу G¹/₄ нар, 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;

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

- Особливості: для AS-інтерфейсу;
- Позначення: TAA060CCDR14-ASIVG / US
- 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-і;
- Електрична версія: AS-I;
- Захист на виході: 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.

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

Тиск:

Для вимірювання тиску були використані перетворювачі тиску Jumo Midas 401001.



Рис.2.2. Зовнішній вигляд датчика тиску Jumo Midas 401001.

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 В. 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 серії передавачів тиску JUMO MIDAS, яка вже безліч разів зарекомендувала себе. В основному автоматична послідовність виробництва (цифрова компенсація та калібрування модуля датчика) зменшує час виробництва та виробничі витрати.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Надійний:

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

Універсальний:

- Різні матеріали для технологічних з'єднань, ущільнювальних матеріалів, придатних для конкретного застосування, та електричних з'єднань;
- Програми;
- Компресори;
- Машинобудівне та заводське машинобудування;
- Промислова пневматика;

Витрата:

Для вимірювання витрати були використані витратоміри FLUXUS G800.



Рис.2.3. Зовнішній вигляд датчику витрати FLUXUS G800.

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

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Принцип дії:

Для вимірювання потоку середовища використовують ультразвукові сигнали, що використовують так званий метод 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. З урахуванням перерізу профілю потоку пристрій обчислює швидкість потоку через поперечний переріз, яка пропорційна обсягу потоку.

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;
- Блок живлення 100 ... 240 В 50/60 Гц, 12 ... 36 В пост. Струм;
- Робоча температура: електронний блок -40°C ... $+60^{\circ}\text{C}$;
- верхній датчик -55°C ... $+150^{\circ}\text{C}$ (залежно від типу);
- Вимірювальні канали 1 канал або 2 канали;
- Вимірювальні функції об'єму / маси лічильника, об'єму / маси витрати, витрати;
- Ступінь пилозахисту електронного блоку G800: IP66;
- Ступінь пилозахисту верхніх датчиків IP67 (опція IP68);
- Опції та наявність аналогових виходів базових виходів: 1 × струм, 2 × реле,

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

- опції: виходи: 0/4 ... 20 мА, реле;
- Інтерфейс зв'язку Modbus RTU (через інтерфейс RS485) (додатково), HART (додатково);
- маркування вибухозахисту 2ExdeICIT6 ... T3, зона небезпеки вибуху 1 або 2;
- Матеріал корпусу G800: спеціальне покриття для морських умов;
- діаметр труби від 7 мм до 1600 мм;
- Інтеркалібровочний інтервал 4 роки.

Вологість:

Для вимірювання вологості було обрано вологоміри РОСА.



Рис.2.4. Зовнішній вигляд датчику вологості РОСА.

Прилад «Волога Air» призначений для вимірювання відносної вологості і температури повітря, включення / вимикання виконавчих пристроїв (вентиляторів, зволожувачів, нагрівачів і ін.) Для зволоження, підігріву, охолодження повітря.[6]

Результати вимірювань:

- відображаються на РКІ з підсвічуванням;
- передаються через інтерфейс RS485 (RS232-опція) в комп'ютер або інше зовнішній пристрій;
- використовуються всередині приладу для формування сигналів управління, що сигналізують про вихід результатів вимірювання вологості і температури за встановлені користувачем межі.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип роботи:

Для вимірювання температури і вологості використовується датчик SHT11 швейцарської фірми Sensirion, відкалібрований виробником, розташований в малогабаритному вимірювальному блоці, підключеному до приладу через кабель. Це дозволяє помістити датчик в точці, де необхідно вимірювати вологість і температуру, а прилад - в місці, зручному для користувача.

Модуль SHT11 видає повністю калібрований цифровий сигнал, пропорційний температурі і відносній вологості, не вимагає додаткового калібрування після виміру. SHT11 об'єднує в одному чіпі два сенсорних елемента, АЦП, схему калібрування і цифровий інтерфейс. Модуль датчика вологості і температури поставляється в орендованому Pin Type Package (крок висновків 1,27 мм). Позолочена зворотна сторона корпусу датчика забезпечує хороший тепловідвід. Кожен SHT11 індивідуально калібрується в прецизійній камері вологості і видає цифровий сигнал вологості ($\pm 2,5\% \text{ RH}$ і 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 установки мінімального і максимального значень вологості - (1 ... 98)%;

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

- діапазон установки мінімального і максимального значень температури - (30 ... + 98) ° C;
- гістерезис - 0,4%; 0,4 ° C (наприклад, якщо користувач встановив мінімальну вологість 30%, то реле включається при 29,8%, а вимикається при 30,2%);
- виходи - нормально розімкнуті контакти реле;
- кількість сигналів управління - 4.

Прилад живиться від джерела постійного струму з напругою 12В.

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

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:

- швидкість обміну - 9600;
- формат - стартовий біт, 8 біт даних, біт контролю парності, 1 стоповий біт.

Якщо встановлено адресу приладу 1 ... 15, то прилад по 1-байтних адресного запиту \$ Cx, де x - встановлений адреса (\$ - ознака 16-ричного коду), видає в порт інформаційну посилку з 12 байт:

- \$ D x - маркер початку посилки;
- символ «Н» в кодї ASCII (\$ 48) - скорочення від Humidity;
- 4 байта поточного значення вологості в ASCII кодї, включаючи десяткову точку на передостанній позиції;
- символ «Т» в кодї ASCII (\$ 54) - скорочення від Temperature;
- 5 байт поточного значення температури в ASCII кодї, включаючи десяткову точку на передостанній позиції і знак «-» (якщо T <0) - на першій.
- Незначущі нулі на початку чисел замінюються пробілами.

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

- Приклад інформаційної послілки (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 послілка передається після кожного вимірювання (1 раз в секунду).

Швидкість обертів двигуна:

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



Рис.2.5. Зовнішній вигляд тахометру ТЭ-6К-ТК-2.

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

Особливості:

- Безперервне вимірювання і індикація частоти обертання роторів турбін або валів будь-яких механізмів.;
- Універсальний вимірювальний вхід для підключення одного з наступних типів датчиків:
 - безконтактні індуктивні вимикачі, що формують при проходженні мітки імпульс напруги постійного струму амплітудою від 8 до 30 В на навантаженні 750 Ом. Тривалість

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

імпульсу не менше 100 мкс. Як датчик можуть використовуватися індуктивні датчики нашого виробництва ДТК-1 або датчики фірми TURCK;

- індукційні датчики, що формують при проходженні мітки сигнал змінної полярності амплітудою від 0,2 до 200 В на навантаженні 4,4 кОм (наприклад, датчики ДТК-2).
- Програмований уніфікований вихід 0..5, 0..20 або 4..20 мА.
- Інтерфейс RS-485, протокол Modbus (RTU).
- Сигналізація про досягнення заданих діапазонів частоти обертання (до чотирьох).
- Можливість дублювання показань на блоці виносної індикації БВІ-ТК-1.
- Може комплектуватися генератором імпульсів малогабаритним МІГ-1-ТК.
- Налаштування за допомогою пульта налаштувань ПН-01-ТК або спеціального програмного забезпечення через інтерфейс RS-485, протокол Modbus (RTU).
- П'ятиразрядний індикатор зеленого світіння з висотою знака 9 мм.
- Корпус тахометра призначений для установки на вертикальну DIN-рейку.

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 °С .. + 50 °С;
 - -25 °С .. + 70 °С;
- Пило-вологозахист приладу:
 - IP40;
 - IP67;
- Габаритні розміри приладу (Ш × В × Д), мм 105 × 52 × 110.

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

Частотний перетворювач:

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



Рис.2.6. Зовнішній вигляд частотного перетворювача Danfoss VLT 2800.

Перетворювачі частоти серії VLT 2800 є одними з найменших і багатофункціональних на сучасному 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 - більше 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, що

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						28
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 нерівних 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 "стоп" є сигналом переривання, тому відхилення буде лише ± 1 мм.

Після отримання сигналу запуску VLT 2800 працює до тих пір, поки запрограмована користувачем кількість імпульсів не з'явиться на клеммах 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;
- - Струм протягом 1 хвилини: 5,1 А;

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

- - 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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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. Процесор має вбудовану оперативну пам'ять 4 Мб, яка може зберігати до 70 тис. Інструкцій. Процесор постачається з флеш-пам'яттю SD, готовою до зберігання архіву програми (виконуваний код, вихідний код та коментарі).

Експертні функції програми. Функції підрахунку імпульсів реалізовані за допомогою 2 модулів: 2 канали 60 кГц та 8 каналів 10 кГц. 32-розрядна кількість, час циклу 1 мс, 2 регістри 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; налаштовані функції лічильника та вимірювання

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Некрацук О.Р.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу в хлібопекарській печі	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.					31	16
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ ЗАК-5-1		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

призначений для таких додатків, як: попередження пристрою для розмотування руйнувань, сортування дрібних предметів, проста електронна САМ, регулювання швидкості.

Має інтегровані, гнучкі та економічні рішення позиціонування для незалежних та з'єднаних осей. Для цього не потрібен спеціальний модуль. Рішення засноване на інтегрованій бібліотеці програм позиціонування (MFB), що відповідає стандарту PLCOpen. Сервопривід або частотний привід управляється командами MFB, що видаються на приводі через шину CANOpen. У багатофункціональних пристроях реалізовані виконавчі механізми Altivar для асинхронних двигунів або Lexium або IcIA для безщіткових або крокових синхронних двигунів для управління позиціонуванням.

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.

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

Зручне зберігання даних. За допомогою функціональних блоків з бібліотеки Unity Pro: функції відстеження та ведення журналу підтримуються в режимі запису. У режимі читання можна завантажувати виробничі рецепти.

Modicon M340 має вбудований WEB-сервер, що спрощує експлуатацію та обслуговування.

Modicon M340 має стандартний, готовий до використання WEB-сервер для системної діагностики та конфігурації параметрів процесу. Середовище програмування. Unity Pro підтримує всі 5 мов за замовчуванням IEC, графічне програмування, розширені контекстні підказки та безліч майстрів для введення

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

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 з'єднання. Ви можете використовувати інтерфейс USB, який доступний на будь-якому процесорі, для підключення до персонального комп'ютера. Ви також можете підключитися через Ethernet, точка-точка або LAN.

Віддалений режим. Ви можете підключитися до необхідних налаштувань за допомогою послідовного модему (RTC, GSM / GPRS, радіо) або ADSL. 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 процесів у хлібопекарні, нам потрібно налаштувати наш ПЛК, додавши додаткові модулі введення / виводу, які підключатимуть всі датчики та виконавчі механізми 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 ввходів/виводів, кількість пам'яті під програму користувача і наявність комунікацій обираємо процесорний модуль

ВМХР342020, так як він зможе реалізувати роботу системи 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
ВМХ АМІ 0800 Модуль аналогових входів	2	Діапазон сигналу $\pm 10V, 0...10V, 0...5V, \dots 20mA, 4...20mA$ Характеристики каналів 16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс Підключення 20-контактна з'ємна колодка

BMX AMO 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.
BMX 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.
BMX FTB 2010	2	20 контактна з'ємна клемна колодка з гвинтовими зажимами
BMX AMI 810	1	28-конт. з'ємна кол. з'ємна клемна колодка BMX FTB 2820

Аналогові входи:

В системі автоматизації використовуються датчики і перетворювачі з рівномірним вихідним струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА послідовно проходить через клемник і надходить в аналого-цифровий перетворювач BMX AMI 0800.

За допомогою письмової програми складається сигнал керування в залежності від тих значень сигналу, які надійшли до модуля BMX AMI 0800.



Рис.3.2. Зовнішній вигляд модуля аналогових входів BMX AMI 0800.

Технічні характеристики:

Модуль аналогового введення:

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

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

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.



Рис.3.3. Зовнішній вигляд модуля аналогових виходів ВМХ АМІ 0802.

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

Технічні характеристики:

Похибка вимірювання:

- $\leq 0,25\%$ від повної шкали 0 ... 60 ° C;
- 0,1% від повної шкали 25 ° C;

Придушення асиметричних перешкод між каналами:

- > = 80 дБ;

Тип помилки:

- Обрив ланцюга 4 ... 20 мА;
- коротке замикання 0 ... 20 мА;

Активний опір навантаження:

- ≤ 350 Ом 0 ... 20 мА
- ≤ 350 Ом 4 ... 20 мА

8 аналогових входів:

- струм 0 ... 20 мА;
- Струм 4 ... 20 мА.

Дискретні виходи:

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



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

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

Технічні характеристики:

- дискретна вихідна напруга 24 В 19 ... 30 В постійного струму;
- дискретний вихідний струм 0,5 А;
- Сумісність з виходом ІЕС 61131-2 тип 3 постійного струму;
- Не вхідний сигнал 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 при стані 1;
- опір ізоляції > 10 МО 500 В постійного струму;
- розсіювання потужності у Вт ≤ 4 Вт;
- Час вихідної реакції 1,2 мс.
- Паралельні виходи Так: максимум 2.

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

3.2. Загальна схема підключення

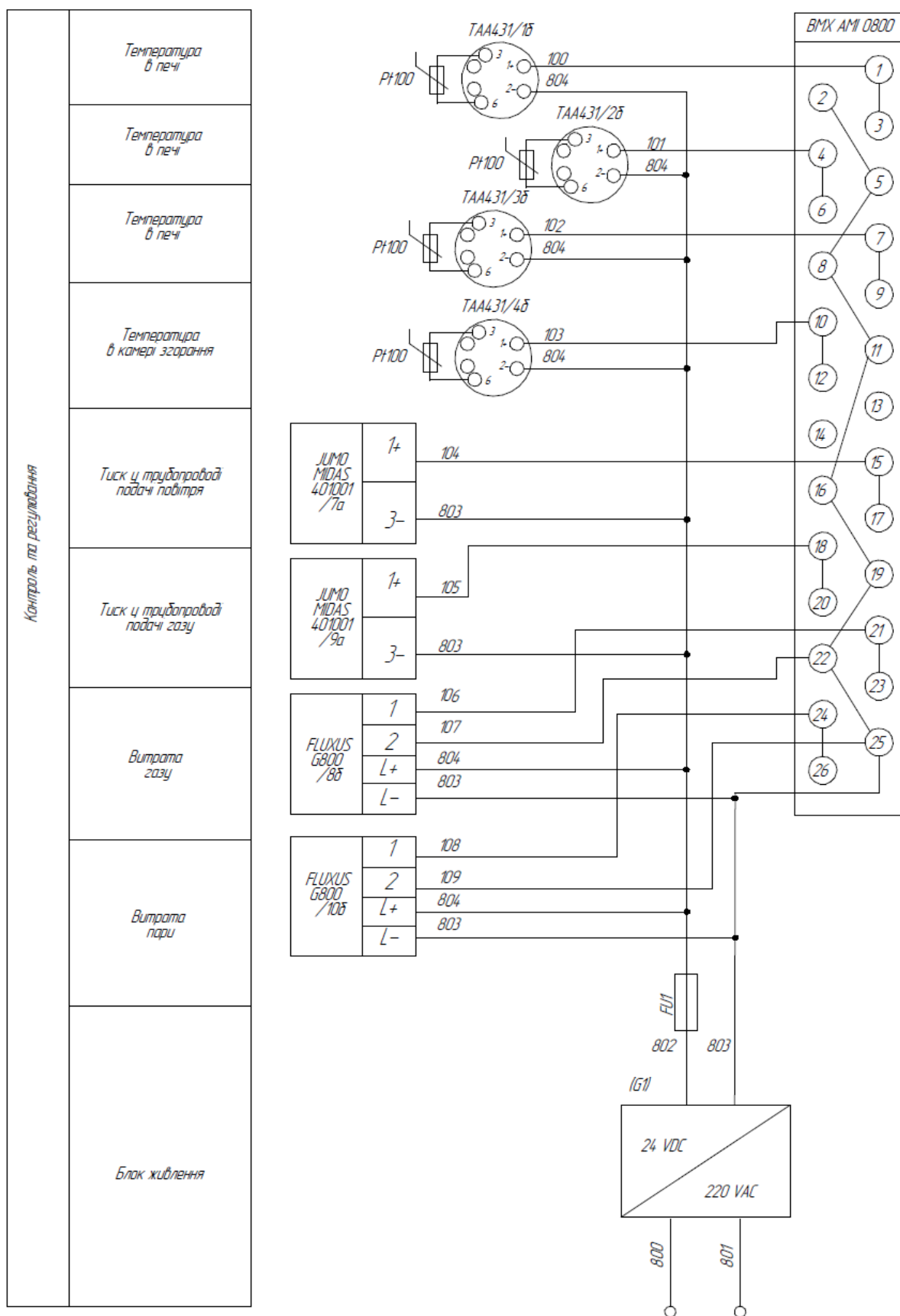


Рис.3.5. Підключення датчиків до першого модуля аналогових входів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

39

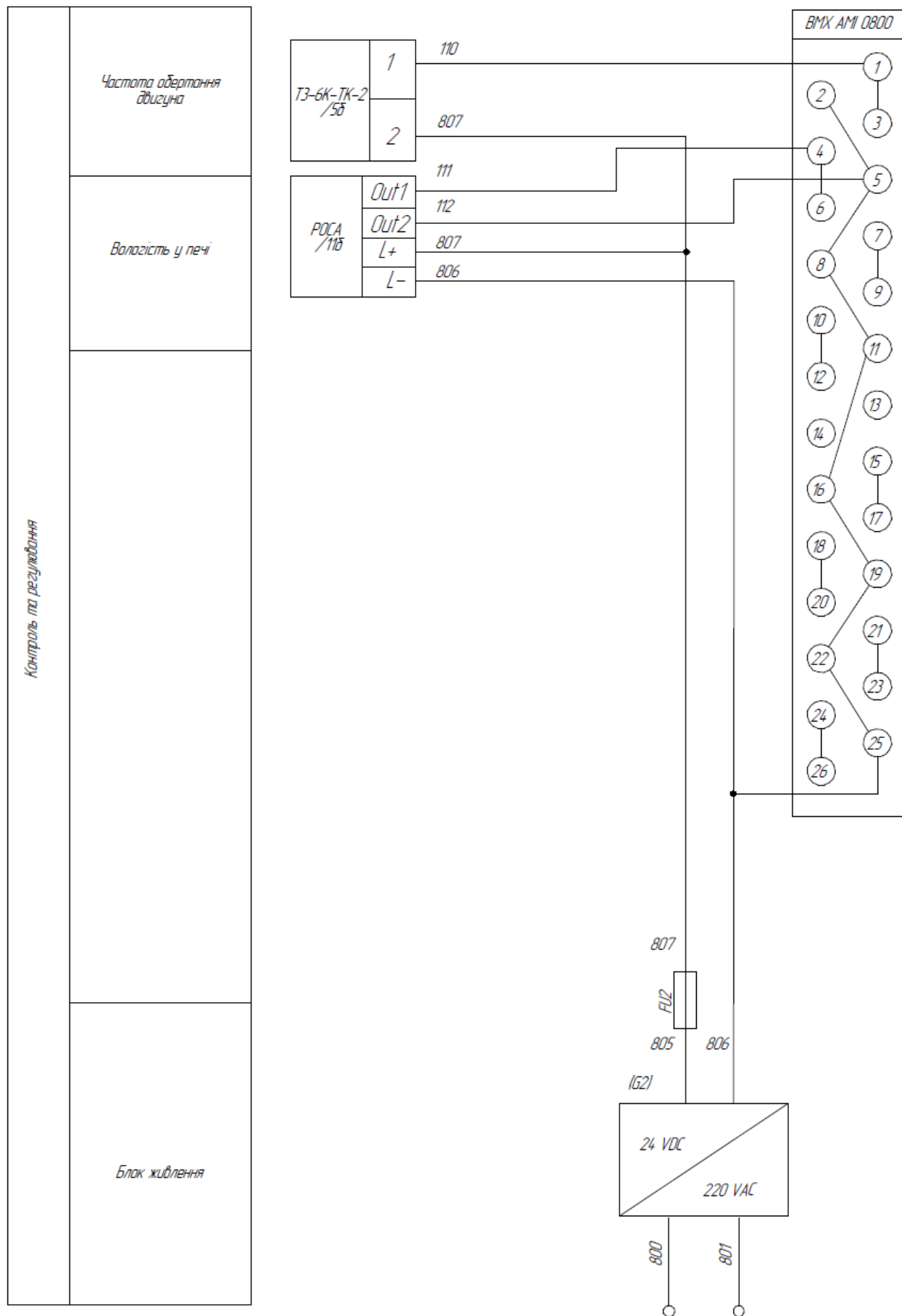


Рис.3.6. Підключення датчиків до другого модуля аналогових входів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

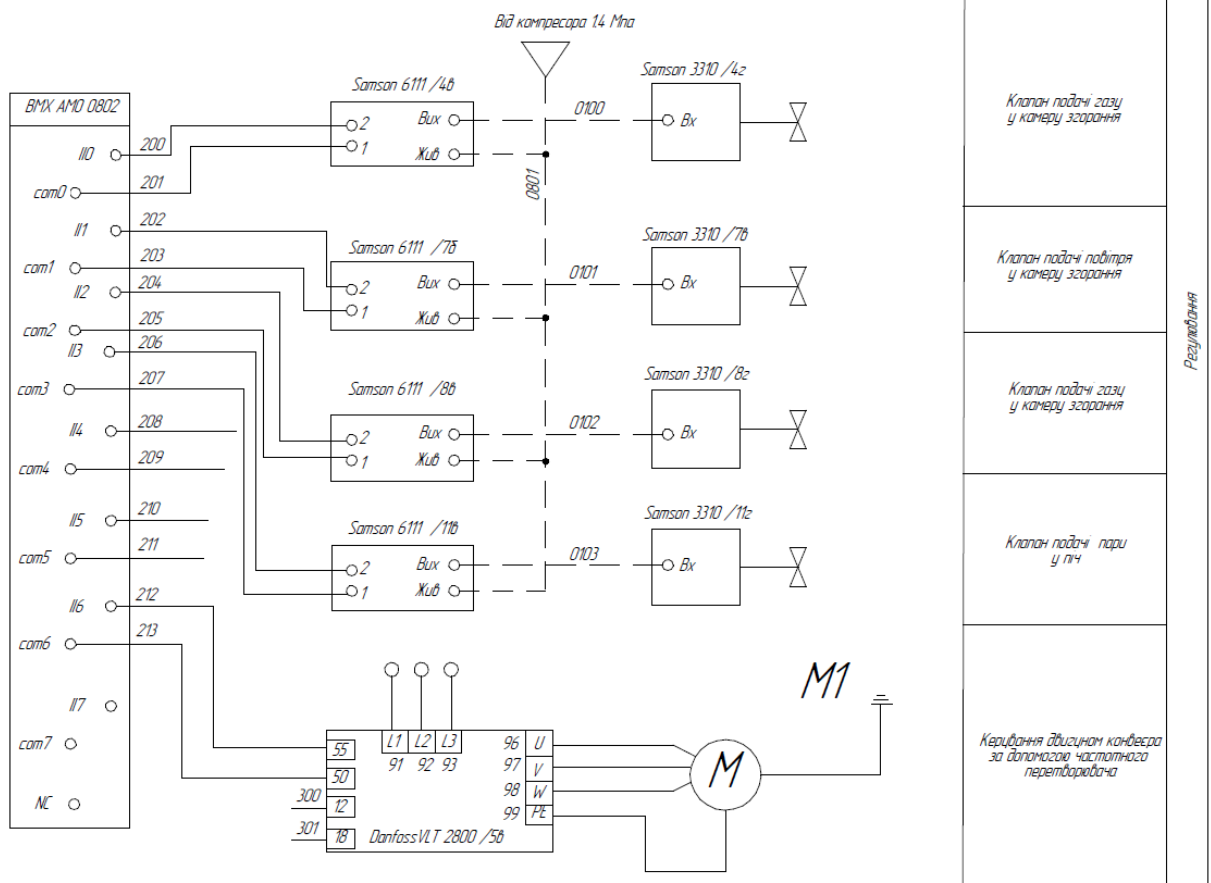


Рис.3.7. Підключення датчиків до модуля аналогових виходів.

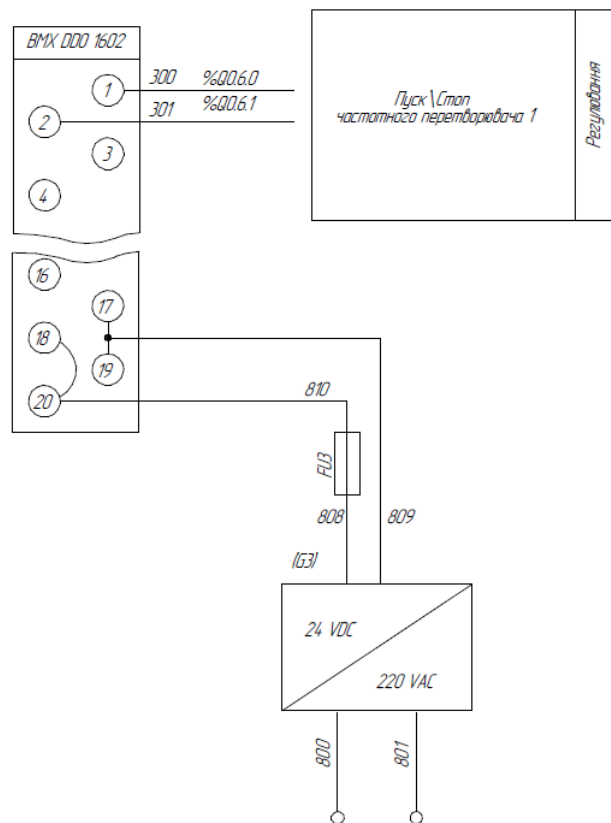


Рис.3.8. Підключення датчиків до модуля дискретних виходів.

Вторинні перетворювачі 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 датчиків температури інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де залежно від отриманої інформації та письмової програми вона обробляється, реєструється і служить додатковою інформацією для система автоматизації.

Вторинний перетворювач температури ТТ (4б) підключений до першого модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на 10 і 11 клеммах. 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 і передається на аналоговий вихідний модуль ВМХ АМО 0802. Електропневматичний перетворювач (4в) підключений до клем П0 і СОМ0, який 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 терміналах 1 і 2. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та генерується та передається на модуль аналогового виводу ВМХ АМО 0802. перетворювач частоти (5в) підключений до клем П6 і СОМ6, який управляє двигуном печі М1.

Датчик тиску РТ (7а) підключений до першого модуля аналогового введення ВМХ АМІ 0800 на клеммах 15 і 16. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика тиску інформація передається на ВМХ контролер 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 (7б) підключений до клем П1 і СОМ1, який

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

управляє пневматичним клапаном (7в), який регулює тиск у лінії подачі повітря в камеру згоряння.

Датчик витрати FT (8б) підключений до першого модуля аналогового вводу ВМХ АМІ 0800 на клеммах 21 і 22. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика витрати, інформація передається на ВМХ контролер Р342020, де в залежності 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) підключається до клем П2 та СОМ2, які керує 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 аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика тиску інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми він обробляється, реєструється та служить додатковою інформацією для системи автоматизації.

Датчик витрати 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 залежно від отриманої інформації та письмової 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 терміналах. 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 сигнал управління обробляється, реєструється та генерується і передається на аналоговий вихідний модуль ВМХ АМО 0802. його на П3 і

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

клеми COM3 з'єднані з електропневматичним перетворювачем (11в), який управляє пневматичним клапаном (11г), який регулює подачу пари в піч.

3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

Розширена схема підключення контуру вимірювання та регулювання температури:

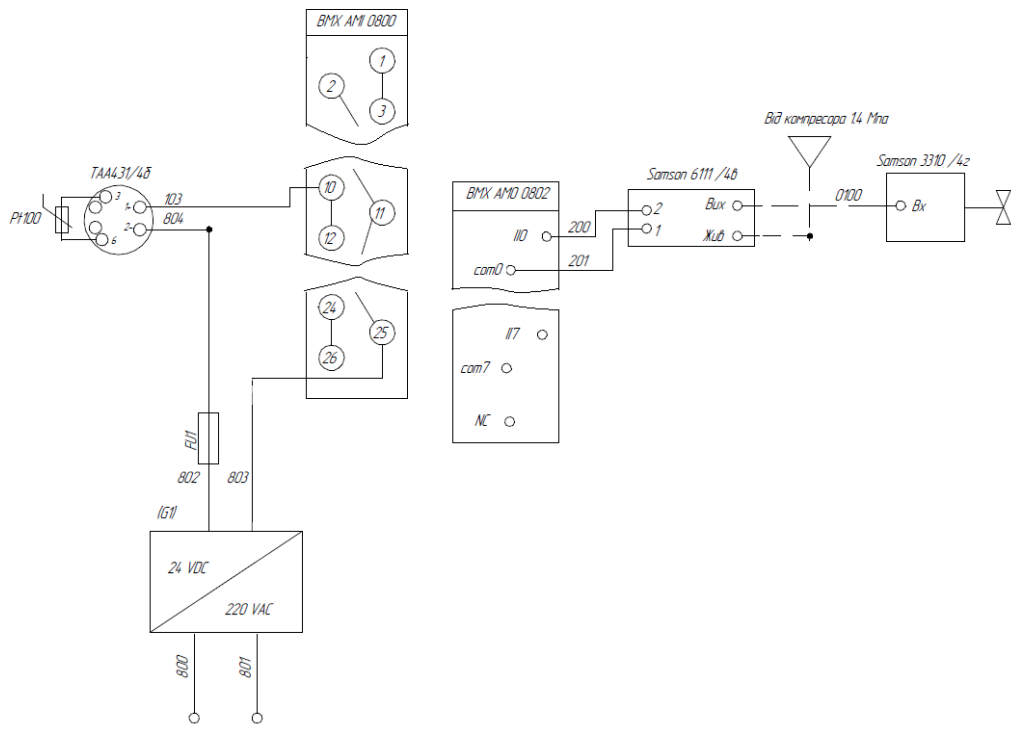


Рис.3.9. Підключення датчика температури та ЕП до модуля аналогових входів та виходів

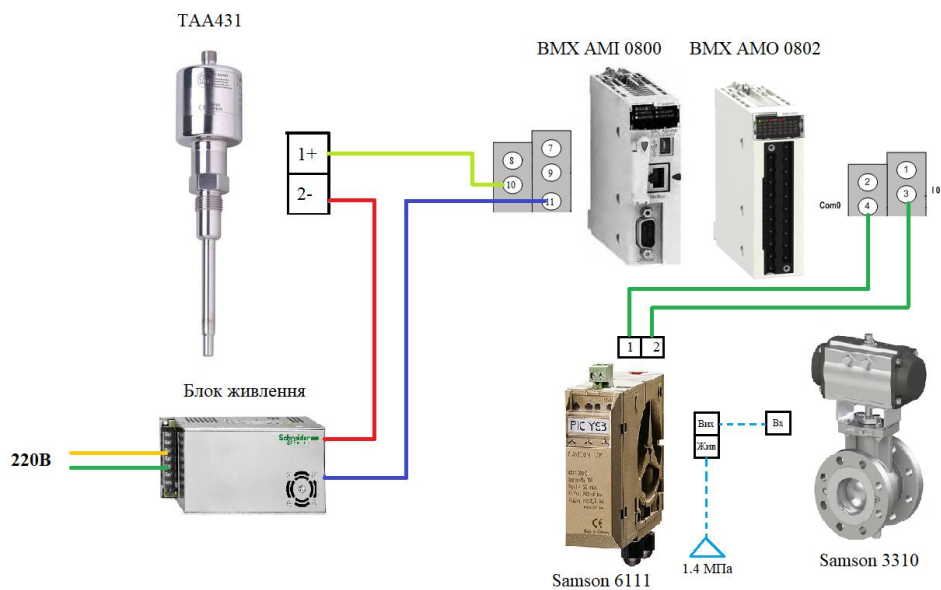


Рис.3.10. Графічне зображення підключення технічних засобів контуру контролю та регулювання температури

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

44

Опис схеми підключення:

Вторинний перетворювач температури ТТ (4б) підключений до першого модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на 10 і 11 клеммах. 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 і передається на аналоговий вихідний модуль ВМХ АМО 0802. Електропневматичний перетворювач (4в) підключений до клем П0 і СОМ0, який управляє пневматичним клапаном (4г), який регулює подачу газу в камеру згоряння.

Розширена схема підключення контуру вимірювання тиску:

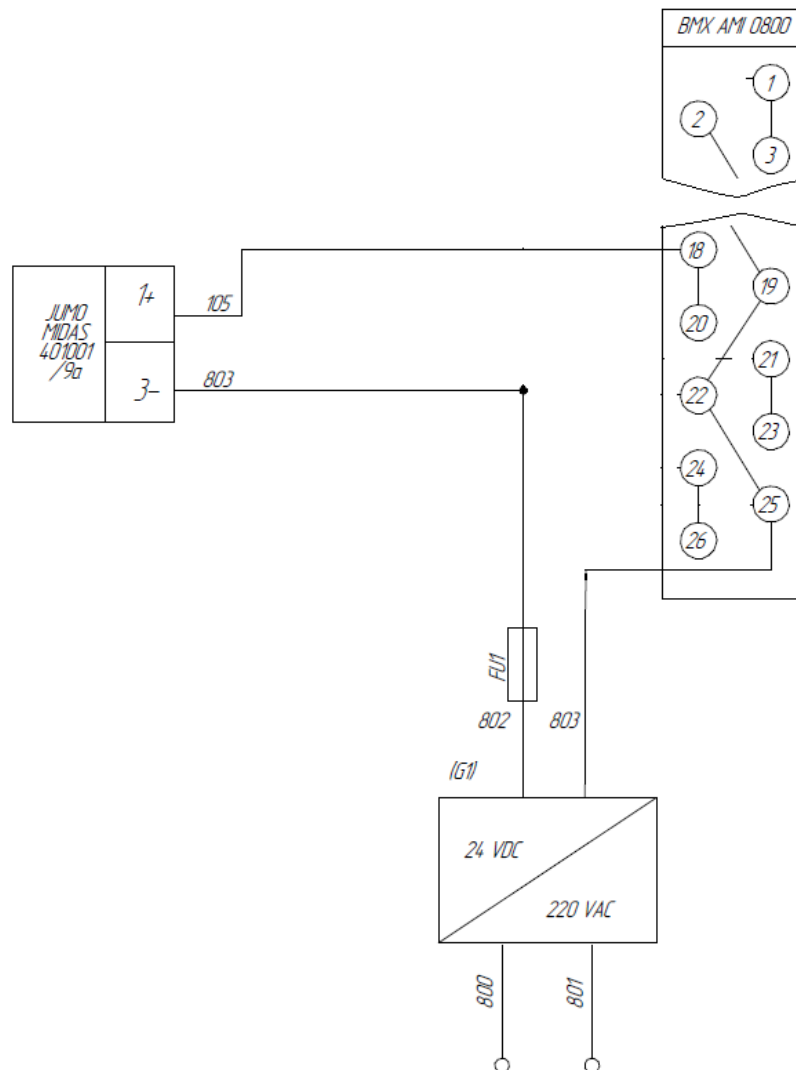


Рис.3.11. Підключення датчика тиску до модуля аналогових входів

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

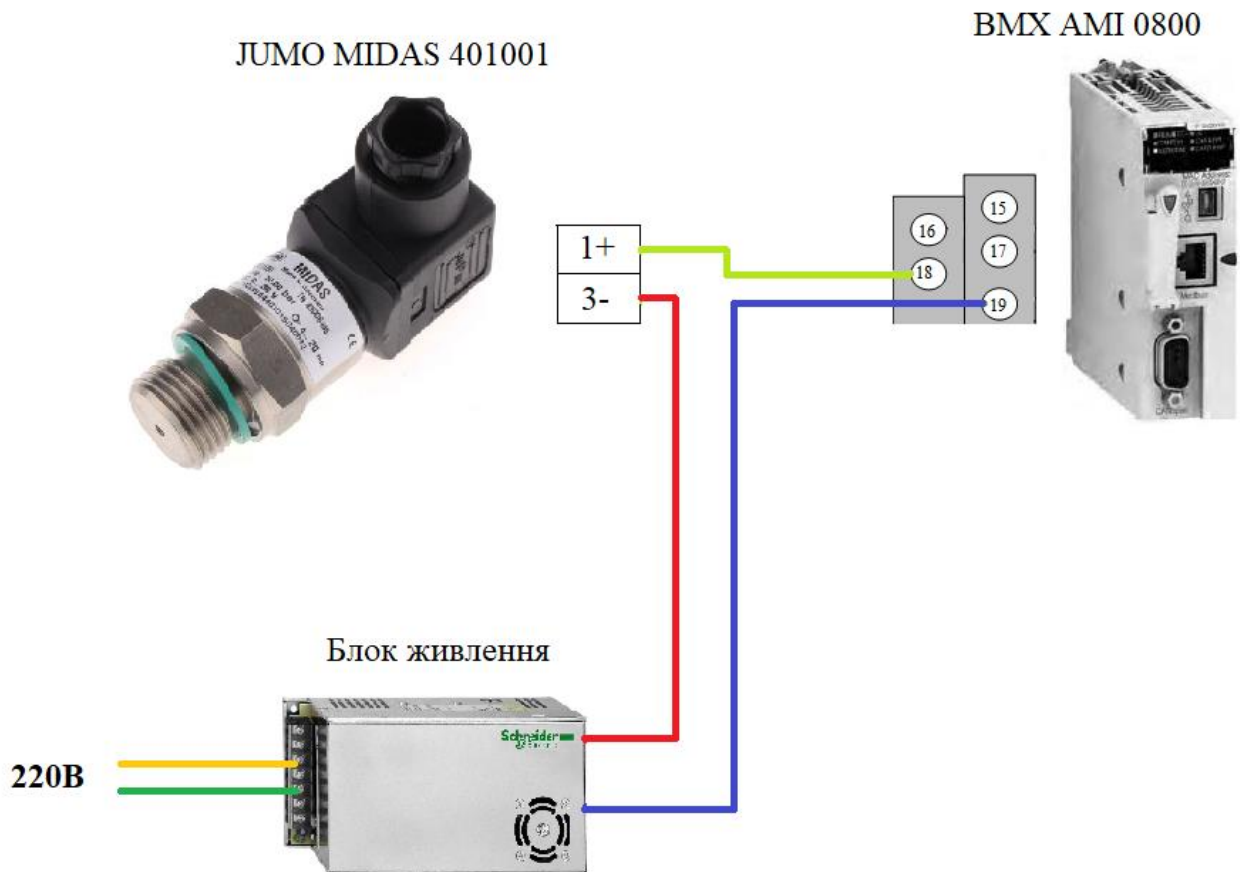


Рис.3.12. Графічне зображення підключення технічних засобів контуру контролю тиску

Опис схеми підключення:

Датчик тиску РТ (9а) підключений до першого модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на клеммах 18 і 19. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика тиску інформація передається на контролер ВМХ Р342020, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми він обробляється, реєструється та 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'єзорезисторного моста, пропорційного вимірюваній різниці тисків у стандартний сигнал струму.

Чутливим елементом є кремнієва пластина з чотирма п'єзорезисторами, з'єднаними мостовим контуром, відокремленим від 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.		Некращук О.Р.			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу в хлібопекарській печі</i>	Лім.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.					47	4
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ ЗАК-5-1		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

Використання спеціального манометра перед датчиком полегшує монтаж, допомагає з нульовим регулюванням або при заміні датчика під час роботи об'єкта. У разі замовлення перетворювача з різьбленням, відмінним від зазначеного, пропонується перехідний штуцер. Підключення до процесу: G ¼ (внутрішній).

Інструкції з безпечної експлуатації:

- Описаний пристрій є підкомпонентом для інтеграції в систему;
- Виробник системи відповідає за безпеку системи;
- Виробник системи зобов'язується провести оцінку ризику 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 в 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 отримав дозвіл на роботу на цьому технологічному обладнанні;
- Захистіть прилади та кабелі від пошкоджень.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

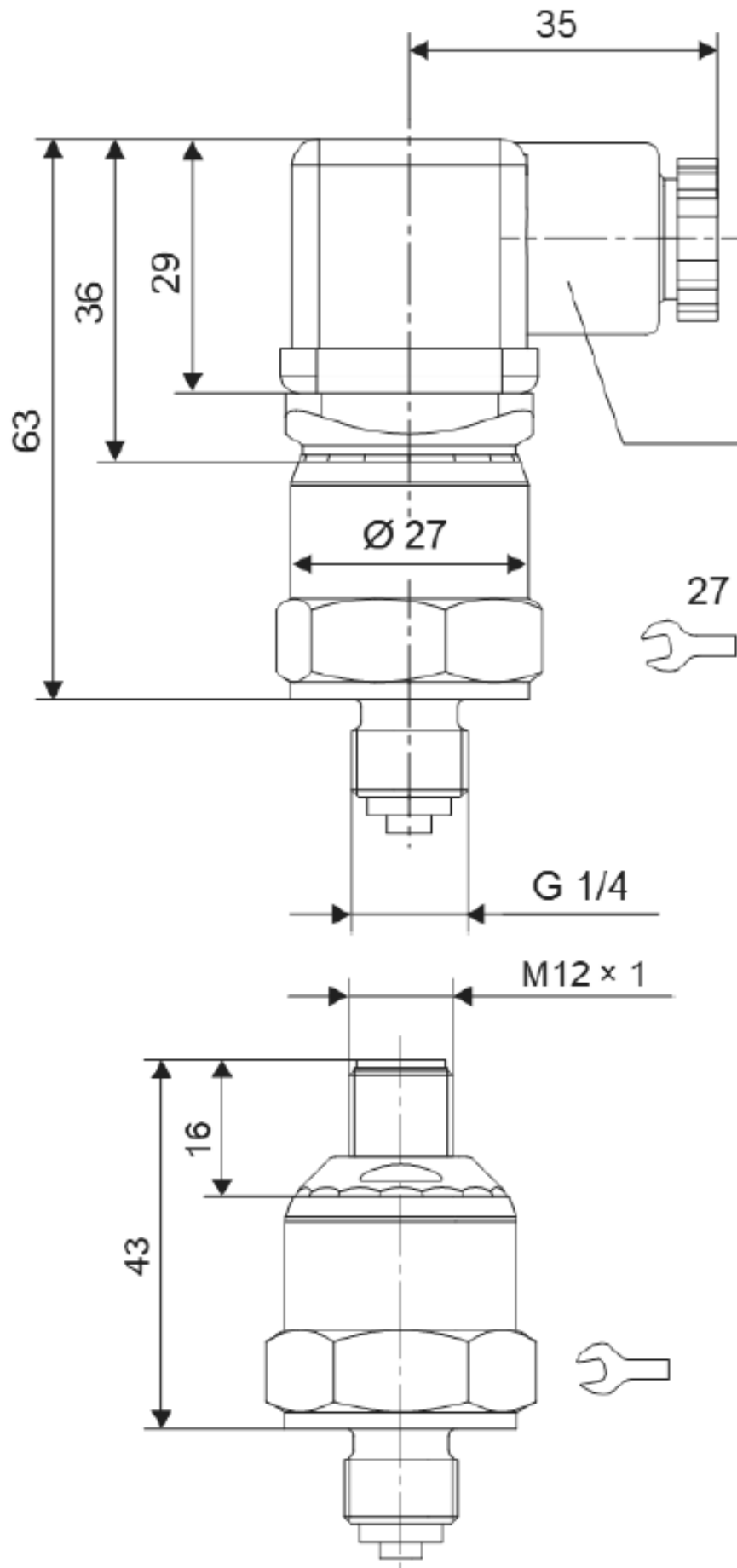


Рис.4. 2. Габаритні розміри датчику.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

49

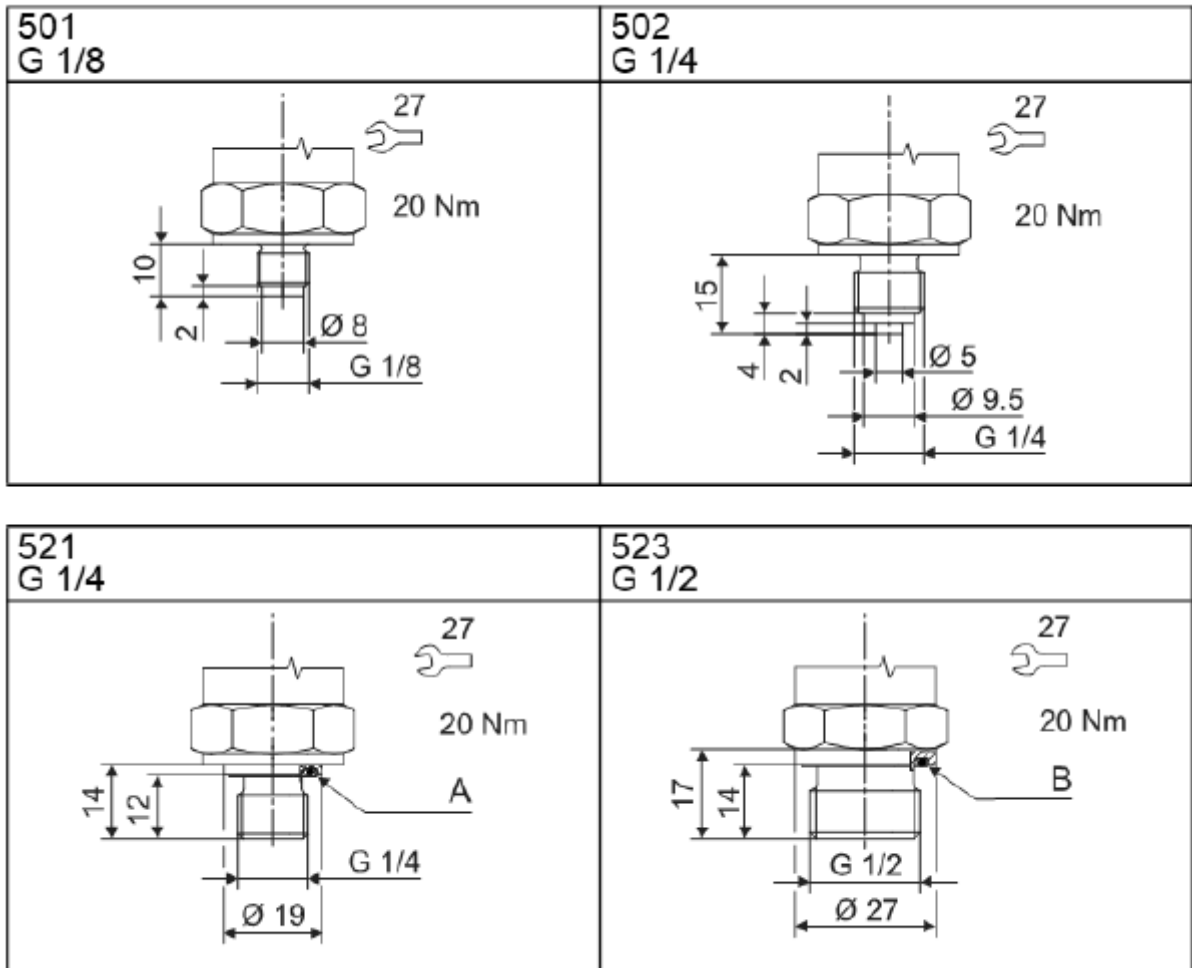


Рис.4.3. Приклад монтажу датчику.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

50

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. що відповідає стандарту IEC 61131-3, має визнані 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				
Розроб.		Некращук О.Р.			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу в хлібопекарській печі</i>	Лім.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.					51	7
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ ЗАК-5-1		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

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

Платформи автоматизації Modicon з підтримкою технології Transparent Ready на базі Ethernet TCP / IP та веб-технологій мають рішення для оптимізації продуктивності. Послуги веб-сервера, надсилання повідомлень електронної пошти, прямий доступ до баз даних, синхронізація пристроїв, розподілені сигнали вводу-виводу.

Робоча система інструментів Unity Pro дає можливість:

- 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 дій оператора в системі Unity Pro, що зберігається в захищеному файлі;
- профайл користувача та захист паролем;

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:

- поетапне впровадження програми;
- точки зупинки 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 у хронологічному порядку всі повідомлення про збої в системі та помилки програми із позначкою часу, коли вони сталися. У

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цьому вікні ви можете запуснути редактор одним клацанням, щоб 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 враховувались 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 можна запрограмувати у спеціальних функціональних блоках (DFB) на мовах IEC 61131.

Багаторазове використання модулів:

Всі модулі оптимізовані та відповідають вимогам, зменшуючи 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» - технологія перетягування та скидання;
- автоматичне оновлення копій блоків у телевізійних програмах при змінах у бібліотеці (за бажанням).

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

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



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 конвеєра (блок 4) включається. Потім включається таймер нагріву печі (блок 5), час нагрівання повинен становити 15 хв (блок 6), потім регулятор швидкості конвеєра (блок 7), регулятор температури (блок 8) і регулятор вологості (блок 9) увімкнено.

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

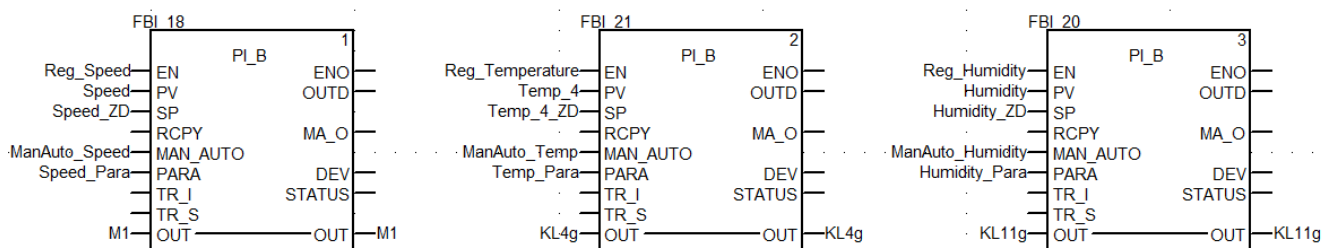


Рис.5.4. Блоки регуляторів на мові FBD.

Змінні, що використовуються у програмі:

Name	Type	V...	Comment
Humidity	REAL		Значення вологості (шкальоване)
Humidity_0	INT	%IW...	Значення вологості (не шкальоване)
Humidity_ZD	REAL		Задане значення вологості
KL4g	REAL		Значення клапану 4г (шкальоване)
KL4g_0	INT		Значення клапану 4г (не шкальоване)
KL7v	REAL		Значення клапану 7в (шкальоване)
KL7v_0	INT		Значення клапану 7в (не шкальоване)
KL8g	REAL		Значення клапану 8г (шкальоване)
KL8g_0	INT		Значення клапану 8г (не шкальоване)
KL11g	REAL		Значення клапану 11г (шкальоване)
KL11g_0	INT		Значення клапану 11г (не шкальоване)
M1	REAL		Значення обертів двигуна M1 (шкальоване)
M1_0	INT		Значення обертів двигуна M1 (не шкальоване)
ManAuto_Hu...	BOOL		Ручний\автоматичний режим роботи регулятора вологості
ManAuto_Sp...	BOOL		Ручний\автоматичний режим роботи регулятора швидкості обертів
ManAuto_Te...	BOOL		Ручний\автоматичний режим роботи регулятора температури
Pusk	BOOL		Кнопка ПУСК
Pusk_0	BOOL		
Reg_Humidity	BOOL		Змінна запуску регулятора вологості
Reg_Speed	BOOL		Змінна запуску регулятора швидкості обертів
Reg_Temper...	BOOL		Змінна запуску регулятора температури
restart	BOOL		Змінна перезапуску циклу
Speed	REAL		Значення обертів двигуна (шкальоване)
Speed_0	INT	%IW...	Значення обертів двигуна (не шкальоване)
Speed_ZD	REAL		
Step1	BOOL		Внутрішня змінна-крок
Step2	BOOL		Внутрішня змінна-крок
Step3	BOOL		Внутрішня змінна-крок
Step4	BOOL		Внутрішня змінна-крок
Stop	BOOL		Кнопка СТОП
Stop_0	BOOL		
Temp_4	REAL		Значення температури у камері згорання (шкальоване)
Temp_4_0	INT	%IW...	Значення температури у камері згорання (не шкальоване)
Temp_4_ZD	REAL		Задане значення температури у камері згорання
Timer1	BOOL		Змінна запуску таймеру 1
Timer2	BOOL		Змінна запуску таймеру 2

Рис.5.5. Перелік змінних , що використовуються у програмі

Шкалювання змінних для зручності використання у програмі:

Вхід IN (блоки Int_to_Real) підключений до сигналу від датчиків в діапазоні 0..10000. На виході Out (блок Масштабування) ми отримуємо масштабоване значення параметра, відповідно до параметрів, що містяться у змінній PARA (підключається до вхідного блоку PARA Масштабування)

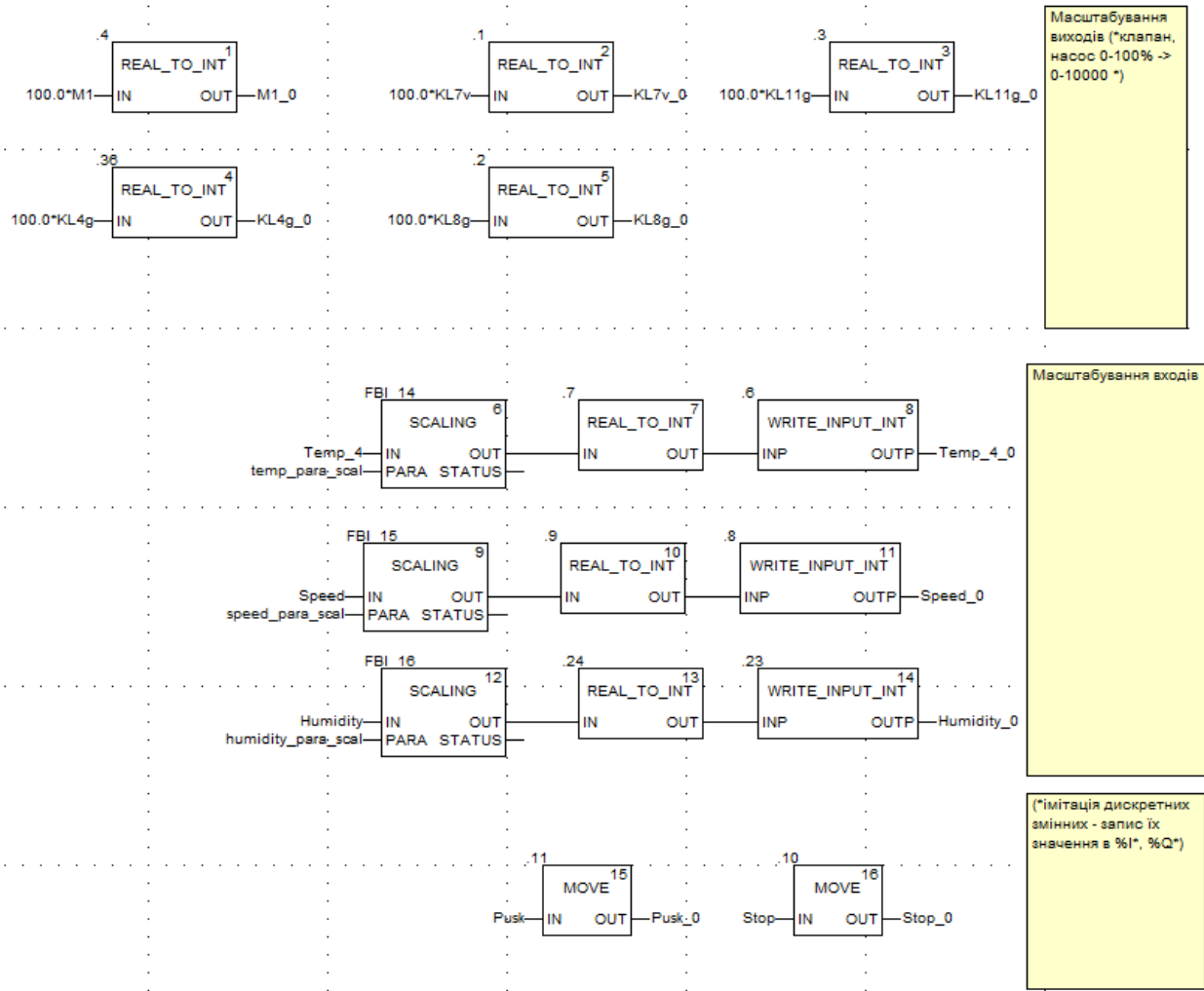


Рис.5.6. Блоки шкалювання змінних

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

Програмним середовищем для розробки інтерфейсу HMI / SCADA було обрано програмне середовище Zenon SCADA.

Zenon - це простий у використанні і водночас потужний програмний пакет для створення систем автоматизації, вироблений світовим лідером у галузі HMI / SCADA-рішень 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, починаючи від окремих терміналів і закінчуючи точками управління, рівень безпеки відповідає міжнародним стандартам. Його відкритість дозволяє швидко та ефективно зв'язати будь-яке апаратне та програмне забезпечення (наприклад, програми ERP). Чудово працює на промислових ПК та пристроях з 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 за технологічними процесами в режимі реального часу. Це програмне забезпечення встановлюється на комп'ютерах і використовує драйвери вводу-виводу або OPC / DDE-сервери для зв'язку з об'єктом. Код програми може бути написаний однією з мов програмування та сформований у середовищі проектування.

					<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>Акрушіє</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Некращук О.Р.</i>			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу в хлібопекарській печі</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				58	4
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>				<i>НУХТ ЗАК-5-1</i>	
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Ельперін І.В.</i>					

Іноді системи SCADA оснащуються додатковим програмним забезпеченням для програмування промислових контролерів. Такі системи 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 всередині частини виробничого процесу, а система SCADA може дозволяти операторам змінювати налаштування потоку, змінювати маршрути рідини, наповнювати певні резервуари та контролювати повідомлення про тривогу (тривоги), такі як - втрата потоку та висока температура, які повинні відображатися, фіксуватися і на які 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
	Температура[1]			0	0	1	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Температура[2]			0	0	2	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Температура[3]			0	0	3	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Температура[4]			0	0	3	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Плів			0	0					Intern - Driver for int...	Tank		0
	Тиск			0	0					MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Тиск[1]			0	0	0	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL		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
	Витрата			0	0					MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Витрата[1]			0	0	0	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Витрата[2]			0	0	1	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Швидкість			0	0					MODRTU32 - Modb...	LREAL		0
	Швидкість[1]			0	0	0	0	0		MODRTU32 - Modb...	LREAL		0

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

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора:

Система автоматизації в нормальному стані:

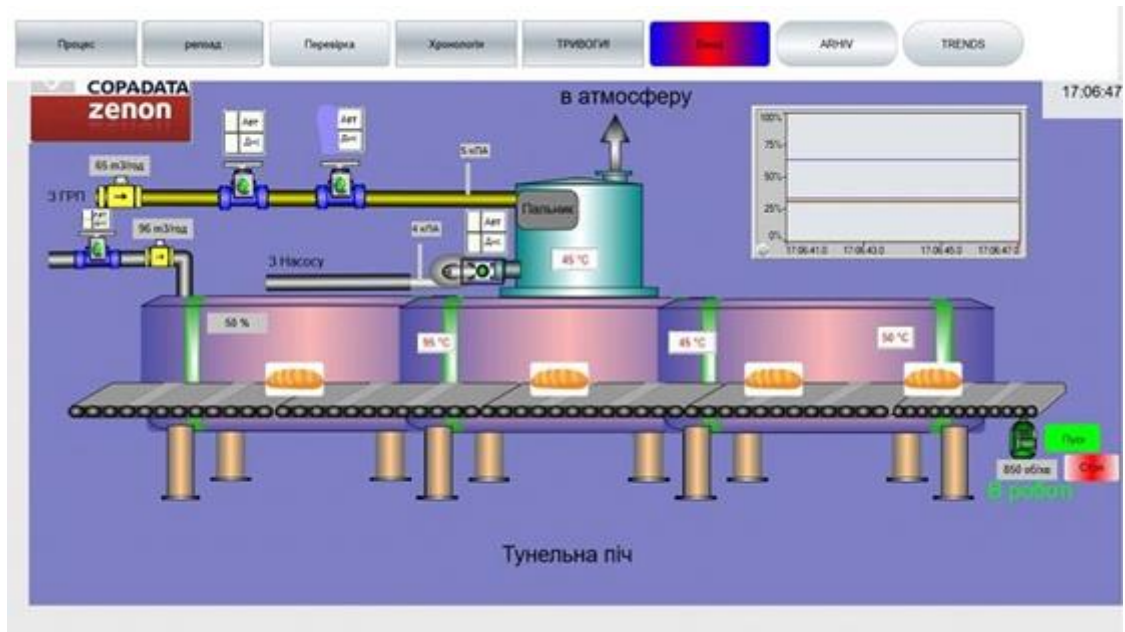


Рис.6.2. Система автоматизації в нормальному стані.

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

Time received	Text	Variable name	Value	Mea...	User - full n...	Number
10.06.2018 17:01:18	Modify spontaneous value: (62 °C)	Температура [4]	62	°C	SYSTEM	73
10.06.2018 17:01:24	Modify spontaneous value: (1)	Танк [1] Пуск/Стоп	1		SYSTEM	
10.06.2018 17:01:27	Modify spontaneous value: (1)	Танк [1] Клапан [1]	1		SYSTEM	
10.06.2018 17:01:30	Modify spontaneous value: (1)	Танк [2] Клапан [1]	1		SYSTEM	
10.06.2018 17:01:35	Modify spontaneous value: (1)	Танк [2] Пуск/Стоп	1		SYSTEM	
10.06.2018 17:02:20	System was stopped				SYSTEM	
10.06.2018 17:04:00	System was started				SYSTEM	
10.06.2018 17:04:02	Modify spontaneous value: (47 °C)	Температура [1]	47	°C	SYSTEM	
10.06.2018 17:04:03	Modify spontaneous value: (45 °C)	Температура [2]	45	°C	SYSTEM	
10.06.2018 17:04:03	Modify spontaneous value: (95 °C)	Температура [3]	95	°C	SYSTEM	
10.06.2018 17:04:04	Modify spontaneous value: (135 °C)	Температура [4]	135	°C	SYSTEM	
10.06.2018 17:05:00	Modify spontaneous value: (50 °C)	Температура [4]	50	°C	SYSTEM	
10.06.2018 17:06:33	Modify spontaneous value: (1)	Танк [2] Клапан [1]	1		SYSTEM	
10.06.2018 17:06:36	Modify spontaneous value: (1)	Танк [1] Клапан [1]	1		SYSTEM	
10.06.2018 17:06:40	Modify spontaneous value: (1)	Танк [2] Пуск/Стоп	1		SYSTEM	
10.06.2018 17:06:42	Modify spontaneous value: (1)	Танк [1] Пуск/Стоп	1		SYSTEM	

Рис.6.3. Вкладка хронології.

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

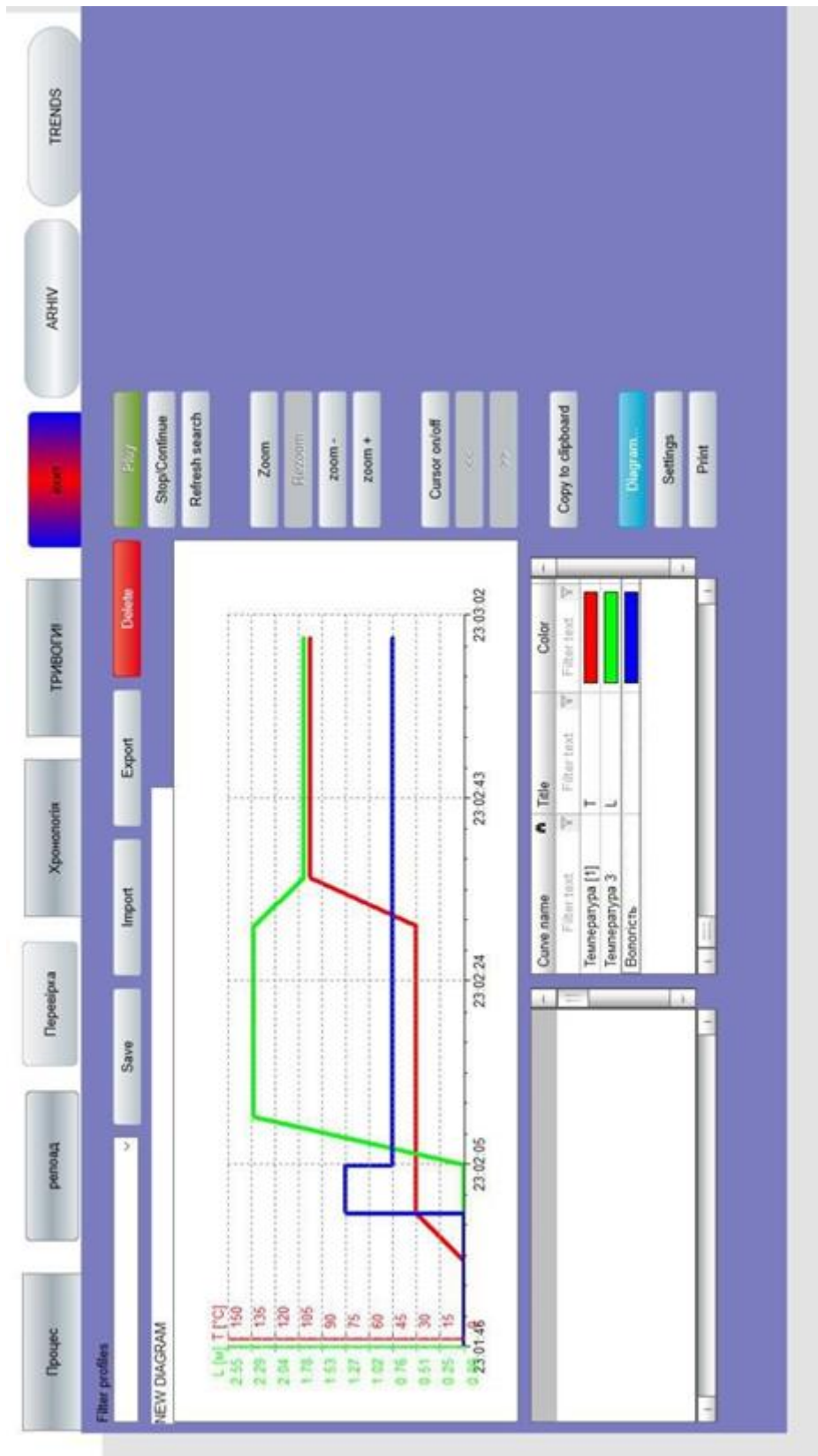


Рис.6.4. Вкладка трендів.

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 або польових досліджень.

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

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

Постановка задачі: Для системи автоматизації процесу у хлібопекарській печі провести розрахунки перевірки системи на стійкість за допомогою методу Михайлова.

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

Для виконання вищезазначеного аналізу потрібно вивести передавальні функції для об'єкта за каналами різних дій, скласти блок-схему об'єкта. При необхідності виконують структурні перетворення (перенесення суматорів, точок), в результаті чого структурна схема зводиться до еквівалентної однолінійної.

Функції передачі та коефіцієнти до них для нашого об'єкта були розроблені за допомогою довідника [13].

Запишемо систему рівнянь в операторній формі, враховуючи нульові початкові умови та підставляючи числові значення коефіцієнтів та постійних часу.

					<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>Некращук О.Р.</i>			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу в хлібопекарській печі</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				62	4
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>				<i>НУХТ ЗАК-5-1</i>	
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Ельперін І.В.</i>					

$$(20p+1) \cdot \Delta X_1(p) = 1,5 \cdot \Delta U_1(p) + 0,9 \cdot Z_1(p) + 0,2 \cdot \Delta X_2(p);$$

$$(18p+1) \cdot \Delta X_2(p) = 0,9 \cdot U_2(p) + 1,1 \cdot \Delta X_1(p);$$

$$(22p+1) \cdot \Delta X_3(p) = 0,5 \cdot Z_3(p) + 0,9 \cdot \Delta X_2(p);$$

Визначимо передаточні функції:

$$W_{1U}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{1,5}{20p+1}; W_{1Z}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta Z_1(p)} = \frac{0,9}{20p+1}; W_{21}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0,2}{20p+1};$$

$$W_{2U}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta U_2(p)} = \frac{0,9}{18p+1}; W_{12}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta X_1(p)} = \frac{1,1}{18p+1};$$

$$W_{23}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0,9}{22p+1}; W_{3Z}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta Z_3(p)} = \frac{0,5}{22p+1};$$

Складаємо структурну схему об'єкта:

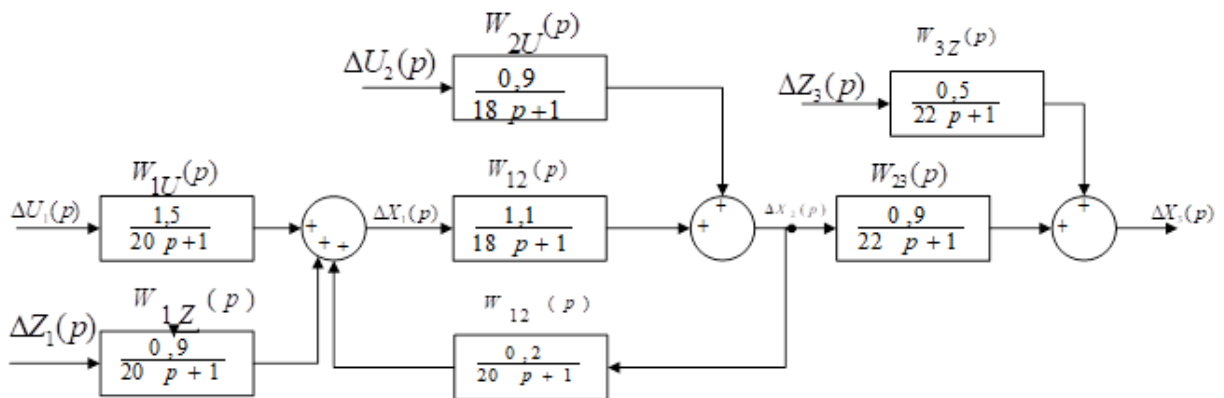


Рис.7.1. Структурна схема об'єкта.

7.3. Моделювання САР

Аналіз стійкості системи:

Насамперед розроблений коефіцієнт питомого поглинання слід перевірити на стабільність. Перевірка стійкості в нашому дипломному проекті проводиться за критерієм Михайлова.

Відповідно до критерію Михайлова, для того, щоб система була стабільною, необхідно, щоб аргумент був повністю збільшений $\psi(\omega)$ при зміні частоти ω від 0

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до ∞ дорівнював $n \frac{\pi}{2}$, де n це порядок полінома $D(p)$ [2, 6].

Характеристичний поліном системи, має вигляд:

$$W_{зам}(p) = \frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} = \frac{\frac{2,39*7,05}{42553,2p^3 + 7234p^2 + 177,7p + 17,9}}{1 + \frac{2,39*7,05}{42553,2p^3 + 7234p^2 + 177,7p + 17,9}}$$

$$= \frac{16,6}{42553,2p^3 + 7234p^2 + 177,7p + 17,9}$$

$$D(p) = 42553,2p^3 + 7234p^2 + 177,7p + 17,9 = 0.$$

Підставимо замість $p - (j\omega)$. Отримаємо:

$$D(p) = -42553,2j\omega^3 - 7234\omega^2 + 177,7j\omega + 17,9$$

Для того, щоб побудувати годограф Михайлова, виділимо дійсну та уявну частини характеристичного поліному $D(p)$:

Дійсна:

$$X(\omega) = -7234\omega^2 + 17,9$$

Уявна:

$$Y(\omega) = -42553,2j\omega + 177,7j\omega.$$

Та будемо їх залежність за допомогою Excel (ω підставляємо в рівняння дійсної та уявної частини, де отримуємо координати годографа).

Таблиця 7.1. Дані для побудови годографа Михайлова.

w	X(w)	Y(w)
0,00	17,90	0,00
0,01	17,18	1,73
0,02	15,01	3,21
0,03	11,39	4,18
0,05	-0,19	3,57
0,06	-8,14	1,47
0,07	-17,55	-2,16
0,08	-28,40	-7,57
0,09	-40,70	-15,03
0,10	-54,44	-24,78
0,12	-86,27	-52,21

За отриманими даними будемо годограф Михайлова за допомогою програмного середовища Excel.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

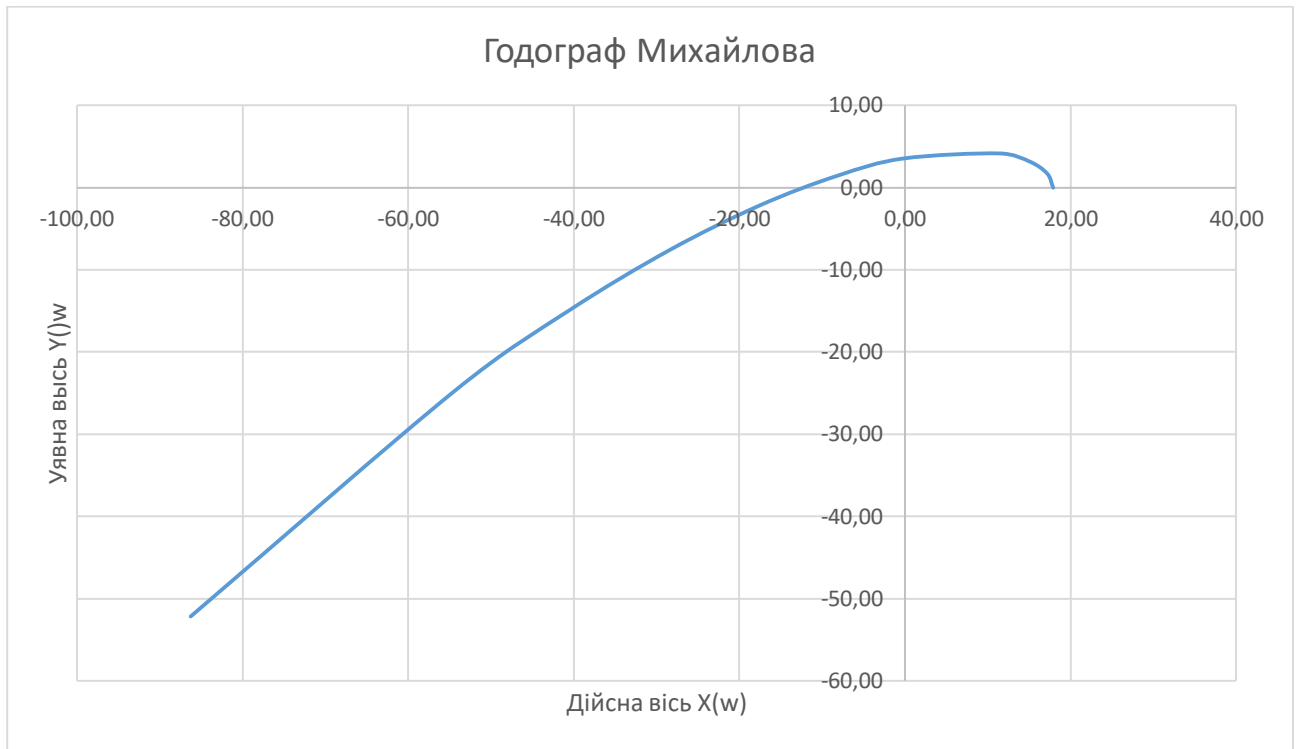


Рис.7.2. Графік залежності $Y(\omega)$ від $X(\omega)$.

Оскільки характерним поліномом нашої системи є поліном третього порядку ($n = 3$), а годограф Михайлова проходить через три чверті комплексної площини і має плавний, вільний від графіків графік, система стабільна.

Висновок: У цьому розділі було зроблено структурну схему процесу АСР в печі. Ресурси Excel були використані при дослідженні коефіцієнта питомого поглинання на стабільність, що значно скоротило час і підвищило точність дослідження системи автоматичного управління стабільністю. Система виявилася стабільною.

Висновки

У кваліфікаційній роботі була розглянута система автоматизації технологічного процесу в духовій шафі. Була розроблена автоматизована система управління (САУ) на базі контролера Modicon M340 від французької компанії Schneider Electric.

Для нашого об'єкта 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 розроблений алгоритм роботи об'єкта і блок-схема по алгоритму, реалізована програма роботи об'єкта, обрані пристрої для підключення до контролера, наведені схеми підключення, складена таблиця специфікації технологічних засобів, відповідно було розроблено та впроваджено SCADA / НМІ для оператора. використання програмного забезпечення Zenon SCADA від СОРА-DATA.

У майбутньому доцільно модернізувати обладнання до більш нового, оскільки застаріле обладнання понесе збитки в 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.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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		67

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-temperatury-vozduha-rosa-ua> [6];
15. TE-6K-TK-2. URL: <https://v-kip.com/tahometr-elektronnyy-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.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		