

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

«До захисту в ЕК»

Декан факультету

Андрій Форсюк
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«___» лютого 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ярослав Смітюх
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«___» лютого 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(код та назва спеціальності)

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

на тему: Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Киткауа TU 21X3

Виконав: здобувач 3 курсу, групи ЗАВ-3-1

Брюховецький Валерій Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Стеценко Дмитро Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Володимир МАРЧЕНКО

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь бакалавр

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри АКТСУ
Ярослав Смітюх

«___» _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Брюховецький Валерій Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Киткауа ТУ 21Х3

керівник роботи к.т.н. Стеценко Дмитро Олексійович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від — 19 грудня 2023 року №1001-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 14 лютого 2024 р.

3. Вихідні дані роботи відомості про технологічний процес та режими випікання тістових заготовок, умови експлуатації та режими роботи хлібопечей фірми Киткауа, вимоги до їх автоматизації, технічна документація на засоби автоматизації та програмні середовища і продукти, матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно 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 технічних засобів. 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 (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Функціональна схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 25 грудня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	трок 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

(підпис)

Валерій Брюховецький

Керівник роботи

(підпис)

Дмитро Стеценко

Анотація

В кваліфікаційній роботі була проведена розробка системи автоматизації для хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3. Робота включає опис технологічного процесу випікання хлібобулочних виробів на хлібозаводі, встановлення завдань для системи автоматизації, створення схеми автоматизації, розробку специфікації технічних засобів автоматизації, монтажною схеми для вологоміра Kobolt AFH-G, схему підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК, а також розширені схеми підключення технічних засобів.

Було розроблено алгоритм та програму для керування хлібопекарною піччю, призначену для використання з ПЛК Schneider Electric Modicon M251. Інтерфейс дисплейної мнемосхеми, який відображає процес випікання хліба, було розроблено у програмному забезпеченні від фірми Schneider Electric, а його вигляд представлено в пояснювальній записці проекту.

Ключові слова: тунельна хлібопекарна піч, Modicon M251, панель оператора СП 307, датчик вологи, контроль і регулювання температури в хлібопекарній камері.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

Annotation

In the qualification work, the development of the automation system for the Kumkaya TU 21X3 bakery oven was carried out. The work includes a description of the technological process of baking bakery products at a bakery, setting tasks for the automation system, creating an automation scheme, developing a specification for automation technical means, an assembly diagram for a Kobolt AFH-G moisture meter, a scheme for connecting sensors and actuators to a PLC, as well as extended connection schemes technical means.

An algorithm and program for controlling a bread oven designed for use with a Schneider Electric Modicon M251 PLC was developed. The interface of the display mnemonic, which reflects the process of baking bread, was developed in software from Schneider Electric, and its appearance is presented in the explanatory note of the project.

Keywords: tunnel baking oven, Modicon M251, SP 307 operator panel, moisture sensor, temperature control and regulation in the baking chamber.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	13
Розділ 2. Система автоматизації.....	14
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	14
2.2. Схема автоматизації.....	19
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	21
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера(ПЛК) та схеми підключення.....	23
3.1 Проектне компонування промислового логічного контролера(ПЛК)	23
3.2 Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	29
3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів.....	30
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів.....	33
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	36
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	40
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	41
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	44
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання..	48
7.1. Постановка задачі дослідження.....	48
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	50
7.3. Моделювання САР.....	51
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків...	53
Висновок.....	57
Список використаної літератури.....	58

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Автоматизація технологічних процесів виступає важливим чинником для підвищення продуктивності та покращення умов праці. Всі промислові об'єкти, як існуючі, так і новобудовані, обладнані засобами автоматизації у певній мірі.

Проекти найбільш складних виробництв, зокрема у металургії, нафтопереробці, хімії і нафтохімії, виробництві мінеральних добрив, енергетиці та інших галузях промисловості, передбачають комплексну автоматизацію різноманітних технологічних процесів. Це є основою для підвищення продуктивності праці.

Під продуктивністю праці розуміється обсяг виробленої продукції протягом конкретного часового періоду, що визначається кількістю робочого часу, витраченого на одиницю продукції. Витрати праці вимірюються робочим часом.

Зростання продуктивності праці вказує на збільшення обсягу виробленої продукції за той самий робочий час, завдяки ефективній організації праці та економії робочого часу на одиницю продукції. Практично будь-яка галузь промисловості чи підприємство не могли б досягти необхідного розвитку без систематичного підвищення продуктивності праці. Продуктивність праці визначається, переважно, технічними засобами та технічним прогресом.

При створенні нового виробництва передбачається вища продуктивність, оскільки при проектуванні враховуються сучасні досягнення. На існуючих підприємствах підвищення продуктивності праці досягається шляхом реконструкції та модернізації технологічних процесів і обладнання, впровадження комплексної механізації і автоматизації.

Автоматизація процесів суттєво змінює характер виробничого процесу як у плані режимів виконання, так і впливу на виріб[1]. Фізичну суть технологічного процесу чи операції, принципи управління ними та оптимальні режими вивчаються переважно в лабораторних умовах, а лише відпрацьовані процеси передаються до цеху.

Визначення найбільш вигідного рівня автоматизації здійснюється за допомогою техніко-економічних розрахунків, використовуючи відомі показники.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматизацію виробничих та технологічних процесів слід розглядати як засіб вдосконалення обладнання, технологічного оснащення та якості процесу, а також з точки зору забезпечення техніко-економічної ефективності.

Системи автоматизації набувають нових властивостей системного характеру:

- впровадження комп'ютерних технологій та вдосконалення структури існуючих багаторівневих систем управління;
- використання сучасних програмних засобів для візуалізації технологічної інформації, її зберігання;
- інтелектуалізація виконуваних функцій з використанням елементів штучного інтелекту.

При автоматизованому режимі роботи установки чи лінії роль людини здебільшого зводиться до вмикання об'єкта або до виконання окремих ручних функцій.

Метою реалізації даної роботи є розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3. Впроваджені нововведення повинні забезпечити точність отримуваних даних про технологічні параметри, і чіткість прийнятих рішень для їх регулювання. Завдяки вчасному надходженню даних про відхилення і коливання технологічних параметрів, відносно допустимих меж, має зрости надійність функціонування технологічного обладнання.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

Випічка є найважливішим і заключним етапом технологічного процесу виробництва хлібобулочних виробів, від якого в значній мірі залежать якість готової продукції і продуктивність усієї потокової лінії[2].

У процесі випічки в пекарній камері тепло передається тістовим заготовкам у результаті випромінювання (70-90%) від поверхонь нагрівання, конвекції - від парогазового середовища в пекарній камері, теплопровідності - від пода печі до нижньої поверхні тістової заготовки.

Температура середовища пекарної камери коливається в залежності від виду і маси продукції, що випікається, сорту борошна, застосованого для приготування тіста, у широких межах - від 100 до 300 °С.

Для випічки кожного виду виробів встановлена оптимальна температура середовища пекарної камери. Для формових виробів з житнього борошна температура повинна бути в межах 210-270 °С, для подових виробів із пшеничного сортового борошна - від 200 до 250 °С, для хлібобулочних виробів з пшеничного сортового борошна і дрібноштучних булочних виробів -- від 210 до 250 °С, для бубличних виробів: сушок - від 240 до 250 °С, бубликів - від 220 до 250 °С і т.д.

Майже всі вироби випікаються при температурному режимі середовища пекарної камери, що знижується, причому різниця між первісною (максимальною) температурою в першій зоні і температурою в зоні допікання виробів досягає від 50 до 100 °С[3].

Інтенсивне зволоження середовища протягом 2-3 хв. на початку першої зони пекарної камери особливо необхідно при випічці гребінцевих виробів (булки і батони міські, булочки і т.д.) . У цьому випадку відносна вологість середовища досягає 90%.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Брюховецький			Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стеценко Д.О					9	
Секретар		Крупська Т.М				НУХТ		
Зав.каф		Смітюх Я.В				ЗАВ 3-1		
Н.контроль								

Насичений пар низького тиску (0,105-0,14 МПа) потрапляє в зону зволоження через парозволожуючий пристрій[2,3].

Питома витрата пару складає 150-350 кг на 1т хлібобулочних виробів. Крім того, зволоження в пекарній камері може здійснюватися шляхом розпилу води з форсунок.

Випічка здобних і бубличних виробів провадиться без зволоження середовища пекарної камери. При випічці бубличних виробів у пекарній камері штучно знижують відносну вологість середовища шляхом видалення пару через вентиляційні канали.

В одних печах для вентиляції пекарної камери в стінах обмуровування передбачені канали, з'єднані з тяговими пристроями генератора печі, а в інших - патрубки в перекритті пекарної камери, з'єднані з загальною системою вентиляції підприємства чи з витяжними трубами, виведеними назовні. Тунельні печі це промислове хлібопекарське обладнання, що працює в режимі не перервного і постійного потоку. Конструкція печі дозволяє випікати широкий асортимент виробів з борошна високої якості. Конвеєрна стрічка має ширину 3 метри, так само можливе виконання в розмірі 2,5 метра. Довжина конвеєра може становити від 14 до 36 метрів в залежності від необхідної продуктивності. Піч має один ярус, конвеєр виконаний з металеві сітки. Спеціальна система заслінок служить для окремого регулювання температури в нижній і верхній частині робочої камери печі. Таким чином, створюється необхідна температура для ідеального і рівномірного випікання різних виробів з борошна. З боків печі розташовується система циркуляції повітря, яка сприяє рівномірному розподілу температури і знижує витрату палива. Гідравлічна система в автоматичному режимі виконує центрування та регулювання сили натягу конвеєра. За допомогою цифрової панелі керування оператор контролює температуру, кількість подаваного пару, швидкість руху і ступінь натягу конвеєрної стрічки. Вантажно-розвантажувальна система може бути повністю або частково автоматизованою. Для роботи печі використовується мазут, природний або скраплений газ, дизельне паливо. Тунельна циклотермічна піч (рисунок 1.1) - універсальна піч, призначена для безперервної випічки всіх сортів хлібобулочних

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробів при температурі до 320 °С. Може працювати як автономно, так і в складі автоматичних технологічних ліній[2].

Переваги:

- високий ступінь захисту при роботі з піччю завдяки системі обігріву печі, що працює на низькому тиску, запобіжним заслінкам і іншим запобіжним механізмам;

- безступінчасте регулювання часу й температури випічки;

- економія теплової енергії й підвищений ККД печі завдяки першокласним ізоляційним матеріалам;

- можливість установки системи примусової циркуляції повітря в грубній камері для збільшення тепловіддачі до продукту, насамперед, при випічці формових сортів хлібобулочних виробів;

- енергозберігаючі технології з можливістю автоматичного регулювання тяги в топці.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд тунельної печі Kumkaya TU 21X3

Система обігріву пічного простору - газові пальники.

Є можливість вибору між різними виконаннями транспорту печі:

- плетена сталева сітка;

- гранітні плити;

- металеві плитки.

Вхід може бути обладнаний додатковим зовнішнім пристроєм для ошпарювання, електричним підігрівом поду.

На виході печі є можливість встановлення розбризкувача води для поліпшення глянцею виробів.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

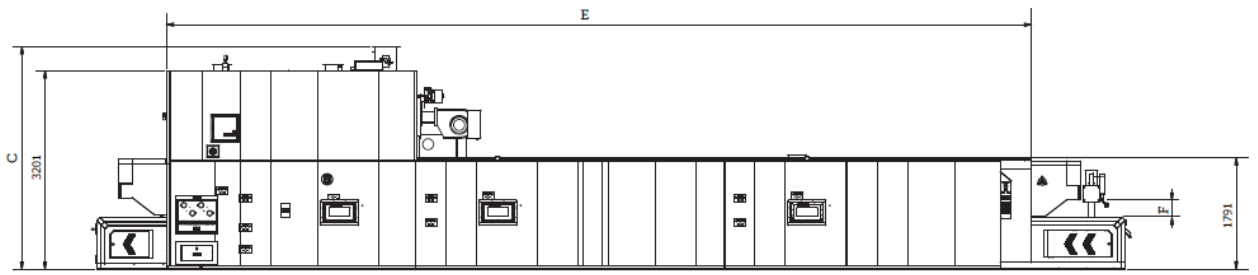


Рисунок 1.2 – Структурна схема печі Kumkaya TU 21X3

В останні роки знаходять застосування топочні пристрої з рециркуляцією продуктів згоряння, що дозволяє скоротити витрату палива на випічку, застосувати автоматичне регулювання теплового режиму, скоротити час на розігрівання печі, яке проводиться за 1-2 години, а це в свою чергу створює передумови для переходу на двозмінний режим роботи підприємства.

У каналах газу, одержувані при спалюванні палива, змішуються з рециркуляційними, що повертаються після обігріву пекарної камери[4].

Температура суміші газів, що гріють, у каналах не перевищує 550°C. Це гарантує довговічну роботу металевих каналів, що гріють, і дозволяє основну їхню частину виконувати з нержавіючої сталі. Також така конструкція відіграє немаловажну роль у зручності транспортування, тому що печі транспортуються в розібраному стані.

Конструкція печей повинна забезпечувати мінімальне тепловиділення поверхонь, що обгороджують, відсутністю викиду в цех газоподібних виділень при порушеннях нормального процесу випічки, безперервність технологічного процесу, максимальну продуктивність.

Основним показником ефективності роботи системи автоматизації хлібопекарної печі буде якість готового продукту, а саме хлібу подового та батону нарізного. Завданням на розробку на системи автоматизації є: перелік технологічних параметрів, що підлягають автоматизації; вид автоматизації та характер контролю та управління; допустимі значення параметрів.

Дані представлені у вигляді таблиці (таблиця 1.1).

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1.- Завдання на розробку системи автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигнал	Припустиме значення параметру	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління
1	Магістраль подачі паливо-повітря	Тиск(трубопровід газу, повітря)	0,8-1,2 кПа	регулювання	Стабілізація (1:10)
2	Термічна камера хлібопечі	Температура	180С	регулювання	Стабілізація Відображення, реєстрація, сигналізація
3	Камера	Вологість	87%	контроль	Відображення, реєстрація,
4	Муфель печі	Розрідження	- 0.8.....1.3 кПа	регулювання контроль	Стабілізація Відображення, реєстрація, сигналізація
5	Привід сітчатого пиду	Двигун приводу	Зміна частоти 50Гц	керування	Стабілізація Відображення, реєстрація

Розділ 2. Система автоматизації

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

При побудові даної АСУ ТП були використані наступні прилади:

Для вимірювання температури у розробленій системі автоматизації хлібопекарної печі використовуються термопара «Акутек» ДТПЛ015М-0115 250.1.0.И.7



Рисунок 2.1– Термопара «Акутек» ДТПЛ015М-0115 250.1.0.И.7

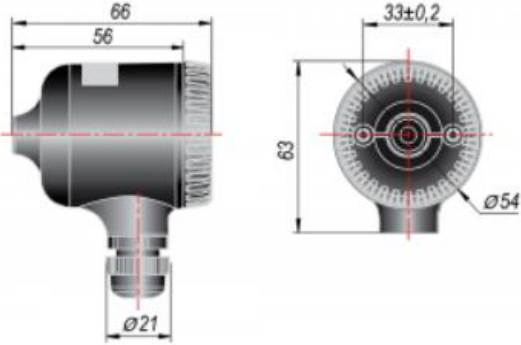
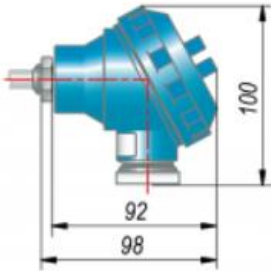
Перетворювачі термоелектричні (ТП) вибухозахищені ДТПЛ015М: Призначені для вимірювання температури рідких і газоподібних середовищ у вибухонебезпечних зонах або приміщеннях, в яких можливе утворення вибухонебезпечних сумішей парів, та горючих рідин і газів з повітрям категорії ПС груп Т1-Т6 згідно ГОСТ 30852.0, і можуть застосовуватися у вибухонебезпечних зонах відповідно до вимог глави 7.3 ПУЕ[15].

ТП мають вибухобезпечний рівень, який забезпечується видом вибухозахисту по ГОСТ 30852.1 «вибухонепроникна оболонка d»,

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Брюховецький			Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3		
Перевір.		Стеценко Д.О				14	
Секретар		Крупська Т.М				НУХТ	
Зав.каф		Смітюх Я.В				ЗАВ 3-1	
Н.контроль							

з маркуванням 1ExdIICT5 X (1ExdIICT6 X).

ТП виготовляються в наступних кліматичних виконаннях:

Конструктивне виконання головки	Під НПТ-3	
Матеріал головки	Пластмасова	Металева
Кресленик		

- виконання У1.1 по ГОСТ 15150, але для роботи при значеннях температури навколишнього повітря ТП температурного класу Т6 - від мінус 20 ° С до плюс 40 ° С, температурного класу Т5 - від мінус 45 ° С до плюс 70 ° С;

- тропічного виконання ТЗ по ГОСТ 15150, але для роботи при значних тим ператури навколишнього повітря ТП температурного класу Т6 - від мінус 10 ° С до плюс 40 ° С, температурного класу Т5 - від мінус 10 ° С до плюс 70 ° С.

Термопара являє собою температурний датчик, з виходу якого безпосередньо знімається сигнал напруги, пропорційний температурі. При цьому не потрібен додаткове джерело живлення, тому що вихідна напруга виникає внаслідок термоелектричних властивостей металів. Залежно від температури пропонуються різні типи термопар. Для підключення до вторинного електронного встаткування (контролеру, індикатору, реєстраторові й т.д.) необхідно використовувати спеціальний кабель із термоелектричною компенсацією.

Термопари застосовуються при температурах від -100 ° С до +1500 ° С (залежно від типу приладу, типу термопари й матеріалів, що контактують із вимірюваним середовищем).

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Принцип дії термопари заснований на тім, що нагрівання або охолодження контактів між провідниками, хімічними властивостями, що відрізняються, супроводжується виникненням термоелектрорушійної сили (ЕДС)[5]. Термопара складається із двох металів, зварених на обох кінцях. Один кінець міститься в місці виміру температури. Другий спай термостатується, або вимірюється його температура й похибка віднімається розрахунковим способом.

Метрологічною характеристикою термопари є градуовальна таблиця в якій зазначена температура "гарячого" кінця термопари, і термо-ЕРС яка викликається термопарою при цій температурі, при цьому необхідно враховувати температуру "холодного" кінця термопари й термо-ЕДС що розвивається на ньому необхідно відняти з термо-ЕДС "гарячого" кінця термопари.

Термопари бувають відкритого й закритого типу.

Застосування термопар для виміру температури різних об'єктів, а так само в автоматизованих системах керування й контролю.

Переваги термопар:

Великий температурний діапазон виміру;

Вимір високих температур до 1800—2200 °С;

Точність більше 1 °С важко досяжна;

На показання впливає температура вільних кінців, на яку необхідно вносити виправлення.

Вільні кінці чутливого елемента підключені до контактів корпусу з сполучної головки. Позитивний термоелектроди (з червоною міткою) підключений до контакту 1.

Чутливий елемент виконаний у вигляді термометрической вставки.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

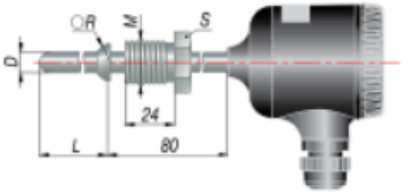
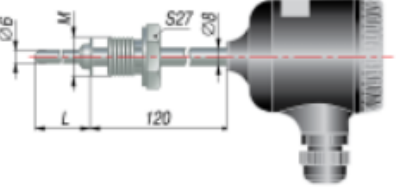
	205	D=10 мм, M=22×1,5 мм, S=27 мм, R=9,5 мм	ДТПЛ сталь 12Х18Н10Т (-40...+600°С)	
	215	D=10 мм, M=27×2 мм, S=32 мм, R=12 мм	ДТПК сталь 12Х18Н10Т (-40...+800°С)	
	265	D=6 мм, M=22×1,5 мм, S=27 мм	сталь 10Х23Н18 (-40...+900°С)	80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000

Рисунок 2.2 - Виконання термоелектро-перетворювачів «Акутек»

У якості перетворювачів тиску були вибрані датчики фірми BD-Sensors різних виконань – DMP – 331(рисунок 2.3) та DMP – 343, та з різними діапазонами вимірювання, так як діапазон тиску на об'єкті коливається у невеликих межах.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд перетворювача тиску фірми BD-Sensors – DMP–
331

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Для керування дуттєвим вентилятором на параметрі співвідношення «паливо-повітря» використано частотний перетворювач (рис. 2.4) в системі управління та регулювання, який під дією керуючого впливу контролера, задає пропорційно швидкість (частоту) обертання того чи іншого силового механізму[16].



Рисунок 2.4 – Частотний перетворювач ATV11-HU18M2E

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Схема автоматизації

Системою автоматизації передбачена реалізація наступних контурів автоматизації:

- контроль, реєстрація та регулювання температури в термічній камері печі за рахунок зміни кількості газу в топку;
- контроль, реєстрація, регулювання та сигналізація величини розрідження димових газів в муфелях печі
- контроль вологості в пекарній камері;
- регулювання співвідношення витрати палива-повітря;

Співвідношення витрат газу та повітря, подаваних в топку та пальники печі, автоматично вимірюється та регулюється[6].

Витрата газу вимірюється по величині тиску датчиком перетворення різниці тисків DMP – 331 (поз. 1а), які надходять з трубопроводу газу, з вихідним уніфікованим струмовим сигналом у вигляді 4...20 мА, який подається до ПЛК Modicon M251. Витрата повітря вимірюється датчиком перетворення тиску DMP – 343 (поз. 2а), з вихідним уніфікованим струмовим сигналом – 4...20 мА, який подається до ПЛК Modicon M251. Сприйняті сигнали програмно обробляються, та порівнюються с заданим коефіцієнтом співвідношення (1:10). Керуючий сигнал 4-20 мА з контролера поступає на частотний перетворювач Schneider Electric ATV11-HU18M2E (поз. 2в), з якого керуючий сигнал 220В надходить до пускача (поз км1) а далі на привід дуттєвого вентилятора.

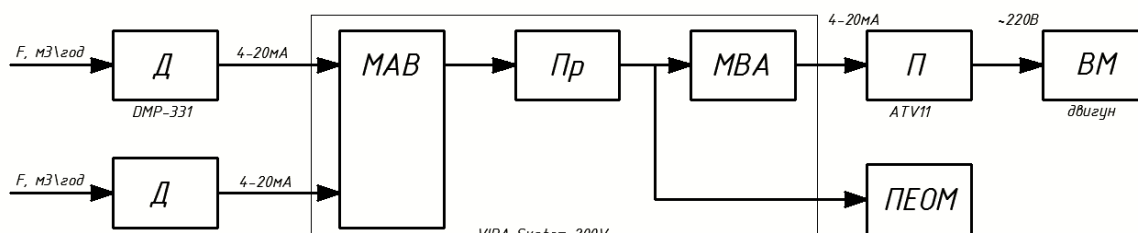


Рисунок 2.5 – Схема каналу регулювання співвідношення паливо – повітря

Температура в пекарній камері, де відбувається запікання тістових заготовок, автоматично вимірюється й регулюється. Регулювання здійснюється в режимі стабілізації і забезпечуються автоматичним керуванням приводу лінії

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

палива. Температура вимірюється датчиком температури – термоперетворювачем «Акутек» ДТПЛ015М (поз. 3а) з вихідним сигналом по струму, який перетворюється та подається до ПЛК Modicon M251, де програмно обробляється. Керуючий сигнал з контролера поступає на блок ручного управління БРУ-10 (поз. 3в), з якого керуючий сигнал 220В надходить на пускач (поз км2) а далі на виконавчий механізм МЕО-100\63-0.5 (поз 3г) який змінює кількість палива до топки хлібопечі.

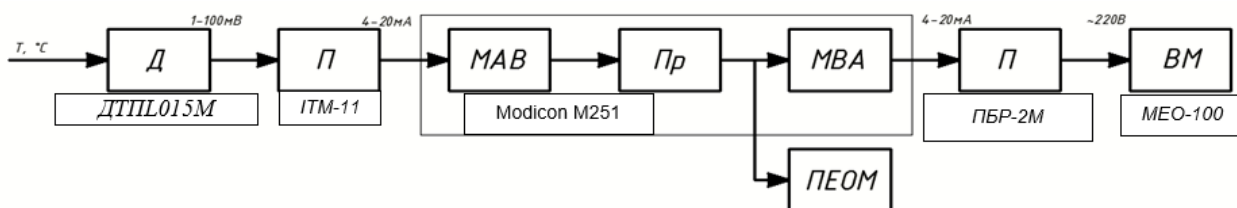


Рисунок 3.3 - Схема каналу регулювання температури в пекарній камері

Вологість в пекарній камері контролюється і реєструється. Вимірюється за допомогою сучасного вологоміра Kobolt AFH-G (поз 4а) з вихідним уніфікованим струмовим сигналом у вигляді 4...20 мА, який подається до ПЛК Modicon M251. В контролері інформація перетворюється і оброблюється. Відображується у вигляді дисплейних мнемосхем[7].

Розрідження димових газів в муфелі печі, автоматично вимірюється і регулюється. Тиск(розрідження) вимірюється датчиком перетворення тиску DMP – 343 (поз. 5а), з вихідним уніфікованим струмовим сигналом – 4...20 мА, який подається до ПЛК Modicon M251, де програмно обробляється. Керуючий сигнал з контролера поступає на блок ручного управління БРУ-10 (поз. 5в), з якого керуючий сигнал 220В надходить на пускач (поз км3) а далі на виконавчий механізм МЕО-100\63-0.5 (поз 5г) який змінює положення заслінки муфелю.

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1-Специфікація обладнання

№ позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	К-ть	Завод виготовлювач
1	2	3	4	5
1а,2а	Вимірювальний перетворювач тиску для неагресивних та агресивних газів, пару та рідин. Межі вимір. 0,03 – 400 бар. Вих. сигнал 4-20 мА.	Датчик тиску DMP-343, 0...4кПа	2	Kobolt
5а	Вимірювальний перетворювач тиску для неагресивних та агресивних газів, пару та рідин. Межі вимір. 0,03 – 20000 бар. Вих. сигнал 4-20 мА.	Датчик тиску DMP-352, 0...2МПа	1	Kobolt
3а	Вимірювальний мікропроцесорний перетворювач температури в захистній трубці із нержавіючої сталі, показуючий з світловою сигналізацією. Вихідний сигнал 4-20 мА. Вимірювальний діапазон температур - 40...+700 °С.	ДТПЛО15М-0115 250.1.0.И.7	1	«Акутек»
2г,3г, 5г	Безконтактний пускач.(220В,струм комутації до 25А)	ПБР-2М	3	ПБ з-д м.І.Франківськ
3д,5д	Електродвигунний виконавчий механізм для одноходових прохідних клапанів Ду – 50 мм. В комплект входить клапан 3257.	МЕО-100\63-0.5	2	Прилад Комплект м. Харків
4а	Високоточний перетворювач вологи. Виготовлений з нержавіючої сталі 316 Ті. Внутрішній діаметр 6,6мм. Температура вимірювального середовища до 159 °С.	AFH-G	1	KOBOLD

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

1	2	3	4	5
1б,2б,3б,4б, 5б	Індикатор технологічний мікропроцесорний,показуючий з світловою сигналізацією. Вихідний сигнал 4-20 мА.	ІТМ-11	5	Мікрол
3в,5в	Блок ручного управління, показуючий з світловою сигналізацією. Вихідний сигнал 4-20 мА.	БРУ-10	2	Мікрол
2в,6в	Перетворювач частоти векторного типу	АТV11- НУ29М 2Е	2	SCHNEI DER ELECTR IC

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

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

3.1 Проектне компонування промислового логічного контролера(ПЛК)

У проекті використовується мікропроцесорний контролер від компанії Schneider Electric, який останнім часом широко застосовується вітчизняними інжиніринговими фірмами при розробці та впровадженні систем автоматизації у різних галузях промисловості. Концерном Schneider Automation випускається велика гама ПЛК, які умовно поділяють на дві гілки. До першої гілки відносять Easy Modicon M100, Modicon M200, Modicon M221.

До другої Modicon M241-M251. Мікропроцесорні контролери Modicon M 251 призначені для керування складними технологічним або виробничими процесами, які вимагають обробки великої кількості інформації й керуванням великої кількості виконавчих механізмів[7,20].

Контролери Modicon - TM251 – це інноваційне, високопродуктивне рішення для модульних машин і розподілених архітектур. Завдяки своїм малим габаритам ці контролери можуть оптимізувати розмір шкафів управління, які мають настінний монтаж.

Оскільки контролери M251 оснащені вбудованими входами виходами, то такі промислові пристрої, як перетворювачі частоти і пристрої віддаленого вводу виводу , підключаються до шини CAN-open або до мережі-Ethernet[13].

Порти Ethernet, вбудовані в кожен контролер M251, дозволяють використовувати функції FTP і веб-сервера, спрощуючи інтеграцію архітектуру управління і віддаленого доступу до машин за допомогою додатків для смартфонів, планшеті ПК.

Велика кількість вбудованих модулів мінімізує вартість проекту:

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Брюховецький			Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стеценко Д.О					23	
Секретар		Крупська Т.М				НУХТ		
Зав.каф		Смітюх Я.В				ЗАВ 3-1		
Н.контроль								

Завдяки високій обчислювальній потужності і великому обсягу пам'яті контролери M251 ідеально підходять для систем, де вимагається висока продуктивність. Швидке створення додатків при допомозі інтуїтивно зрозумілого та потужного програмного забезпечення SoMachine. Це дозволяє швидко виконувати автоматичне завантаження існуючих додатків, які зберігаються в контролерах Modicon-M221, M238 та M258. Архітектурно M251 складається з одного або кількох з'єднаних між собою окремих шасі, на яких встановлюються різноманітні модулі: процесора, блоків живлення, модулів дискретних та аналогових входів та виходів, лічильників, комунікаційних та інших. Загальна довжина розробленої шини контролера не може перевищувати 100 метрів.



Рисунок 3.1- Зовнішній вигляд процесорного блоку ПЛК

До складу контролера входить один процесорний модуль, але кожне шасі повинно мати свій блок живлення, потужність якого вибирається залежно від кількості й характеристик модулів, встановлених у це шасі[7].

При конфігурації контролера враховуються типи і кількість модулів входів – виходів, які необхідно використовувати для під'єднання датчиків і виконавчих механізмів, а також інших спеціальних модулів.

Основним конструктивним елементом контролера є шасі. З одного боку, шасі використовується як конструктивний елемент, на якому розміщуються й закріплюються окремі модулі контролера, з іншого – шасі має загальну шину, що називається X Bus і по якій відбувається як живлення модулів установлених у шасі, так і обмін сигналами та даними між окремими модулями контролера.

Модулі процесорів розрізняють функціональними можливостями, основним з яких є:

- Кількість шасі, які можуть входити до складу ПЛК;
- Кількість входів – виходів, які може обробити контролер;
- Кількість спеціальних модулів;
- Кількість і тип мереж, до яких може під'єднуватися ПЛК;
- Кількість конфігурованих контурів регулювання;
- Види і ємність пам'яті.

Модуль процесора з'єднується із шасі за допомогою кабелю X Bus шини. Вважається, що на процесорному модулі встановлений термінатор із позначенням А, тому на іншому кінці X Bus шини необхідно встановити термінатор лінії з позначенням В[8,12].

У кожному шасі повинен бути встановлений блок живлення. Пропонуються різні блоки живлення, які розрізняються живленням від змінного чи постійного струму, потужністю, а також розмірами.

Реалізація алгоритму управління технологічним процесом випікання хлібу потребує:

- Аналогові входи 6;
- Аналогові виходи 2.

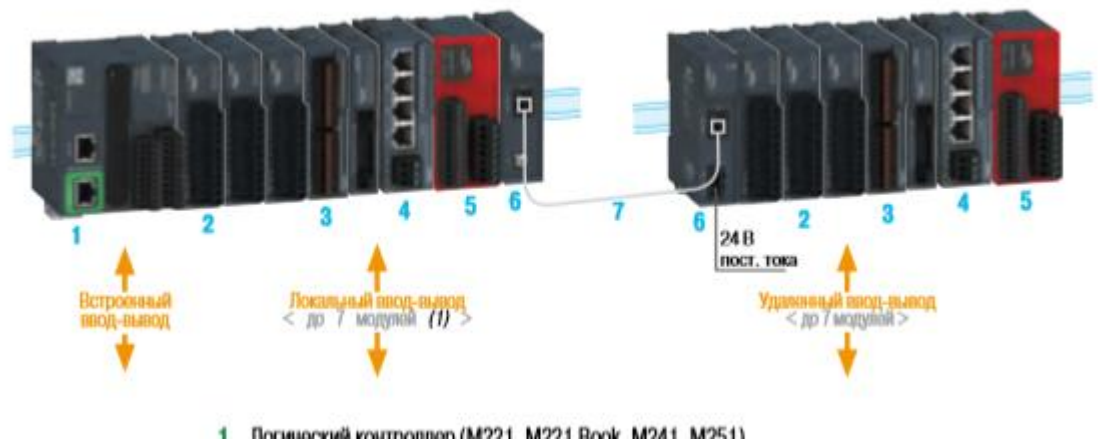


Рисунок 3.2- Проектне компонування M251

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Принципова схема підключення датчиків до контролера реалізована на листі 2 графічного матеріалу, де кожний провід має свою нумерацію для полегшення в підключенні. Використовуються електродвигунні виконавчі механізми[9].

Контролери M251 мають такий склад:

1. Знімна клемна колодка з гвинтовими зажимами,
2. Роз'єм для підключення джерела живлення напругою 24В
3. роз'єм-RJ-45

Підключення через внутрішній комутатор до Ethernet-мереж «Machine» або «Factory», со світлодіодною індикацією швидкості обміну і стану.

4. Роз'єм для підключення до шини CAN-open- (9-контактний роз'єм-SUB-D)
5. послідовний порт SL (RS-232-або-RS-485): роз'єм-RJ-45
6. Вимикач-Run / Stop- (Пуск / Стоп)
7. роз'єм шини TM4 для підключення комунікаційних модулів TM4 ppp
8. QR-код для доступу до технічної документації даного контролера
9. Роз'єм шини Modicon TM3 для підключення модулів розширення Modicon TM3
10. Блок світлодіодної індикації, відображаючий стан контролера і його компонентів (акумулятора, SD-карти пам'яті), стан вбудованих портів зв'язку (Ethernet 1-й-2, CANopen, послідовного-порту) Під кришкою.
11. Слот-карти-пам'яті-SD
12. Слот-для-резервного-акумулятора
13. Гніздо USB-mini B, котрий позначається як «Prg.-Port», для програмування
14. Вушка-під-гвинти, які використовуються для кріплення на монтажній панелі.
15. Зажим-кліпса для кріплення на симетричній -DIN-рейці.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

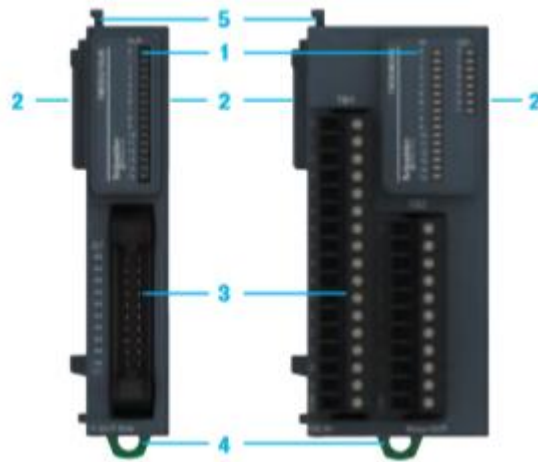


Рисунок 3.3- Зовнішній вигляд дискретного вихідного модуля

Дискретні модулі введення-виведення Modicon:

1. Блок-світлодіодних індикаторів для каналів модулів діагностики
2. Роз'єми шини ТМЗ (по одному на кожній стороні), які призначені для забезпечення цілісності з'єднань між модулями
3. Клемні колодки вхідних або вихідних каналів (в залежності від моделі використовуються клемні колодки з гвинтовими зажимами, клемні –колодки з пружинними затискачами HE-10)
4. Кріплення для фіксації на DIN-рейці.
5. Засувка для фіксації модуля.

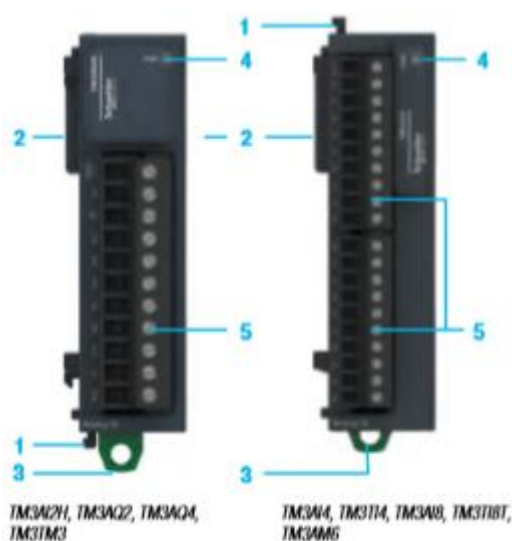


Рисунок 3.4- Зовнішній вигляд аналогового вихідного модуля

Опис:

Аналогові модулі Modicon [18]:

1. Засувка для фіксації суміжного модуля
2. Роз'єми шини ТМЗ(по одному на кожній стороні), які призначені для забезпечення надійності з'єднань між модулями
3. Кріплення для фіксації на DIN-рейці
4. Світлодіодний індикатор включення живлення.
5. Знімні клемні колодки з гвинтовими або пружинними затискачами (в залежності від моделі) для підключення аналогових каналів і джерела живлення 24-В

Таблиця 3.4 – Вибір модулів для ПЛК

Позначення	Найменування	кіль- кість	Примітка
Modicon M251	Процесорний модуль ТМАСD1	1	
ВМХ СPS 2010	Модуль живлення	1	
ТМ3АI8G	Повноформатний модуль аналогових входів 8вх	1	
ТМ3АQ4G	Повноформатний модуль аналогових виходів 8вих	1	
ВМХ NОM 0200	Модуль послідовательной передачі даних		
ТМ3DQ16R	Повноформатний модуль дискретних виходів 8вих	1	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.2 Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Вхідні сигнали від датчиків надходять на модуль аналогових входів контролера TM3AI8G (1 шт.). Ці модулі складають групу вхідних ПЗО. В ньому аналогова інформація перетворюється в цифровий сигнал для обробки контролером. Аналогові сигнали в контролері представляються у вигляді числа від -10000 до +10000 або від 0 до +10000[18].

В контролері вхідні сигнали опрацьовуються згідно заданих алгоритмів та коефіцієнтів. Після обробки контролером управляючий сигнал надходить на модулі аналогових виходів TM3AQ4G . Ці модулі представляють собою вихідні ПЗО контролера і забезпечують перетворення цифрового управляючого сигналу у вигляд уніфікованого струмового сигналу 4-20мА. З ПЗО контролера сигнал надходить на блок ручного управління, потім на пускач ПБР-2М, а далі на виконавчі механізми[10].

В принциповій схемі підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК Schneider Electric M251 застосовувалася наступна нумерація провідників:

- нумерація 800-818
- для провідників в яких протікає змінний струм;
- нумерація 001-004 для провідників в яких протікає пневматичний сигнал починалася;
- нумерація 100-118
- для провідників в яких протікає вимірювальний сигнал від датчиків до ПЛК Schneider Electric M251;
- нумерація 200-208 – для провідників в яких протікає сигнал управління від ПЛК Schneider Electric M251 до виконавчих механізмів

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

Контур регулювання, контролю температури варочної колони

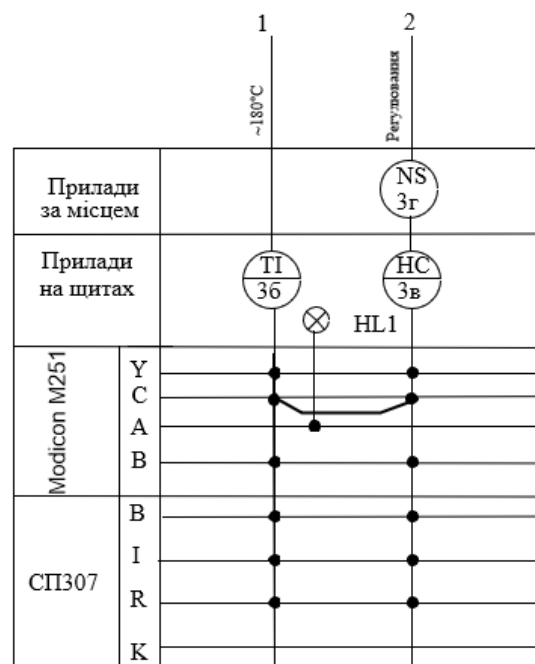
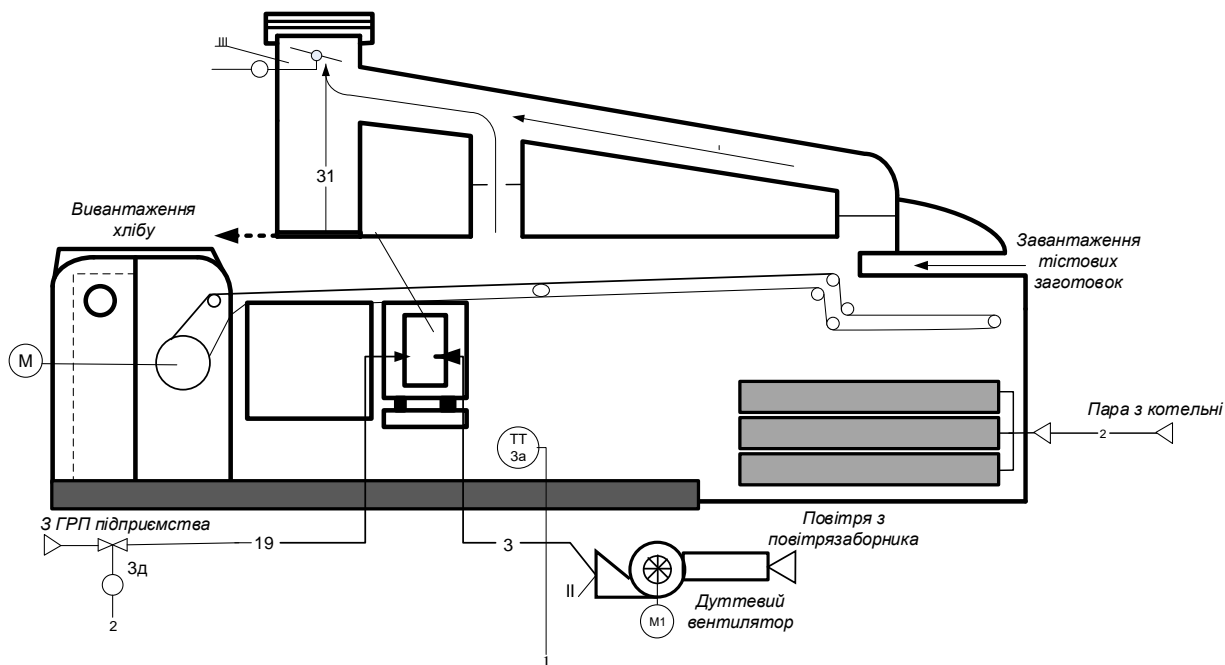


Рисунок 3.5 - Функціональна схема автоматизації контуру регулювання температури в пекарній камері

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

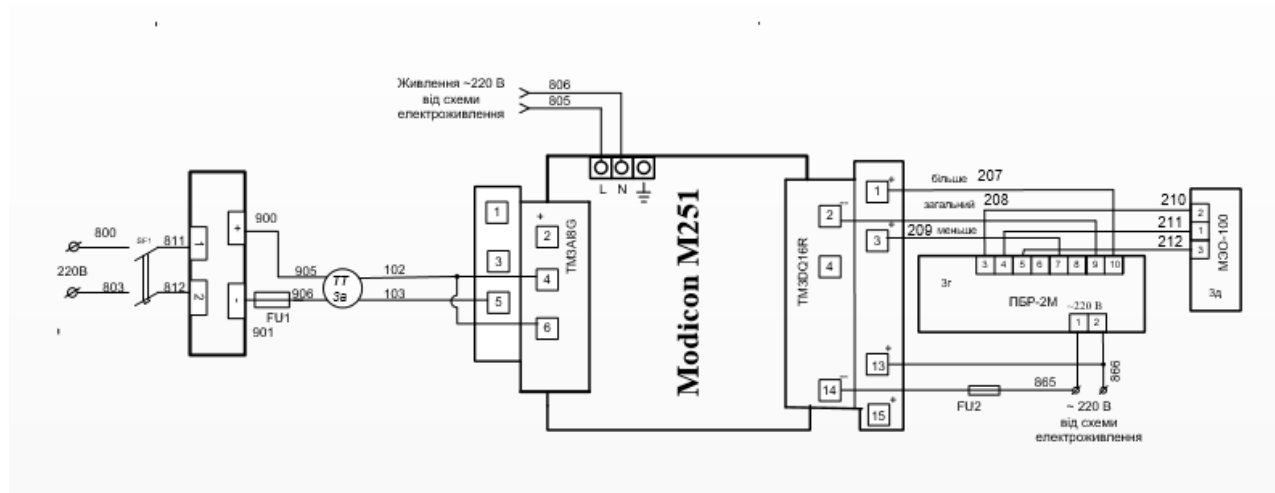


Рисунок. 3.6 - Розширена схема підключення датчика температури та виконавчого механізму з клапаном подачі газу до модулів ПЛК Schneider Electric

M251

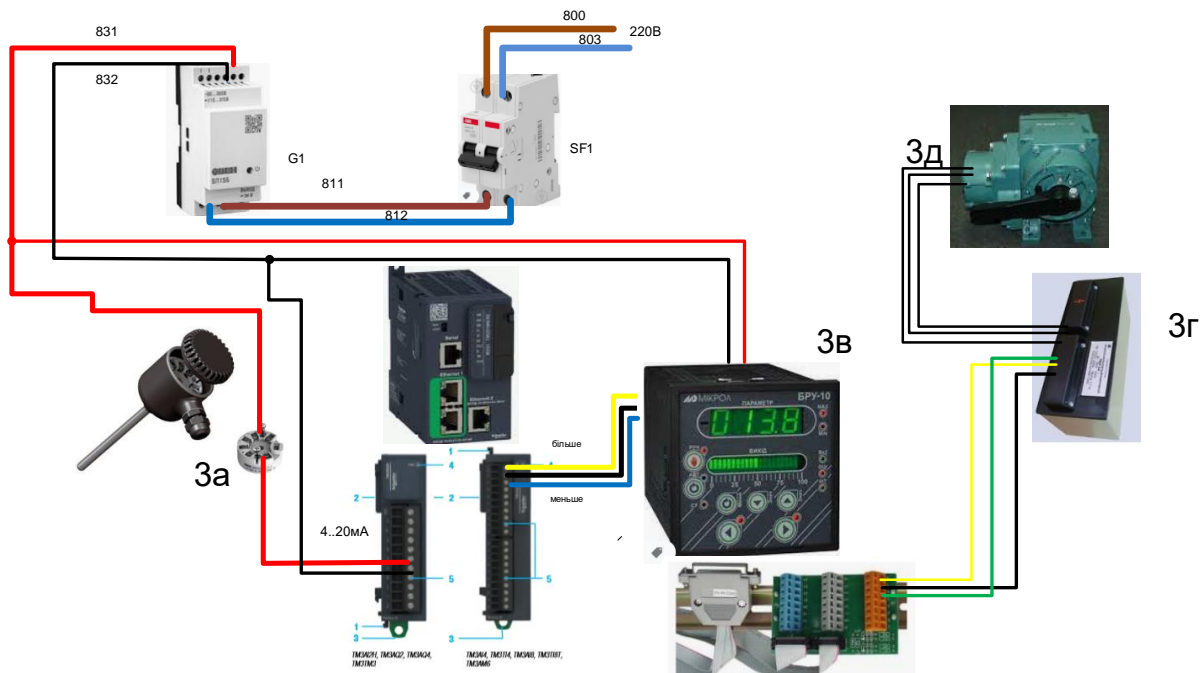


Рисунок 3.7 - Графічна схема підключення датчика температури та клапану подачі палива до модулів ПЛК Schneider Electric M251.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Регулювання температури в пекарній камері хлібопечі здійснюється наступним чином:

Датчиком температури є термоелектричний перетворювач ДТПЛ015М-0115 (поз 3а), з нього уніфікований сигнал надходить на аналоговий модуль контролеру ТМ3АІ8G (клеми 4,5,6). В контролері відпрацьовується ПІД - закон керування і вразі невідповідності формується командний сигнал на модуль дискретного виходу ТМ3DQ16R (клеми 1,2,3) з якого сигнал «більше-менше» надходить до блока ручного управління БРУ-10 (поз 3в) а далі сигнал керування через пускач ПБР-2М (поз 3г) надходить до виконавчого механізму МСО-100\63-0.5 (поз 3д) котрий змінює кількість палива до пальників хлібопекарної печі тим самим стабілізуючи температуру. Для подачі напруги живлення приладів використовують автоматичні вимикачі SF1, SF2., а також блок живлення МТМ-140(G1).

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів

Для вимірювання вологості в пекарній камері використаний вологомір фірми Kobolt AFH-G [17].



- Relative humidity and temperature measurements
- Recommended operating range: 30...100 % rH, -30...+80 °C
- For indoors and air ducts
- Passive and active sensors available
- Robust and insensitive to dirt
- Sensor cleanable
- Hygrometric method of measurement

Рисунок 4.1 – Вологомір Kobolt AFH-G

Запропонований вологомір повністю відповідає даному технологічному процесу. Робочий діапазон температур від - 40 ...+ 600. Може працювати під тиском який досягає 5 бар. При відносній вологості повітря до 95 %. До числа переваг треба віднести високу точність, надійність, відносно малі габаритні розміри.

Точність показань складає 0,1 % від виміряного значення. Нижче приведенні габаритні розміри.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Брюховецький			Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стеценко Д.О					33	
Секретар		Крупська Т.М				НУХТ		
Зав.каф		Смітюх Я.В				ЗАВ 3-1		
Н.контроль								

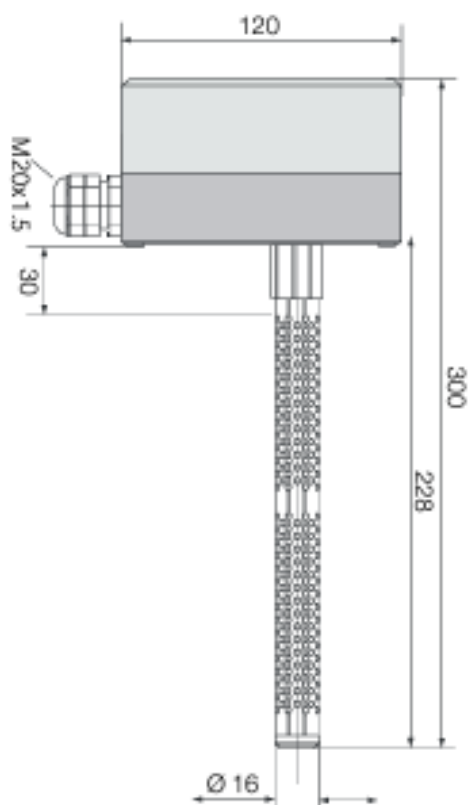


Рисунок – 4.2 – Габаритні розміри вологоміра

Модель вологоміра застосовується для сучасних хлібопекарних печей. Прилад призначений для вимірювання вологості, при підвищеній температурі.

Технічні характеристики :

- Вихідний сигнал - 4... 20 мА;
- Живлення - 24 В постійної струму;
- Робочий тиск - до 5 бар;
- Робоча температура- до 600°C;

До недоліків :

Досить висока ціна;

Майже неможливість ремонту в майстернях підприємства (службою КІП та А);

До переваг варто віднести :

Досить висока точність показань, похибка складає близько 0,5 % від виміряного значення;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Надійність;
 Простота в експлуатації;
 Простота монтажу;
 Простота заміни чутливого елементу ;
 Малі габаритні розміри.

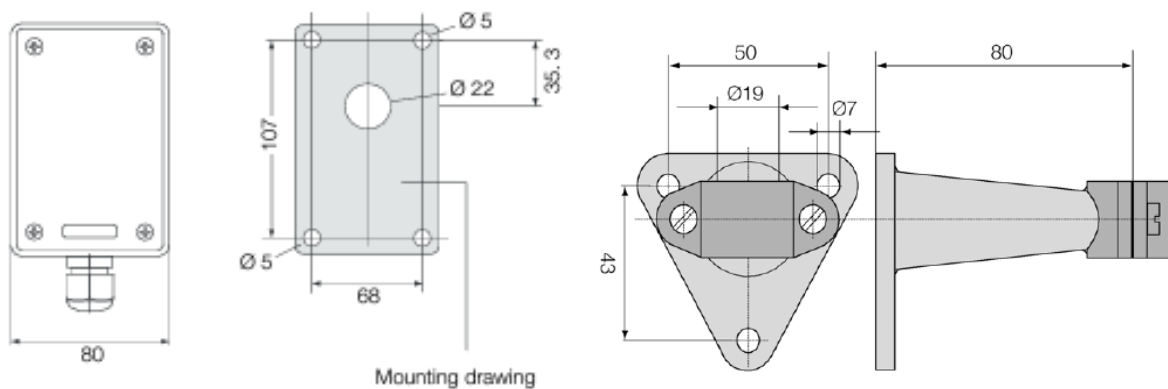


Рисунок 4.4 – Габаритні розміри вологоміра

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

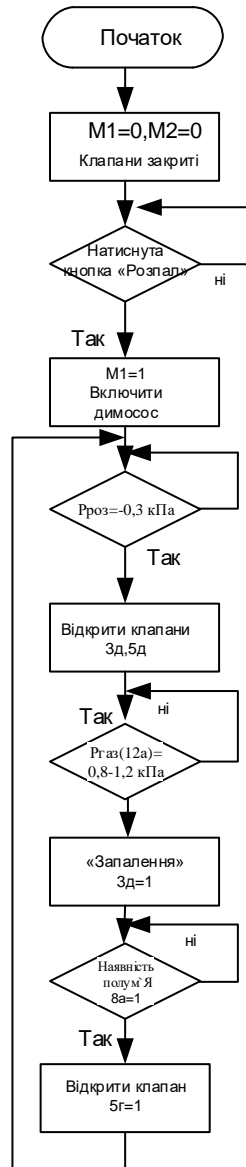


Рисунок 5.1 - Фрагмент алгоритму керування роботою хлібопекарної печі
“Kumkaya TU 21X3”

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Брюховецький						
Перевір.		Стеценко Д.О					36	
Секретар		Крупська Т.М				НУХТ		
Зав.каф		Смітюх Я.В				ЗАВ 3-1		
Н.контроль								

Програма керування написана на мові FBD.

Ця мова є графічною мовою функціональних блоків (ФБ). Програма для контролера представляється у вигляді набору функціональних блоків, з'єднаних дугами, що імітують вхідний, вихідні й проміжний змінні (рис 5.2).

Як входи можуть бути будь-які константи й змінні. Входи конфігуруються (з'єднуються) з виходами й повинні збігатися з ними по типі[12].

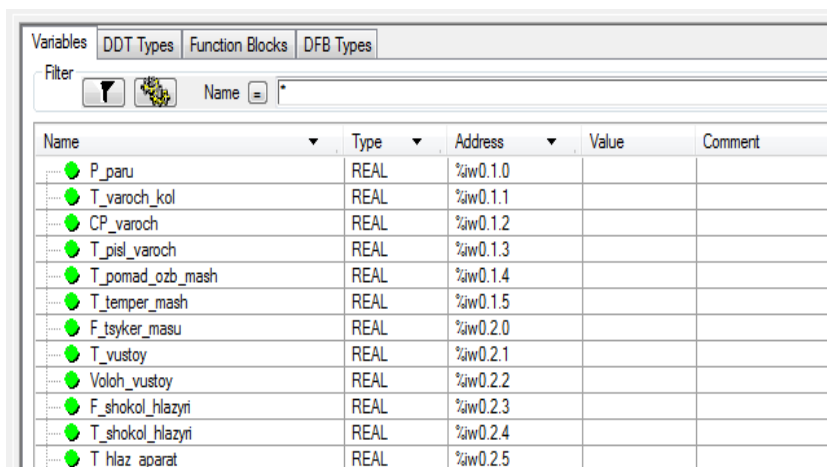
Стандартна бібліотека ФБ:

- присвоювання змінних,
- логічні операції (AND, OR, NOT, XOR і т.д.),
- арифметичні дії,
- операції перетворення форматів,
- доступ до системних параметрів (скидання лічильника, зміна параметрів таймера й ін.),
- алгоритми керування (реле, ПД-закон) і ін.

Приклад реалізації логічної функції $y = (x_1 \text{ AND NOT } x_2) \text{ OR } x_3$ зображений на рис 5.1

Аналогові входи для M251

Таблиця 5.1. - Аналогові входи змінних для M251



Name	Type	Address	Value	Comment
P_paru	REAL	%iw0.1.0		
T_varoch_kol	REAL	%iw0.1.1		
CP_varoch	REAL	%iw0.1.2		
T_pisl_varoch	REAL	%iw0.1.3		
T_pomad_ozb_mash	REAL	%iw0.1.4		
T_temper_mash	REAL	%iw0.1.5		
F_tsyker_masu	REAL	%iw0.2.0		
T_vustoy	REAL	%iw0.2.1		
Voloh_vustoy	REAL	%iw0.2.2		
F_shokol_hlazyri	REAL	%iw0.2.3		
T_shokol_hlazyri	REAL	%iw0.2.4		
T_hlaz_aparat	REAL	%iw0.2.5		

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 5.2.- Аналогові виходи для M251

KL2	REAL	%qw0.3.0		
KL5	REAL	%qw0.3.1		
KL6	REAL	%qw0.3.2		

Таблиця 5.3. Дискретні виходи для M251

M1	BOOL	%q0.4.0		
M2	BOOL	%q0.4.1		
M3	BOOL	%q0.4.2		

Таблиця 5.4 - Аналогові змінні.

Ім'я змінної	Адреса	Налаштування						
		Період опитування	Перетворення		Аварійні межі			
			Контрольні одиниці	Фізичні одиниці	Аварійний min	Передаварійний min	Передаварійний max	Аварійний max
Тиск в топці I	%Iw258	1.5с	0-10000	20-80 Па	35	40	50	60
Тиск в топці II	%Iw256	1.5с	0-10000	20-80 Па	35	40	50	60
Витрата в трубопроводі повітря	%Iw260	1.5с	0-10000	0-300 м ³ /год.	190	200	220	250
Витрата в трубопроводі метану	%Iw262	1.5с	0-10000	0-50 м ³ /год.	20	25	30	40
Температура в зоні V	%Iw264	1.5с	0-10000	0-400 °C	200	220	240	280

Таблиця 5.4 - Дискретні змінні.

Ім'я змінної	Адреса	Налаштування			
		Період опитування	Тип сигналу	Зміст приставки	
				Перехід в 0	Перехід в 1
Наявність факелу полум'я топки II	%I0.0	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Наявність факелу полум'я топки I	%I0.1	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Клапан пропан-бутану топки I	%Q0.0	1с	Інформаційний	Закритий	Відкритий
Клапан пропан-бутану топки II	%Q0.1	1с	Інформаційний	Закритий	Відкритий
Факел топки I	%Q1.0	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Факел топки II	%Q1.1	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Високий тиск топки I	%Q4.0	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Низький тиск топки I	%Q4.1	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Високий тиск топки II	%Q5.0	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Арк.

38

Фрагмент програмного забезпечення керуванням хлібопекарною піччю “Кумкава
TU 21X3”

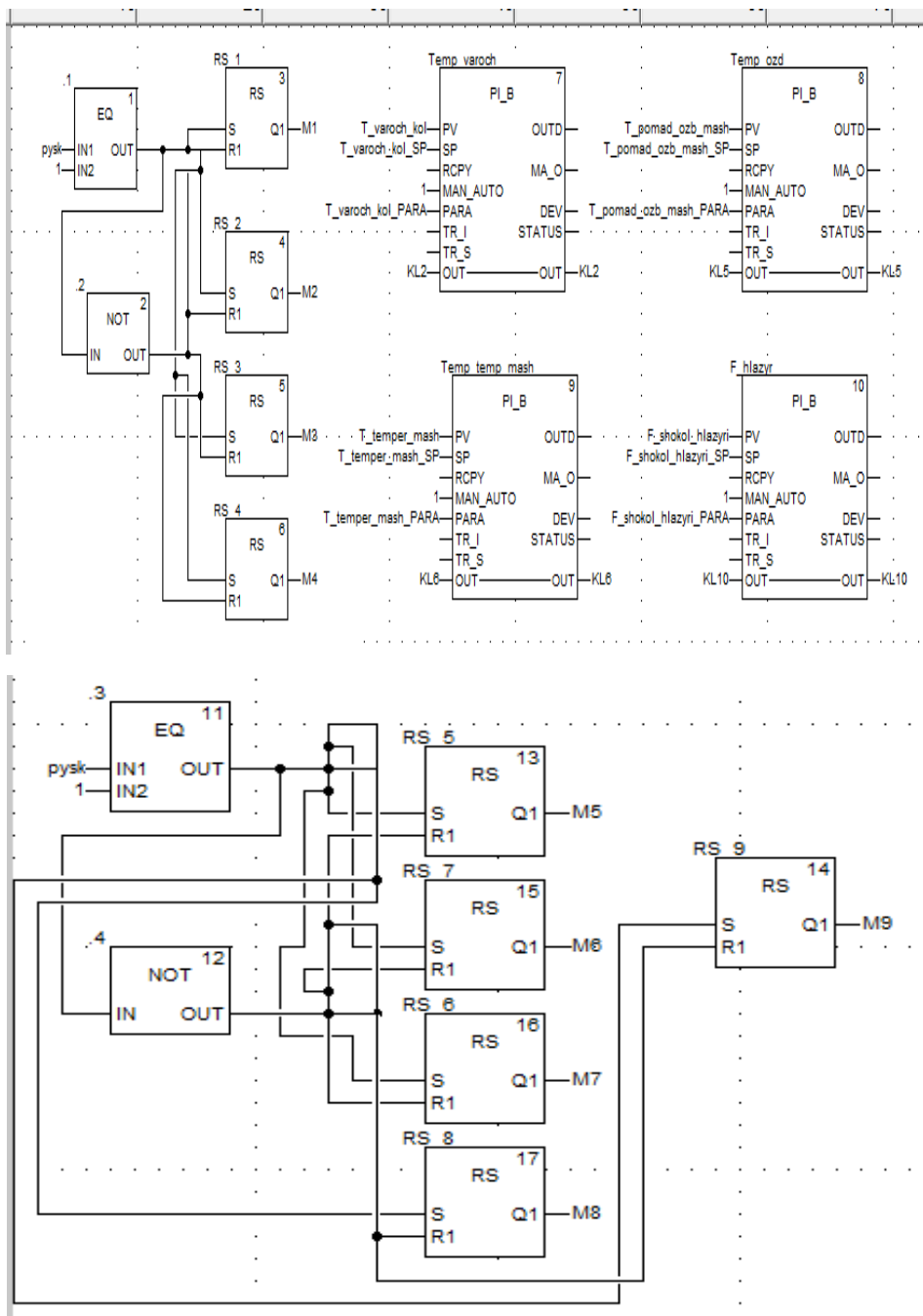


Рисунок 5.2 – Приклад програми користувача на мові FBD

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога SCADA-системи.

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

Середній рівень (рівень керування по показниках якості продуктів й ефективності виробництва) може бути реалізований з використанням SCADA-систем вітчизняних і закордонних виробників, наприклад [14]:

- Trace Mode (AdAstra, Росія);
- GENIE (Advantech, Тайвань);
- Genesys (Iconics, США);
- Real Flex (BJ, США);
- FIX (Intellution, США);
- Factory Suite, InTouch (Wanderware, США);
- Citect (CiTechnologies, США) і ін.

Перераховані вище програмні продукти призначені для використання на діючих технологічних установках у реальному часі й, отже, вимагають використання комп'ютерної техніки в промисловому виконанні, що відповідає найбільш твердим вимогам у змісті надійності, вартості й безпеці.

До SCADA-систем пред'являються особливі вимоги:

- відповідність нормативам "реального часу" (у т.ч. й "твердого реального часу");
- здатність адаптуватися як до змін параметрів середовища в темпі із цими змінами, так і до умов роботи інформаційно-керуючого комплексу;
- здатність працювати протягом усього гарантійного строку без обслуговування (безперебійна робота роками);
- установка у віддалених і важкодоступних місцях (як географічно - малообжиті райони, так і технологічно - колодязі, естакади).

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Брюховецький			Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стеценко Д.О					40	
Секретар		Крупська Т.М				НУХТ		
Зав.каф		Смітюх Я.В				ЗАВ 3-1		
Н.контроль								

Основні можливості SCADA-систем:

- збір первинної інформації від пристроїв нижнього температури;
- архівування й зберігання інформації для наступної обробки (створення архівів подій, аварійної сигналізації, зміни технологічних параметрів у часі, повне або часткове збереження параметрів через певні проміжки часу);
- візуалізація процесів;
- реалізація алгоритмів керування, математичних і логічних обчислень (є убудовані мови програмування типу VBasic, Pascal, C й ін.), передача керуючих впливів на об'єкт;
- документування як технологічного процесу, так і процесу керування (створення звітів), видача на печатку графіків, таблиць, результатів обчислень й ін.;
- мережні функції (LAN, SQL);
- захист від несанкціонованого доступу в систему;
- обмін інформацією з іншими програмами (наприклад, Outlook, Word й ін. через DDE, OLE і т.д.).

Поняття відкритості ПО.

Відкритість: апаратна й програмна.

Апаратна відкритість – підтримка або можливість роботи з устаткуванням сторонніх виробників.

Сучасна SCADA не обмежує вибору апаратур нижнього температури, тому що надає великий вибір драйверів або серверів вводу-виводу.

Програмна відкритість - для програмної системи визначені й відкриті використовувані формати даних і процедурний інтерфейс, що дозволяє підключити до неї зовнішні, незалежно працюючі компоненти, у тому числі розроблені окремо програмні й апаратні модулі сторонніх виробників.

Для приєднання драйверів вводу-виводу до SCADA використаються два механізми:

- стандартний динамічний обмін даними (DDE - Dynamic Data Exchange й ін.),

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- по внутрішньому протоколі, відомому тільки розроблювачу-фірмі-розроблювачеві.

У більшості SCADA використовується DDE, однак через обмеження по продуктивності й надійності він не зовсім придатний для реального часу. Замість нього Microsoft запропонувала більше ефективний засіб: OLE (Object Linking and Embedding - включення й вбудовування об'єктів)[14].

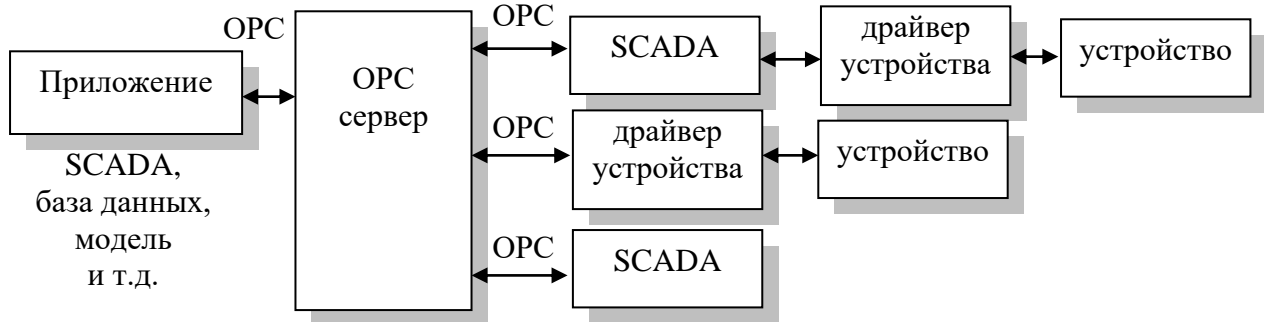


Рисунок 6.1 –Принцип побудови SCADA

На базі OLE з'явився новий стандарт OPC (OLE for Process Control), орієнтований на ринок промислової автоматизації. Новий стандарт дозволяє, по-перше, поєднувати на рівні об'єктів різні системи керування й контролю, по-друге, усуває необхідність використання різного нестандартного встаткування й відповідних комунікаційних програмних драйверів [10,12].

Варіанти обміну SCADA-систем з додатками й фізичними пристроями через OPC наведені на рис 6.1.

Типова послідовність дій при програмуванні SCADA-системи:

- 1) Формування статичного зображення робочого вікна: тло, заголовки, мнемосхема процесу й т.д.
- 2) Формування динамічних об'єктів кожного вікна. Як правило, динамічні об'єкти створюються за допомогою спеціалізованого графічного редактора самого SCADA-пакета по жорстко заданому алгоритмі або на основі набору бібліотечних елементів з наступним присвоєнням параметрів (наприклад, рукоятка на екрані).

3) Опис алгоритмів відображення, керування, архівування, документування. Для цього є відповідні убудовані мови програмування.

Vijeo Citect, що входить до складу програмного забезпечення Collaborative, є в той же час компонентом PlantStruxure™, нової архітектури автоматизації технологічних процесів Schneider Electric, і призначений для побудови систем диспетчеризації.

Vijeo Citect - це надійна і гнучка система з високою продуктивністю, призначена для використання в будь-яких галузях промислової автоматизації в системах диспетчерського управління та збору даних.

Потужні засоби візуалізації та функціональні можливості дозволяють створювати зручні у використанні системи диспетчеризації, дозволяючи операторам повністю контролювати протікання технологічного процесу і оперативно реагувати на відхилення в ньому, що в підсумку підвищує їх ефективність. Легкі у використанні інструменти конфігурування Vijeo Citect і потужні функціональні можливості допоможуть вам швидко і легко розробляти та розгортати рішення для систем диспетчеризації будь-якого розміру[11].

Могутні функціональні можливості включають в себе:

- Повне резервування для високонадійних рішень: на критично важливих виробничих ділянках апаратний збій може призвести до потенційно небезпечних ситуацій. Завдяки повному резервуванню Vijeo Citect апаратний збій у будь-якій частині вашої системи, не призведе до втрати її функціональності і продуктивності.
- Потужна графіка та інтерфейс користувача: графічні можливості вашої SCADA системи є критичним фактором, що визначає зручність її використання. Vijeo Citect дозволяє розробляти повноколірний, витриманий в одному стилі, легкий у використанні і інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс користувача.
- Process Analysis: Vijeo Citect Process Analysis - це інтуїтивно зрозумілий і зручний інструмент для візуалізації та аналізу даних, який є частиною SCADA системи. Process Analysis дозволяє бачити

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

всю історію в рамках підприємства і надавати важливу інформацію для операторів, допомагаючи підвищувати їх ефективність і продуктивність[13].

- Просте конфігурування: не конфігурувати, будь - то розподілена система для технологічного процесу водопідготовки або централізована система для технологічного процесу транспортування руди, гнучкість і великий набір інструментів Vijeо Citect прискорюють процес конфігурування системи управління, істотно знижуючи час і вартість розробки, а також мінімізуючи проектні ризики.

Vijeо Citect розроблений, щоб надати промисловим підприємствам будь-яких розмірів гнучке управління розробкою, розгортаємо, обслуговуванням,

підтримкою та розвитком систем диспетчеризації технологічних процесів. Інженерні рішення, закладені в Vijeо Citect, забезпечую багаторівневе резервування, яке забезпечує надійність і безперебійну роботу вашої системи.

Для того, щоб створити проект на даній мові необхідно сконфігурувати OPS та перевірити з'язок з контролером. Також налаштовується OFS Confhuration tools, де вказуєм тип пристрою SHNEIDER та адресу UNTLW01:0.254.0./T. Далі, створюючи проект, вносимо певні корективи за допомогою Tools/Computer Setup Wizard, де вказуємо ім'я сервера, драйвера, тип пристрою, протокол OPS, в полі адреси прописуємо Schneider. Aut-OFS. Далі в Project Editor перевіряємо чи у відповідних вікнах появились всі наші пристрої.

Так, як даний проект створювався в демо – версії, то дана конфігурація не проводилась, використовувались ресурси та звернення, що були прописані автоматично та по замовчуванню (рис.6.2.).

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

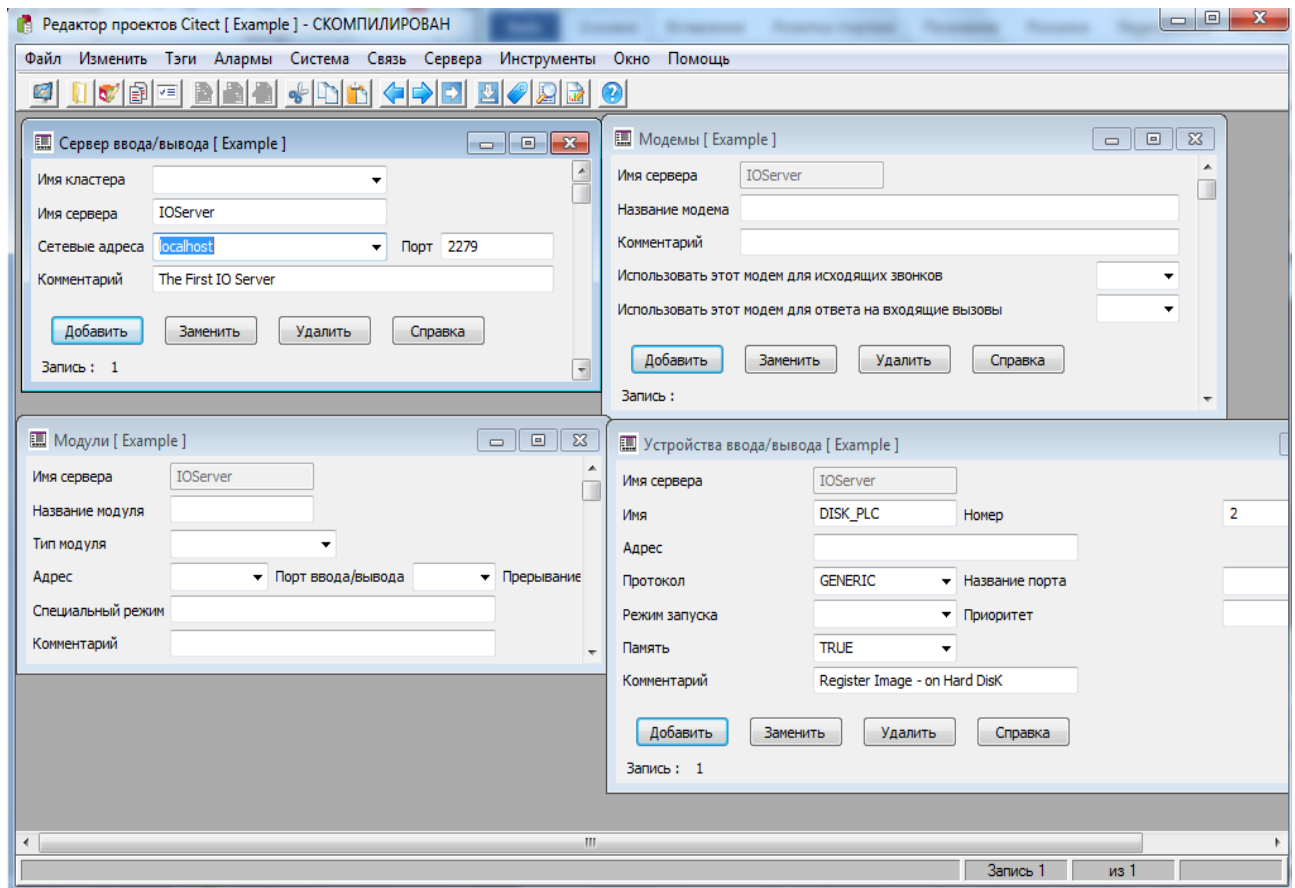


Рисунок 6.2 - Настройка конфигурации проекта

Для полного відображення всього технологічного процесу випікання хлібу створювалось два вікна: на першому фрагмент відображення процесу випікання хлібу (рис. 6.3.), на другому – тренди зміни технологічних параметрів (рис. 6.4). Також забезпечено відображення повідомлень щодо стану технологічного процесу у першому вікні[14].

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Головний екран процесу випікання, для хлібопечі має наступний вигляд:

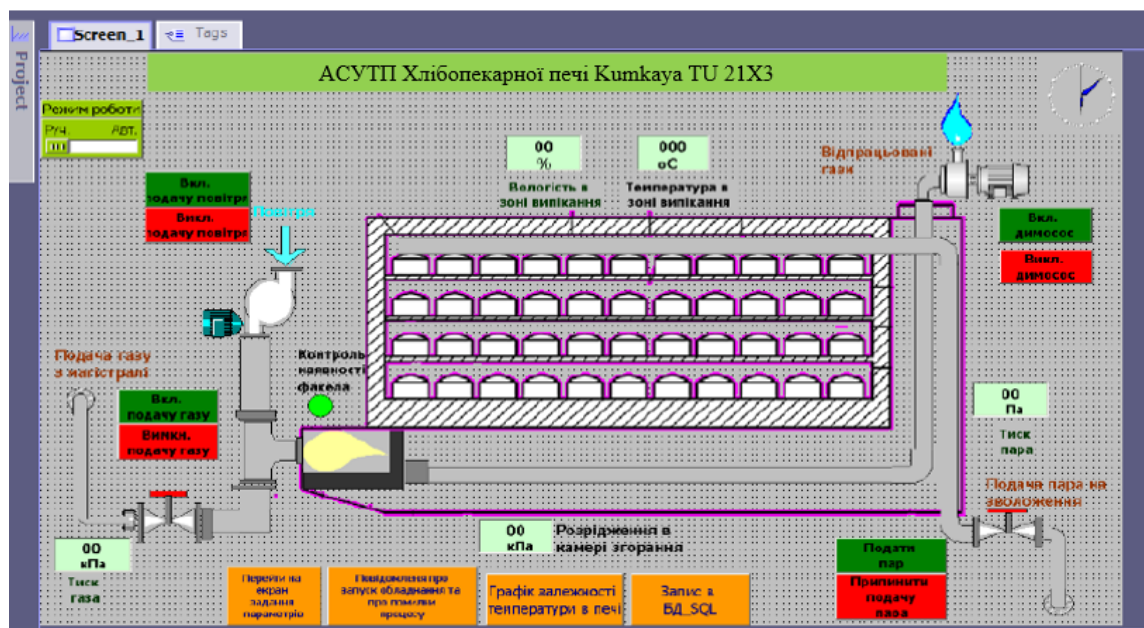


Рисунок 6.3 - Мнемосхема технологічного процесу випікання хлібу

Для створення тегів викликається форма для перегляду-редагування:

Теги / Змінні теги.

Викликається форма для редагування дискретного аларму – в Редакторі проекту – вибирається пункт меню Аларми/Дискретні аларми.

- в полі Тег аларма - нове ім'я конкретної тривоги,
- в полі Змінний тег А вибирається із списку ім'я дискретного тегу, значення «1» якого буде джерелом тривоги, для збільшення інформативності повідомлення оператору-технологу можна заповнити поля Назва аларму, Опис аларму, Коментарій. Інші поля залиште пустими.

Викликається форма для редагування дискретного аларму – в Редакторе проекта – вибирається пункт меню Аларми/Аналогові аларми.

Створюється сервер алармів, з меню Сервера/ Сервери алармів викликається форма і задайте ім'я нового сервера натискається кнопка Додати, сервер буде виконуватись в єдиному кластері із Сервером в/в.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Створюється новий тег тренду на основі тегу певної змінної з меню Теги/ Теги тренда.

З меню Сервера/ Сервери трендов викликається форма і задається ім'я нового сервера. Натискається кнопка Додати. Сервер буде виконуватись в єдиному кластері із Сервером в/в та Сервером алармів. В Редакторе графіки створюється нова сторінка на шаблоні singlepa і зберігається під іменем ProcessAnalist.

Існує можливість перейменовувати криві, задавати осі тренда та колір лінії.

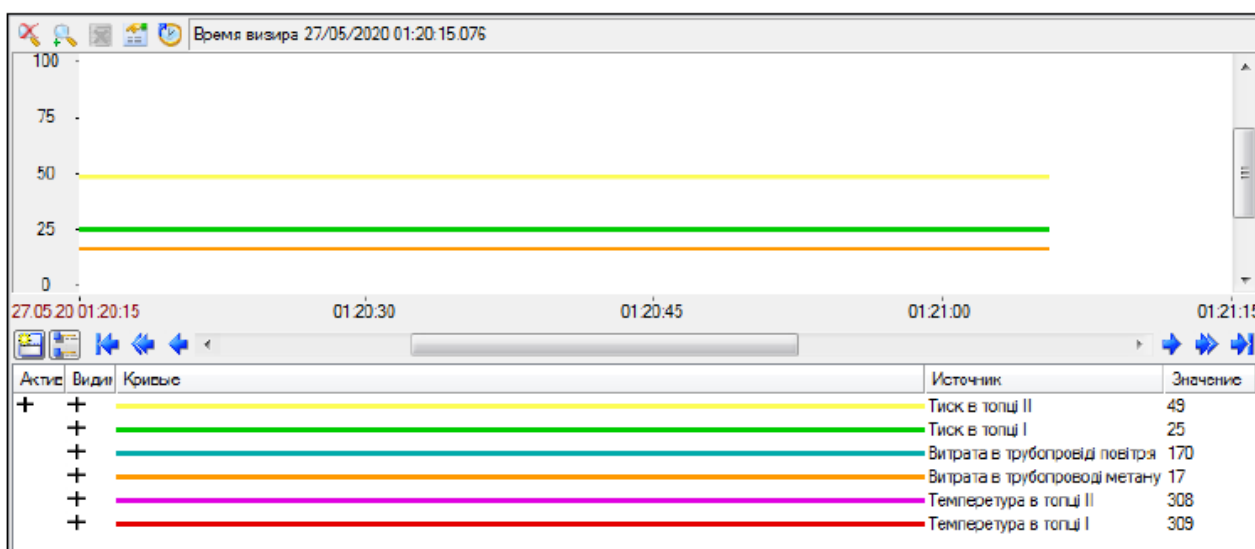


Рисунок 6.4 -Тренди реального часу зміни температури в пекарній камері

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.

7.1. Постановка задачі дослідження

Математична модель по наступним параметрам: тиск і температура в хлібопекарській печі Kumkaya TU 21X3.

$$\begin{cases} T_1 \frac{d\Delta P_n}{d\tau} + \Delta P_n = k_{11}\Delta G_n - k_{12}\Delta G_x - k_{13}\Delta t_c \\ T_2 \frac{d\Delta t_c}{d\tau} + \Delta t_c = k_{21}\Delta G_n - k_{22}\Delta G_x - k_{23}\Delta P_n + k_{24}\Delta x_2 + k_{25}\Delta t_c \\ T_3 \frac{d(\Delta t_c)}{d\tau} + \Delta t_c = k_{31}\Delta G_{нал} - k_{32}\Delta G_{реци} + k_{33}\Delta t_{реци} \end{cases}$$

де Δt_δ – температура димових гріючих газів, °С;

$\Delta G_{нал}$ – витрата палива, м³/год.;

$\Delta G_{реци}$ – витрата газу рециркуляції, м³/год.;

$\Delta t_{реци}$ – температура газу рециркуляції, °С;

ΔP_n - парціальний тиск пари, кПа;

Δt_c - температура середовища в печі, °С;

ΔG_n - витрата пари на зволоження, кг/год.;

ΔG_x - витрата хліба, кг/год.;

Δt_c - температура димових газів, кг/год.;





Δx_2 – ступінь сухості пари, %.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бряховецький			Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стеценко Д.О					48	
Секретар		Крупська Т.М				НУХТ		
Зав.каф		Смітюх Я.В				ЗАВ 3-1		
Н.контроль								

$$\begin{cases} 9,5 \frac{d\Delta P_n}{d\tau} + \Delta P_n = 0,07\Delta G_n - 0,011\Delta G_x + 0,0158\Delta t_c \\ 86,4 \frac{d\Delta t_c}{d\tau} + \Delta t_c = 0,095\Delta G_n - 0,32\Delta G_x - 0,12\Delta P_n + 0,13\Delta x_2 + 0,34\Delta t_2 \\ 88 \frac{d(\Delta t_2)}{d\tau} + \Delta t_2 = 0,37\Delta G_{нал} - 0,01\Delta G_{реци} + 0,054\Delta t_{реци} \end{cases}$$

Для того щоб відокремити управляючі та збурюючі дії, треба провести аналіз динамічних характеристик ТОУ[9,10]. Для цього аналізу складемо таблицю, у якій наведемо вхідні дії об'єкта та технологічні вимоги до регульованих змінних процесу:

Таблиця 7.1. Вхідні дії на об'єкт

Назва змінної	Одиниця виміру	Номінальне значення	Можливі зміни	
			Вигляд	Амплітуда
Gп – витрата пари	кг/год.	85	Керуюча дія	+57 -77
x2 – ступінь сухості пари	%	20		+4 -4
Gx – витрата хліба	кг/год.	445		+89 -89
$\Delta G_{нал}$ – витрата палива	м3/год.	50	Керуюча дія	+33 -46
$\Delta G_{реци}$ – витрата газу рециркуляції	м3/год.	1800		+360 -360
$\Delta t_{реци}$ – температура газу рециркуляції	°C	500		+100 -100

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Визначимо, що є керуючою дією, а що збуренням. Очевидно, що вплив збурення повинен бути меншим, чим вплив управління[11]. Тому необхідною і достатньою умовою регулювання об'єкта є виконання

$$\text{нерівності: } |K_U \cdot U| \geq |K_{ЗБ} \cdot Z|$$

Виходячи з математичної моделі визначаємо:

$$\text{Зміна } \Delta P^n \text{ по каналу } G^n : - 59.5 \text{ кПа*год./кг};$$

$$G^x : - 4.9 \text{ кПа*год./кг};$$

$$\text{зміна } \Delta t^c \text{ по каналу } G^n : - 8.1^\circ\text{C*год./кг};$$

$$G^x : - 142^\circ\text{C*год./кг};$$

$$P^n : - 9^\circ\text{C/кПа};$$

$$X_2 : - 2.6^\circ\text{C}/\%;$$

$$t^z : - 170^\circ\text{C}/^\circ\text{C}.$$

$$\text{Зміна } \Delta t_z \text{ по каналу } G_{нал} - 18,5^\circ\text{C*год./кг};$$

$$G_{реци} - 18^\circ\text{C*год./кг};$$

$$t_{реци} - 16,2^\circ\text{C}/^\circ\text{C}.$$

Виходячи з розрахунків, робимо висновок про те, що на ΔP^n найбільше впливає витрата пари ($G_{п.}$), тому її доцільно обрати управліннями. На Δt^c найбільше впливає температура димових газів (t_r), яка, в свою чергу, найсуттєвіше залежить від витрати палива ($G_{нал}$), що і оберемо управляючою дією. Основним збуренням по каналу $\Delta P_{п}$ буде витрата хліба G^x ; основним збуренням по каналу Δt^c , буде також витрата хліба G^x , яке є основним навантаженням.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

7.3. Моделювання САР.

Для забезпечення необхідної роботи об'єкта управління сформуємо замкнену систему регулювання за відхиленням, як найбільш розповсюджену в промисловості[4].

Основним критерієм при виборі регулятора є точність підтримки ним параметра на заданому рівні.

Статична похибка по технологічним вимогам для ΔP^n не повинна перевищувати ± 0.025 кПа; для Δt^c - ± 1 °С. Реалізуємо систему автоматичного регулювання за допомогою ПІ-регулятора.

Контур регулювання парціального тиску пари складається з датчика ($K=1$ кПа, $T=3$ с, так парціальний тиск мало інерційна величина), ПІ-регулятора. Зона нечутливості датчика ± 0.1 кг/год., зона насичення: $+57$ год./кг, -77 год./кг.

Контур регулювання температури середовища в печі складається з датчика ($K=1$ °С, $T=100$ с, багато інерційна величина) та ПІ-регулятора. Зона нечутливості датчика ± 0.1 кг/год., зона насичення : $+33$ год./кг, -46 год./кг.

Оптимальні настройки ПІ-регулятора знайдемо за допомогою метода Циглера-Нікольса, призначеного для визначення настройок регуляторів, що забезпечують мінімум інтегрально-квадратичного критерію.

Відповідно до цього методу виконаємо наступні дії:

– розрахунок критичної настройки АСР з П-регулятором, за якою система перебуватиме на межі стійкості;

– визначення за значеннями критичного коефіцієнта передачі регулятора $K_{p,кр}$ і періодом незатухаючих коливань T_k оптимальних настройок за формулами:

$$K_{p,опт}=0,35 \cdot K_{p,кр}$$

$$T_i=1,25 \cdot T_k$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

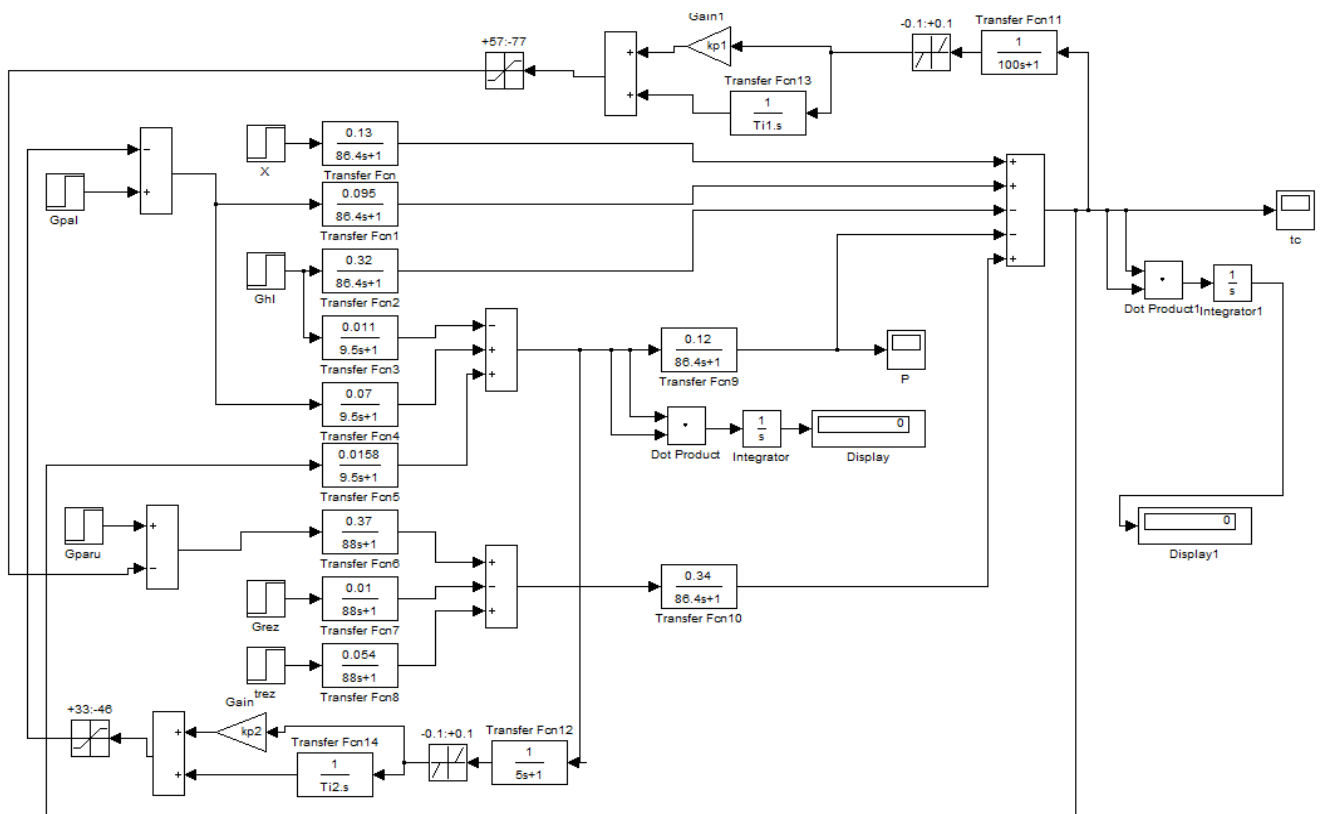


Рисунок. 7.2. Структурна схема замкненої АСР з ПІ-регуляторами

Змінюючи поступово коефіцієнт передачі K_p система опинилась на межі стійкості за таких значень:

- по каналу ΔP_{II} : $K_{p.kp} = 75 \frac{кг / год}{кПа}$; $T_K = 325с$.

- по каналу Δt_c : $K_{p.kp} = 65 \frac{м^3 / год}{°C}$; $T_K = 325с$.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Визначаємо оптимальні настройки ПІ-регулятора за такими формулами:

- по каналу $\Delta P_{п}$: $K_{р.опт}=0,35 \cdot K_{р.кр} = 26,25 \frac{кг / год}{кПа}$; $T_i=1,25 \cdot T_k=403с$.

- по каналу Δt_c : $K_{р.опт}=0,35 \cdot K_{р.кр} = 22,75 \frac{м^3 / год}{°C}$; $T_i=1,25 \cdot T_k=403с$.

Так як за аналітично визначеними настройками система не відповідає якісним показникам, уточнимо ці настройки дослідним шляхом [4,10] . У результаті отримаємо оптимальні настройки регуляторів:

- по каналу $\Delta P_{п}$: $K_{р.опт} = 30 \frac{кг / год}{кПа}$; $T_i = 10 с$.

- по каналу Δt_c : $K_{р.опт} = 26 \frac{м^3 / год}{°C}$; $T_i = 400 с$.

Всі перехідні процеси зняті при дії основного збурення, яким є витрата хліба – 445 кг/год., як для каналу регулювання температури середовища, так і для каналу регулювання парціального тиску пари.

Перехідні процеси по каналу Δt_c

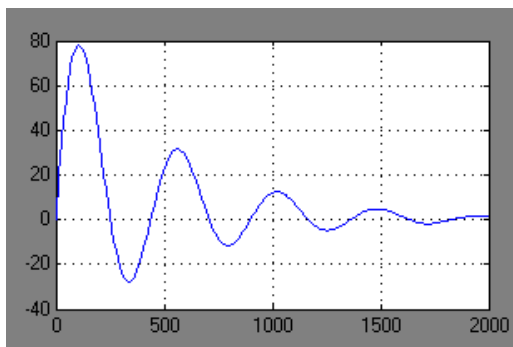


Рисунок 7.3. Перехідний процес в одноконтурній САРз ПІ-регулятором по каналу Δt_c з оптимальними настройками регулятора –

$K_{р.опт1} = 26 \frac{м^3 / год}{°C}$, $T_{i,опт1} = 400с$, $I_1 = 289 C^2 * с$

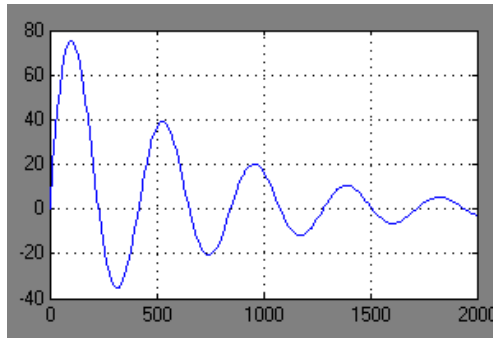


Рисунок.7.4. Перехідний процес в одноконтурній САР з ПІ-регулятором по каналу Δt_c з настройками регулятора –

$$K_{p1} = 31.2 \frac{m^3 / год}{^\circ C}, T_{i1} = 400c, I_1 = 310 C^2 * c$$

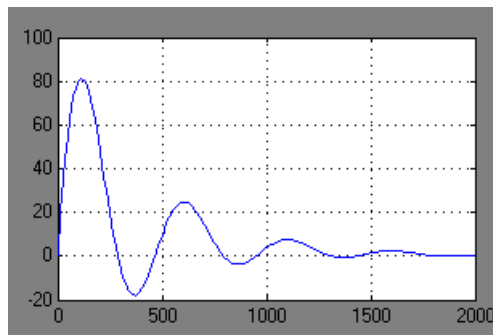


Рисунок 7.5. Перехідний процес в одноконтурній САР з ПІ-регулятором по каналу Δt_c з настройками регулятора –

$$K_{p1} = 20.8 \frac{m^3 / год}{^\circ C}, T_{i1} = 400c, I_1 = 298 C^2 * c$$

Перехідні процеси по каналу ΔP_{II}

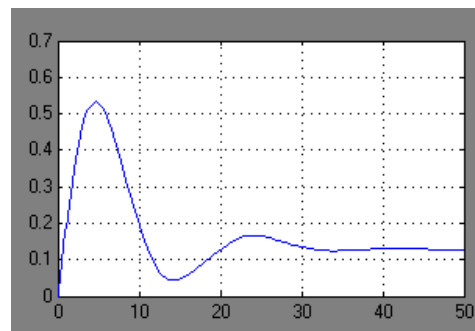


Рисунок 7.6. Перехідний процес в одноконтурній САР з ПІ-регулятором по каналу ΔP_{II} з настройками регулятора –

$$K_{p.опт2} = 30 \frac{кг / год}{кПа}, T_{i2} = 10c, I_2 = 490 Па^2 * c$$

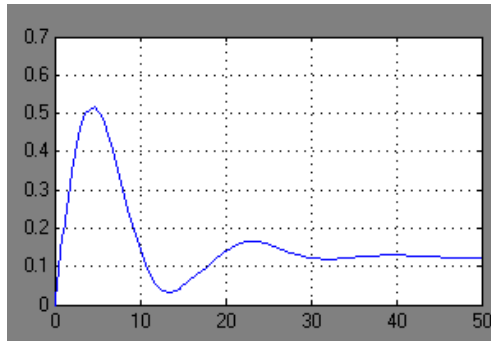


Рисунок 7.7. Перехідний процес в одноконтурній САР

з ПІ-регулятором по каналу ΔP_{II} з настройками регулятора –

$$k_{p2} = 36 \frac{\text{кг/год}}{\text{кПа}}, T_{i2} = 10\text{с}, I_2 = 566 \text{ Па}^2 \cdot \text{с}$$

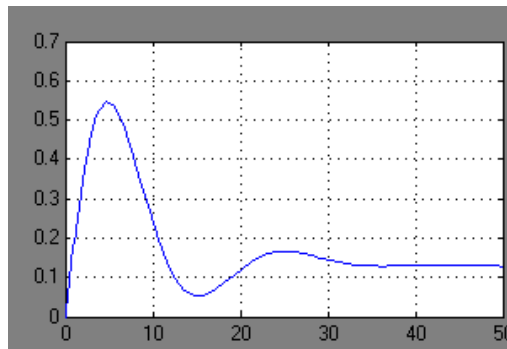


Рисунок 7.8. Перехідний процес в одноконтурній САР ПІ-регулятором по каналу ΔP_{II} з настройками регулятора –

$$k_{p2} = 24 \frac{\text{кг/год}}{\text{кПа}}, T_{i2} = 10\text{с}, I_2 = 519 \text{ Па}^2 \cdot \text{с}$$

При оптимальних настройках регулятора маємо такі показники:

по каналу Δt_c :

- динамічна похибка – 80°C , $I = 289 \text{ }^\circ\text{C}^2 \cdot \text{с}$;

по каналу ΔP :

-динамічна похибка – $0,52 \text{ кПа}$, $I = 490 \text{ Па}^2 \cdot \text{с}$.

Для покращення процесу розробимо багатоконтурну систему, для цього розрахуємо компенсатори.

Передаточна функція компенсатора при підключенні його до входу в ТОУ визначається передатними функціями об'єкта за каналами збурення і керування:

$$W_{k1}(p) = \frac{-W_{12}(p)}{W_{22}(p)} ; W_{k2}(p) = \frac{-W_{21}(p)}{W_{11}(p)}$$

$$W_{12}(p) = \frac{0.32}{86.4p+1} \quad W_{22}(p) = \frac{0.34}{86.4p+1} \cdot \frac{0.37}{88p+1}$$

$$W_{21}(p) = \frac{0.011}{9.5p+1}; \quad W_{11}(p) = \frac{0.07}{9.5p+1};$$

$$W_{K1}(p) = \frac{\frac{0.32}{86.4p+1}}{\frac{0.34}{86.4p+1} \cdot \frac{0.37}{88p+1}} = 2.5(88p+1) \quad ;$$

$$W_{K2}(p) = \frac{\frac{0.011}{9.5p+1}}{\frac{0.07}{9.5p+1}} = 0.157 \quad ;$$

$W_{K1}(p)$ неможливо реалізувати фізично, так як ступінь полінома чисельника передаточної функції компенсатора вищий ступеня полінома знаменника, тобто повинен містити ідеальну диференціальну ланку. Тому реалізуємо лише другий компенсатор, який компенсує дію збурення по каналу ΔP_{II} .

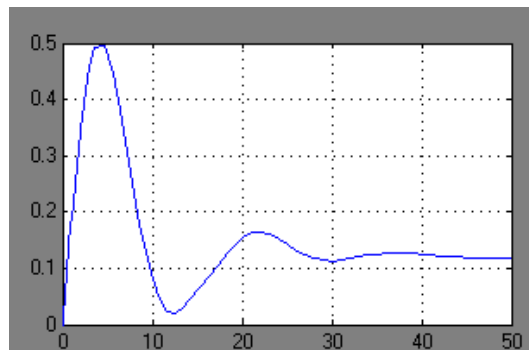


Рисунок 7. 9. Перехідний процес в автономній САР

по каналу ΔP_{II} з компенсатором ($k_{II} = 0.157 \frac{\text{кПа}}{\text{год}}$), $I = 425 \text{ Па}^2/\text{с}$

У результаті використання компенсатора отримали зменшення динамічної похибки, яка тепер становить 0,5 кПа та зменшення інтегрального квадратичного критерію на $65 \text{ кПа}^2 \cdot \text{с}$.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Висновок

В кваліфікаційній роботі представлена розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3. В системі автоматизації використовуються сучасні засоби автоматизації: первинні перетворювачі, фірми АКУТЕК, систему online вимірювання вологості фірми KOBOLT, сучасні перетворювачі тиску та інше. Система автоматизації розроблювалась з використанням сучасного промислового логічного контролера Schneider Electric Modicon M251. Запропонована система передбачає збільшення техніко – економічних показників, що значною мірою впливає на стабільну роботу всього підприємства та принесення прибутку.

Розроблена система автоматизації відповідає вимогам якості, надійності, сучасності, а також базується на використанні закордонної техніки. Завдяки використанню підбраної в кваліфікаційній роботі мікропроцесорної техніки було забезпечено високу точність регулювання і стабілізацію роботи печі, що значно підвищує рівень надійності спроектованої системи і забезпечує якісне регулювання виробничим процесом. Використання контролера Modicon M251, що є порівняно недорогим на ринку автоматизації, дає змогу в автоматичному режимі програмно керувати технологічним процесом – отримати систему управління, яка забезпечує: контроль та реєстрацію регульованих величин, відображення ходу технологічного процесу на мнемосхемі, ручне керування виконавчими механізмами, покращення якості кінцевого продукту, яка досягається шляхом введення точних налаштувань регуляторів.

Розроблено програмне забезпечення для управління технологічним процесом з допомогою програмного забезпечення Unity Pro від фірми Schneider Electric. Це дає можливість застосовувати для оперативного управління SCADA – програму реалізовану з допомогою Vijeo Citect 7.0.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури.

1. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В.Ельперін, О.М.Пупена, В.М.Сідлецький,С.М.Швед. – Вид.2-ге,виправлене – К.:Вид . Ліра-К, 2017. - 378с.
2. Зубченко А.В. «Технологія хлібопекарного виробництва» / Воронеж. гос.акад. Воронеж, 1999.-432с. Підручник для студентів вищих навчальних закладів.
3. Хлібопекарська промисловість : традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. : О. В. Олабоді, В. С. Каленська] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2018. – 252 с
4. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій : підручник / Б. М. Гончаренко, А. П. Ладанюк ; Нац. ун-т харч. технол. - К. : НУХТ, 2014. - 530 с.
5. 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.
6. Ельперін І.В. 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. [Електронний ресурс]. – К. : НУХТ, 2020. – 73 с
7. Деменков Н.П. Системы автоматического управления на основе программируемых логических контроллеров. – Техническая коллекция Schneider Electric. – №16, 2008. – 77 с.
8. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: Навчальний посібник/ І.В.Ельперін – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Калениченко А.В. Довідник інженера по контрольно-вимірювальних приладів та автоматики. / Под ред. А.В.Калініченко: М.: "Инфа-Інженерія", 2008. - 576 с.
10. Карпін Є.Б. Автоматизація технологічних процесів харчових виробництв: Учеб. для вузів / Під ред. Є.Б. Карпіна. - 2-е изд., Перераб. і доп. - М.: Агропромиздат, 1985. - 536 с
11. Ладанюк А.П. Методи сучасної теорії управління: / А.П.Ладанюк, В.Д.Кишенько, Н.М.Луцька, В.В.Івашук. – К.:НУХТ, 2010. -196 с.
12. Ельперін І.В. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3
13. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник./ О.М. Пупена, І.В.Ельперін, Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк – К.:Вид.-во "Ліра-К", 2011. - 552 с.
14. SCADA.–Режим доступа:www.URL:<https://uk.wikipedia.org/wiki/SCADA>
15. <https://aqteck.com.ua/ua/datchyky/dtpxxx5m-i-termopary-z-vyhidnym-sygnalom-4-20-ma/konstruktyvni-vykonannja>.
16. <https://chastotnik.ua/Schneider+Electric-r-ATV12H018M2TQ>
17. Преобразователи
<https://www.kobold.com/%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C>
18. Модуль аналогового вводу
<https://www.se.com/ua/uk/search/?q=%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%96+%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE+%D0%B2%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%83+TM3AI8G&submit=Search>
19. Модуль аналогового виходу
<https://www.se.com/ua/uk/search/?q=%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%96+%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE+%D0%B2%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%83+TM3AQ4G&submit=Search>
20. <https://www.se.com/ua/uk/product-range/62130-modicon-m251/?parent-subcategory-id=3910&filter=business-1->

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8
%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F-%D1%96-
%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE
%D0%B2%D0%B8%D0%B9-
%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%8C

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		60

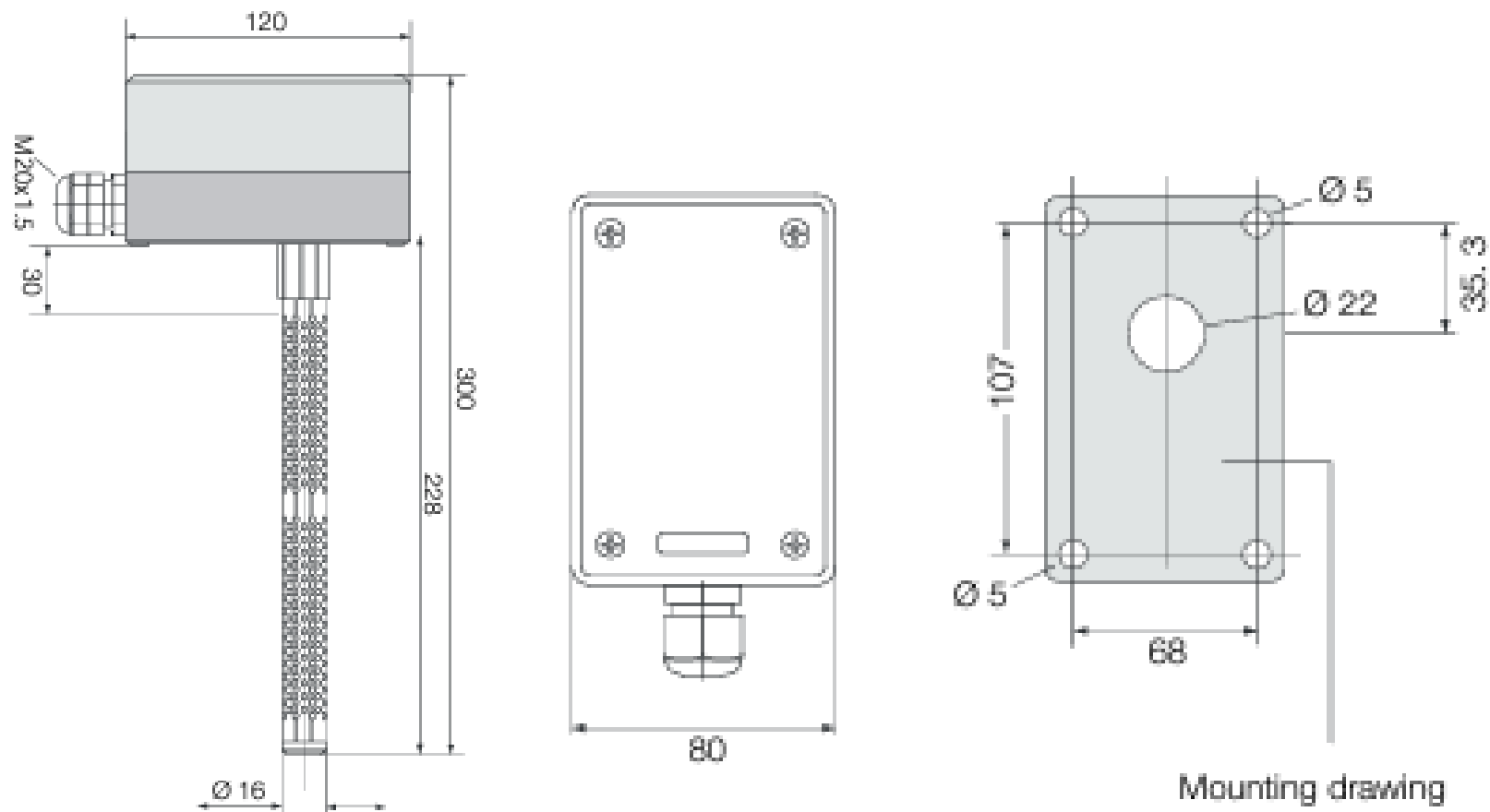


Рисунок – 1 – Габаритні розміри вологоміра



Рисунок – 3 – Зовнішній вигляд вологоміра

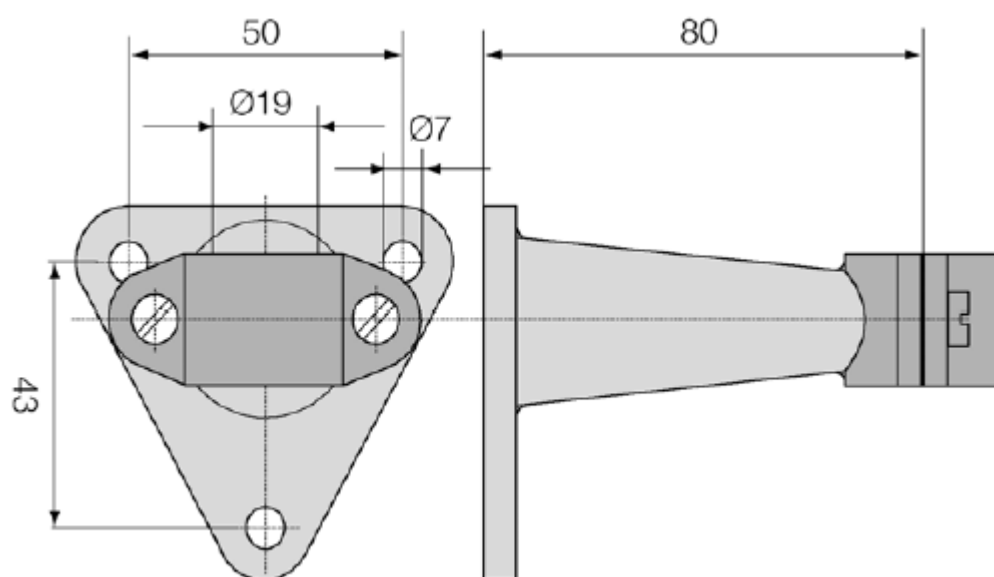
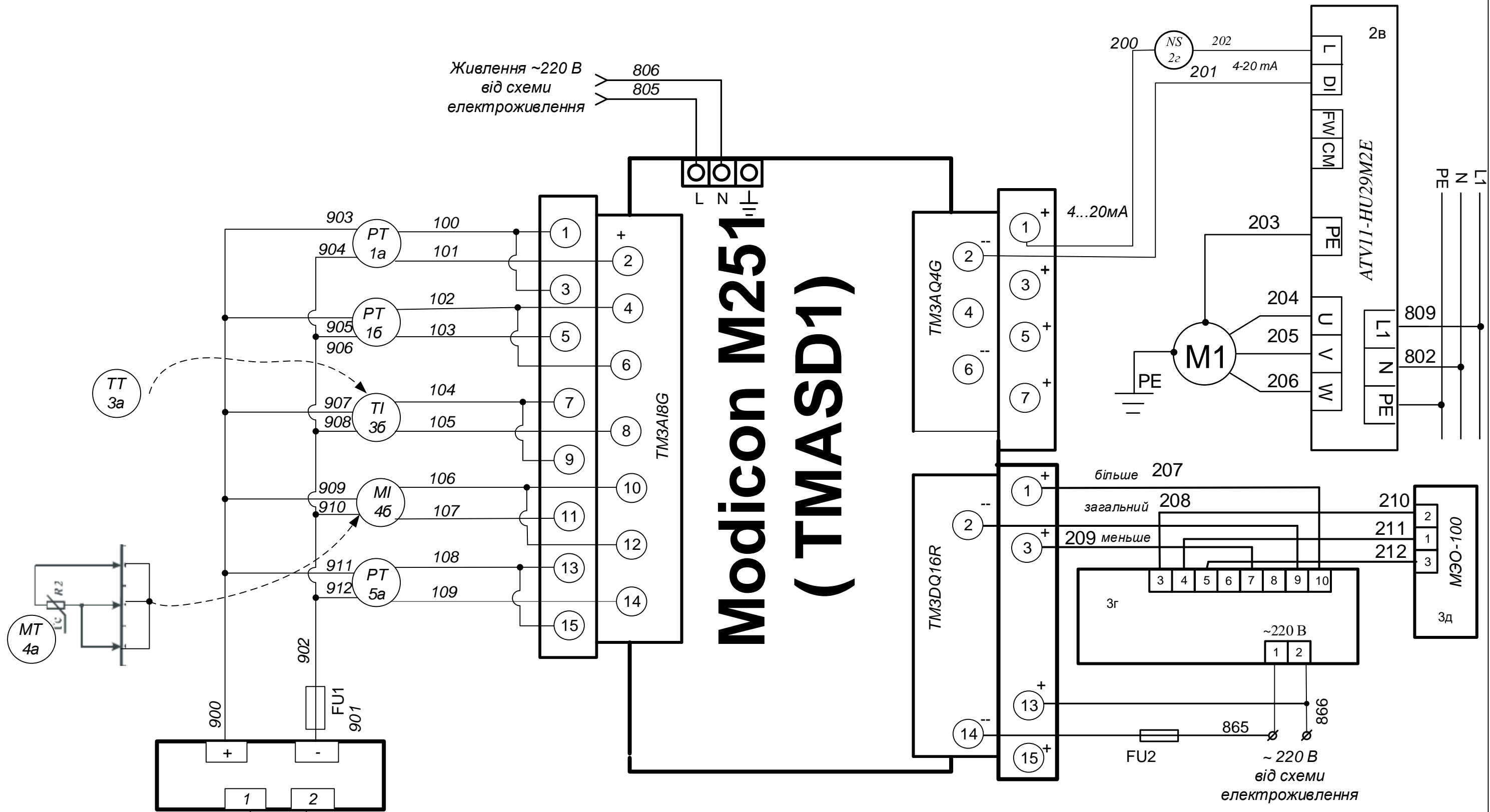
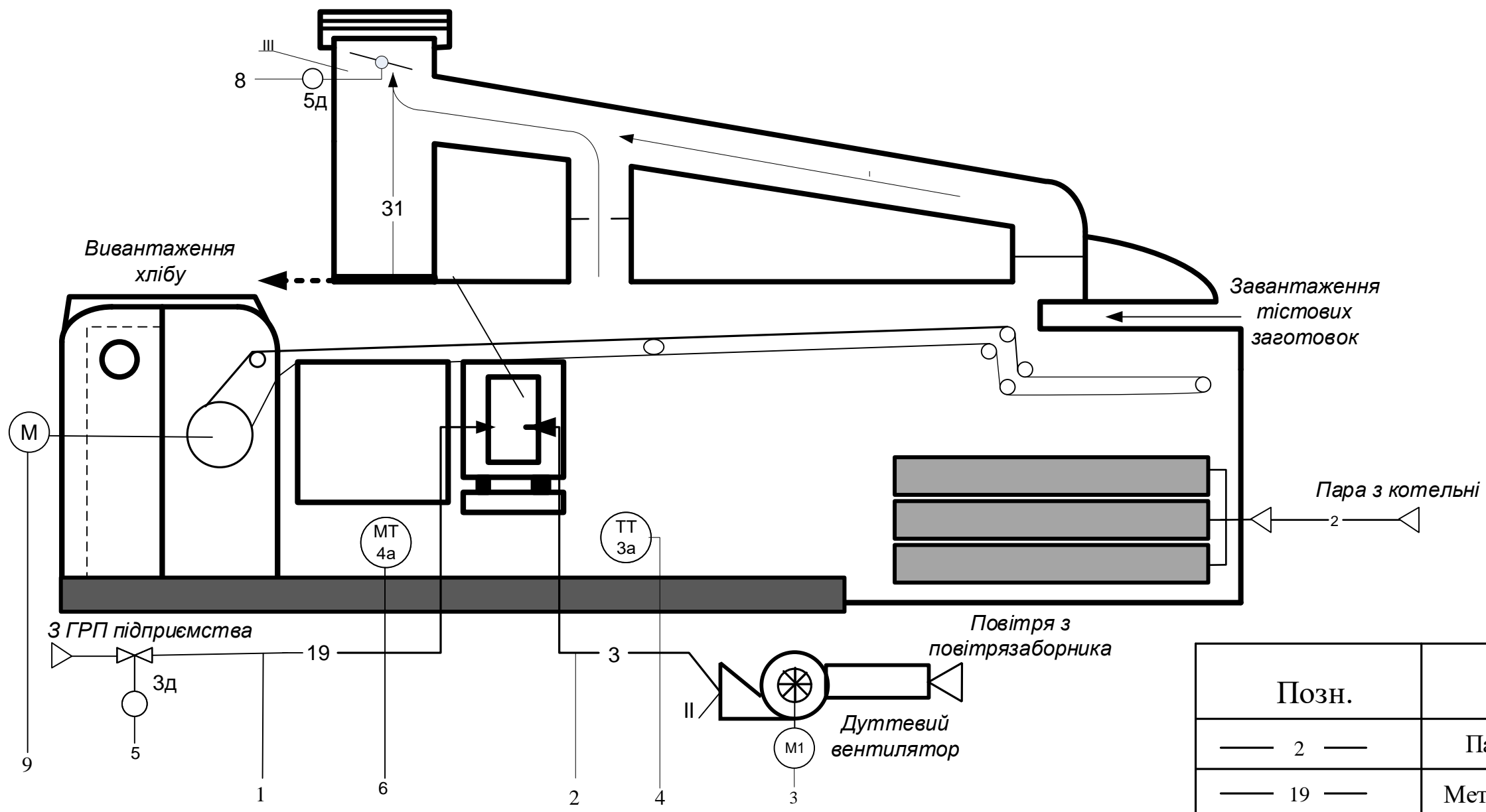


Рисунок – 2 – Монтажне креслення вологоміра

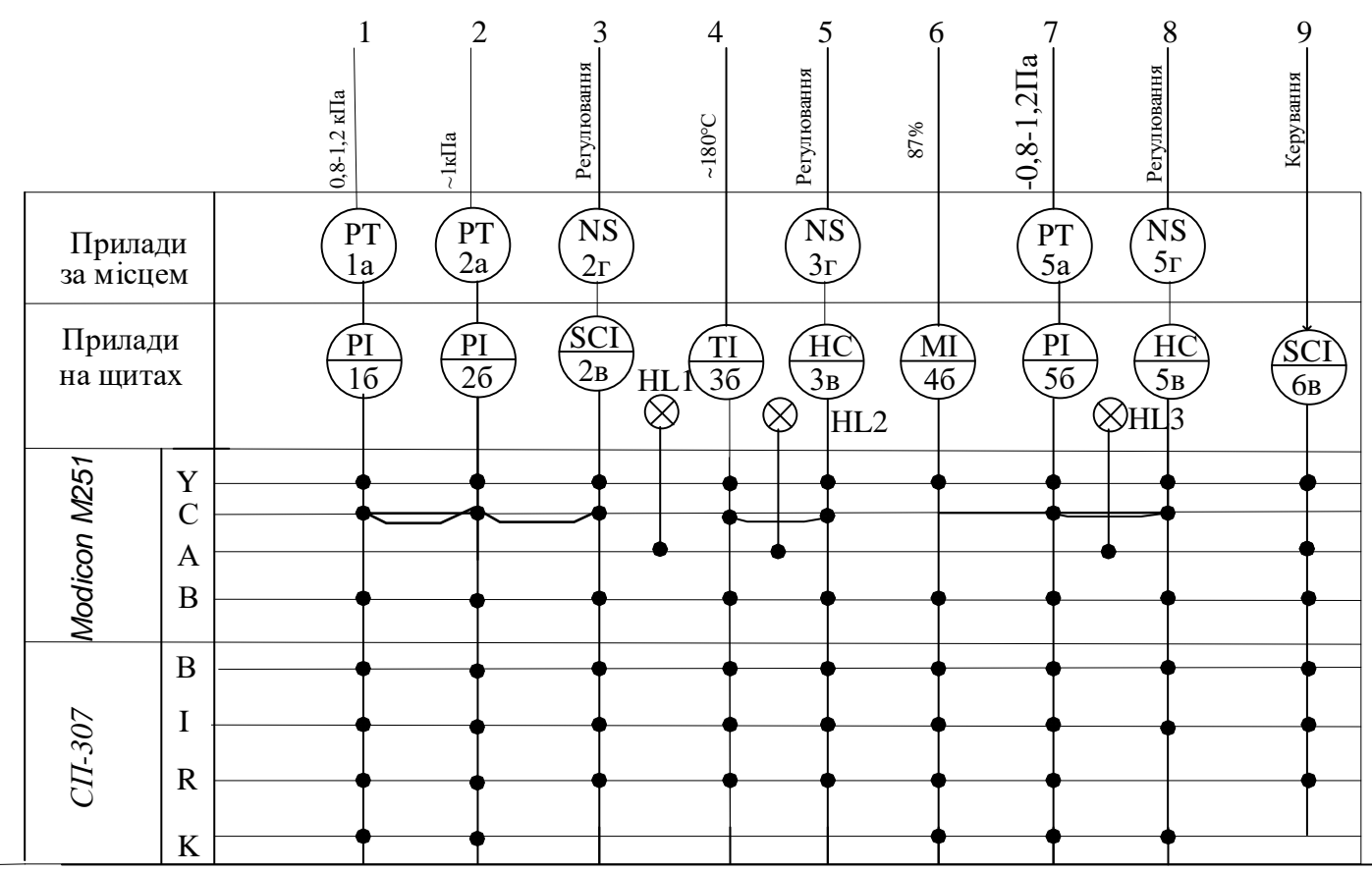
						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
						Спеціальність: 151 „Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”	Стадія	Маса	Масштаб
Зм.	Кільк	Аркущ	Листок	Підпис	Дата				
Виконав	Брюховецький					Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Кумкава TU 21X3			
Перевірив	Стеценко Д.О.								
							Лист 3	Листів	
Зав. каф.	Смітюх Я.В.					Установче креслення вологоміра Kobolt AFH-G	Сумська філія НУХТ ЗАВ-3-1		
Секретар	Крупська Т.М.								



						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Зм.	Кільк	Аркуш	№доку	Підпис	Дата	Спеціальність: 151 „Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”	Стадія	Маса	Масштаб
Виконав	Брюховецький					Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3			
Перевірив	Стеценко Д.О.						Лист 2	Листів	
Зав. каф.	Смігох Я.В.					Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК	Сумська філія НУХТ ЗАВ-3-1		
Секретар	Крупська Т.М.								



Позн.	Найменування
— 2 —	Пара з котельні
— 19 —	Метан
— 31 —	Топочний газ
— 3 —	Атмосферне повітря
I	Пальник пічі
II	Дутевий вентилятор
III	Муфель печі



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА							
Зм.	Кільк.	Аркуш	Людок	Підпис	Дата		
Виконав	Брюховецький				Дата		
Перевірив	Стеценко Д.О.				Дата		
Зав. каф.	Смітюх Я.В.				Дата		
Секретар	Крупська Т.М.				Дата		
Спеціальність: 151 „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”					Стадія	Маса	Масштаб
Розробка системи автоматизації хлібопекарної печі Kumkaya TU 21X3					Лист 1	Листів	
СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ					Сумська філія НУХТ ЗАВ-3-1		