

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»

«До захисту допущено»

Декан факультету

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)                      Форсюк А.В.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)                      Ельперін І.В.  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » червня 2020 р.

« \_\_\_\_ » червня 2020 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 керування тунельною піччю

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-Зск                      Зімак Валерій Віталійович  
(прізвище та ініціали)

Керівник                      Міркевич Роман Миколайович                      \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)                      (підпис)

Консультанти                      \_\_\_\_\_                      \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)                      (підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)                      (підпис)

Рецензент                      Бобрівник Катерина Євгеніївна                      \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)                      (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 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 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

« 27 » квітня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Зімака Валерія Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації керування тунельною піччю.

керівник роботи Міркевич Роман Миколайович старший викладач, кандидат  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

технічних наук

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 27 » квітня 2020 р. № 269-КС

2. Строк подання здобувачем роботи « 9 » червня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи

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

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

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

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 27.04.2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Зімак В.В.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Міркевич Р.М.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## АНОТАЦІЯ

В даній роботі розглядається розробка системи автоматизації хлібопекарської печі тунельного типу.

У проєкті наведено опис технологічного процесу в тунельній печі, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, креслення вимог до монтажу вимірювального приладу – датчика витрати OPTISONIC 7300, схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічних засобів.

Розроблено алгоритм та програму для управління хлібопекарською піччю тунельного типу. Програма створена для ПЛК Vipa System SLIO. Інтерфейс дисплейної мнемосхеми, яка візуалізує процес керування та управління тунельною піччю розроблено в програмному забезпеченні SCADA TRACE MODE від фірми AdAstrA.

Комп'ютерне моделювання було проведене для дослідження контуру регулювання температури в топковій камері і показало, що регулювання за допомогою ПД-регулятора задовольняє вимогам стійкості, а також є достатньо зручним, що посприяло поширенню даного методу моделювання.

**Ключові слова:** OPTISONIC 7300, ПЛК VIPA, SCADA TRACE MODE.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ANNOTATION

The design of a tunnel-type baking oven automation system is presented in this diploma project.

The project provides a description of the technological process in the tunnel furnace, tasks for the automation system, automation scheme, specification of technical means of automation, drawing requirements for installation of measuring instrument – flow sensor OPTISONIC 7300, the diagram of sensor connection and actuators to the PLC and extended connection schemes.

An algorithm and a program for control of a tunnel-type baking oven have been designed. Also, the program for PLC Vipa System SLIO is designed. The interface of the display mnemonic scheme, which visualizes the process of control and management of the tunnel kiln, is designed in the SCADA TRACE MODE software by AdAstrA firm.

Computer simulations were performed to explore the circuit of temperature control in the combustion chamber showed, that the management, with the help of a PID-regulator meets the requirements of stability, and it is quite convenient. All these aspects are conducive to spread this method of modeling.

**Keywords:** OPTISONIC 7300, PLC VIPA, SCADA TRACE MODE.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	10
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	10
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	16
2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	17
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	17
2.2. Схема автоматизації.....	41
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	44
3. ПРОЄКТНЕ КОМПОНУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА (ПЛК) ТА СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ.....	46
3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	46
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	66
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	70
4. КРЕСЛЕННЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ.....	74
5. ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА (АЛГОРИТМ ТА ПРОГРАМА ДЛЯ ПЛК).....	79
6. РОЗРОБКА ЛЮДИННО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА ТЕХНОЛОГА.....	89
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	90
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	93
7. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ.....	95
7.1. Постановка задачі дослідження.....	96
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	97
7.3. Моделювання САР.....	100
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	105
ВИСНОВКИ.....	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	107

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації керування тунельною піччю	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Зімак В.В.						
Перевір.		Міркевич Р.М.					6	111
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ АК-4-3ск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

## ВСТУП

Хлібопекарська піч – є основним обладнанням хлібозаводу. Саме піч визначає тип та потужність підприємства, асортимент та якість продукції. Піч – не тільки тепловий, а перш за все технологічний агрегат, основним призначенням якого є вироблення високоякісної продукції при високих техніко-економічних показниках – низьких питомих витратах палива, електроенергії, пари, незначному упіканні. Із загальної кількості теплоти, яка витрачається безпосередньо на випікання, більше половини спадає на випаровування вологи (упікання), тому для економії палива істотне значення має удосконалення процесів в робочій камері при випіканні, поліпшення роботи систем обігрівання та парозволоження.

Хлібопекарські печі тунельного типу призначені для потокової безперебійної випічки хліба і хлібобулочних виробів, подільського хліба, батонів, печива, пряників, бісквітів, коржів і багатьох інших виробів з дріжджового тіста. Такі печі використовуються на хлібопекарських підприємствах великих і середніх розмірів для випічки великих обсягів продукції. Хлібопекарська піч тунельного типу може бути електричною, газовою або використовувати систему підігріву на дизельному паливі. Довжина, ширина і висота тунельної печі розраховується індивідуально, виходячи з випікання і потреб продуктивності. Швидкість обертання транспортера регулюється частотним перетворювачем, що дає змогу змінювати час випічки хліба. Тунельна хлібопекарська піч ділиться на окремі зони випічки, температура кожної зони може бути різною.

Універсальна конструкція печі дозволяє робити випічку широкого асортименту хлібобулочних виробів. На конвеєрі печі встановлена сітчаста стрічка поліпшеної конструкції з сполучними стрижнями, що фіксують крок спіралі. Канали по ширині пекарної камери розділені на декілька окремих поздовжніх газоходів, що забезпечує рівномірне теплове поле по всій ширині пекарної камери. Піч оснащена сучасними автоматизованими газовими пристроями запалення і системою шиберів пластинчастого типу.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У печі встановлений більш потужний вентилятор циркуляції газів. Вентилятор обладнаний частотним перетворювачем, що дозволяє в момент запуску і роботи на холодному повітрі долати великі навантаження на малих обертах. Обороти двигуна автоматично збільшуються при досягненні газами певної температури. Це дозволяє використовувати менше електроенергії на розігрів печі.

Система парозволоження обладнана вертикальним каналом для скидання зайвої пари в атмосферу і відділена від зони випічки гнучкою тefлоновою шторкою в парі з металевою поворотною заслінкою.

Кожен корпус пекарної камери оснащений системою витяжки пари упікання. Усередині кожного корпусу встановлена поворотна заслінка. Це дозволяє встановити в зоні випічки оптимальну вологість і зменшити протяги, що мають місце в тунельних печах при випічці.

Система автоматичного управління пiччю, електрична схема якого базується на мікропроцесорному контролері, забезпечує автоматичне розпалювання пального пристрою та автоматичну підтримку заданих оператором температурних режимів у пекарній камері, тривалість випікання виробів. Крім того, ця система забезпечує автоматичне керування роботою парогенератора і в цілому системою парозволоження.

Основними перевагами печі є:

- універсальність - можливість випікати хліб і хлібобулочні вироби, як з пшеничного, житнього, так і з суміші пшеничного та житнього борошна;
- чудова якість виробів, що випікаються;
- мобільність в управлінні режимами випікання (тільки за рахунок регулюванні потужності пальників без використання як регулюючих органів газових шиберів);
- економічність роботи - мінімальні витрати палива на випічку виробів і на виробництво пари (до 30% менше, ніж у звичайних тунельних печей);
- скорочення часу випічки до 20%;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- збільшення обсягу і збереження ароматичних речовин випікаємих виробів;
- низькі значення температур продуктів згоряння в контурах обігріву печі, що забезпечує довговічність її конструкції.

Тому для забезпечення розвитку автоматизації у харчовій промисловості, зокрема при виготовленні хлібобулочних виробів, створюються комп'ютерно-інтегровані виробництва та впровадження мікропроцесорної техніки та ЕОМ, завдяки чому зменшується необхідність у великій кількості обслуговуючого персоналу.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

## 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Піч тунельного типу являє собою металеву конструкцію каркасно-засипного типу з ізоляцією. Обігрів пекарної камери каналний. Пекарна камера печі тунельного типу зі стінками з листової сталі. У початковій ділянці пекарної камери в першій зоні розміщено зволожувальні пристрій, що складається з ряду перфорованих трубок і отримує пар з котельні хлібозаводу.

У другій зоні є два витяжних отвори для видалення парів упікання по каналах, пов'язаних з вентиляційною системою. У печі дві обігрівальні системи, по одній на кожну зону. Одна система обслуговує першу зону посадкової частини печі, а інша (меншу за розміром) - другу зону розвантажувальної частини печі. Обидві обігрівальні системи розташовані над першою половиною печі. У кожну систему входять:

- топка зі змішувальною камерою;
- димососний агрегат;
- робочі, транзитні і транспортуючі канали;
- заслінки, клапани та інші регулюючі пристрої.

Топки пристосовані для спалювання газу або рідкого палива.

Для спалювання газу застосовуються інжекційні пальники середнього тиску з регулюванням витрати газу і автоматичним регулюванням подачі повітря. Для безпечної експлуатації газових пальників встановлений автоматичний клапан-відсікач, що відключає подачу газу при зупинці димососного агрегату і падінні тиску нижче допустимої норми. У газових каналах встановлені запобіжні клапани на випадок вибуху газу.

Для спалювання рідкого палива з низькою в'язкістю топки обладнуються форсуночними агрегатами. Вони автоматично регулюють теплопродуктивність і підтримують температуру в пекарній камері на заданому рівні. У пекарній камері

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в якості датчика первинних імпульсів встановлений електроконтактний манометричний термометр. Первинні імпульси через проміжне реле впливають на регулятор витрати палива і на повітряний клапан форсунки в залежності від теплового режиму.

Пройшовши по системі каналів і віддавши тепло пекарній камері, охолоджені гази в кінці газового тракту поділяються на два потоки: один іде в димову трубу, а інший - в змішувальну камеру для зниження температури топкових газів до оптимального значення (500-600 ° С ).

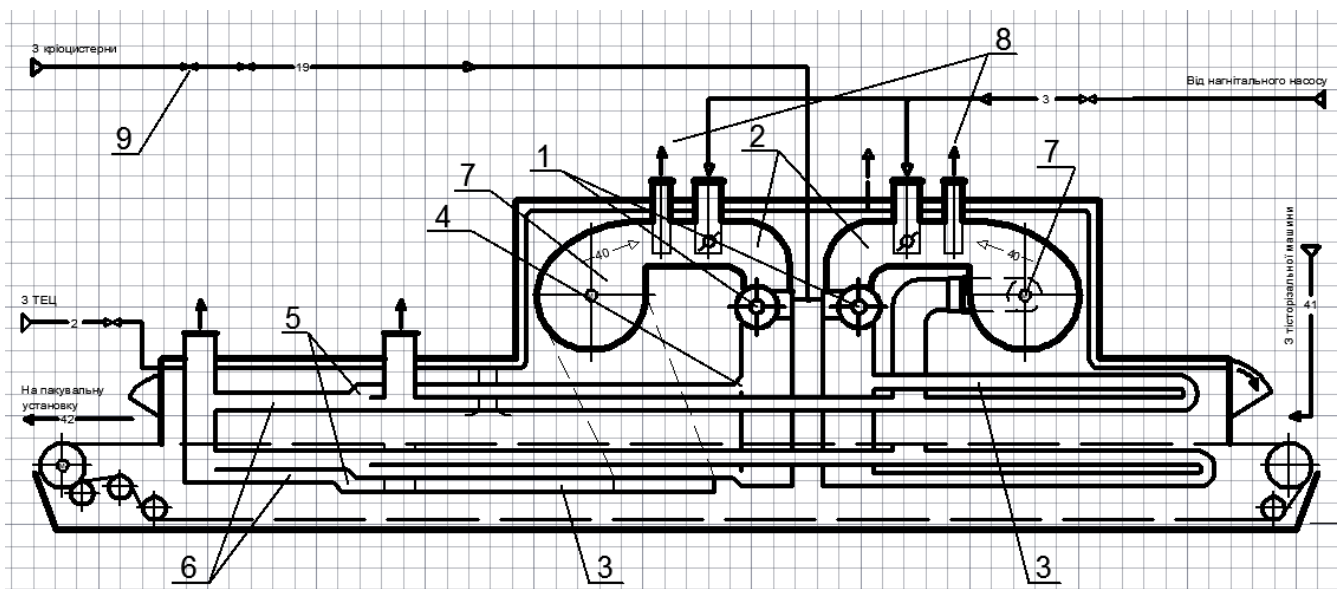


Рисунок 1.1 – Технологічна схема тунельної печі

1 - газовий запальник; 2 - топка зі змішувальною камерою; 3 - транспортуючі канали; 4 - інсталяційний клапан; 5 - зональний клапан; 6 – транзитні канали; 7 – димососний агрегат; 8 – патрубок для вихідних газів; 9 – електромагнітний клапан відсікач;

Конвеєр складається з стрічки, виготовленої зі сталеві спіральної стрижневої сітки, привідного барабану, натяжного механізму вантажного типу, роликів опор на холостій ділянці стрічки і натяжні барабани з пристроєм для зміни натягу правої і лівої половини стрічки. Для очищення стрічки є щітка періодичної дії з автономним приводом.

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

Конвеєр має привідний вал, який спирається на роликові підшипники, укладені в поворотні серезки пристрою натягу. На валу закріплена пара ланцюгових блоків.

До переваг тунельних циклометричних печей можна віднести наступні:

- каркасно-металеві огороження замість цегляних;
- легка ефективна теплоізоляція з мінеральної вати;
- використання газоподібного та рідкого палива, що не дає відкладень золи на стінках гріючих каналів;
- тривалість розігріву печей (1-1,5 год) в кілька разів менша порівняно з цегляними печами;
- низька теплова інерція печей;
- можливість застосовувати порівняно просту автоматичну систему регулювання теплового режиму печі;
- можливість роботи в одну-дві зміни;
- економічність;
- можливість встановлення на будь-якому поверсі споруди (не тільки на першому, як цегляні);
- можливість використання металевих тонких каналів з малим термічним опором при рециркуляційній схемі обігрівання;
- паралельний розподіл продуктів згоряння по каналах (зонах), що дозволяє здійснювати настроювання теплового режиму кожного каналу, в тому числі в нижніх і верхніх окремо;
- створення умов для оптимізації теплового режиму випікання;
- компактність топкових пристроїв;
- інтенсифікацію конвективного теплообміну в каналах при рециркуляції димових газів;
- придатність для випікання виробів широкого асортименту;
- можливість організації комплексно-механізованих потокових ліній з механізованим завантаженням і розвантаженням виробів;

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

- високий коефіцієнт заводської монтажної готовності печі за рахунок секційної (блочної) конструкції;
- короткий термін пуско-налагоджувальних робіт;
- можливість створювати ряд типорозмірів печей за рахунок нарощування секцій;
- використання сітчастих конвеєрних стрічок в тунельній пекарній камері замість громіздких ланцюгово-колискових конвеєрів, що значно полегшує умови праці і обслуговування печей;
- безперервність протікання виробничого процесу;
- вищий санітарний стан робочих місць тощо.

Розташування даного об'єкту у приміщенні робить його приналежним до приміщень категорії «Г» (щодо вибухопожежної та пожежної безпеки), так як у приміщенні знаходяться негорючі речовини та матеріали в гарячому та розжареному стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла і полум'я; горючі гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.

Залежно від вибухонебезпечної зони приміщення має зону класу 2, так як вибухонебезпека виникає рідко і триває не довго (внаслідок аварії) – під час нормальної (штатної) роботи відсутня.

Основним технічним документом, що визначає структуру і характер систем автоматизації технологічних процесів, а також оснащення їх приладами і засобами автоматизації є функціональна схема систем автоматизації технологічних процесів. На функціональній схемі дано спрощене зображення технологічної схеми агрегатів, що підлягають автоматизації, а також приладів, засобів автоматизації і управління, що зображаються умовними позначеннями по стандартах, що діють, а також лінії зв'язку між ними.

Функціональні задачі автоматизації, як правило реалізуються за допомогою технічних засобів; включаючи в себе: відбірне обладнання, засоби отримання первинної інформації, засоби перетворення і відпрацювання інформації, засоби

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

ознайомлення видавання інформації обслуговуючому персоналу, комбіновані, комплексні і допоміжні устаткування.

Розробці схеми автоматизації передуює аналіз технологічного процесу, визначення статичних і динамічних характеристик об'єктів, що дозволяє вірно вибрати основні контролюючі і регулюючі параметри, встановлення діапазонів вимірювання та робочих значень, вибір регулюючих впливів.

Теплову обробку хлібобулочних виробів проводять за заданим технологічним режимом, порушення якого призводить до браку виробів. Для попередження відхилень від встановлених режимів потрібен постійний контроль за роботою печі за допомогою різних контрольно-вимірювальних і регулюючих приладів і пристроїв.

Основна особливість тунельних печей - випікання виробів, що пересуваються вздовж пічного каналу з певною швидкістю і проходять окремі зони з різними заданими температурами. Паливо спалюється в середині печі - в зоні випалу, яка розташовується між зонами охолодження і підігрів

Піч ПХС-25 тунельного типу, конвеєрна, з каналним обігрівом, середньої продуктивності виконана з металевих секцій. Пекарна камера являє собою тунель прямокутної форми. У першій зоні пекарної камери є пристрій для зволоження тістових заготовок. Пара туди подається перфорованими трубками.

Для обігріву використовується газ і рідке паливо, яке спалюється в двох топкових пристроях.

У другій зоні є два витяжних отвори, для видалення парів упікання. В пекарній камері для зменшення вентиляції передбачені два поворотних фартуха.

Конвеєр – це сталева сітка шириною 2100мм. Конвеєр натянутий на приводний барабан, встановлений з боку вивантаження, і на натяжний барабан. Натяжний барабан дозволяє змінювати ступінь натягу правої і лівої сторони сітчастого конвеєра. Холоста гілка конвеєра підтримується опорними роликками.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для очищення конвеєра під ведучим барабаном і нижньої гілкою конвеєра розташований щітковий механізм. У системі каналів передбачена установка запобіжних вибухових каналів (клапанів). Продуктивність 12 – 16 тон на добу.

Привод складається з електродвигуна, двох пасових передач, варіатора швидкості і редуктора. Варіатор регулює швидкість, а значить і тривалість випічки корегується від 12 до 72 хвилин.

В пекарній камері розташовані два окремих контури обігріву. Один обслуговує зону посадочної частини (малий), а інший (більший за розміром) зону вивантаження.

Кожен контур має свій топковий пристрій і систему каналів. Топковий пристрій складається з камери згоряння та камери змішування. Камери виконані з жаростійкої сталі.

З камери змішування з перепускним газоходом, потоки димових газів надходять в обігрівальні канали, розташовані зверху і знизу пекарної камери.

Кількість димових газів регулюється шиберами. Канали першого контуру мають невеликі розміри.

За нижнім пропускним трубопроводом потік охолоджених димових газів надходить до всмоктуючого патрубку димососа. Потім гази розподіляються на два потоки, частина йде в димову трубу (на технологічні потреби), а інша частина спрямовується на рециркуляцію.

Для огляду конвеєра і спостереження за випічкою в бічних стінах печі встановлені оглядові люки, а для контролю температури середовища пекарної камери передбачено два термометра.

Для широкого асортименту виробів, можна використовувати для випічки формового і подового хліба.

Для чищення кишені ділильної головки виймають планку, після чого важіль разом з опорою знімають зі штанги і виймають дозувальний поршень.

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

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.

Таблиця 1.2 – Завдання на розробку системи автоматизації.

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, Місце відбору сигналу	Припустиме Значення параметра	Вид автоматизації	Характер Контролю чи управління	Засоби управління та контролю, Реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	Топка I	Тиск	20-40 Па	Регулювання	Відображення, реєстрація, сигналізація	Вплив на двигун М1	
2	Топка II	Тиск	20-40 Па	Регулювання	Відображення, реєстрація, сигналізація	Вплив на двигун М2	
3	Під печі	Швидкість	1.3 об/год	Регулювання	Відображення, реєстрація,	Вплив на двигун М3	
4	Топка I	Температура	310 °С	Керування	Відображення, реєстрація, сигналізація	Вплив на МЕО	
5	Топка II	Температура	310 °С	Керування	Відображення, реєстрація, сигналізація	Вплив на МЕО	
6	Зона I	Температура	190 °С	Керування	Відображення, реєстрація, сигналізація	Вплив на МЕО	
7	Зона II		240 °С				
8	Зона III		290 °С				
9	Зона IV		260 °С				
10	Зона V		230 °С				
11	I та II топки	Співвідношення газ-повітря	17,5 м <sup>3</sup> / 170 м <sup>3</sup>	Керування	Відображення, реєстрація, сигналізація	Вплив на МЕО	
12	Топка I	Наявність полум'я	Вкл/Викл	Керування	Відображення, реєстрація, сигналізація	Вплив на клапан і запально-захисний пристрій	
13	Топка II						

## 2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ

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

### Датчик тиску OPTIBAR LC 1010 C

Перетворювач тиску OPTIBAR P 1010 C був розроблений для загальних застосувань в області промислових вимірювань. Його мембрана з нержавіючої сталі 1.4435 / AISI 316L характеризується гарною стійкістю проти корозії в багатьох промислових процесах.

Модульна конструкція приладу дозволяє комбінувати різні технологічні приєднання, діапазони тиску і варіанти електричних підключень, забезпечуючи тим самим відповідність вимогам практично для всіх промислових застосувань.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 24 VDC
- Струмний вихід 4...20 mA;
- 2-дротове підключення

Особливості:

- повністю зварена клітина для вимірювання тиску з мембраною з нержавіючої сталі 1.4435 / AISI 316L;
- похибка, відхилення від кривої:  $\pm 0,25\%$ ;
- відмінна температурна стабільність при нульовій точці;
- діапазон вимірювання: 0,1...600 бар / 4...8700 фунт / кв. дюйм;
- модульна конструкція;
- ступінь пиловологозахисту до IP68.

Галузь промисловості:

- машинобудування та виробництво промислового обладнання;
- технології захисту навколишнього середовища;
- енергетика;

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

- автоматизація виробництва;
- гідравлічні та пневматичні системи;
- насоси та компресори.

Галузь застосування: вимірювання абсолютного і надлишкового тиску газів і рідин [21].



Рисунок 2.1.1 – Зовнішній вигляд датчика з кабельним виходом з технологічним під'єднанням ANSI 1/2 NPT

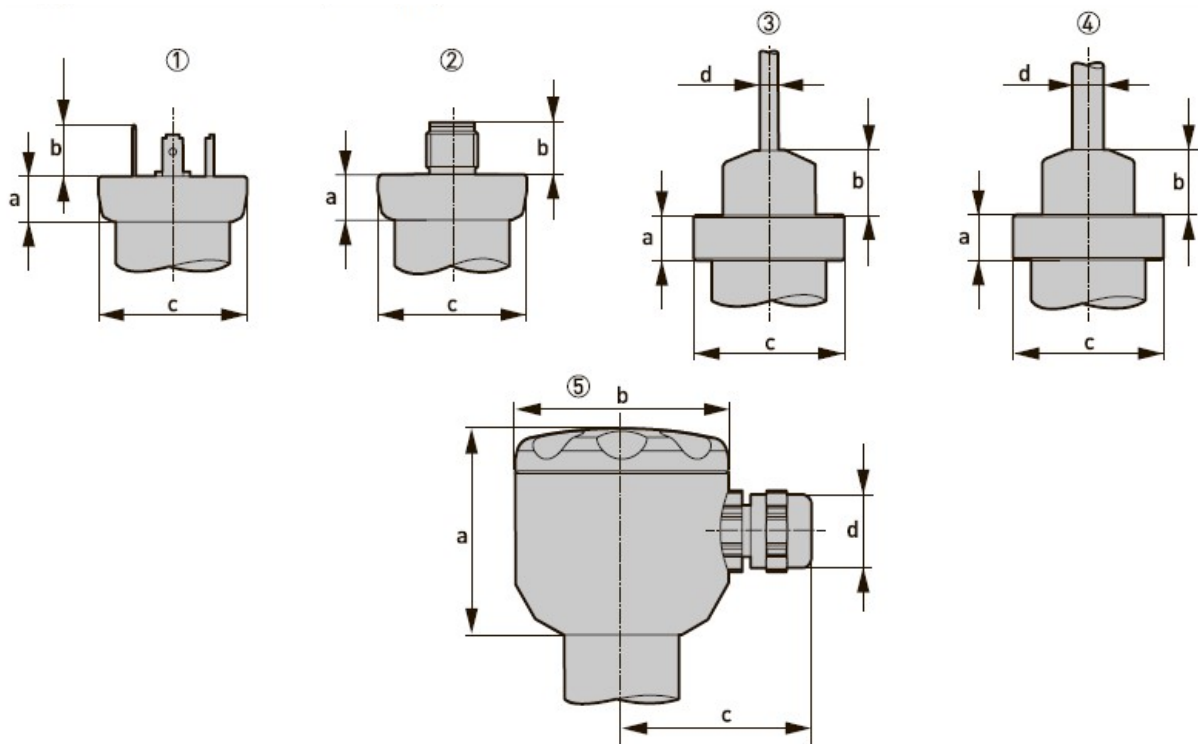


Рисунок 2.1.2 – Розміри для з'єднувального штекера і корпусу польового виконання

1. ISO 4400 (кабельний роз'єм входить в комплект поставки);

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

2. M12x1 (4-контактний);
3. кабельний висновок;
4. кабельний висновок, кабель з капілярною трубкою;
5. Корпус польового виконання.

Таблиця 2.1.1 – Габаритні розміри.

	①		②		③		④		⑤	
	[мм]	["]	[мм]	["]	[мм]	["]	[мм]	["]	[мм]	["]
a	10,5	0,4	10,5	0,4	10,5	0,4	10,5	0,4	48	1,9
b	12	0,47	10	0,39	Ø4,3	Ø0,17	7,4	0,29	Ø49,5	Ø1,95
c	Ø34,5	Ø1,36	Ø34,5	Ø1,36	Ø35	Ø1,38	Ø35	Ø1,38	44	1,7
d	-	-	-	-	15	0,59	15	0,59	M12x1,5	

### Термометр опору ОРТІТЕМР ТТ 33 С/Р (ТСА-F42)

ТТ 33 С - це інтелектуальний цифровий 2-провідний універсальний вбудований передавач температури вимірювання та інші області застосування вимірювань в промислових умовах. Вбудований передавач опціонально доступний в іскробезпечному виконанні для установки в вибухонебезпечній зоні. Ці пристрої носять символ " Ex " і мають дозвіл на використання установку в класифіковану небезпечну зону, зони 0, 1 і 2.

Всі версії in-head призначені для установки в сполучну головку типу " В " або більше відповідно до EN 50446 / DIN 43729. В якості альтернативи ви також можете встановити версію in-head на 35-мм рейку відповідно до EN 60715 / DIN 50022 за допомогою Комплекту для установки на рейки.

Використовуючи програмне забезпечення KROHNE ConSoft, пристрій 4-20 мА може бути легко налаштований з ПК в небезпечних зонах. Протягом усього терміну служби перетворювач забезпечує точність вимірювання  $\pm 0,08^{\circ}\text{C}$  або  $\pm 0,08\%$  від діапазону вимірювань, а також дрейф  $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$  на  $1^{\circ}\text{C}$  або  $\pm 0,01\%$  від діапазону вимірювань на  $1^{\circ}\text{C}$ . Цей низькотемпературний дрейф робить регулярне калібрування менш необхідним.

З точки зору безпеки продукт відповідає рекомендаціям NAMUR (NE) 21, 43, 53 і 107, а також має сертифікати АТЕХ і ІЕС Ех. Завдяки міцній конструкції зовнішні впливи, такі як температура навколишнього середовища, вібрація (до 10g, як це може статися в додатках OEM/machinery), вологість і електромагнітні хвилі незначні.

Передавач може забезпечити корекцію похибки вимірювання системи, що складається або з самого датчика, або з датчика і передавача разом узятих. Він також має лічильник часу виконання, відстеження та резервне копіювання попередньої конфігурації, журнал температури навколишнього середовища та вихідне моделювання для тестування циклу.

При підключенні даного термометра необхідно використовувати схему підключення наведену нижче [22].

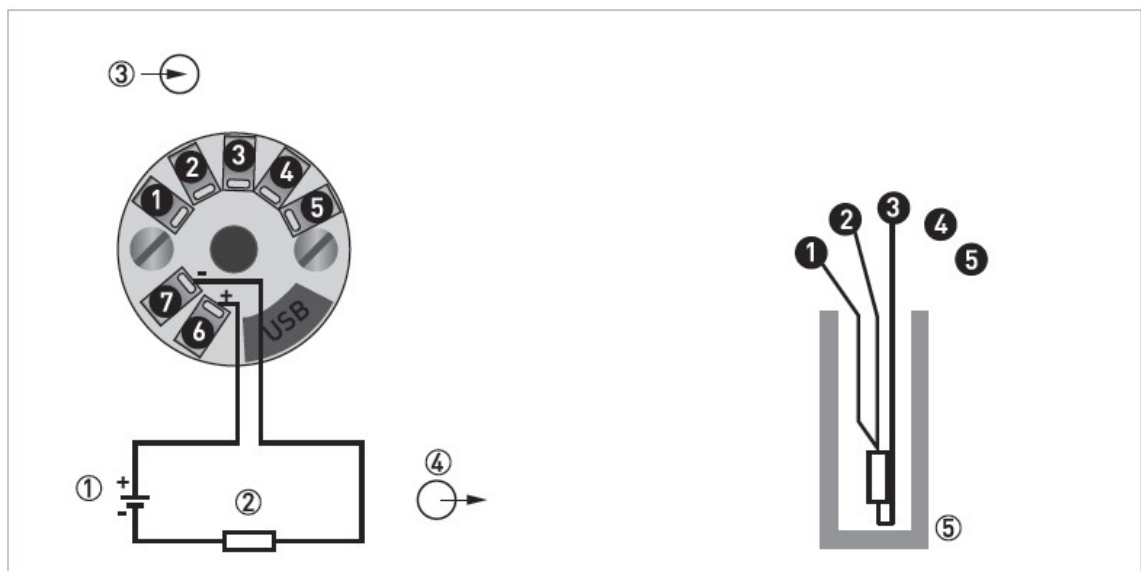
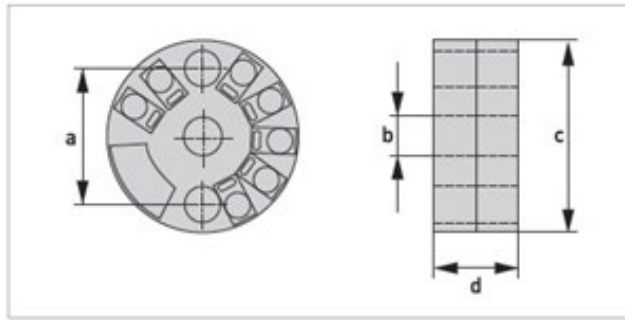


Рисунок 2.1.3 – Схема підключення термометра опору  
ТТ 33 С/Р (ТСА-F42)

1. Напруга 8...36 В постійного струму (клеми 6,7);
2. Опір навантаження;
3. Вхід;
4. Вихідний сигнал (4...20 мА);
5. Pt100 3-канальне підключення.



	Розміри	
	мм	Дюйми
a	33.0	1.30
b	7.0	0.28
c	44.5	1.75
d	19.7	0.78

Рисунок 2.1.4 – Габаритні розміри термометра опору ТТ 33 С/Р (ТСА-F42)

Механізм електричний однообертовий фланцевий МЕОФ-16/25-0,25-02У

Однообертові електричні виконавчі механізми МЕОФ призначені для передачі крутного моменту арматурі при її повороті на один оборот або менше (від 0 до 360 °).

Механізми МЕВ і МЕОФ призначені для приведення в дію запірно-регулюючої арматури в системах автоматичного регулювання технологічними процесами, відповідно до командними сигналами регулюючих і керуючих пристроїв.

Склад механізму:

- електродвигун синхронний;
- редуктор черв'ячний;
- ручний привід;
- блок сигналізації положення: реостатний БСПР, індуктивний БСПІ, струмовий БСПТ, блок кінцевих вимикачів БКВ;
- фланець;

Управління механізмами: контактне або безконтактне.

Тип керуючого пристрою при безконтактному управлінні: МЕОФ-96, МЕОФ-02 - пускач ПБР-2М або ПБР-2М2.1, МЕОФ-96К, МЕОФ-99к - пускач ПБР-3А або підсилювач ФЦ-0620 [23].

Технічні характеристики:

- номінальний крутний момент на вихідному валу – 16 Н/м;
- номінальний час повного ходу вихідного валу – 25 с;
- номінальний значення повного ходу вихідного валу – 0,25 г;
- споживана потужність – 43 Вт;
- маса – 6,1 кг;
- вихідний кінець валу – 14 мм;



Рисунок 2.1.5 – МЕОФ (зовнішній вигляд)

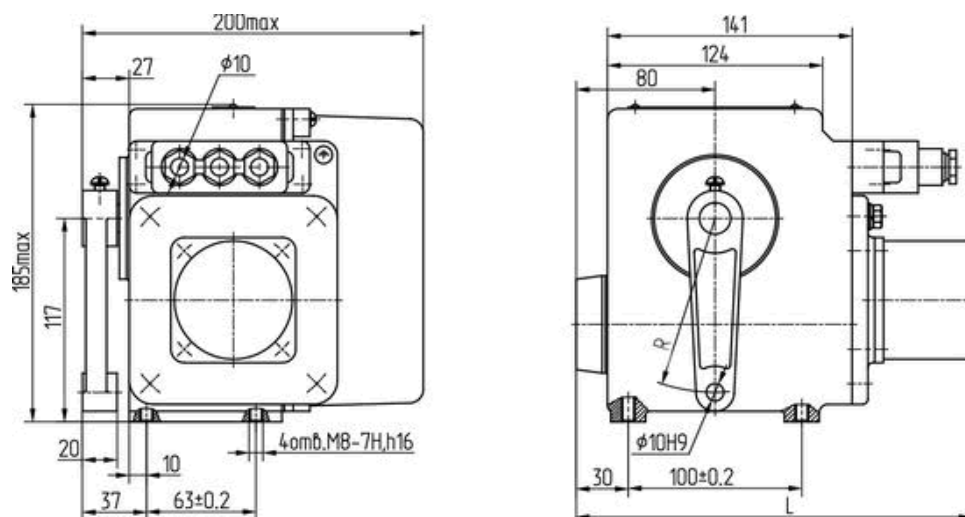


Рисунок 2.1.6 – Габаритні і приєднувальні розміри МЕОФ

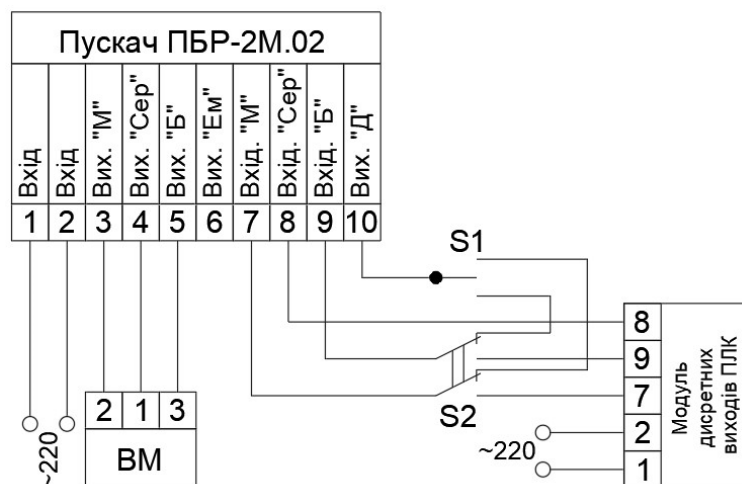


Рисунок 2.1.7 – Схема підключення механізмів в загальнопромислового виконання до однофазної мережі живлення

### Ультразвуковий витратомір OPTISONIC 7300

OPTISONIC 7300 являє собою універсальний 2-променевий витратомір газу для вимірювання витрати технологічного і побутового газу на нафтогазопереробних заводах або в хімічній або нафтохімічній промисловості. Він також підходить для некомерційного обліку природного газу або для вимірювання витрати (стисненого) повітря, змішаних або димових газів (до +180°C / +356°F). Використовуючи принцип вимірювання різниці в часі проходження сигналу, OPTISONIC 7300 демонструє високі показники точності вимірювань в широкому діапазоні витрат (до DN600 / 24", динамічний діапазон регулювання 100:1). Його запатентовані акустичні сенсори з титану відрізняються високоточним фокусуванням, що дозволяє компенсувати вплив коливань в технологічному процесі і уникнути акустичного зворотного зв'язку.

Вимірний об'ємний витрати може бути завжди приведений до стандартних умов на підставі вхідних даних з датчиків температури і тиску, що підключаються безпосередньо до пристрою. Після первинного калібрування прилад дозволяє отримувати високоточні результати вимірювань (похибка  $\pm 1\%$  від вимірюного значення). OPTISONIC 7300 не має тих обмежень, які зазвичай характерні для турбінних або інших традиційних витратомірів газу, тобто необхідності періодичної перекалібрування, проведення технічного обслуговування, втрат

тиску і обмеженого діапазону витрат. Витратомір поставляється з різними варіантами цифрового зв'язку [24].

Відмінні особливості приладу:

- широкий динамічний діапазон вимірювання витрати в обох напрямках (діапазон регулювання 100:1);
- вбудована функція корекції об'єму відповідно до стандартних умов (з використанням показань з датчиків тиску і температури);
- з струмовими входами для зовнішніх датчиків тиску і температури;
- сертифіковані відповідно до NACE акустичні сенсори з титану марки 29 для максимальної стійкості до корозії;
- значною мірою не залежить від щільності газу і його складу;
- конструкція з повнопрохідним перетином труби: відсутність рухомих частин, зносу і втрат тиску;
- компактне або роздільне виконання.

Типові застосування.

Загальне:

- вимірювання і моніторинг витрати газу, повітря і т. д.

Нафтогазова промисловість:

- видобуток, транспортування, зберігання та розподіл природного газу;
- підземні газосховища;
- некомерційний облік газу.

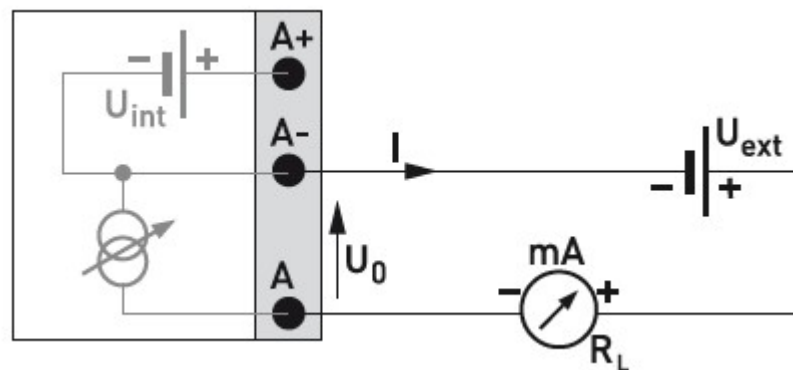


Рисунок 2.1.8 – Схема підключення газового витратоміра



Рисунок 2.1.9 – Зовнішній вигляд витратоміра

#### Фотодатчик ФД-02

Прилад призначений для перетворення потоку інфрачервоного спектра оптичного випромінювання в електричний сигнал.

Фотодатчик в комплекті з сигналізатором горіння використовується для контролю наявності полум'я пальникових пристроїв, що працюють на будь-якому виді палива [25].

Зв'язок з сигналізатором ЛУЧ - 1ам-2-х дротова кручена пара.

Основні технічні характеристики:

- Чутливість, В / Вт >240;
- Робочий діапазон, інфрачервоний спектр  $\lambda$ , нм <1500;
- Тип фотоприймача фотодіод InGaAs;
- Довжина лінії зв'язку з сигналізатором типу ЛУЧ-1ам, м <200;
- Температура навколишнього середовища, оС від -60 до + 70;
- Ступінь захисту, (код IP) IP54;
- Габаритні розміри, мм Ø35x95.



Рисунок 2.1.10 – Зовнішній вигляд фотодатчика

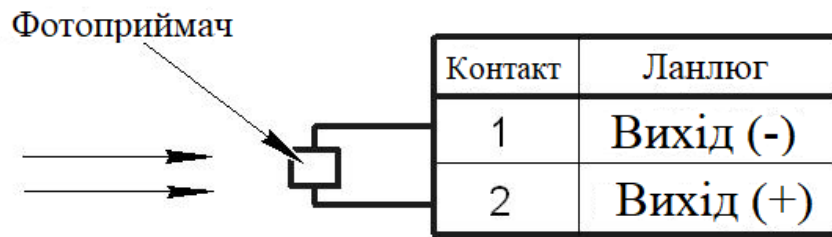


Рисунок 2.1.11 – Схема зовнішніх підключень

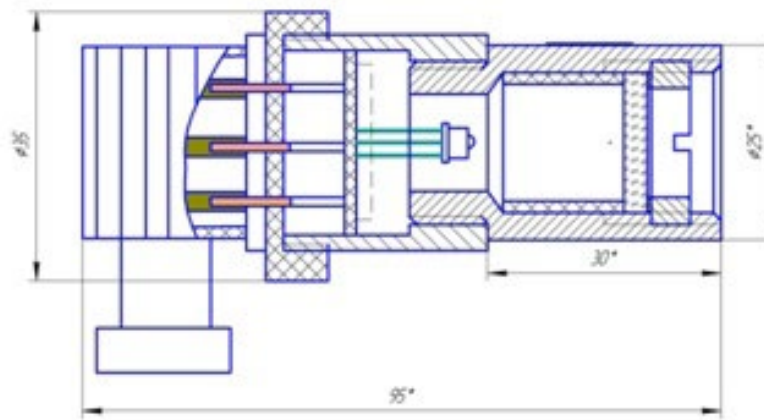


Рисунок 2.1.12 – Габаритні та установчі розміри фотодатчика

### Клапан газовий КЕГ-40.НЗ

Клапан призначений для перекриття трубопроводів газу, рідин, палива в системах з дистанційним управлінням.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-------	------	----------	--------	------

Використовуються в схемах автоматичного розпалу, регулювання та захисту котлів, теплогенераторів, опалювальних установок, для управління потоком газу або рідкого палива [26].

Таблиця 2.1.2 – Технічні характеристики газового клапану КЕГ-40.НЗ

Умовний прохід, Ду, мм	10	15	20	25	32	40	50
Положення при відсутності струму	НЗ		НЗ/НО		НЗ		
Робочий тиск, P <sub>роб</sub> , МПа	0,25						
Номінальна споживана потужність, Вт(не більше)	15				30		
Робоча середа	повітря, нейтральні гази, природні гази, суміш типу пропан-бутан, дизельне топливо, рідини						
Температура робочої середи, °С	от - 5 до + 60						
Матеріал ущільнення	NBR						
Напруга керування електромагітом	~220/50Гц						
Виконання клапана у напрямку руху робочого середовища на вході і виході прохідний	Прохідний						
Приєднання до джерела напруги / управління	DIN43650						
Положення клапану на трубопроводі	вертикальне						
Умови експлуатації	У3 по ГОСТ 15150						
Ступень захисту, (код IP)	IP65						
Клас захисту	01						
Клас герметичності по ГОСТ 9544	А						



Рисунок 2.1.13 – Зовнішній вигляд клапану

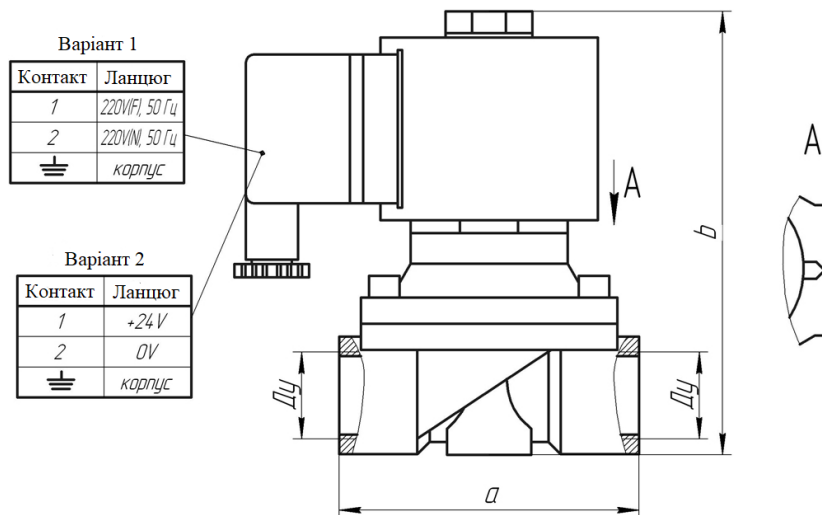


Рисунок 2.1.14 – Габаритні та установчі розміри клапану

Таблиця 2.1.3 – Значення величин до рис. 2.1.14.

Найменування	Думм	Під'єднання до трубопроводу	Габаритні розміри ( ахb )
КЕГ-15	15	Муфтове 1/2"	69x117
КЕГ-20	20	Муфтове 3/4"	73x123
КЕГ-25	25	Муфтове 1"	99x135
КЕГ-32	32	Муфтове 1 1/4"	112x175
КЕГ-40	40	Муфтове 1 1/2"	123x175
КЕГ-50	50	Муфтове 2"	168x209
КЕГ-20-НО	20	Муфтове 3/4"	73x123

### Запально-захисний пристрій ЗЗУ-6

Призначений для розпалювання газомазутних пальників технологічних установок, печей випалу цегли, печей підігріву нафти, газу, хімічного виробництва, металургії, що працюють під розрідженням і з урівноваженою тягою. ЗЗУ працює на малому і середньому тиску природного газу, пропан-бутанової суміші і здійснює контроль власного факела і факела пальника. Надійно працює при температурі повітря -40 °С [27].

Технічні особливості:

- двостадійне формування факела;
- корпус запальника виконаний з жаростійкої нержавіючої сталі - може використовуватися в якості пілотного пальника;

- ежектор розташований на торцевому зрізі пальника, що виключає проскакування полум'я усередину пальника і дозволяє отримати більш потужний первинний факел;
- регульована довжина факела;
- струмовідні і клемні з'єднання розміщені в герметичному корпусі, що підвищує їх надійність і дає можливість експлуатувати на відкритому повітрі і закритому приміщенні.

Технічні характеристики:

- приєднувальний тиск: 10-60 кПа газу на вході в запальний пальник;
- теплова потужність запального пальника при роботі на природному газі: не більше 90 кВт;
- довжина факела запального пальника при відрегульованому режимі горіння, не менше 0,8 м;
- максимально допустима температура в зоні робочого торця запального пальника: 600 °С;
- допустимі коливання напруги від джерела високої напруги: від 6000 В до 12000 В;
- габаритні розміри: 220 x 140;
- довжина погружної частини запальника не більше 250,500 ÷ 5000 (крок 500) мм;
- діаметр стовбура - Ø38.



Рисунок 2.1.15 – Запально-захисний пристрій ЗЗУ-6  
(зовнішній вигляд)

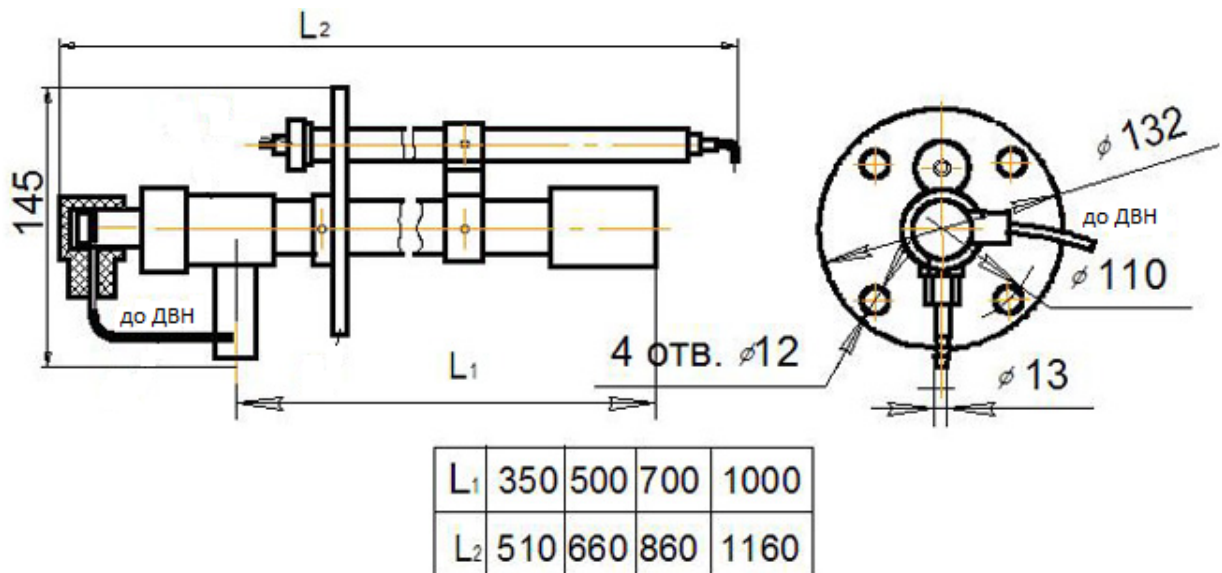


Рисунок 2.1.16 – Габаритні і установчі розміри 3ZY-6

### Трифазний асинхронний двигун АР112М2

Основні дані:

- потужність 7,5 кВт;
- частота обертання 3000 об / хв (фактична-2895 об / хв);
- напруга мережі 220/380 В;
- загальнопромисловий трифазний асинхронний електродвигун;
- виконання ІМ1081 (двигун на лапах): стандартне виконання;
- виконання ІМ2081 (комбінований-лапи і фланець):
- + 5% до вартості стандартного виконання;
- виконання ІМ3081 (двигун на чистому Фланці):
- + 5% до вартості стандартного виконання;
- чавунний корпус або силуміновий;
- порошкове фарбування металу;
- ступінь захисту ІР55 (від попадання пилу і водяних бризок);
- режим роботи S1 (тривалий, без частих зупинок);
- клас ізоляції обмоток статора F (Максимальна температура 150оС);
- гарантія 2 роки.

## Параметри та умови експлуатації.

Всі технічні параметри трифазного електродвигуна АІР 112 М2 є типовими і відповідають стандарту ГОСТ 183-74. АІР112М2 має потужність 7,5 кВт при фактичній частоті обертання валу 2895 об/хв. двигун розроблений для використання в мережі змінного струму частотою 50 Гц і напругою 220/380 В (з'єднання обмоток  $\Delta / Y$ ). Коефіцієнт корисної дії (ККД) становить 87,0%.

Таблиця 2.1.4 - Технічні характеристики електродвигуна АІР112М2.

Параметр		Значення
Типорозмір двигуна		АІР112М2
Потужність	P	7,5 кВт
Частота обертання умовна (фактична)	$\nu$	3000 (2895) об/хв
Напруга ( $\Delta/Y$ )	U	220/380 В
Сила струму	I	14,9 А
ККД	$\eta$	87,0%
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi$	0,88
Співвідношення крутних моментів	$M_n/M_H$	2,2
Співвідношення крутних моментів	$M_{max}/M_H$	2,3
Співвідношення струмів	$I_n/I_H$	7,5
Момент інерції	J	0,0185 кг·м <sup>2</sup>
Рівень шуму	L	80 дБ(А)
Вага	m	49 кг

Трифазні електромотори АІР112М2 мають конструктивні виконання за способу монтажу згідно ГОСТ 2479-79. Самі поширені варіанти:

- ІМ 1081 - електродвигун АІР112М2 з лапами. Лапи дозволяють установити двигун паралельно до поверхні кріплення.

- IM 2081 - електродвигун АР112М2 з лапами і фланцем. Комбіноване виконання дозволяє встановлювати двигун як паралельно так і перпендикулярно до поверхні кріплення.
- IM 3081 - електродвигун АР112М2 з фланцем. Фланець дає можливість установити двигун перпендикулярно до поверхні кріплення.

Наведені вище монтажні виконання електродвигунів АР роблять їх універсальними для різних областей застосування [28].

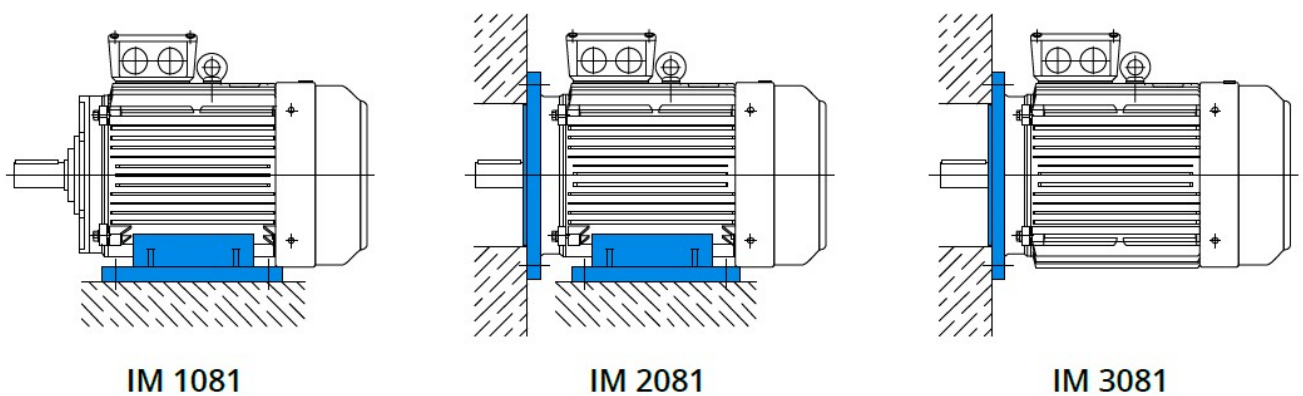


Рисунок 2.1.17 – Монтажне виконання двигуна АР 112 М2

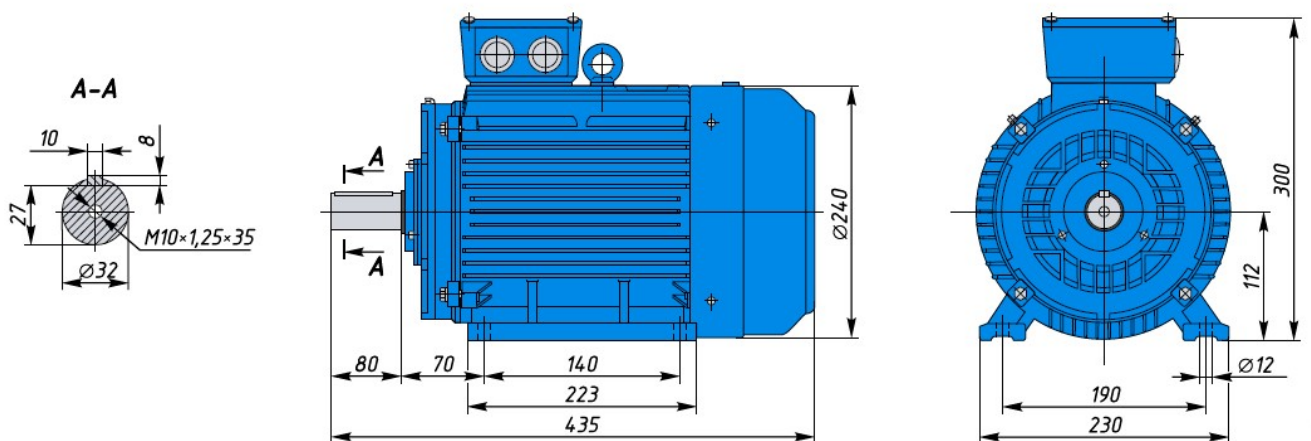


Рисунок 2.1.18 – Габаритні і установочні розміри електродвигуна

## Блок живлення 6EP1333-1LD00



Рисунок 2.1.19 – Зовнішній вигляд блоку живлення 6EP1333-1LD00

Таблиця 2.1.6 – Технічні характеристики блоку живлення 6EP1333-1LD00 фірми Siemens [29].

Виробник	Siemens
Країна виробник	Румунія
Тип блоку живлення	Імпульсний
Тип стабілізації	По напрузі
Кількість фаз	1
Мінімальна вхідна напруга	85.0 (В)
Максимальна вхідна напруга	264.0 (В)
Вхідний струм, не більше	6.2 (А)
Вихідна напруга	24.0 (В)
Вихідна потужність	148.8 (Вт)
Матеріал корпусу	Алюміній
Тип монтажу	Поверхневий
Мінімальна робоча температура	-10.0 (град.)

Максимальна робоча температура	70.0 (град.)
Тип індикації	Світлодіодна
ККД, не менше	86.0 (%)
Дистанційне управління	Ні
Тип охолодження	Пасивний
Наявність вольтметра	Ні
Наявність амперметра	Ні
Гвинтове з'єднання	Так
Захист від короткого замикання	Так
Захист від перевантаження	Так

Продовження таблиці 2.1.6

Габаритні розміри

Довжина	178.0 (мм)
Висота	38.0 (мм)
Ширина	97.0 (мм)

Додаткові характеристики

Тип корпусу блока живлення Siemens	В перфорованому корпусі Siemens
Кількість фаз блока живлення Siemens	1
Вихідна напруга блока живлення Siemens	24в
Вихідний струм блока живлення Siemens	от 5 - до 6,5А

### Частотний перетворювач FR-E740-170-EC

Частотний перетворювач Mitsubishi Electric FR-E740-170sc-EC призначений для плавного пуску і управління швидкістю обертання асинхронних електродвигунів. Перетворювачі даної серії являють собою поєднання надійних

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

технологій та інноваційних функцій, які забезпечують потужність, гнучкість і економічність роботи. Вони придатні для роботи з насосами, вентиляторами, конвеєрами, пресами, промисловими пральними машинами. Перетворювач оснащений послідовним інтерфейсом RS-485, також є підтримка протоколу Modbus RTU [30].

Розшифровка умовного позначення частотного перетворювача FR-E740-170sc-EC:

- FR-E740-серія частотних перетворювачів;
- 170-Номінальний струм перетворювача, а (17 а);

Функції та властивості перетворювачів FR-E:

- можливість установки впритул;
- автоматичне налаштування параметрів і автоматичний перезапуск в разі зникнення напруги живлення;
- можливість підключення додаткових пультів з установкою їх на відстані до 15 м від керуючої панелі;
- легкість введення в експлуатацію і простота використання;
- довговічність-деталі конструкції перетворювачів розраховані на 10 років служби.
- Технічні характеристики:
- Виробник: Mitsubishi Electric;
- Серія: FRE;
- Потужність: 7.5 кВт;
- Напруга: 380 В;
- Підключення: трифазний;
- Номінальний струм: 17 А;
- $M_{max}$  (1 хв.): 150 %;
- Струм протягом 1 хв.: 25.5 А;
- Макс. частота на виході: 400 Гц;
- Габарити (ВхШхГ): 150x220x147 мм.

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

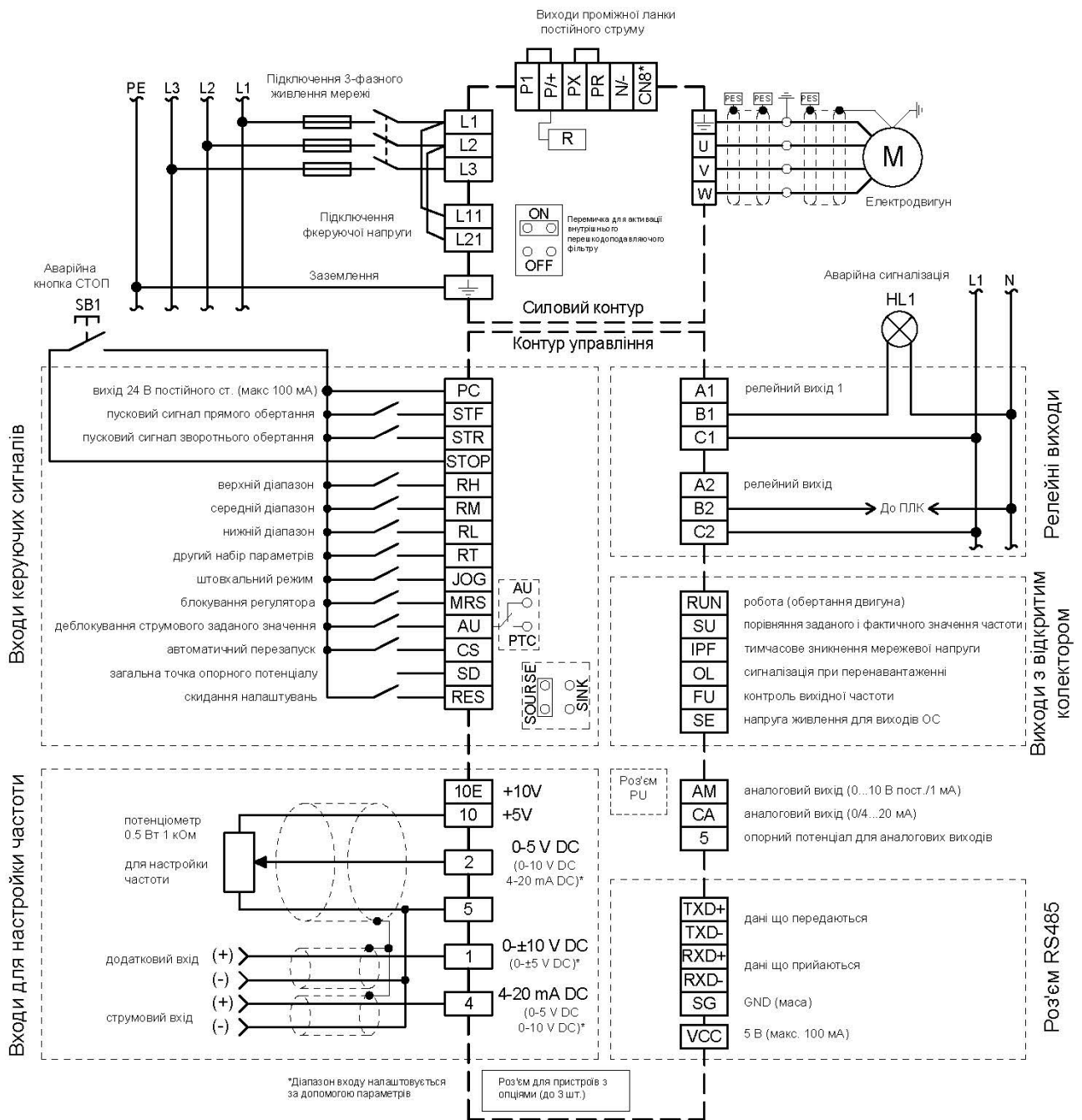


Рисунок 2.1.20 – Схема підключення частотного перетворювача

### Трансформатор розпау ТРИ-220

Трансформатор розпау котла - запальний трансформатор, який необхідний для включення нагрівальних газових, а також рідиннопаливних пальників.

Для високовольтного розпалювання газових і рідкопаливних основних або запальних пальників.

Трансформатори здійснюють розпал пальника між двома електродами, або електродом і заземленим корпусом пальника.

Пристрій призначений для того, щоб виробляти і подавати на пальник котла високовольтну іскру, яка в свою чергу розпалює в камері згоряння паливно-повітряну суміш.

Поява іскри - результат передачі високої напруги до електродів розпалу. Таким чином, трансформатор розпалу котла - це джерело напруги, який провокує дугу для займання газу або повітряної паливно-газової робочої суміші.

Іскровий розпал застосовується:

- у запальник котельного обладнання не залежно від потужності роботи, продуктивності;
- у газових, мазутних і дизельних котлах не залежно від способу їх установки;
- у теплогенераторах;
- у випалювальному обладнанні і т. д.

Переваги трансформаторів розпалювання від нашої компанії:

- всі трансформатори розпалювання котла мають захист від обриву «земля»;
- простота конструкції;
- висока якість матеріалу корпусу і складових частин, які є джерелами напруги і появи дуги;
- безвідмовність робочого стану.

Підключення проводів кабелю живлення:

- жовте-зелений провід (ЗЕМЛЯ) з'єднати з корпусом запальника або пальника;
- коричневий провід (ФАЗА) підключити до фазової лінії мережі 220В;
- синій провід (НУЛЬ) підключити до нульової лінії мережі 220В.

Високовольтний провід підключається до іскрового розрядника запального пальника або інших газопальникових пристроїв. Рекомендована довжина високовольтного кабелю 1м. Збільшення довжини кабелю дає зниження потужності іскри.

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

Використовувати свічковий наконечник з опором, що поставляється в комплекті. Підключення свічкового наконечника - високовольтний кабель вставляється в свічковий наконечник і накрутається в установлений в ньому гвинт – саморіз [31].

Таблиця 2.1.6 – Технічні характеристики ТРИ – 220.

Вхідна напруга	220-230, В50-60, Гц
Струм, не більше	1 А
Вихідна напруга, не менше	9 кВ
При холостому ході	15 кВ
Струм у режимі КЗ	30 мА
Тривалість одного включення при розпалювання горючої суміші, не більше, (періодичність включення не менше 2 хв)	45 сек
Рекомендований іскровий проміжок, мм	3 – 5 мм
Довжина кабелю живлення	2 м
Довжина високовольтного кабелю	1,5 м
Температура навколишнього середовища, °С	від -40 до +60
Ступінь захисту по ГОСТ 14254	IP54
Габарити, не більше,	110*73*92мм
Маса, не більше	2,5кг

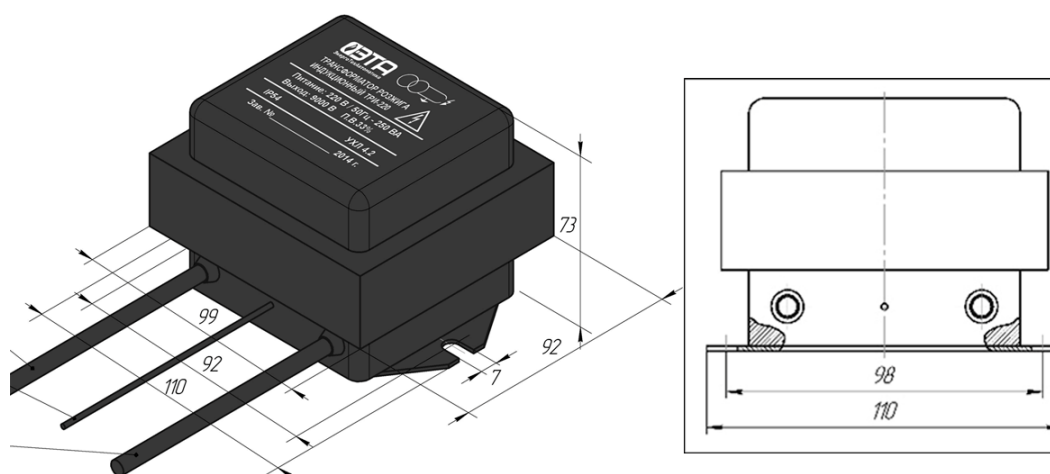


Рисунок 2.1.21 – Габаритно-монтажні розміри ТРИ-220

## Пускач безконтактний реверсивний ПБР-2МН

Пускач безконтактний реверсивний ПБР-2МН призначений для безконтактного управління електричним виконавчим механізмом або електроприводом трубопровідної арматури, в яких використані однофазні електродвигуни. За функціональним можливостям аналогічний пускачі ПБР-2М.

Пускачі ПБР-2МН призначені для використання в складі АСУ ТП, в тому числі на підприємствах хімічної, нафтохімічної та нафтопереробної галузях промисловості. Пускачі є виробами загального призначення по ГОСТ 18311, місце установки пускачів - вибухопожежонебезпечні приміщення.

Пускач має кліматичні виконання по ГОСТ 15150 УХЛ4. Діапазоном робочих температур від мінус 20 до плюс 50 ° С при відносній вологості не більше 80% і атмосферному тиску від 86 до 106,7 кПа.

Маса пускача не більше 0,5 кг.

Габаритні і установочні розміри 105x90x60 мм.

Пускач має ступінь захисту від проникнення твердих тіл і води - IP20 по ГОСТ 14254.

За стійкістю до впливу атмосферного тиску пускачі повинні відповідати групі P1 ГОСТ 12997.

Пускачі повинні бути стійкими і міцними до впливу синусоїдальних вібрацій по групі виконання L3 ГОСТ 12997.

Технічні характеристики пускача ПБР-2МН:

- Вхідна напруга змінного струму 90-220 В.
- Частота вхідної змінної напруги  $50 \pm 1$  Гц.
- Максимальний струм електродвигуна не більше 5 А.
- Мінімальна потужність електродвигуна 120 W.
- Максимальний комутований струм вихідних силових ланцюгів не більше:
  - в тривалому режимі включення - 4 А;
  - в повторно-короткочасному реверсивному режимі з частотою включень до 630 на годину і тривалістю включень до 25% - 6 А.
- Падіння напруги на вихідних силових ланцюгах пускача не більше 6 В.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Струм витоку вихідних силових ланцюгів пускачів при відсутності сигналу керування на його вході не більше 5 mA.
- Внутрішній джерело живлення пускача видає нестабілізована напруга постійного струму від 22 до 30 V (24 V).
- Підключається додаткове навантаження - до 50mA.

Електрична ізоляція між гальванічески непов'язаними ланцюгами витримує протягом 1 min дію випробувальної напруги практично синусоїдальної форми частотою від 45 до 65 Hz.

500 V - для ланцюгів з напругою до 42 V;

2000 V - для ланцюгів з напругою від 250 до 650 V.

Електричний опір ізоляції між окремими електричними ланцюгами і між цими ланцюгами і корпусом пускачів, не менше - 50 МОм [32].

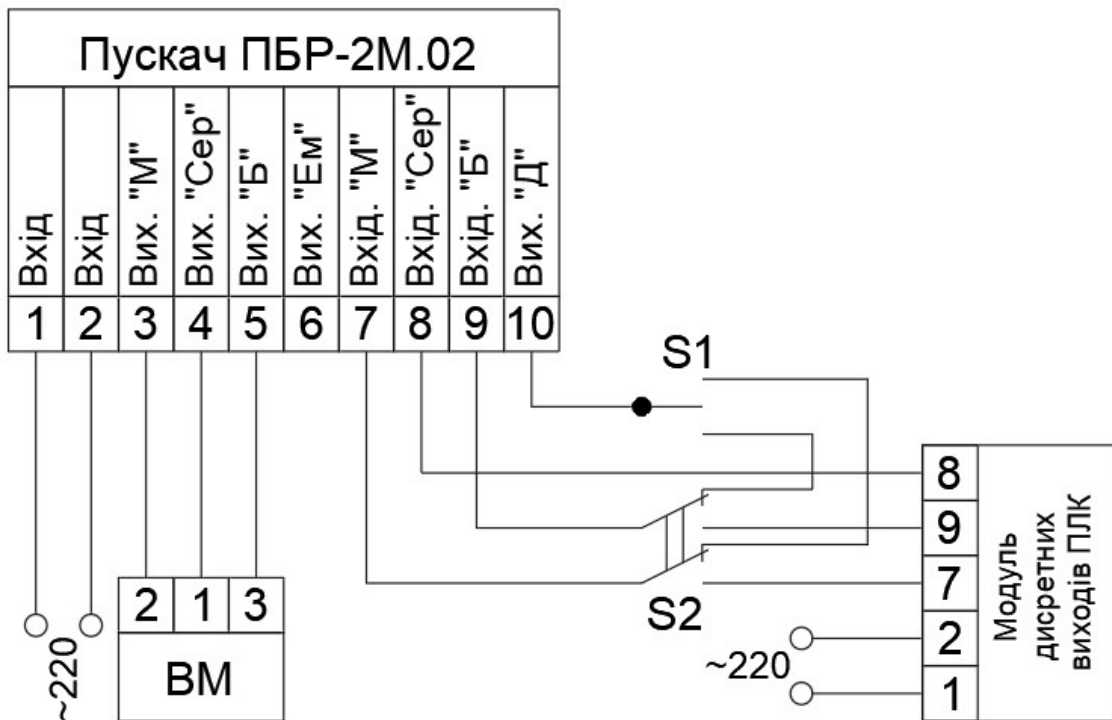


Рисунок 2.1.22 – Схема підключення пускача безконтактного реверсивного ПБР-2МН

## 2.2. Схема автоматизації.

Схема автоматизації по вдосконаленню тунельної печі забезпечена контурами, котрі виконують функції по забезпеченню роботи тунельної печі. А саме:

Регулювання двигуном вентилятора першої топки здійснюється за допомогою частотного перетворювача. Сигнал про рівень тиску надходить від встановленого у топці датчика тиску OPTIBAR LC 1010 C (поз. 1а) на контролер Vira System SLIO, який в свою чергу його обробляє і формує командний сигнал регулювання двигуном AIP112M2 (поз. M1) через частотний перетворювач FR-E740-170-EC (поз. 1б), при цьому контролер здійснює реєстрацію та індикацію даних і сигналізує про нижню і вищу межу допустимого тиску в топці.

Аналогічно здійснюється керування та регулювання другої топки за допомогою частотного перетворювача FR-E740-170-EC (поз. 2б). Датчик тиску OPTIBAR LC 1010 C (поз. 2а) виконує роль датчика тиску і передає інформацію уніфікованим сигналом до Vira SLIO, що також формує сигнал для регулювання двигуном AIP112M2 (поз. M2) вентилятора другої топки.

Рух поду печі приводиться в дію двигуном AIP112M2 (поз. M3), яким регулює частотний перетворювач FR-E740-170-EC (поз. 3а). Команди регулювання швидкості надходять з контролера в залежності від виду замовленої продукції.

Контур керування температурою першої топки передбачає використання термометра опору OPTITEMP TT 33 C/R (поз. 4а) для вимірювання температури і посилення уніфікованого струмового сигналу до контролера, який здійснює керуючий вплив подачі метану в топку через заслінку. Заслінка трубопроводу керується електричними фланцевим однообертним механізмом МЕОФ-16/25-0,25-02У (поз. 4в), який підключений схемою управління з пускачем ПБР-2МН (поз. 4б). Даний контур передбачає сигналізацію верхньої межі допустимої температури.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керування температурою другої топки побудоване аналогічно керуванню першої. Для вимірювання температури використовується датчик OPTITEMP TT 33 C/R (поз. 5а). Подачу метану регулює електричний механізм МЕОФ-16/25-0,25-02У (поз. 5в) через пускач ПБР-2МН (поз. 5б). Також відпрацьовує сигналізація по перевищенні допустимої температури.

Для забезпечення температурного контролю і регулювання по зонах першої топки застосовуються термометри опору OPTITEMP TT 33 C/R (поз. 6а, 6б та 6в для I, II та III зон відповідно) сигнали від яких надходять до контролера Vira SLIO, що розраховує середнє арифметичне значень температури, і потім, відповідно до завдання, створює керуючий вплив на пускач ПБР-2МН (поз. 6г), що управляє електричним механізмом МЕОФ-16/25-0,25-02У (поз. 6д) перекриваючи заслінку постачання повітря для витримування заданого співвідношення газ-повітря.

Контроль та регулювання температури зон другої топки відбувається передачею сигналів від термометрів опору OPTITEMP TT 33 C/R (поз. 7а і 7б для IV і V зон відповідно) до контролера, який здійснює управління електричним механізмом МЕОФ-16/25 (поз. 7г) через пускач ПБР-2МН (поз. 7в) для підтримки співвідношення газ-повітря другої топки.

Контур загального контролю та регулювання співвідношення газ-повітря обох топок має ультразвукові витратоміри OPTISONIC 7300 ( поз. 8а та 8б трубопроводи метану та повітря відповідно), які передають уніфіковані струмові сигнали до контролера Vira SLIO, де проводяться розрахунки для створення необхідного керуючого впливу на електричний механізм МЕОФ-16/25 (поз. 8г) через пускач ПБР-2МН (поз. 8в). Інформація про величини витрат та їх співвідношення підлягає індикації та реєстрації.

Контроль наявності факелу в топках здійснюється отриманням дискретного сигналу контролером Vira SLIO від фотодатчиків ФД-02 (поз. 9а і 10а для I і II топки відповідно). Для запалення факелу у топках змонтовані запально-захисні пристрої ЗЗУ-6 (поз. 9г і 10г для I і II топки відповідно), що живляться від трансформаторів розпалу ТРИ-220 (поз. 9в і 10в для I і II топки відповідно), які отримують живлення дискретним сигналом контролера Vira SLIO для розпалу

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

топок. Даний контур має систему захисту від надходження газу у топки після вичерпання часу, протягом якого повинні бути запалені полум'яні факела на запально-захисних пристроях. У систему захисту входять газові електромагнітні клапани КЕГ-40.НЗ (поз. 9б і 10б для I і II топки відповідно), що закриваються відповідно до своєї топки при відсутності факелу у ній для запобігання виникнення пожежонебезпечного стану.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3. Специфікація засобів автоматизації.

Таблиця 2.3.1 – специфікація приладів та засобів автоматизації.

Позиція	Найменування і технічні характеристики	Тип, марка	К-ть	Виробник
1а,2а	Датчик тиску Напруга живлення: 24 VDC Струмний вихід 4...20 мА; 2-дротове підключення	OPTIBAR LC 1010 C	2	KROHNE
4а,5а,6а, 6б 6в,7а,7б	Термометр опору Напруга живлення: 8...30 VDC Діапазон вимірюваних температур: -200...+850°C	OPTITEMP TT 33 C/R (TCA-F42)	7	KROHNE
4в,5в, 6д, 7г,8г	Механізм електричний однообертний Крутний момент на валу: 16 н/М Час повного ходу валу: 25с Значення повного ходу: 0.25 об.	МЕОФ-16/25- 0,25-02У	5	«ПКП «Чебоксары электропри вод»
8а,8б	Ультразвуковий витратомір Фланець: DN 50.1000 / 2.40", макс. рп450 / ASME клас 2500; 3 x 4 ... 20 мА, HART®	OPTISONIC 7300	2	KROHNE
9а,10а	Фотодатчик Чутливість, В / Вт >240 Робочий діапазон інфрачервоного спектру $\lambda$ , нм <1500	ФД-02	2	НПП «Прома»
9б,10б	Клапан газовий електромагнітний Напруга живлення 220 В Споживана потужність 20 ВА	КЕГ-40.НЗ	2	ПАТ «МУКАЧИ ВПРИЛАД»
9г,10г	Запально-захисний пристрій Напруга: ~220 В Частота: 50 Гц Тиск газу: 0.01-2.5 кг/см <sup>2</sup>	ЗЗУ-6	2	НПП «Прома»

Продовження таблиці 2.3.1

Позиція	Найменування і технічні характеристики	Тип, марка	К-ть	Примітки
M1-M3	Трифазний асинхронний двигун потужність 7,5 кВт; частота обертання 3000 об/хв; напруга мережі 220/380 В;	AIP112M2	3	ПК «СИСТЕМ АКС»
G1	Блок живлення. Вхід: АС 100- 240 В; вихід: DC 24 В / 6,2 А	6EP1333-1LD00	1	SIEMENS
16,26, 3а	Частотний перетворювач Потужність -7,5 кВт Напруга 50/60 Гц - 3 фази 380- 480 В Вихідний струм-17,0 А Вихідна потужність-13,0 кВА	FR-E740-170-EC	3	Mitsubishi
9в,10в	Трансформатор розпалу, перетворює частоту з 50/60 Гц до 20кГц	ТРИ-220	2	ООО «ЭнергоТех Автоматика »
46,56, 6г, 7в,8в	Пускач безконтактний реверсивний Вхідна напруга 90-220 в. Частота напруги 50±1 Гц. Макс. струм не більше 5 а.	ПБР-2МН	5	ООО «МАКС21»

### 3. ПРОЄКТНЕ КОМПОНУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА (ПЛК) ТА СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ

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

System SLIO - це система управління і розподіленого вводу-виводу з системною шиною високої швидкості передачі даних, наочною індикацією стану каналів і стаціонарним монтажем зовнішніх ланцюгів. Малоканалні модулі дозволяють сформувати систему, яка максимально точно відповідає вимогам конкретного завдання.

Устаткування SLIO може бути використано спільно з усіма існуючими системами VIPA (100V, 200V, 300S, 500S), а також з системами інших виробників.



Рисунок 3.1.1 – Приклад зовнішнього вигляду компоновки модулів системи VIPA SLIO

Особливості.

Компактна конструкція:

- двокомпонентна конструкція з електронною та термінальною частинами;
- вузькі модулі шириною всього 12,5 мм;
- сходовий профіль клемних терміналів для раціонального укладання провідників.

Проста і розумна концепція маркування та індикації:

- наочна індикація стану каналів введення-виведення;
- наявність на кожному модулі інформації про призначення контактів та схемою підключення;
- змінні маркувальні етикетки;
- збереження позначення модуля при його заміні.

Установка і обслуговування:

- стаціонарний монтаж дротів;
- швидкий монтаж завдяки роз'ємній конструкції компонентів і зручною системою кріплення;
- захист електроніки від переполюсовки;
- механічне кодування типу модуля.

Висока продуктивність:

- швидка системна шина зі швидкістю передачі даних 48 Мбіт / с;
- можливість детермінованого формування дискретних сигналів з точністю +/- 1 мс завдяки модулям з підтримкою функції ETS [33].

### Панельний комп'ютер Panel PC PPC021 ES (67S-PNL0-JX)

Панельні комп'ютери VIPA здатні вирішувати різні завдання контролю і управління в системах промислової автоматизації. Вони являють собою ідеальне поєднання в невеликому за розмірами пристрої продуктивності промислового ПК і можливостей сенсорного екрану з підтримкою технології Multitouch [34].

Особливості:

- вбудований стандарт Windows 7;
- Movicon 11 Win Standard 7 (67S-PNL0-JB);
- 21.5 "16: 9 TFT панель 16,7 М колір;
- PCAP, мультитач;
- дозвіл дисплея 1920 x 1080;
- процесор Intel Atom D2550, Dualcore, 1,86 ГГц, 1 М кеш-пам'ять L2;
- робоча пам'ять: 2x 204Pin DDR3 SO-DIMM Socket, 2GB DDR3;

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

- пам'ять користувача: 16 Гб SSD;
- слот CFast;
- 2 RS232 / RS422 / RS485 (комутаційний), 4 USB-A-, 2 інтерфейси Ethernet, VGA-порт та аудіо вихід;
- металевий корпус;
- пасивне охолодження;
- легке кріплення за допомогою вбудованого поворотного важеля;
- клас захисту IP65 (фронтальний).



Рисунок 3.1.2 – Вид знизу (підключення інтерфейсів):

1. Слот для напруги живлення (постійний струм 12-30 В)
2. VGA-інтерфейс;
3. Кнопка скидання;
4. Інтерфейс RS232 / RS422 / RS485 COM 2;
5. Інтерфейс RS232 / RS422 / RS485 COM 1;
6. 4х "Хост" -USB-A інтерфейс;
7. гніздо RJ45 для зв'язку в Ethernet LAN 2;

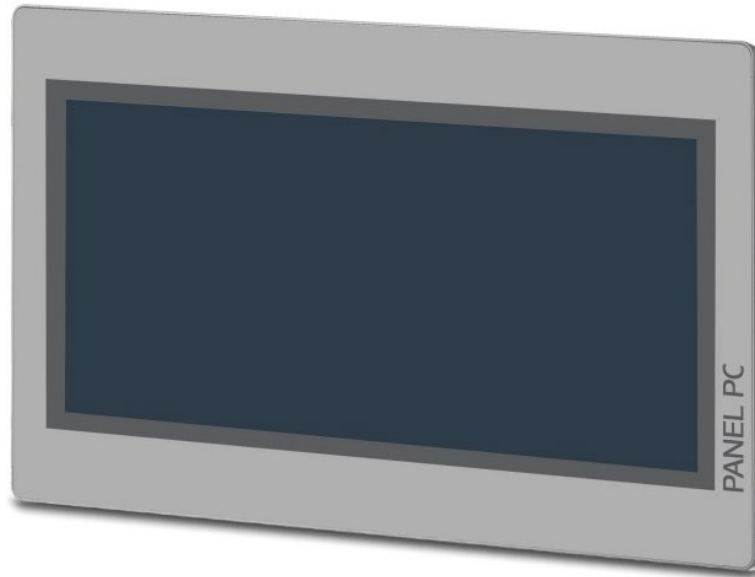


Рисунок 3.1.3 – Зовнішній вигляд панельного комп'ютера

Комутаційні інтерфейси.

RS232 інтерфейс:

- логічні умови як рівень напруги;
- з'єднання «точка-точка» із серійним повнодуплексною передачею;
- передача даних на відстань 15м;
- швидкість передачі даних до 115,2 кбіт / с.

RS422 інтерфейс:

- логічні умови як різниця напруги між двома витими лініями;
- послідовне з'єднання по шині повнодуплексний чотирипровідний режим;
- довжина лінії: 250 м при 115,2 кбіт / с ... 1200 м при 19,2 кбіт / с;
- швидкість передачі даних до 115,2 кбіт / с.

Інтерфейс RS485:

- логічні умови як різниця напруги між двома витими лініями;
- послідовне з'єднання шини, напівдуплексне двопровідне управління;
- довжина лінії: 250 м при 115,2 кбіт / с ... 1200 м при 19,2 кбіт / с;
- швидкість передачі даних до 115,2 кбіт / с.

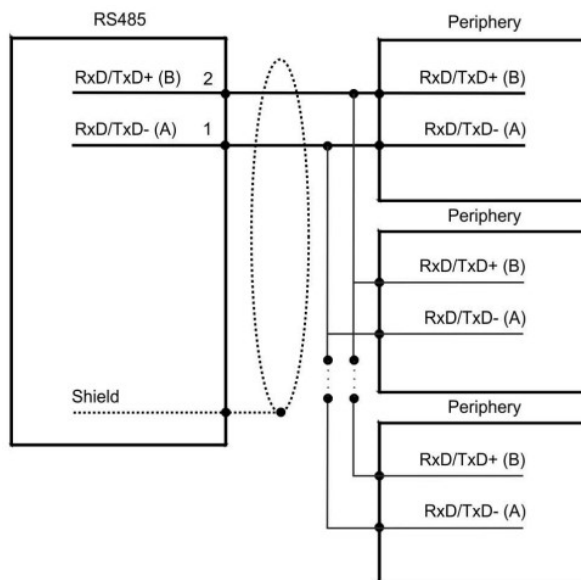
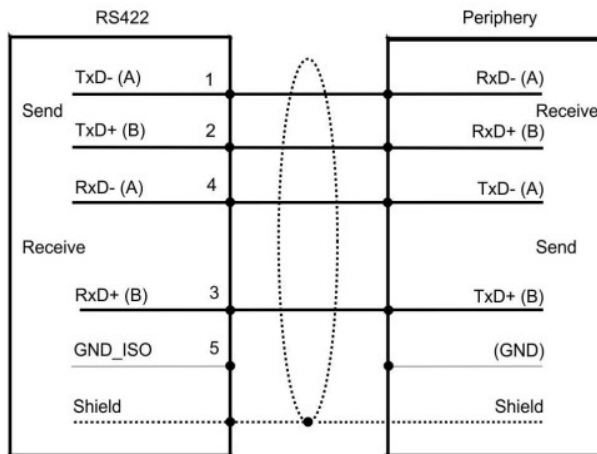
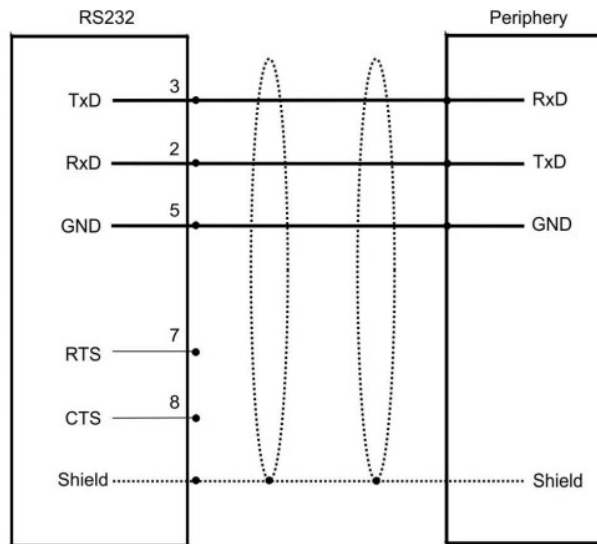


Рисунок 3.1.4 – Схематичні варіанти підключення панелі через інтерфейси

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Процесорні модулі

Процесорні модулі SLIO, як і аналогічні пристрої серії System 300S, виконані на базі технологій SPEED7. Для цього можна використовувати вже перевірені та добре зареєстровані можливості збільшити обсяг робочої пам'яті з підтримкою кодованих картографічних пам'яток. Однак у процесорних модулях SLIO використовується технологія розширення на комунікаційних інтерфейсах. Завдяки цьому на основі всього двох базових апаратних платформ із підтримкою конфігураційної карти VSC (VIPASetCard) можна сформулювати 24 різні конфігураційних пристроїв. Принцип вже в базовій конфігурації має апаратні платформи, які облаштовують такі об'ємні робочі пам'яті, які в повному обсязі достатньо для більшої кількості звичайних завдань управління.

Якщо пам'яті не вистачає або в контролері потрібна підтримка мереж Profibus то в такому випадку використовують карту VSC. Для цього достатньо встановити її в процесорному модулі. Нові функціональні можливості процесорного модуля стають активними вже через кілька секунд. За допомогою карти VSC, як і звичайної карти SD, можна зберігання програми та дані.

Програмування процесорних модулів SLIO може бути виконано за допомогою програмних пакетів STEP7 або TIA порталу компанії Siemens.

### Особливості процесорних модулів SLIO:

- вбудований процесор SPEED7 7100DEV вдруге покоління, що забезпечує високу продуктивність;
- швидка системна шина з швидкістю передає дані 48 Мбіт / с;
- можливість розширення об'ємної роботи робочої пам'яті та переконфігурації комунікаційних інтерфейсів в процесі експлуатації, що може працювати без замітника модуля ЦПУ;
- активізуються з підтримкою карт VSC функціональні або відомі пристрої мереж Profibus;
- вбудований контролер PROFINET в процесорний модуль CPU 015;
- можливість підключення до 64 модулів розширення;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- значне скорочення затрат на ЗІП завдяки необхідності мати на складі всього дві моделі процесорного модуля [35].

### Процесорний модуль CPU 014 (014-CEF0R00)

Високопродуктивний процесорний модуль CPU 014 є оптимальним рішенням по співвідношенню ціна\функціонал. Має на борту вбудовані комунікаційні інтерфейси для зв'язку по мережах Modbus, MPI. Опціонально процесор може бути доповнений інтерфейсом Profibus master/slave. Модульна структура побудови системи передбачає підключення модулів розширення серії SLIO всіх типів.



Рисунок 3.1.5 – Зовнішній вигляд процесорного модуля CPU 014 (014-CEF0R00)

Основні характеристики:

- Технологія SPEED7;
- продуктивність CPU (слово/біт): 0,02 / 0,02 мкс;
- вбудована робоча пам'ять 64 кБ;
- розширення обсягу робочої пам'яті до 192 кБ;
- порт Ethernet PG / OP для програмування та обміну даними з панеллю оператора або SCADA-системою;

- універсальний послідовний порт RS-485: MPI, Bus master, ASCII, STX / ETX, 3964R, Modbus master / slave, а також PROFIBUS master / slave (опціонально за допомогою карти VSC);
- клемні з'єднувачі з затискачем типу Push-In;
- карта SD об'ємом до 2 Гбайт;
- підключення до 64 модулів розширення SDIO всіх типів;
- програмування за допомогою WinPLC7, Speed7 Studio, STEP 7 і TIA Portal [36].

### Модулі живлення

В системі SLIO забезпечення електроенергією всіх модулів здійснюється за допомогою модулів живлення.

Внутрішня системна шина, а також електроніка інтерфейсного модуля і підключених периферійних модулів отримують електроживлення від модуля живлення, що входить до складу самого інтерфейсного модуля. Якщо його вихідної потужності стає недостатньо для живлення всіх модулів або підключених до системи навантажень, то необхідно використовувати додаткові модулі живлення. З їх допомогою також можуть бути організовані ізольовані потенційні групи 24 В пост. струму для силової секції живлення навантажень.

Для колірної виділення модулів живлення в складі системи їх Термінальні модулі виготовлені з більш світлого пластику, ніж термінальні модулі розширення [37].

### Характеристики:

- забезпечення електроживленням датчиків і виконавчих пристроїв;
- номінальна Вхідна напруга 24 В пост. струм;
- максимальний вихідний струм 10 А;
- гальванічна розв'язка для потенційних груп;
- індикатори стану на передній панелі;
- захист від переполюсовки і перенапруги;
- термін гарантії 2 роки.

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

## Модуль розподілення живлення РМ 007 (007-1АВ00)

Головні характеристики:

- джерело живлення постійного струму 24 В, 10 А;
- захист від зворотної полярності;
- захист від перенапруги.

### Ізоляція провідників

При ізоляції кабелів необхідно враховувати наступне:

- по можливості використовуйте тільки кабелі з ізолюючим клубком.
- прихована сила ізоляції повинна бути вище 80%.
- зазвичай завжди треба прокласти ізоляцію кабелів на обох кінцях.

Тільки за допомогою двостороннього з'єднання ізоляції досягається висока якість гасіння перешкод в більш високі частотні області. Тільки як виняток ви можете також закласти ізоляцію з однієї сторони. В такому випадку досягається тільки поглинання більш низьких частот.

Одностороннє ізолююче з'єднання може бути зручним, якщо:

- проведення потенційної компенсаційної лінії неможливе.
- передаються аналогові сигнали (деякі МВ відповідно МКА).
- використовуються фольгові ізоляції (статичні ізоляції).
- при роботі з лініями передачі даних завжди використовуйте металеві або металізовані заглушки для послідовного підключення зв'язки. Зафіксуйте ізоляцію лінії передачі даних в штекерній стійці. Не кладіть ізоляцію на штир одного штекерного стрижня!
- в стаціонарному режимі це зручно для прокладки ізолюваного кабелю переривання звільніть і покладіть його на ізолювану/захищену лінію провідника заземлення.
- для фіксації ізолюючих клубків використовуйте кабельні затискачі з металу. Те затискачі повинні щільно охоплювати ізоляцію і мати хороший контакт.

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

- покладіть ізоляцію на ізоляційну рейку безпосередньо після входу кабелів в шафу. Ведіть ізоляцію далі до вашого ПЛК і не кладіть його туди знову [38].

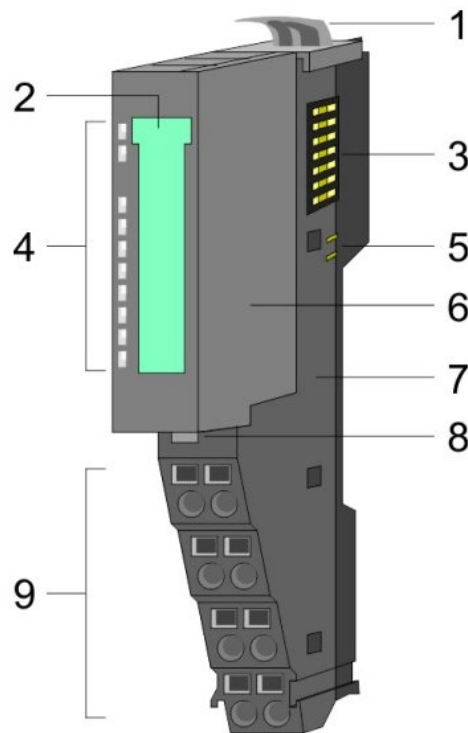


Рисунок 3.1.6 – Структурна схема модуля РМ 007 (007-1AB00). Де:

1. Клемний модуль стопорного важеля;
2. Маркувальна смуга;
3. Монтажну шину;
4. Світлодіодна індикація стану;
5. Джерело живлення постійного струму 24 в;
6. Електронний модуль;
7. Термінальний модуль;
8. Електронний модуль замикаючого важеля;
9. Термінал.

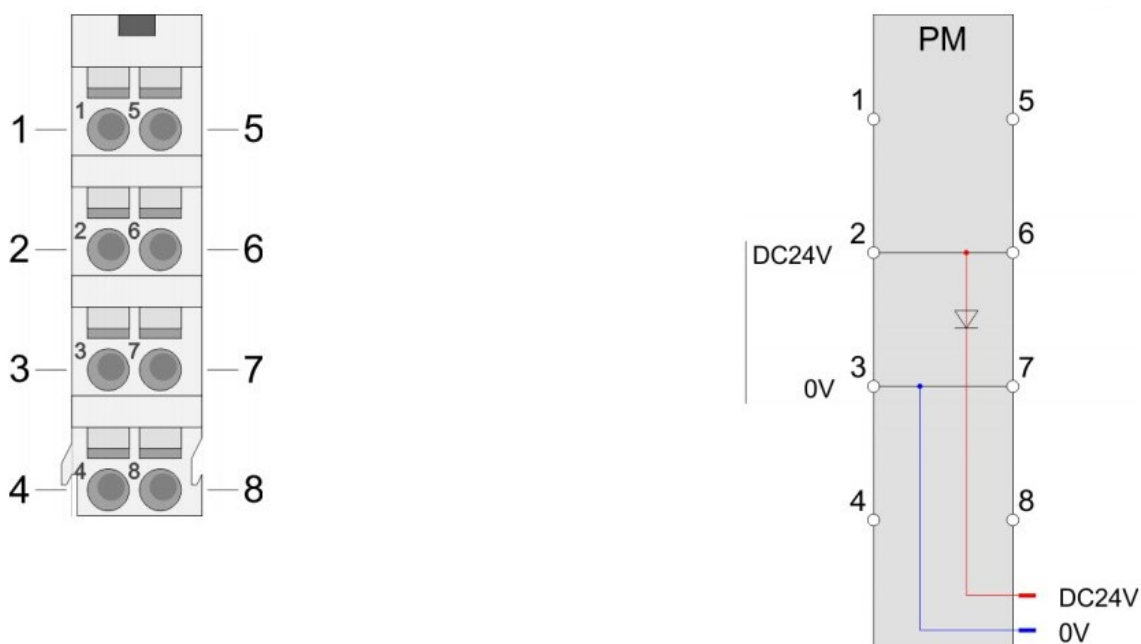


Рисунок 3.1.7 – Схема підключення модуля РМ 007 (007-1АВ00)

### Дискретні сигнальні модулі

Сигнальні модулі використовуються для підключення до системи датчиків і виконавчих пристроїв і забезпечують її сполучення з рівнем процесу. Модулі дискретного введення отримують двійкові сигнали управління від датчиків і перетворюють їх у внутрішні сигнали. Модулі дискретного виводу перетворюють внутрішні керуючі сигнали в електричні сигнали для управління виконавчими пристроями.

Дискретні модулі розрізняються кількістю каналів, напругою і струмом керуючих сигналів, наявністю або відсутністю гальванічної ізоляції, а також можливостями з діагностики та сигналізації. Широкий модельний ряд дискретних сигнальних модулів забезпечує оптимальний підбір необхідної конфігурації системи відповідно до розв'язуваної завданням.

Кожен сигнальний модуль складається з термінального та електронного модулів. Термінальний модуль має з'єднувач для електронного модуля, з'єднувачі системної шини та контакти внутрішньої шини живлення навантажень.

Підключення зовнішніх з'єднань здійснюється через клемний блок ступінчастої форми.

Установку модулів на DIN-рейку можна виконувати як по одному модулю, так і цілою попередньо зібраною секцією. Закріплення модуля на рейці здійснюється за допомогою важільного фіксуючого механізму.

Функціональні можливості сигнального модуля визначаються електронним модулем, який встановлюється в термінальний модуль і фіксується на ньому засувкою. У разі виходу з ладу електронний модуль може бути легко замінений без відключення зовнішнього проводового монтажу.

Характеристики:

- гальванічна ізоляція між дискретними входами і виходами і системною шиною;
- 2, 4 або 8 каналів;
- різні типи модулів, в тому числі для підключення безконтактних вимикачів і датчиків наближення;
- наочна індикація стану каналів за допомогою світлодіодних індикаторів;
- схема підключення модуля на його бічній і фронтальній поверхні;
- механічне кодування взаємної відповідності термінального та електронного модулів;
- індивідуальне маркування каналів;
- термін гарантії 2 роки [39].

#### Модуль дискретних входів SM 021 (021-1BD00)

Електронний модуль збирає двійкові керуючі сигнали від технологічного перетворювачу природнього сигналу і передає їх ізольовано в центральну шинну систему. Він має 4 канали і їх стан контролюється за допомогою світлодіодів.

- 4 цифрових входи, ізольованих від шини задньої плати;
- підходить для перемикачів і вимикачів приблизні індикація стану;
- каналів за допомогою світлодіодних індикаторів, а також з деактивованим електронним джерелом живлення [40].

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

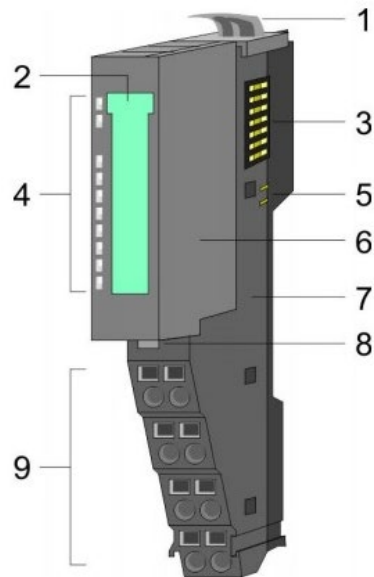


Рисунок 3.1.8 – Структурна схема модуля SM 021 (021-1BD00). Де:

1. Клемний модуль стопорного важеля;
2. Маркувальна смуга;
3. Монтажну шину;
4. Світлодіодна індикація стану;
5. Джерело живлення постійного струму 24 в;
6. Електронний модуль;
7. Термінальний модуль;
8. Електронний модуль замикаючого важеля;
9. Термінал.

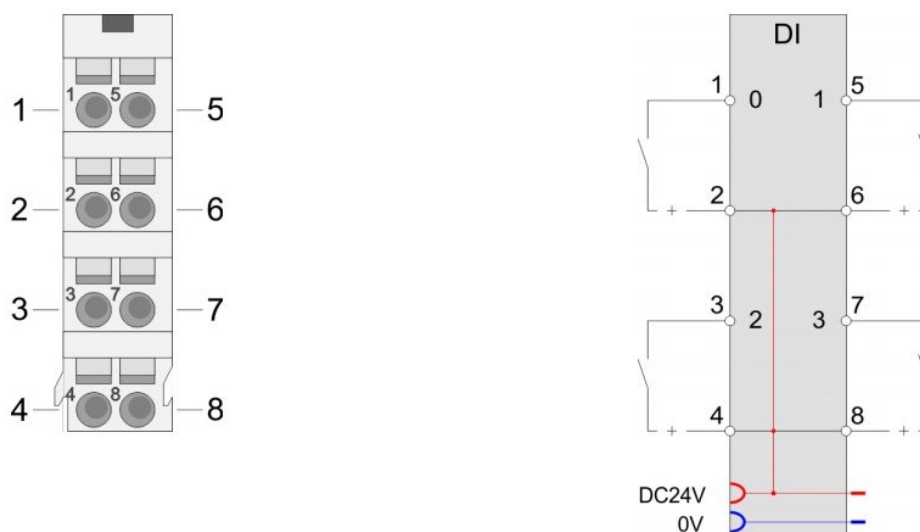


Рисунок 3.1.9 – Схема підключення модуля SM 021 (021-1BD00)

## Модуль дискретних виходів SM 022 (022-1NB10)

Електронний модуль приймає двійкові керуючі сигнали від центрального блоку управління. Шинна система передає їх на технологічний рівень через релейні виходи. Він має 2 канали які працюють як перемикачі і стан кожного з цих каналів контролюється за допомогою світлодіодів.

- 2 релейних виходи, ізольованих від шини задньої плати;
- 30В постійного струму / 230 В змінного струму, 3А;
- індикація стану каналів за допомогою світлодіодів [41].

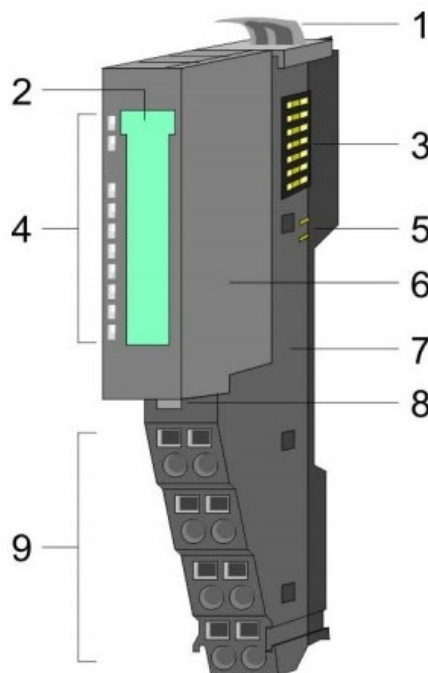


Рисунок 3.1.10 – Структурна схема модуля SM 022 (022-1NB10). Де:

1. Клемний модуль стопорного важеля;
2. Маркувальна смуга;
3. Монтажну шину;
4. Світлодіодна індикація стану;
5. Джерело живлення постійного струму 24 в;
6. Електронний модуль;
7. Термінальний модуль;
8. Електронний модуль замикаючого важеля;
9. Термінал.

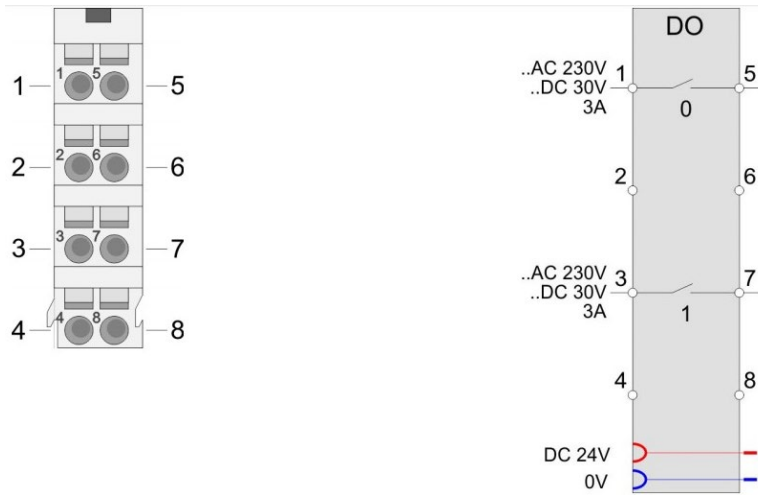


Рисунок 3.1.11 – Схема підключення модуля SM 022 (022-1NB10)

### Модуль дискретних виходів SM 022 (022-1BF50)

Електронний модуль приймає двійкові керуючі сигнали від центрального блоку управління. Шинна система і передає їх на технологічний рівень через виходи. Він має 8 каналів, підключених до джерела живлення, які працюють як низько-струмовий перемикач і їх стан контролюється за допомогою світлодіодів. Такі перемикачі підходять для перемикання заземлення. З коротким замиканням між лінією перемикача і заземлення навантаження активується, але на джерело живлення це не впливає.

- 8 цифрових виходів, ізольованих від шини задньої плати;
- індикація стану каналів за допомогою світлодіодів [42].

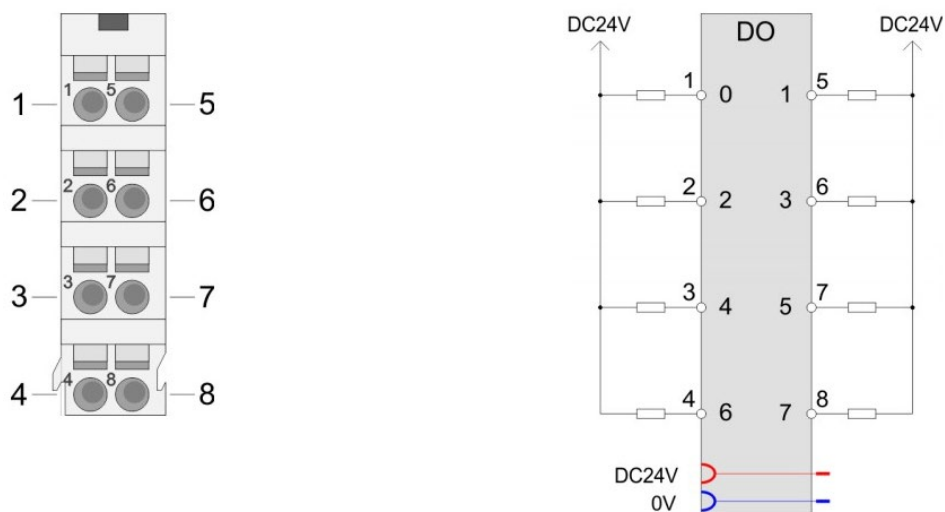


Рисунок 3.1.12 – Схема підключення модуля SM 022 (022-1BF50)

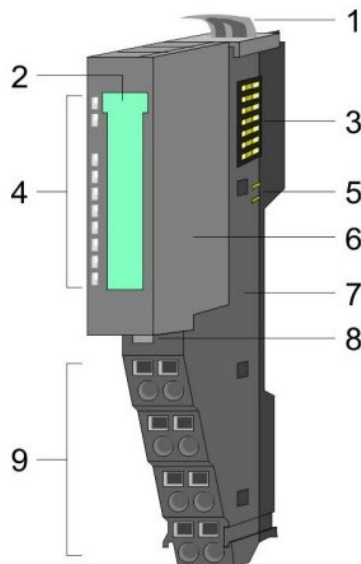


Рисунок 3.1.13 – Структурна схема модуля SM 022 (022-1BF50). Де:

1. Клемний модуль стопорного важеля;
2. Маркувальна смуга;
3. Монтажну шину;
4. Світлодіодна індикація стану;
5. Джерело живлення постійного струму 24 в;
6. Електронний модуль;
7. Термінальний модуль;
8. Електронний модуль замикаючого важеля;
9. Термінал.

#### Аналогові сигнальні модулі

Сигнальні модулі використовуються для підключення до системи датчиків і виконавчих пристроїв і забезпечують її сполучення з рівнем процесу. Модулі аналогового введення приймають безперервні сигнали управління від датчиків і перетворюють їх у внутрішні сигнали системи. Модулі аналогового виводу в свою чергу конвертують внутрішні сигнали системи в електричні сигнали для управління виконавчими пристроями.

Аналогові модулі розрізняються кількістю каналів, типом і діапазонами сигналів, наявністю або відсутністю гальванічної ізоляції, а також можливостями діагностики та сигналізації. Широкий модельний ряд модулів аналогового вводу-

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

виводу забезпечує оптимальний підбір необхідної конфігурації системи відповідно до поставлених завдань.

Кожен сигнальний модуль складається з термінальної та електронної частин. Термінальна частина має з'єднання з електронною. Підключення зовнішніх з'єднань здійснюється через клемний блок ступінчастої форми.

Установку модулів на DIN-рейку можна виконувати як по одному, так і цілою попередньо зібраною секцією. Закріплення модуля на рейці здійснюється за допомогою важільного фіксуючого механізму.

Функціональні можливості сигнального модуля визначаються електронним модулем, який встановлюється в термінальний модуль і фіксується на ньому засувкою. У разі виходу з ладу електронної частини може бути легко замінений без відключення зовнішнього провідникового монтажу.

Характеристики:

- 2 або 4 канали;
- дозвіл 12 або 16 розрядів;
- програмовані функції входів / виходів;
- широкий набір підтримуваних типів входів для підключення вимірювальних перетворювачів струму, напруги, опору або датчиків температури;
- наочна індикація стану каналів за допомогою світлодіодних індикаторів;
- схема підключення модуля на його бічній і фронтальній поверхні;
- механічне кодування взаємної відповідності термінального та електронного модулів;
- індивідуальне маркування каналів;
- термін гарантії 2 роки [43].

### Модуль аналогових входів SM 031 (031-1BD40)

Електронний модуль має 4 входи з параметричними функціями. Канали модуля електрично ізольовані від шини backplane. Крім того, канали ізольовані від джерела живлення постійного струму 24В. Живлення здійснюється за допомогою перетворювача постійного струму.

- 4 аналогових входи;
- підходить для датчиків з 0 ... 20мА;
- 4 ... 20мА з зовнішнім живленням;
- функція діагностики;
- 12 бітна роздільна здатність [44].

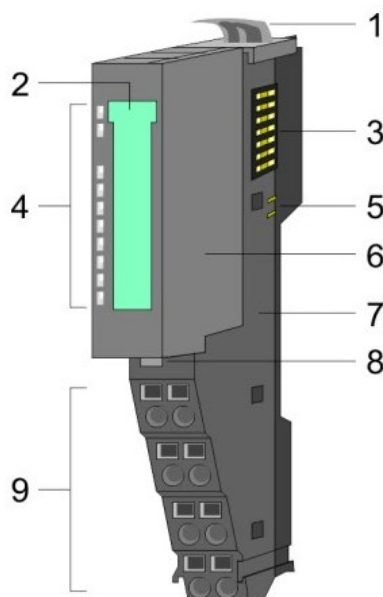


Рисунок 3.1.14 – Структурна схема модуля SM 031 (031-1BD40). Де:

1. Клемний модуль стопорного важеля;
2. Маркувальна смуга;
3. Монтажну шину;
4. Світлодіодна індикація стану;
5. Джерело живлення постійного струму 24 в;
6. Електронний модуль;
7. Термінальний модуль;
8. Електронний модуль замикаючого важеля;
9. Термінал.

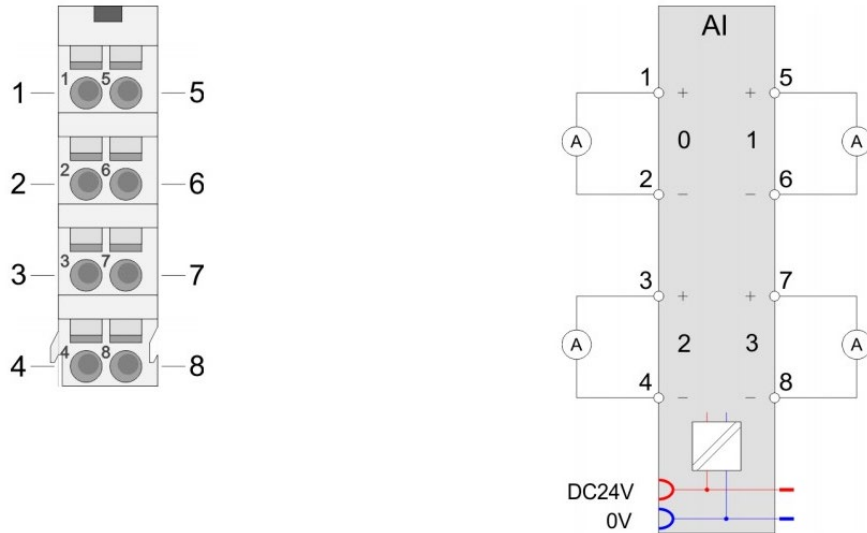


Рисунок 3.1.15 – Схема підключення модуля SM 031 (031-1BD40)

### Модуль аналогових виходів SM 032 (032-1BD40)

Електронний модуль має 4 виходи з параметричними функціями. Канали модуля електрично ізолювані від шини backplane. Крім того, канали ізолювані від джерела живлення постійного струму 24В. Живлення здійснюється за допомогою перетворювача постійного струму.

- 4 аналогових виходи;
- підходить для датчиків з 0...20 мА; 4...20мА;
- функція діагностики;
- 12 бітна роздільна здатність [45].

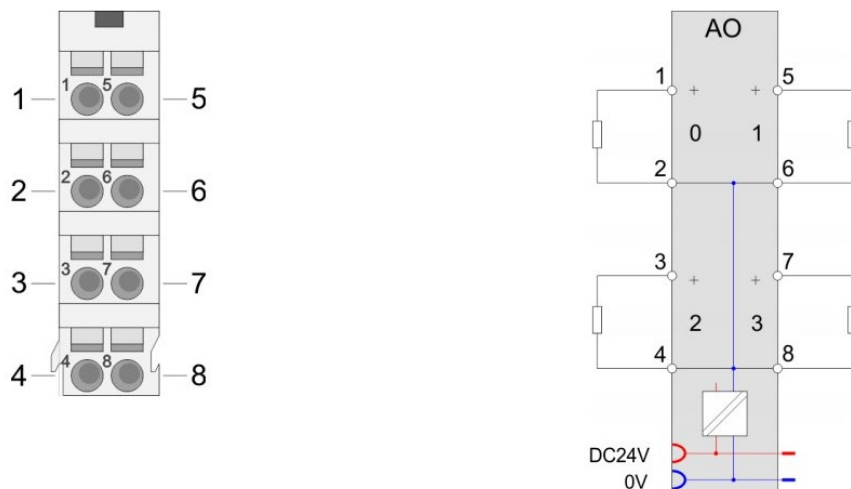


Рисунок 3.1.16 – Схема підключення модуля SM 032 (032-1BD40)

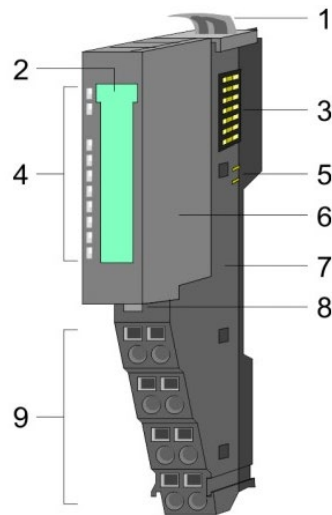


Рисунок 3.1.17 – Структурна схема модуля SM 032 (032-1BD40). Де:

1. Клемний модуль стопорного важеля;
2. Маркувальна смуга;
3. Монтажну шину;
4. Світлодіодна індикація стану;
5. Джерело живлення постійного струму 24 в;
6. Електронний модуль;
7. Термінальний модуль;
8. Електронний модуль замикаючого важеля;
9. Термінал.

Таблиця 3.1.1 – Список використовуваних модулів і приладів системи ПЛК.

Номер	Найменування	Тип, марка	К-ть	Виробник
1	Панельний комп'ютер	Panel PC PPC021 ES (67S-PNL0-JX)	1	Vipa
2	Процесорний модуль	CPU 014 (014-CEF0R00)	1	Vipa
3	Модуль розподілення живлення	PM 007 (007-1AB00)	1	Vipa
4	Модуль дискретних входів	SM 021 (021-1BD00)	1	Vipa
5	Модуль аналогових входів	SM 031 (031-1BD40)	3	Vipa
6	Модуль аналогових виходів	SM 032 (032-1BD40)	1	Vipa
7	Модуль дискретних виходів	SM 022 (022-1HB10)	7	Vipa
8	Модуль дискретних виходів	SM 022 (022-1BF50)	2	Vipa

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

Датчик тиску OPTIBAR LC 1010 C (поз. 1а) вимірює величину тиску у камері топки I за допомогою чутливого елемента. Після зняття показань з чутливого елемента мікросхемна плата перетворює природний сигнал в уніфікований аналоговий, який передається через інформаційну лінію 116 до клеми 6 модуля аналогових входів SM 031 (031-1BD40). Після обробки вхідного сигналу контролером, він створює керуючий вплив через модуль аналогових виходів SM 032 (032-1BD40) по каналам зв'язку 120 і 121 з 1 і 2 клем до частотного перетворювача FR-E740-170-EC (поз. 1б), який в свою чергу перетворює аналоговий сигнал на частотне регулювання напругою асинхронного двигуна AIP112M2 (поз. M1), живлення якого йде через внутрішню систему частотного перетворювача від трифазної мережі із заземленням. В залежності від показань датчика тиску в програмі контролера описана умова сигналізації з модуля дискретних виходів SM 022 (022-1NB10) сигнальною арматурою (поз. HL1) при підвищенні допустимого тиску, лінія сигналізації якої йде з клеми 1 номером 401 та арматурою (поз. HL2) при зниженні тиску, лінія сигналізації якої йде з клеми 3 номером 402, що вказує на вихід температури за межу нормальної роботи першої топки.

Аналогічно першій топці уніфікований сигнал від датчика тиску OPTIBAR LC 1010 C (поз. 2а) поступає на модуль аналогових виходів SM 031 (031-1BD40) по лінії 8 на клему 117. Після обробки сигналу керуючий вплив поступає через модуль аналогових виходів SM 032 (032-1BD40) на частотний перетворювач FR-E740-170-EC (поз. 2б) по каналам 122 і 123 з клем 3 і 4, який отримуючи трифазне живлення з заземленням регулює асинхронним двигуном AIP112M2 (поз. M2). В залежності від показань датчика тиску в програмі контролера описана умова сигналізації з модуля дискретних виходів SM 022 (022-1NB10) сигнальною арматурою (поз. HL3) при підвищенні допустимого тиску, лінія сигналізації якої йде з клеми 1 номером 403 та арматурою (поз. HL4) при зниженні тиску, лінія

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

сигналізації якої йде з клеми 3 номером 404, що вказує на вихід температури за межу нормальної роботи другої топки.

В залежності від завдання для випічки програмно задається швидкість поду печі в наслідок чого оператор задає конкретне значення в програму контролера, який формує аналоговий сигнал на клемах 5 і 6, що йде на частотний перетворювач FR-E740-170-EC (поз. 3а) по лініям зв'язку 124 і 125. По відповідності заданого сигналу відбувається регулювання двигуном AIP112M2 (поз. M3).

Термометр опору OPTITEMP TT 33 C/R (поз. 4а) після вимірювання температури надсилає уніфікований струмовий сигнал по лініям 100 і 101 до клем 1 і 2 модуля аналогових входів SM 031 (031-1BD40), який після обробки контролером, що створює відповідний сигнал регулювання і передає його через клеми дискретних сигналів імітації імпульсів 1 і 2 по лініям зв'язку 130 і 131 модуля дискретних виходів SM 022 (022-1BF50) до пускача ПБР-2МН (поз. 4б). Пускач у свою чергу спираючись на довжину імпульсних сигналів від конкретного виходу за допомогою подання ліній живлення 809, 810 та 811, з яких перша або третя керують відкриттям або закриттям відповідно робочої заслінки. При підвищенні допустимого значення температури, відповідно аналоговому сигналу, спрацьовує сигнальна арматура (поз. HL5), до якої надходить лінія сигналізації 405 з клеми 1 модуля дискретних виходів SM 022 (022-1HB10).

Система регулювання температури другої топки аналогічно починається з уніфікованого сигналу датчику OPTITEMP TT 33 C/R (поз. 5а), який видає аналоговий сигнал на клеми 3 і 4 по лініям 102 і 103 на модуль аналогових входів SM 031 (031-1BD40) контролера, що перетворює їх при програмній обробці на модуль дискретних виходів SM 022 (022-1BF50) через клеми 3 і 4 по лініям зв'язку 132 і 133 на пускач ПБР-2МН (поз. 5б). Через лінії живлення 814, 815 та 816, з яких перша або третя керують відкриттям або закриттям відповідно робочої заслінки через електричний механізм МЕОФ-16/25-0,25-02У (поз. 5в). При підвищенні допустимого значення температури, відповідно аналоговому сигналу, спрацьовує сигнальна арматура (поз. HL6HL), до якої надходить лінія сигналізації 406 з клеми 1 модуля дискретних виходів SM 022 (022-1HB10).

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З термометрів опору ОРТИТЕМР ТТ 33 С/Р (поз. 6а, 6б та 6в для I, II та III зон відповідно) уніфіковані аналогові сигнали надходять до модуля аналогових входів через лінії 104 і 105 на клеми 5 і 6 (поз. 6а), 106 і 107 на клеми 7 і 8 (поз. 6б) та 108 і 109 на клеми 1 і 2 модулів аналогових входів SM 031 (031-1BD40), після чого контролер задає регулюючий вплив через модуль дискретних виходів SM 022 (022-1BF50) з клем 5 і 6 по каналам 134 і 135 на пускач ПБР-2МН (поз. 6г). Через лінії живлення 819, 820 та 821, з яких перша або третя керують відкриттям або закриттям відповідно робочої заслінки через електричний механізм МЕОФ-16/25-0,25-02У (поз. 6д).

Аналогові сигнали з термометрів опору аналогічно попередньому контуру надходять від термометрів опору ОРТИТЕМР ТТ 33 С/Р (поз. 7а і 7б для IV і V зон відповідно) через лінії 110 і 111 на клеми 3 і 4 (поз. 7а) та 112 і 113 на клеми 5 і 6 (поз. 7б) модуля аналогових входів SM 031 (031-1BD40), після чого контролер задає регулюючий вплив через модуль дискретних виходів SM 022 (022-1BF50) з клем 7 і 8 по каналам 136 і 137 на пускач ПБР-2МН (поз. 7в). Через лінії живлення 824, 825 та 826, з яких перша або третя керують відкриттям або закриттям відповідно робочої заслінки через електричний механізм МЕОФ-16/25-0,25-02У (поз. 7г).

До модуля аналогових входів SM 031 (031-1BD40) надходять інформаційні уніфіковані сигнали по лінії 114 на клему 2 та по лінії 115 на клему 3 від ультразвукових витратомірів OPTISONIC 7300 (поз. 8а та 8б відповідно), підключення витратомірів відбувається через струмову петлю. В залежності від ступеню відношення газ-повітря на модуль дискретних виходів SM 022 (022-1BF50) надходить імпульсне керування, яке через клеми 1 і 2 по лініям 138 і 139 інформує пускач ПБР-2МН (поз. 8в), котрий через лінії живлення 824, 825 та 826, з яких перша або третя керують відкриттям або закриттям відповідно робочої заслінки, регулювання якої відбувається через електричний механізм МЕОФ-16/25-0,25-02У (поз. 8г).

В залежності від наявності полум'я в топках I та II дискретний сигнал від фотодатчиків ФД-02 (поз. 9а і 10а для I і II топки відповідно) надходить до модуля

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дискретних входів SM 021 (021-1BD00) через інформаційні сигнали 118 на контакт 1 та 119 на контакт 3 для датчика (поз.9а) I топки і (поз. 10а) II топки відповідно. При цьому за програмою контролера передбачено алгоритм подання виконавчих дискретних сигналів модулем дискретних виходів SM 022 (022-1NB10), які фактично являються живленням через клему 1 лінії 128 та клему 3 лінії 129 для трансформаторів розпалу ТРИ-220 (поз. 9в і 10в) відповідно, котрі в свою чергу подають струм високої напруги через лінії живлення 834 і 835 та 838 і 839 до запально-захисних пристроїв ЗЗУ-6 (поз. 9г і 10г) відповідно. Програма контурів враховує можливість несправності системи запалення факелів топок і посилає в такому разі дискретні сигнали, через модуль дискретних виходів SM 021 (021-1BD00), на електромагнітні клапани КЕГ-40.НЗ (поз. 9б і 10б), сигнали до яких надходять з клеми 1 лінії 126 (для поз. 9б) та клеми 3 лінії 127 (для поз. 10б). У разі не спрацювання системи запалення до модуля дискретних виходів через контакт 1 лінію 407 та контакт 3 лінії 408 підключені сигнальні арматури (поз. HL7 та поз. HL8 відповідно).

Панельний комп'ютер Panel PC PPC021 ES (67S-PNL0-JX) підключений до процесорного модуля CPU 014 (014-CEF0R00) через інтерфейс Ethernet кабелем типу RJ45.

Блок живлення 6EP1333-1LD00 (поз. G1) трансформує мережеву однофазну напругу змінного струму (220В) у постійну напругу (24В), контакти якої підключаються до модуля живлення PM 007 (007-1AB00), котрий в свою чергу призначений для розподілення напруги по енергоспоживчим модулям контролера Vipa System SLIO.

У разі спрацювання тривоги, до модуля дискретних виходів SM 022 (022-1NB10) підключена звукова сигнальна арматура через клему 1 по лінії 400.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.

#### Контур контролю наявності полум'я

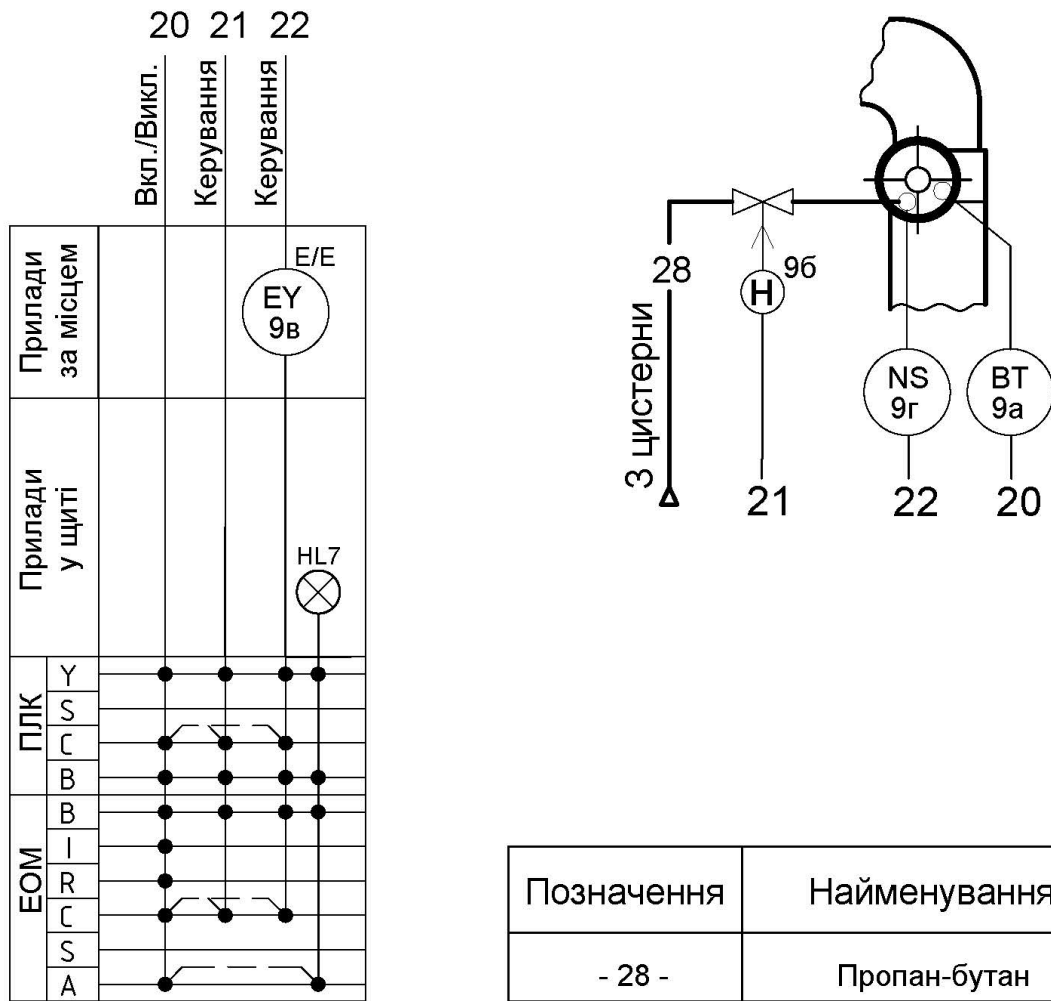


Рисунок 3.3.1 – Функціональна схема автоматизації контуру контролю наявності полум'я.

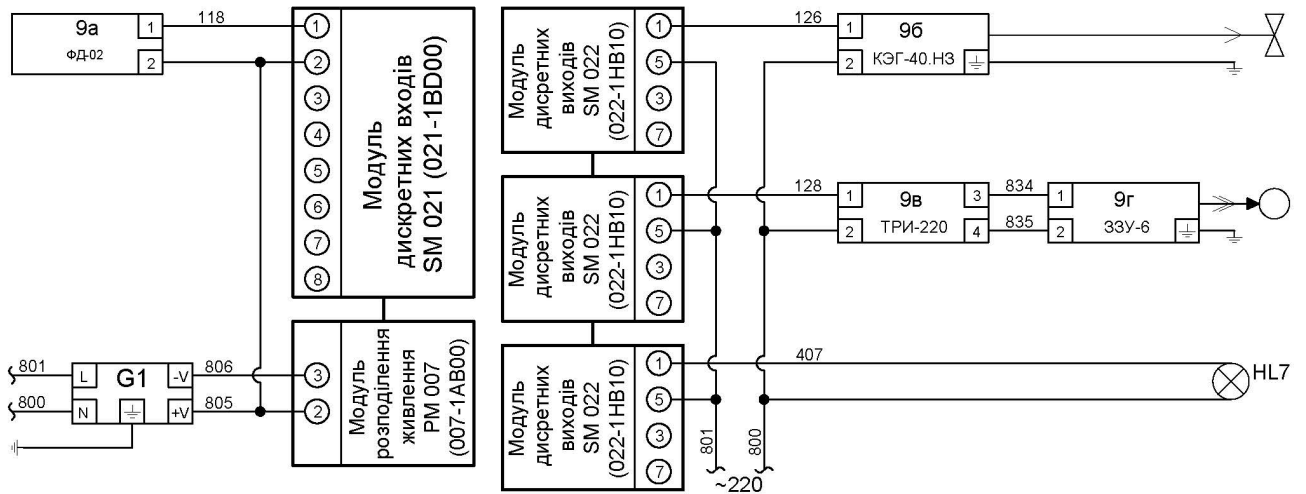


Рисунок 3.3.2 – Розширена схема підключення контуру контролю наявності полум'я.

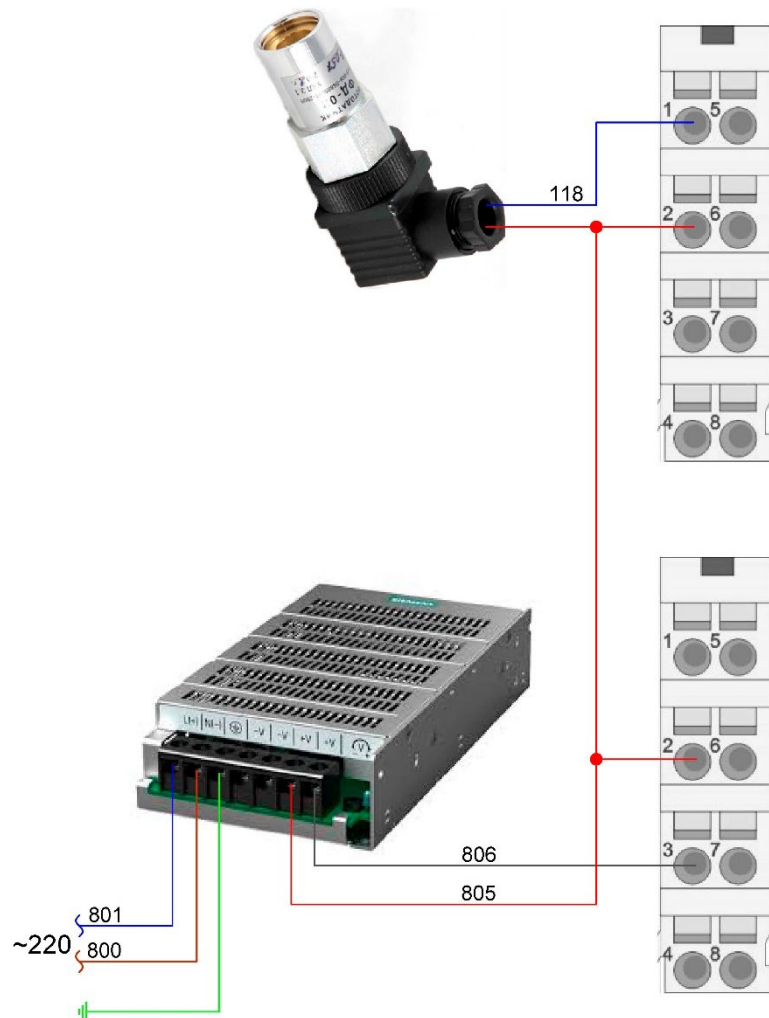


Рисунок 3.3.3 – Графічна схема підключення вхідних модулів контуру контролю наявності полум'я.

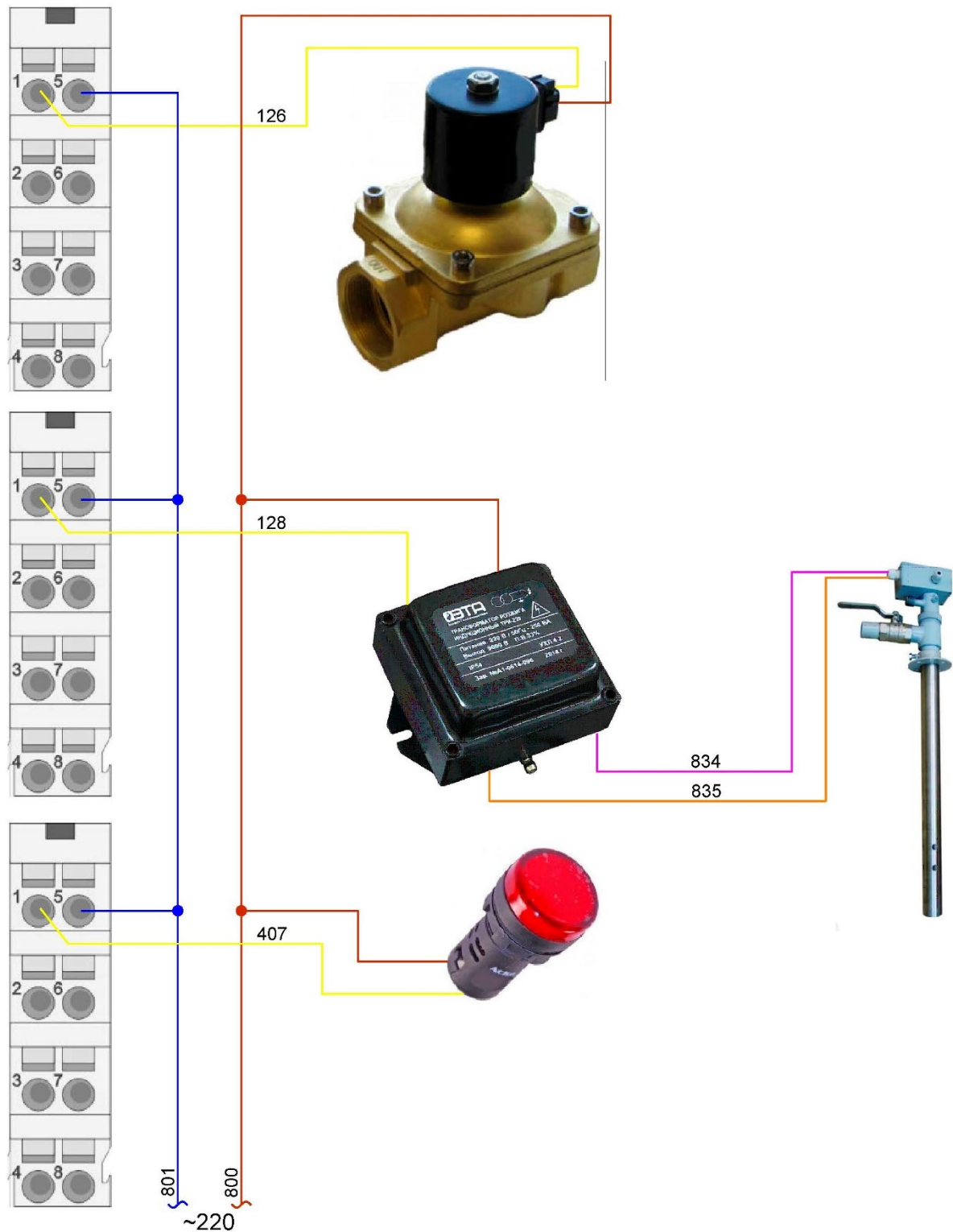


Рисунок 3.3.4 – Графічна схема підключення вихідних модулів контуру контролю наявності полум'я.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Контроль наявності факелу в топках здійснюється отриманням дискретного сигналу контролером Vira SLIO від фотодатчика ФД-02 (поз. 9а). Для запалення факелу у топках змонтований запально-захисний пристрій ЗЗУ-6 (поз. 9г), що живляться від трансформатора розпалу ТРИ-220 (поз. 9в ), які отримують живлення дискретним сигналом контролера Vira SLIO для розпалу топки. Даний контур має систему захисту від надходження газу у топку після вичерпання часу, протягом якого повинні бути запалений полум'яний факел на запально-захисному пристрої. У систему захисту входить газовий електромагнітний клапан КЕГ-40.НЗ (поз. 9б ), що закривається відповідно при відсутності факелу у ній для запобігання виникнення пожежонебезпечного стану.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

#### 4. КРЕСЛЕННЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

OPTISONIC 7300 – це високоточний ультразвуковий витратомір для газу, перевагами якого є відсутність рухомих або заступаючих в вимірювальну трубу частин, що забезпечує приладу довгий термін служби. Результатом цього є високоефективна робота завдяки широкому динамічному спектру щодо складу, щільності, тиску, температури і об'ємної витрати газу.

Після заводського калібрування точність вимірювання становить 1 % - і при цьому йому не потрібно технічне обслуговування або подальше калібрування. Така точність поширюється на температуру газу до 180 °С і тиск до 150 бар. Даний витратомір можна встановлювати як у вигляді компактної версії на вимірювальній ділянці, так і у вигляді роздільної версії. Він також оснащений пристроєм розрахунку витрати для компенсації по тиску і температурі для розрахунку стандартного обсягу. Міцність приладу, характерна для КРОНЕ, і широкий спектр застосувань роблять його використання особливо економічно вигідним.

З витратоміром OPTISONIC 7300 вимірювання витрати газу стає ще точніше, ніж раніше. Ультразвуковий метод вимірювання витрати завжди вважався більш досконалим в порівнянні з традиційними методами вимірювання, такими як вимірювання за допомогою ротаметрів або турбінних витратомірів, тому що він не викликає втрати тиску і не вимагає технічного обслуговування. Лише перешкоди, створювані зовнішніми джерелами звуку (наприклад, шуми клапанів), приводили до помилок у вимірах. Завдяки певним властивостям матеріалу і особливої технології демпфірування нових титанових датчиків, хвилі шуму ідеально фокусуються. Крім того, інноваційна система обробки сигналу виключає помилки. Це означає, що даний витратомір тепер можна використовувати там, де раніше доводилося застосовувати тільки традиційні вимірювальні технології.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Переваги:

- оснащений функцією розрахунку об'ємної витрати з зовнішніми датчиками температури і тиску;
- вимірювання незалежно від властивостей продукту;
- немає рухомих або заступають в вимірювальну трубу частин;
- немає втрати тиску;
- не вимагає технічного обслуговування і повторного калібрування;
- точність - 1% від виміряного значення;
- вимірювальний блок можна встановлювати компактно або окремо.

### Галузі промисловості:

- хімічна промисловість;
- нафтохімічна промисловість;
- електростанція;
- нафтогазова промисловість.

### Застосування:

- поточний облік;
- вуглеводневий газ на нафтохімічних заводах;
- технологічний газ на хімічних фабриках;
- виробництво природного газу;
- споживання / використання природного газу;
- використання газового палива;
- потоки повітря.

### Загальні характеристики:

- умовний діаметр: 50...750 мм;
- робочий тиск: до 43,3 МПа;
- температура вимірюваного середовища: -40...+180°C;
- температура навколишнього середовища: -60...+65°C;
- об'ємний вміст рідини в газі: до 1 %;
- можливість вимірювання реверсного потоку;
- відсутність зношуються частин;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

- з'ємні сенсори (виконання до 25,7 МПа);
- можливість застосування на агресивних середовищах (H<sub>2</sub>S);
- прямі ділянки:
  1. До витратоміра: 10DN(DN100 ... DN750);
  2. До витратоміра: 20DN (DN50 ... DN80);
- після витратоміра: 3DN;
- похибка:
  1. DN100...750: ±1% (2% при імітаційній повірці);
  2. DN50...80: ±1,5% (3% при імітаційній повірці);
- інтервал між повірками: 4 роки;
- імітаційна повірка без демонтажу.

Спеціальна конструкція "кишені" (порожнини) сенсора знижує ризик скупчення рідини між сенсором і стінкою труби, рідина видувається і витікає з кишені сенсора. Додаткове демпфірування знижує ймовірність "замикання" сигналу на корпус при наявності рідини в «кишені» сенсора.

#### Вимоги до монтажу ультразвукового витратоміра OPTISONIC 7300

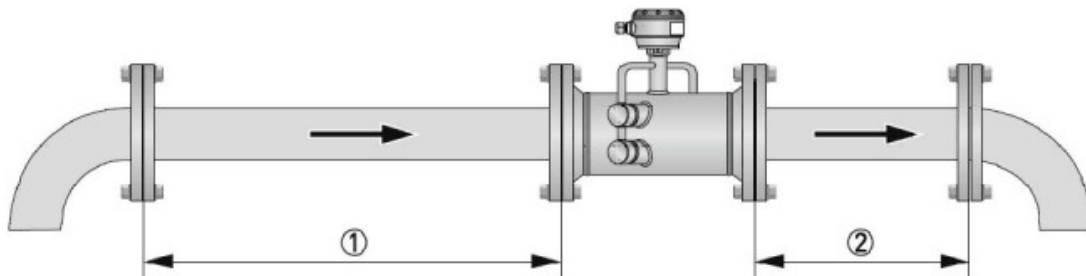


Рис. 1 Рекомендовані довжини прямих участків на вході та виході приладу для  $\geq$  DN 100/4 дюйма. (1)  $\geq$  10 DN; (2)  $\geq$  3 DN.

#### Монтажне положення приладу

- Горизонтально з траєкторією акустичного каналу, розташованого в горизонтальній площині.
- Вертикально.

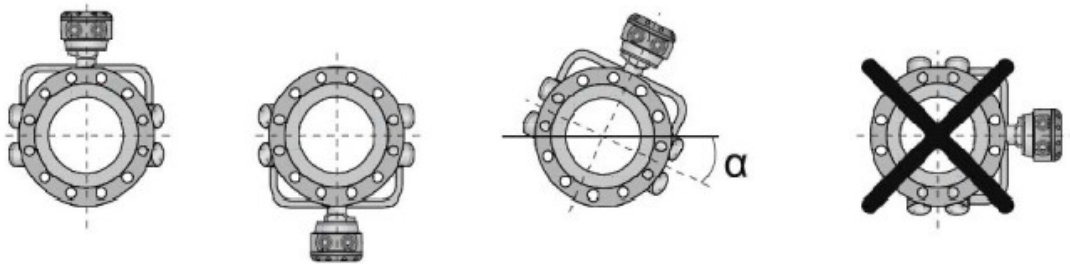


Рис. 2 Монтажне положення приладу ( $+15^\circ < \alpha < -15^\circ$ ).

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

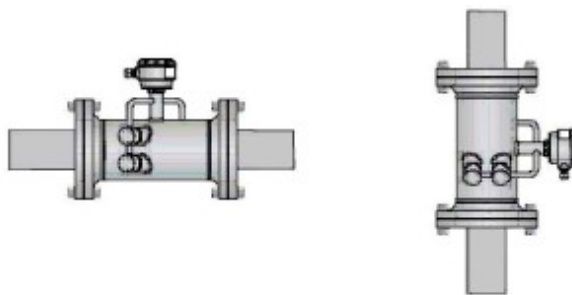


Рис. 3 Монтаж в горизонтальному і вертикальному положенні

### Теплоізоляція

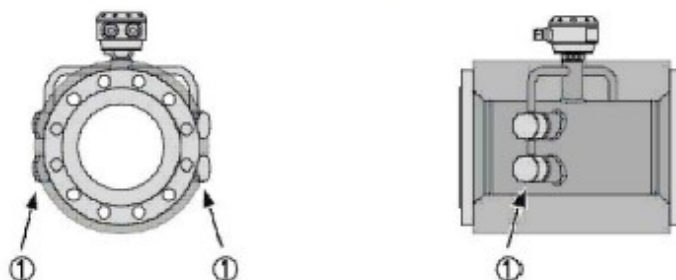


Рис. 4 Не закривайте вентиляційні отвори. (1) - вентиляційні отвори

### Неспіввісність фланцевих з'єднань

Максимально допустимі відхилення ущільнювальної поверхні фланців:  
 $L_{\max} - L_{\min} \leq 0,5 \text{ мм} / 0,02''$

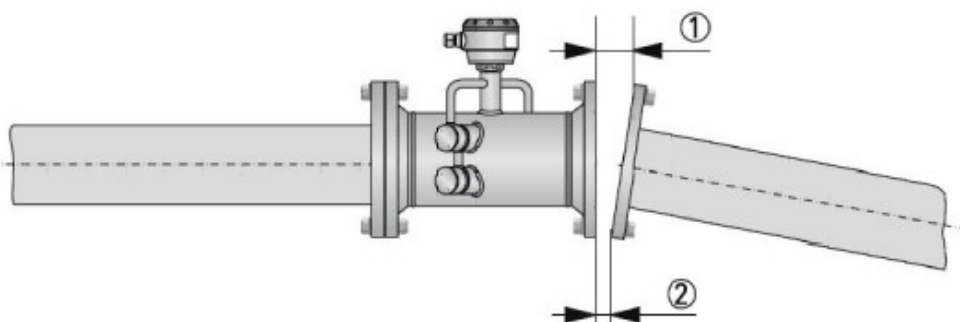


Рис. 5 Неспіввісність фланцевих з'єднань: (1) -  $L_{\max}$ ; (2) -  $L_{\min}$ .

### T-подібна секція

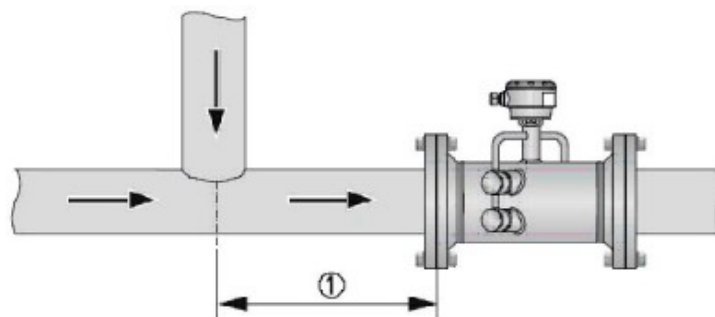


Рис. 6 Відстань після T-подібної секції (1)  $\geq 10 \text{ DN}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

При монтажних роботах використовуються реальні габарити вимірювального приладу, які наведені на кресленнях, де зазначені габаритні розміри.

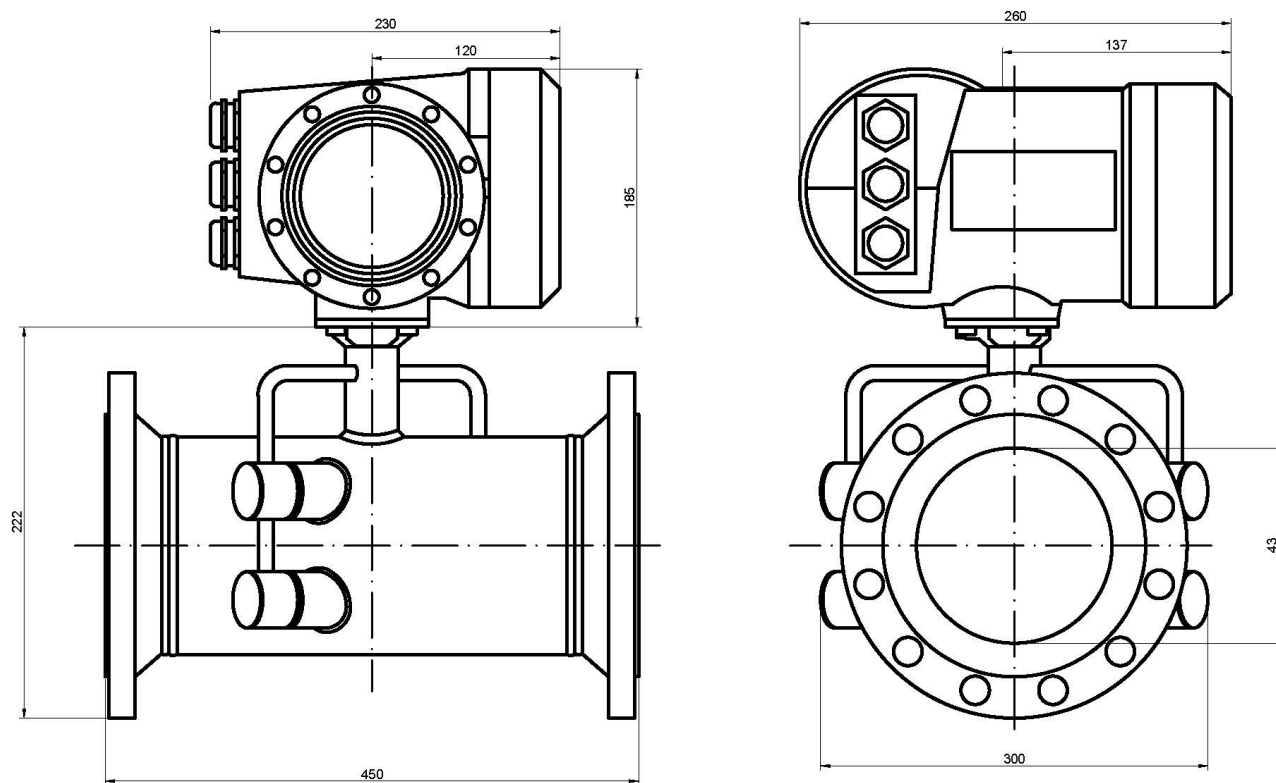


Рисунок 4.7 – Монтажне креслення ультразвукового витратоміра  
OPTISONIC 7300

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

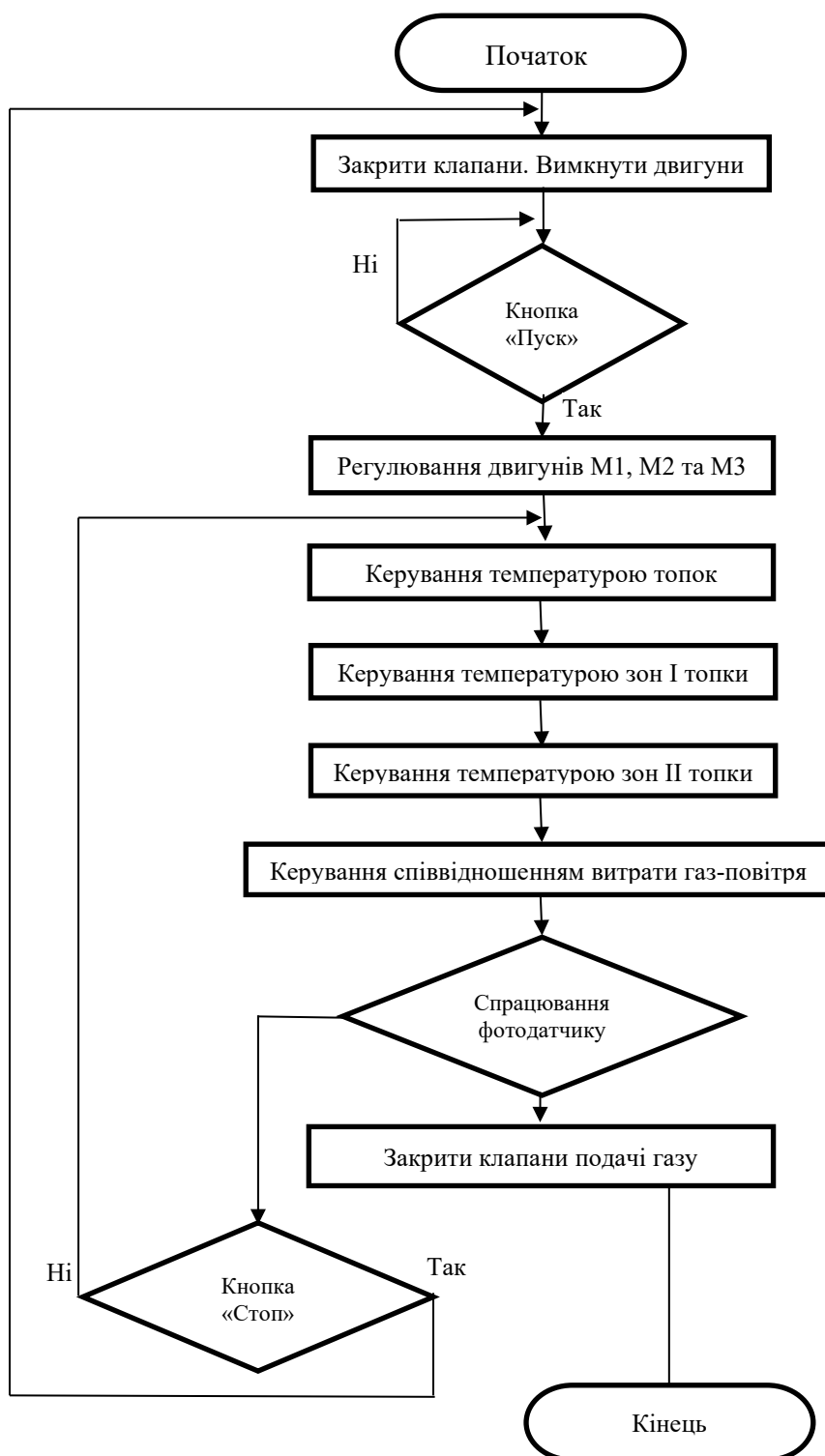
Кваліфікаційна робота

Арк.

78

## 5. ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА (АЛГОРИТМ ТА ПРОГРАМА ДЛЯ ПЛК)

Алгоритм програми роботи тунельної печі для  
випікання хлібобулочних виробів.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для розробки програми було використане програмне забезпечення SPEED7 Studio.

Програмний комплекс VIPA CONTROLS SPEED7 STUDIO призначений для програмування промислових контролерів VIPA PLC (MICRO, SLIO), контролерів управління рухом, панелей операторів і конфігурацій приводів (перетворювачі частоти і сервоприводи), а також обладнання для промислових мереж виробництва YASKAWA VIPA Controls.

Підтримується імпорт програмних блоків з проєктів, створених в програмному забезпеченні step7 (Simatic Manager) фірми Siemens.

Засоби розробки програмного забезпечення для систем промислової автоматизації в інтегрованому середовищі розробки SPEED7 Studio охоплюють всі етапи проєктування - від апаратної та мережевої конфігурації до проєктування систем людино-машинного інтерфейсу.

#### Переваги SPEED7 Studio.

Значно спрощується процедура налаштування апаратного забезпечення завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу (Drag & Drop, спливаючі підказки і т.д.).

Підтримка відкритого зв'язку PROFIBUS, PROFINET IO, EtherCAT і Ethernet.

Поєднання можливостей програмування Step7 і підтримки мережевої технології EtherCAT дозволяє користувачеві використовувати в своїх проєктах технічні рішення, які раніше були йому принципово недоступні.

Вбудовані функції тестування і діагностики для мереж PROFIBUS, PROFINET і EtherCAT забезпечують ефективне виявлення мережевих помилок і швидке усунення помилок.

Симулятори ПЛК та системи НМІ дозволяють проводити комплексну настройку проєкту заздалегідь, а також виявляти і усувати помилки у взаємодії підсистем управління і візуалізації.

Підтримується Програмування на мовах STL, FBD і LAD, для яких пакет надає відповідні редактори і засоби налагодження.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Високоєфективний тип конфігуратора приводу і вбудована бібліотека управління рухом дозволяють об'єднати систему управління технологічним процесом і систему позиціонування багатівісьового преміщення в рамках одного інструменту проектування [46].

Програма для роботи системи автоматизації тунельної печі написана мовою функціональних блокових діаграм.

FBD (Function Block Diagram) - це графічна мова програмування високого рівня, що забезпечує управління потоку даних всіх типів. Дозволяє використовувати потужні алгоритми простим викликом функцій і функціональних блоків. Задовольняє безперервним динамічним процесам. Чудово підходить для невеликих додатків і зручна для реалізації складних речей подібно під регуляторам, масивам і т.д. дана мова може використовувати велику бібліотеку блоків. FBD також запозичує символіку булевої алгебри.

#### Адреси входів-виходів у ПЛК VIPA SLIO.

Group	Operand	Name	Data type	<input type="checkbox"/>	Comment
DI4xDC24V [Device: PLC_01, Slot: 1, Rack: 0]	<b>I 0.0</b>	Fakel2	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Наявність факелу полум'я топки II
DI4xDC24V [Device: PLC_01, Slot: 1, Rack: 0]	<b>I 0.1</b>	Fakel1	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Наявність факелу полум'я топки I
DI4xDC24V [Device: PLC_01, Slot: 1, Rack: 0]	<b>I 0.2</b>	x_DI_0_2_25	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None E 0.2 - DI4xDC24V [Device: PLC_01, Slot: 1, Rack: 0]
DI4xDC24V [Device: PLC_01, Slot: 1, Rack: 0]	<b>I 0.3</b>	x_DI_0_3_25	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None E 0.3 - DI4xDC24V [Device: PLC_01, Slot: 1, Rack: 0]
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 2,]	<b>IW 256</b>	PT2	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Тиск в топці II
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 2,]	<b>IW 258</b>	PT1	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Тиск в топці I
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 2,]	<b>IW 260</b>	FTp	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Витрата в трубопроводі повітря
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 2,]	<b>IW 262</b>	FTm	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Витрата в трубопроводі метану
AO4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 3]	<b>QW 256</b>	M_T1	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Обертання двигуна топки I
AO4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 3]	<b>QW 258</b>	M_T2	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Обертання двигуна топки II
AO4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 3]	<b>QW 260</b>	S_CONVERT	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Рух поду печі
AO4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 3]	<b>QW 262</b>	w_AO_CH04_23	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None A 262 - AO4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_0
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 4, Rack: 0]	<b>Q 0.0</b>	KL_P-B1	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Клапан ропан-бутану топки I
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 4, Rack: 0]	<b>Q 0.1</b>	KL_P-B2	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Клапан ропан-бутану топки II
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 5, Rack: 0]	<b>Q 1.0</b>	FAKEL1_OUT	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Факел топки I
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 5, Rack: 0]	<b>Q 1.1</b>	FAKEL2_OUT	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Факел топки II

Рисунок 5.1 – Фрагмент змінних для роботи програми у програмному середовищі SPEED7 Studio.

Group	Operand	Name	Data type	<input type="checkbox"/>	Comment
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 6, Rack: 0]	<b>Q 2.0</b>	ZVUK	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Звукова сигналізація
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 6, Rack: 0]	<b>Q 2.1</b>	x_DO_2_1_18	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None A 2.1 - DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 7, Rack: 0]
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 7, Rack: 0]	<b>Q 3.0</b>	HL7	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Відсутність факелу у топці I
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 7, Rack: 0]	<b>Q 3.1</b>	HL8	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Відсутність факелу у топці II
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 8, Rack: 0]	<b>Q 4.0</b>	HL1	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Високий тиск топки I
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 8, Rack: 0]	<b>Q 4.1</b>	HL2	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Низький тиск топки I
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 9, Rack: 0]	<b>Q 5.0</b>	HL3	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Високий тиск топки II
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 9, Rack: 0]	<b>Q 5.1</b>	HL4	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Низький тиск топки II
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 10, Rack: 0]	<b>Q 6.0</b>	HL5	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Висока температура топки I
DO2xRelais [Device: PLC_01, Slot: 10, Rack: 0]	<b>Q 6.1</b>	HL6	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Висока температура топки II
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 11, Rack: 0]	<b>Q 7.0</b>	ZASL1_MET_B	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Трубопровід метану топки I (БІЛЬШЕ)
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 11, Rack: 0]	<b>Q 7.1</b>	ZASL1_MET_M	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Трубопровід метану топки I (МЕНШЕ)
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 11, Rack: 0]	<b>Q 7.2</b>	ZASL2_MET_B	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Трубопровід метану топки II (БІЛЬШЕ)
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 11, Rack: 0]	<b>Q 7.3</b>	ZASL2_MET_M	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Трубопровід метану топки II (МЕНШЕ)
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 11, Rack: 0]	<b>Q 7.4</b>	ZASL1_AIR_B	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Трубопровід повітря топки I (БІЛЬШЕ)
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 11, Rack: 0]	<b>Q 7.5</b>	ZASL1_AIR_M	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Трубопровід повітря топки I (МЕНШЕ)
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 11, Rack: 0]	<b>Q 7.6</b>	ZASL2_AIR_B	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Трубопровід повітря топки II (БІЛЬШЕ)
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 11, Rack: 0]	<b>Q 7.7</b>	ZASL2_AIR_M	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Трубопровід повітря топки II (МЕНШЕ)
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 12, Rack: 0]	<b>Q 8.0</b>	ZASL_AIR_B	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Трубопровід повітря загальний (БІЛЬШЕ)
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 12, Rack: 0]	<b>Q 8.1</b>	ZASL_AIR_M	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None Трубопровід повітря загальний (МЕНШЕ)
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 12, Rack: 0]	<b>Q 8.2</b>	x_DO_8_2_12	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None A 8.2 - DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 13, R
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 12, Rack: 0]	<b>Q 8.3</b>	x_DO_8_3_12	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None A 8.3 - DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 13, R
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 12, Rack: 0]	<b>Q 8.4</b>	x_DO_8_4_12	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None A 8.4 - DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 13, R
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 12, Rack: 0]	<b>Q 8.5</b>	x_DO_8_5_12	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None A 8.5 - DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 13, R
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 12, Rack: 0]	<b>Q 8.6</b>	x_DO_8_6_12	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None A 8.6 - DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 13, R
DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 12, Rack: 0]	<b>Q 8.7</b>	x_DO_8_7_12	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/>	None A 8.7 - DO8xDC24V NPN [Device: PLC_01, Slot: 13, R
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 3,	<b>IW 264</b>	TT5	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Температура в зоні V
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 3,	<b>IW 266</b>	TT4	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Температура в зоні IV
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 3,	<b>IW 268</b>	TT3	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Температура в зоні III
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 3,	<b>IW 270</b>	w_AI_CH04_23	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None E 270 - AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01,
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 4,	<b>IW 272</b>	TT2	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Температура в зоні II
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 4,	<b>IW 274</b>	TT1	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Температура в зоні I
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 4,	<b>IW 276</b>	TT_T2	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Температура в топці II
AI4x12Bit 0..20mA, 4..20mA [Device: PLC_01, Slot: 4,	<b>IW 278</b>	TT_T1	WORD	<input checked="" type="checkbox"/>	None Температура в топці I

Рисунок 5.2 – Фрагмент змінних для роботи програми у програмному середовищі SPEED7 Studio.

Перед написанням програми була зібрана система ПЛК з модулів контролера VIPA SLIO, рисунок якої наведений нижче:

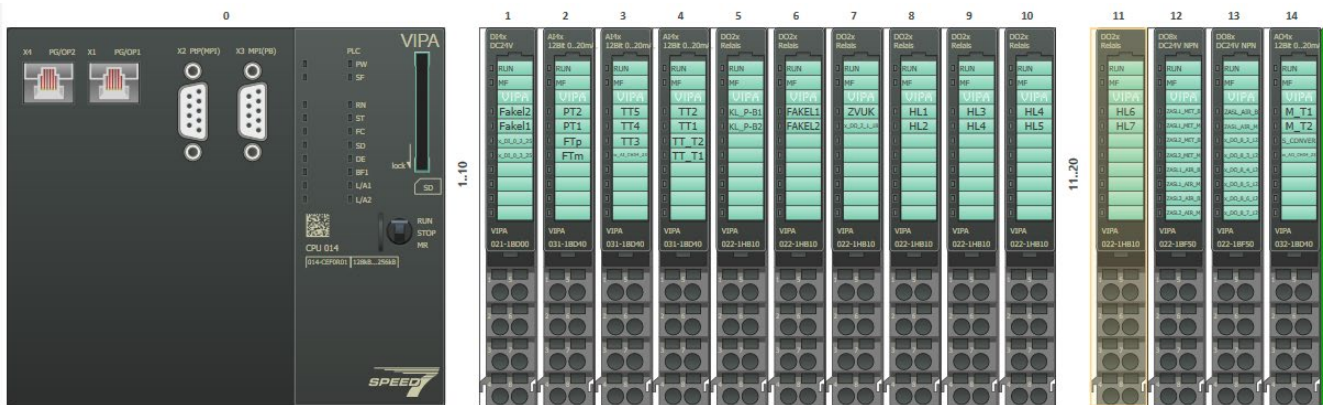


Рисунок 5.3 – Система модулів, зібрана для роботи алгоритму програми в програмному середовищі SPEED7 Studio.

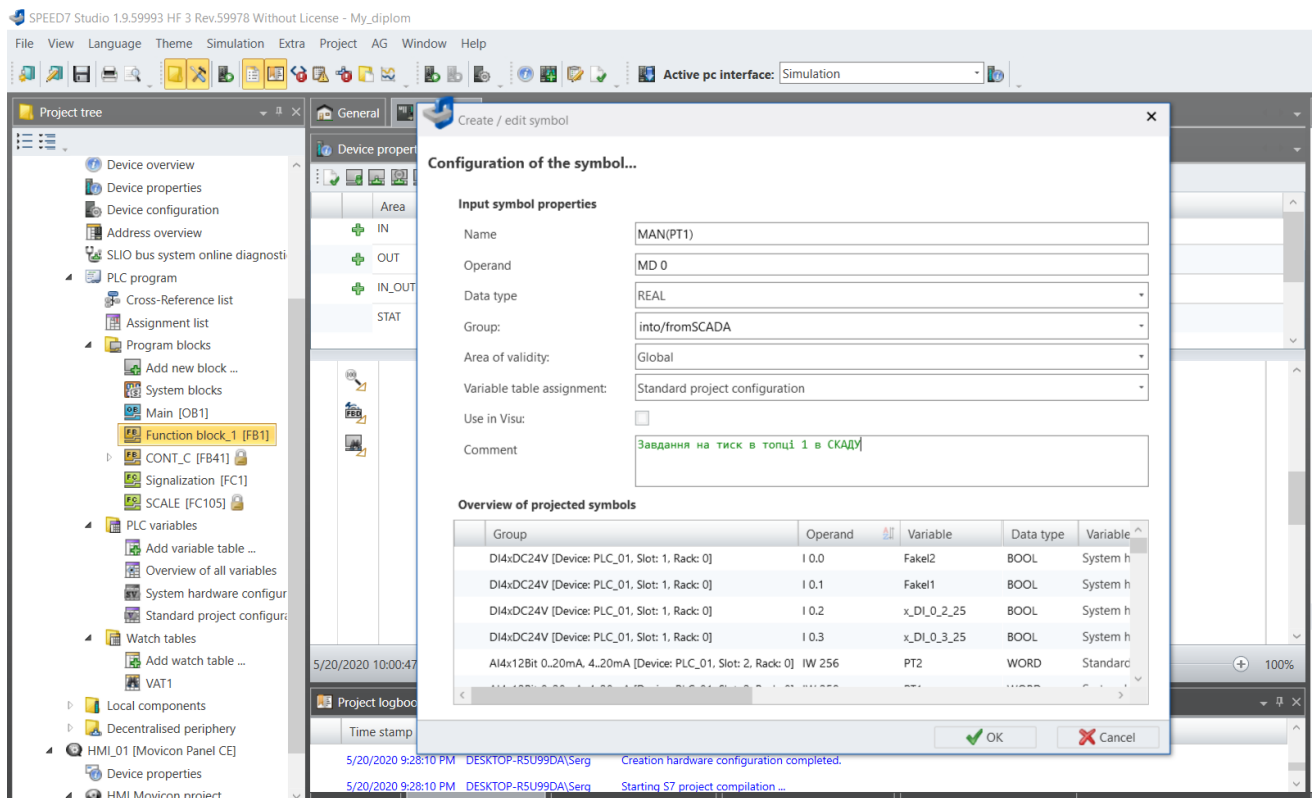


Рисунок 5.4 – Вигляд інтерфейсу програми SPEED7 Studio та вікно створення змінних.

В даному програмному середовищі на мові FBD були створені наступні частини програми, що відповідають за функціонування системи автоматизації вцілому, які наведені нижче:

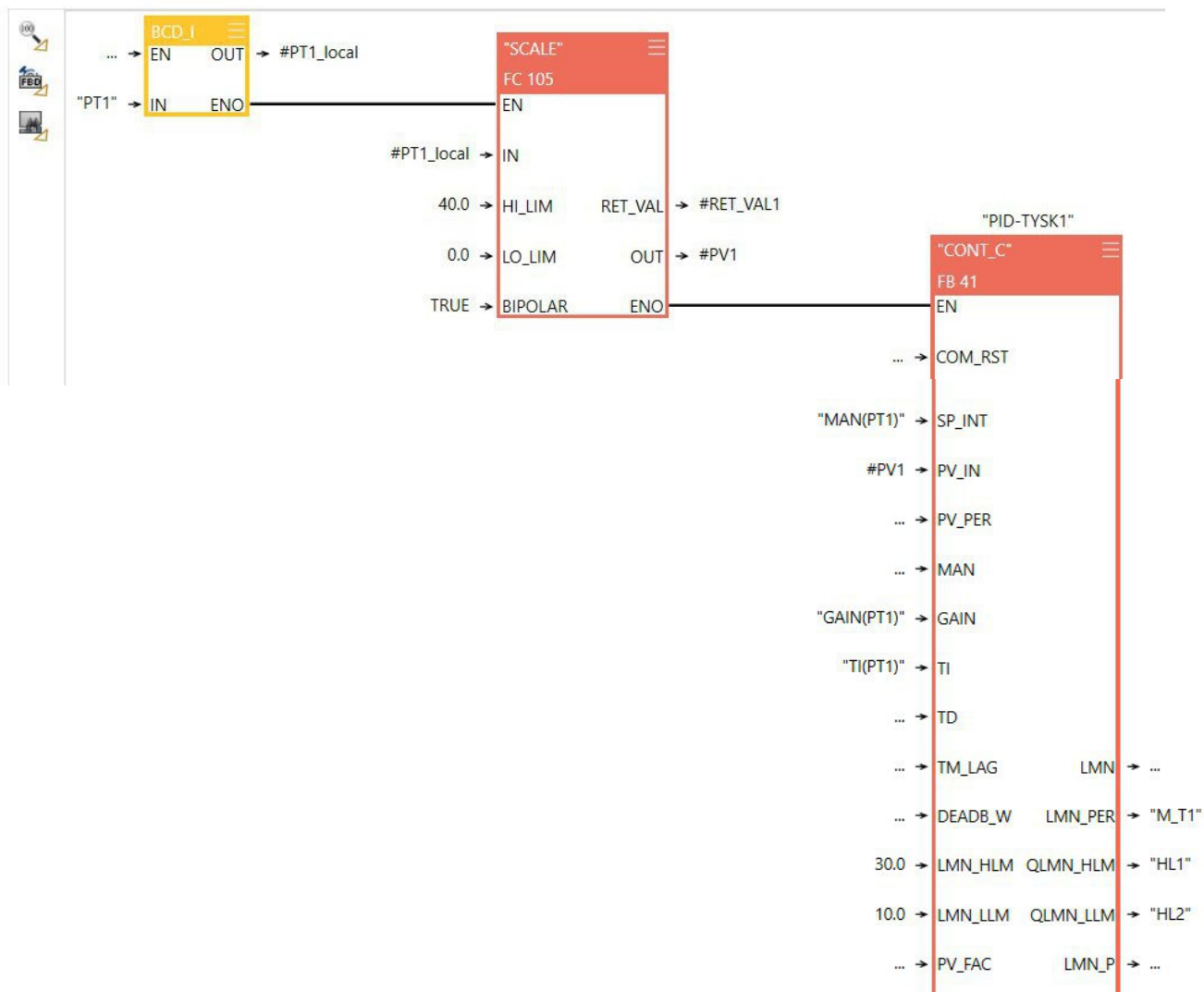


Рисунок 5.5 – Секція програми перетворення типу даних WORD в Integer змінної PT1, масштабування, ПД регулятор до частотного перетворювача і сигналізація.

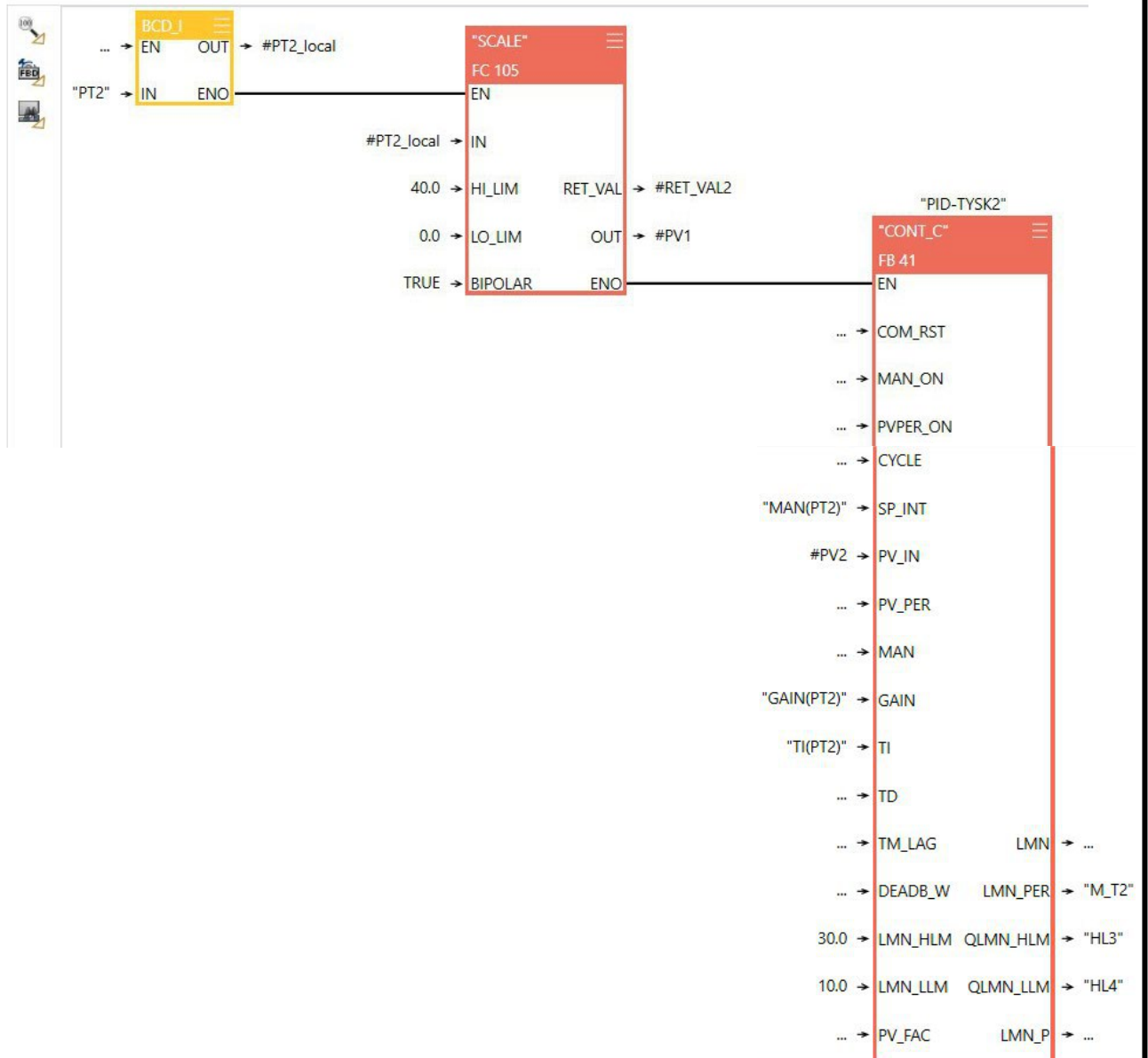


Рисунок 5.6 – Секція програми перетворення типу даних WORD в Integer змінної PT2, масштабування, ПІД регулятор до частотного перетворювача і сигналізація.

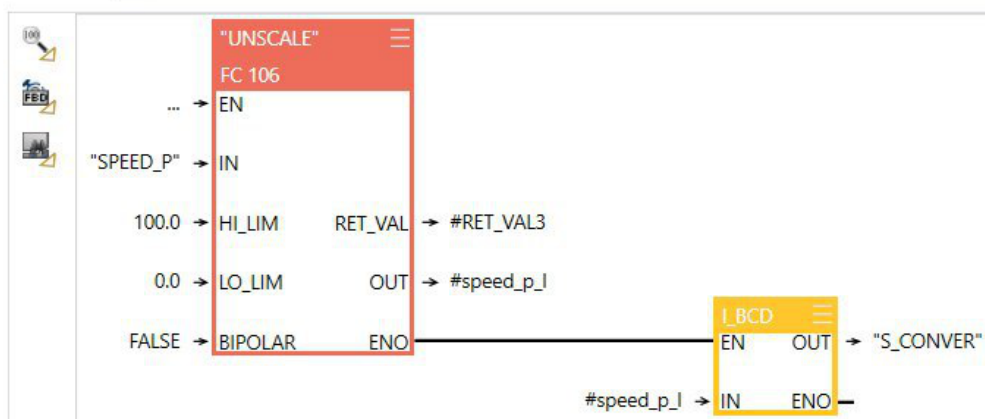


Рисунок 5.7 – Секція програми завдання руху поду печі.

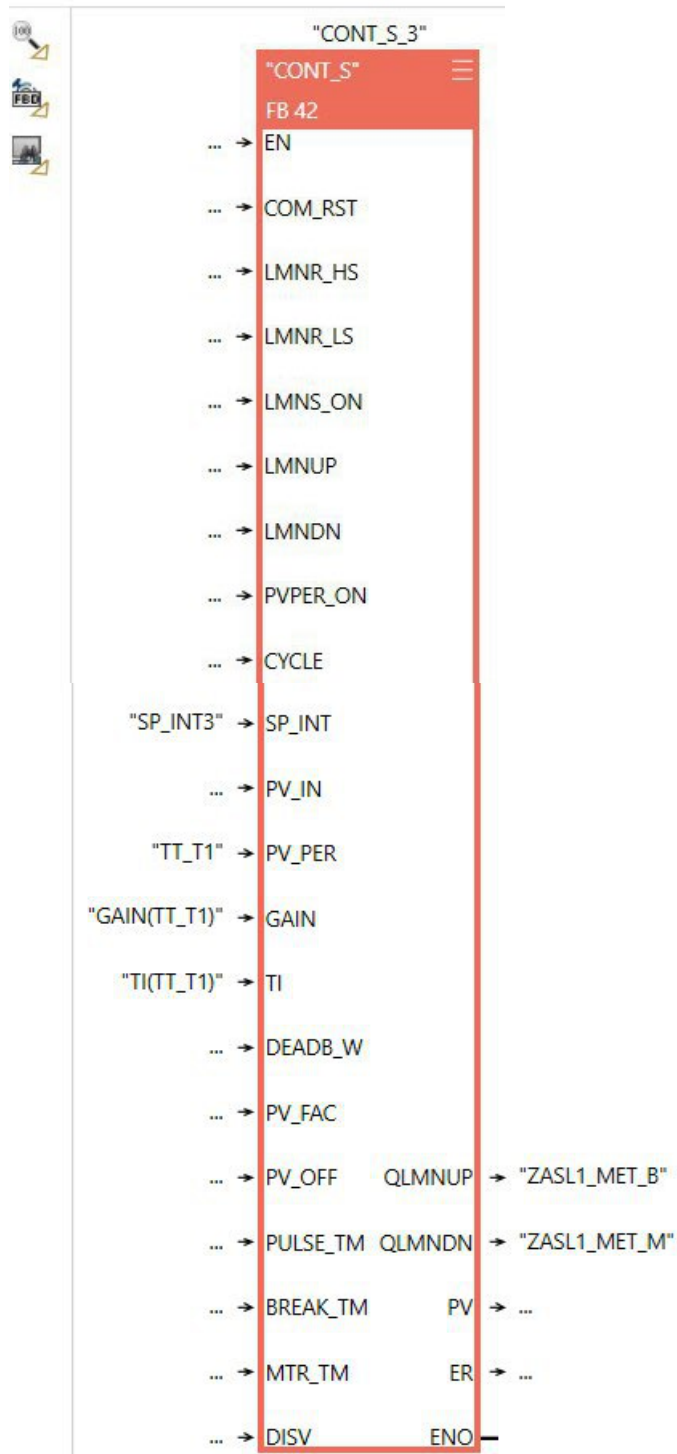


Рисунок 5.8 – Секція програми регулювання температури в топці І.

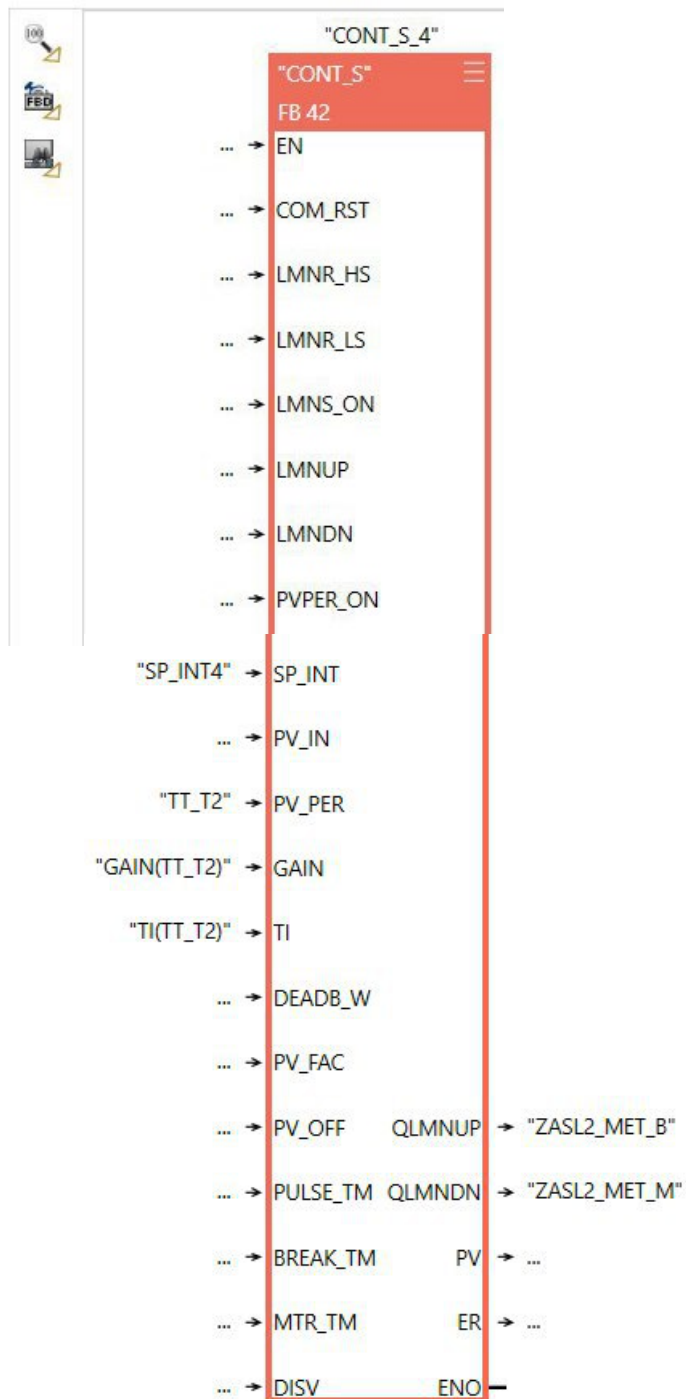


Рисунок 5.9 – Секція програми регулювання температури в топці II.



Рисунок 5.10 – Секція програми перетворення змінної температури в топці I формату WORD в INT.

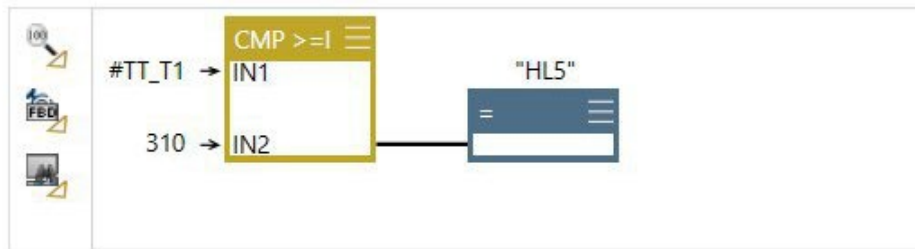


Рисунок 5.11 – Секція програми сигналізації перевищення допустимої температури в топці I.

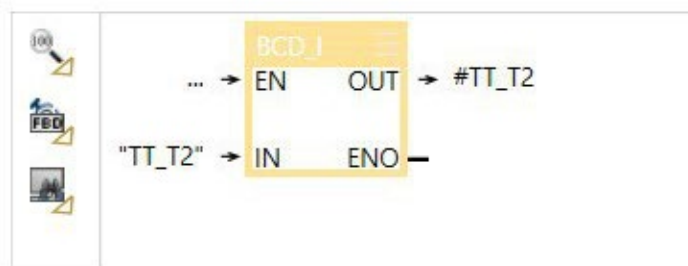


Рисунок 5.12 – Секція програми перетворення змінної температури в топці II формату WORD в INT.

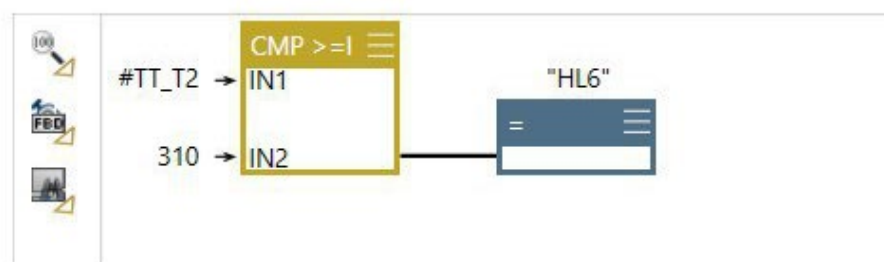


Рисунок 5.13 – Секція програми сигналізації перевищення допустимої температури в топці II.

## 6. РОЗРОБКА ЛЮДИННО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА ТЕХНОЛОГА

Створення людино-машинного інтерфейсу для системи тунельної печі було здійснено за допомогою SCADA системи TRACE MODE 6 від компанії AdAstrA.

SCADA TRACE MODE 6 складається з інструментальної системи, інтегрованого середовища розробки і з набору виконавчих модулів. Інструментальна система використовується на робочому місці розробника АСУ. У ній створюється набір файлів, який називається проектом TRACE MODE.

За допомогою виконавчих модулів TRACE MODE проект АСУ запускається на виконання в реальному часі. SCADA TRACE MODE дозволяє створювати проект відразу для декількох виконавчих модулів-вузлів. Кожному вузлу проекту відповідає одна інсталяція виконавчого модуля [20].

За допомогою інтегрованої інструментальної системи SCADA TRACE MODE можна:

- запрограмувати промисловий контролер (SOFTLOGIC) на 5-и мовах стандарту MEK 6-1131/3;
- створити систему управління тривожними і попереджувальними повідомленнями;
- генерувати якісні звіти, за допомогою власного генератора;
- створити АСУ ТП в різних архітектурах: розподілених( РСУ), клієнт-серверних або web-орієнтованих;
- розробити надійні системи в умовах поганого зв'язку (телемеханіка);
- легко створювати надійні резервовані системи;
- скористатися потужними засобами Налагодження та віддаленої діагностики АСУ.

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

Функціонування мнемосхеми було здійснено за допомогою створення множини аргументів прив'язки у програмному середовищі TRACE MODE 6, які наведені на рис. 6.1.1.

The screenshot displays the TRACE MODE 6 software interface. At the top, there is a toolbar with various icons. Below it is a table with the following columns: Имя (Name), Тип (Type), Тип данных (Data Type), and Привязка (Linkage). The table lists numerous variables such as 'Наявність\_факелу\_полум'я\_топки\_II\_R', 'Тиск\_в\_топці\_II\_R', 'Витрата\_в\_трубопроводі\_повітря\_R', etc. Each row includes a directional arrow icon, a type icon (e.g., IN, OUT), a data type icon (e.g., BOOL, REAL), and a linkage icon (e.g., F). Below the main table, there is a section for 'Использовать привязанный атрибут' (Use linked attribute) with a dropdown menu showing '-1'. At the bottom, there is a table with 14 columns: Номер, ALL, CALL, HEX\_16, HEX\_32, FLOAT, FLOAT\_M, FLOAT\_64, M-RESOURCE, D-RESOURCE, USER, EVENT, and TIM. The bottom of the window features three buttons: 'Готово' (Ready), 'Отмена' (Cancel), and 'Отвязать' (Detach).

Имя	Тип	Тип данных	Привязка
Наявність_факелу_полум'я_топки_II_R	IN	BOOL	Наявність факелу полум'я топки II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Наявність_факелу_полум'я_топки_I_R	IN	BOOL	Наявність факелу полум'я топки I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Тиск_в_топці_II_R	IN	REAL	Тиск в топці II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Тиск_в_топці_I_R	IN	REAL	Тиск в топці I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Витрата_в_трубопроводі_повітря_R	IN	REAL	Витрата в трубопроводі повітря:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Витрата_в_трубопроводі_метану_R	IN	REAL	Витрата в трубопроводі метану:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура_в_зоні_V_R	IN	REAL	Температура в зоні V:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура_в_зоні_IV_R	IN	REAL	Температура в зоні IV:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура_в_зоні_III_R	IN	REAL	Температура в зоні III:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура_в_зоні_II_R	IN	REAL	Температура в зоні II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура_в_зоні_I_R	IN	REAL	Температура в зоні I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура_в_топці_II_R	IN	REAL	Температура в топці II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура_в_топці_I_R	IN	REAL	Температура в топці I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Обертання_двигуна_топки_I_R	OUT	REAL	Обертання двигуна топки I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Обертання_двигуна_топки_II_R	OUT	REAL	Обертання двигуна топки II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Рух_поду_печи_R	OUT	REAL	Рух поду печи:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Клапан_пропан_бутану_топки_I_R	OUT	BOOL	Клапан пропан-бутану топки I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Клапан_пропан_бутану_топки_II_R	OUT	BOOL	Клапан пропан-бутану топки II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Факел_топки_I_R	OUT	BOOL	Факел топки I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Факел_топки_II_R	OUT	BOOL	Факел топки II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Трубопровод_метану_топки_I_R	OUT	REAL	Трубопровод метану топки I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Трубопровод_метану_топки_II_R	OUT	REAL	Трубопровод метану топки II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Трубопровод_повітря_топки_I_R	OUT	REAL	Трубопровод повітря топки I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Трубопровод_повітря_топки_II_R	OUT	REAL	Трубопровод повітря топки II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Трубопровод_повітря_загальний_R	OUT	REAL	Трубопровод повітря загальний:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Високий_тиск_топки_I_R	OUT	BOOL	Високий тиск топки I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Низький_тиск_топки_I_R	OUT	BOOL	Низький тиск топки I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Високий_тиск_топки_II_R	OUT	BOOL	Високий тиск топки II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Низький_тиск_топки_II_R	OUT	BOOL	Низький тиск топки II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Висока_температура_топки_I_R	OUT	BOOL	Висока температура топки I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Висока_температура_топки_II_R	OUT	BOOL	Висока температура топки II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Відсутність_факелу_у_топці_I_R	OUT	BOOL	Відсутність факелу у топці I:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Відсутність_факелу_у_топці_II_R	OUT	BOOL	Відсутність факелу у топці II:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)

Номер	ALL	CALL	HEX_16	HEX_32	FLOAT	FLOAT_M	FLOAT_64	M-RESOURCE	D-RESOURCE	USER	EVENT	TIM
0	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2	In	In	In	In	In	In	In	In	In	In	In	In
3	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
4	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
5	Frq	Frq	Frq	Frq	Frq	Frq	Frq	Frq	Frq	Frq	Frq	Frq

Рисунок 6.1.1 – Таблиця змінних у програмному середовищі TRACE MODE 6.

Таблиця 6.1.1 – Аналогові змінні.

Ім'я змінної	Адреса	Настроювання						
		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 <sup>3</sup> /год.	190	200	220	250
Витрата в трубопроводі метану	%Iw262	1.5с	0-10000	0-50 м <sup>3</sup> /год.	20	25	30	40
Температура в зоні V	%Iw264	1.5с	0-10000	0-400 °C	200	220	240	280
Температура в зоні IV	%Iw266	1.5с	0-10000	0-400 °C	250	270	290	330
Температура в зоні III	%Iw268	1.5с	0-10000	0-400 °C	300	320	340	380
Температура в зоні II	%Iw272	1.5с	0-10000	0-400 °C	270	290	310	350
Температура в зоні I	%Iw274	1.5с	0-10000	0-400 °C	240	260	280	320
Температура в топці II	%Iw276	1.5с	0-10000	0-600 °C	350	370	390	420
Температура в топці I	%Iw278	1.5с	0-10000	0-600 °C	350	370	390	420
Обертання двигуна топки I	%Qw256	1.5с	0-10000	0-2800 об/хв.	2600	2650	2700	2750
Обертання двигуна топки II	%Qw258	1.5с	0-10000	0-2800 об/хв.	2600	2650	2700	2750
Рух поду печі	%Qw260	1.5с	0-10000	0-2800 об/хв.	2600	2650	2700	2750

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Кваліфікаційна робота

Арк.

91

Таблиця 6.1.2 – 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
Низький тиск топки II	%Q5.1	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Висока температура топки I	%Q6.0	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Висока температура топки II	%Q6.1	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Відсутність факелу у топці I	%Q3.0	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Відсутність факелу у топці II	%Q3.1	1с	Інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

Мнемосхема – це сукупність сигнальних пристроїв і сигнальних зображень обладнання та внутрішніх зв'язків контролюваного об'єкта, що розміщуються на диспетчерських пультах, операторських панелях або виконаних на персональному комп'ютері. Інформація, яка виводиться на мнемосхему, може бути представлена у вигляді аналогового, дискретного і релейного сигналу, а також графічно. Наочно відображаючи структуру системи, мнемосхема полегшує оператору запам'ятовування схем об'єктів, взаємозв'язок між параметрами, призначення приладів і органів управління. У процесі управління мнемосхема є для оператора найважливішим джерелом інформації про поточний стан системи, характер і структуру протікають в ній процесів, в тому числі пов'язаних з порушенням технологічних режимів, аваріями, тощо.

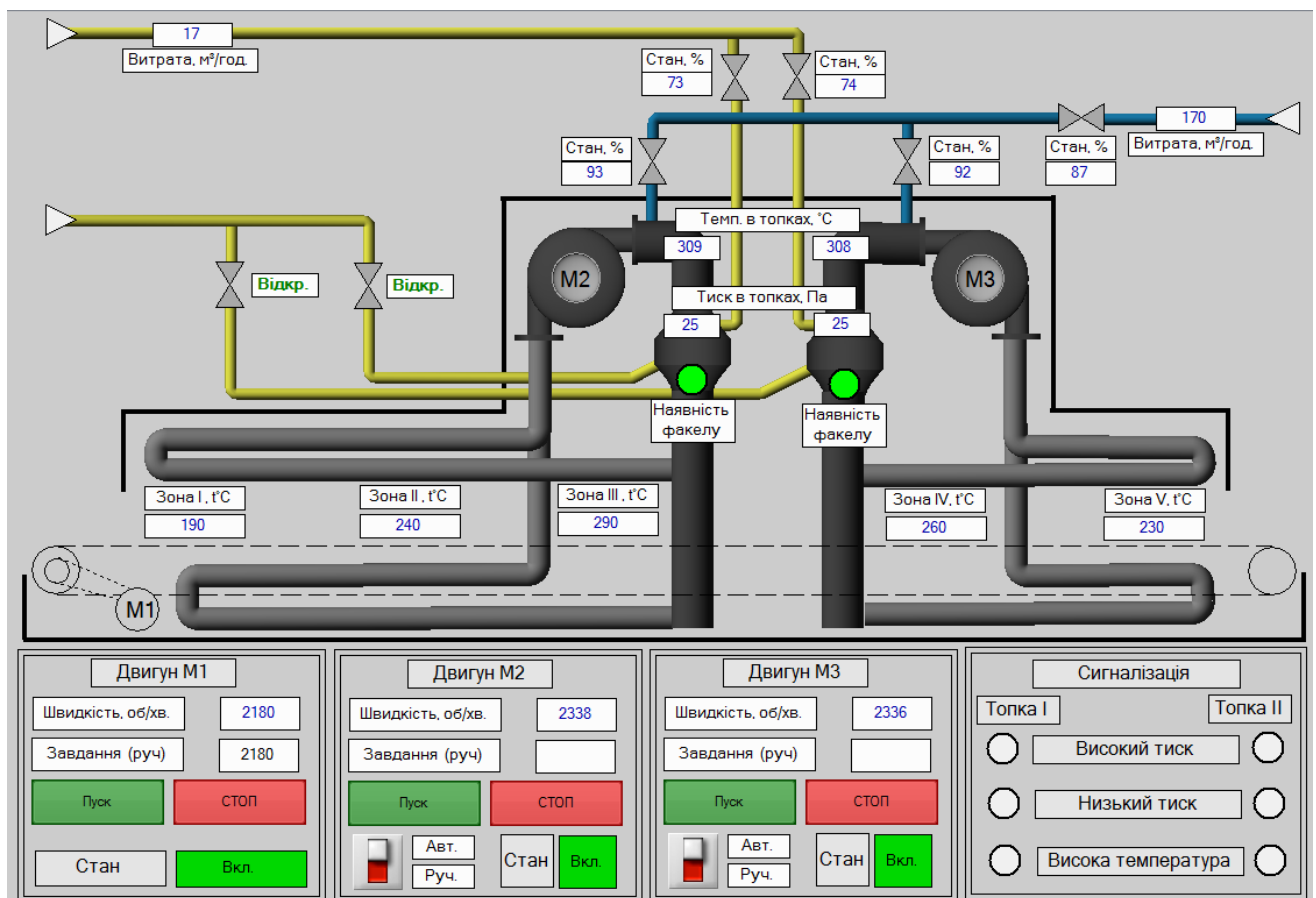


Рисунок 6.2.1 – Автоматичний режим роботи SCADA-системи.

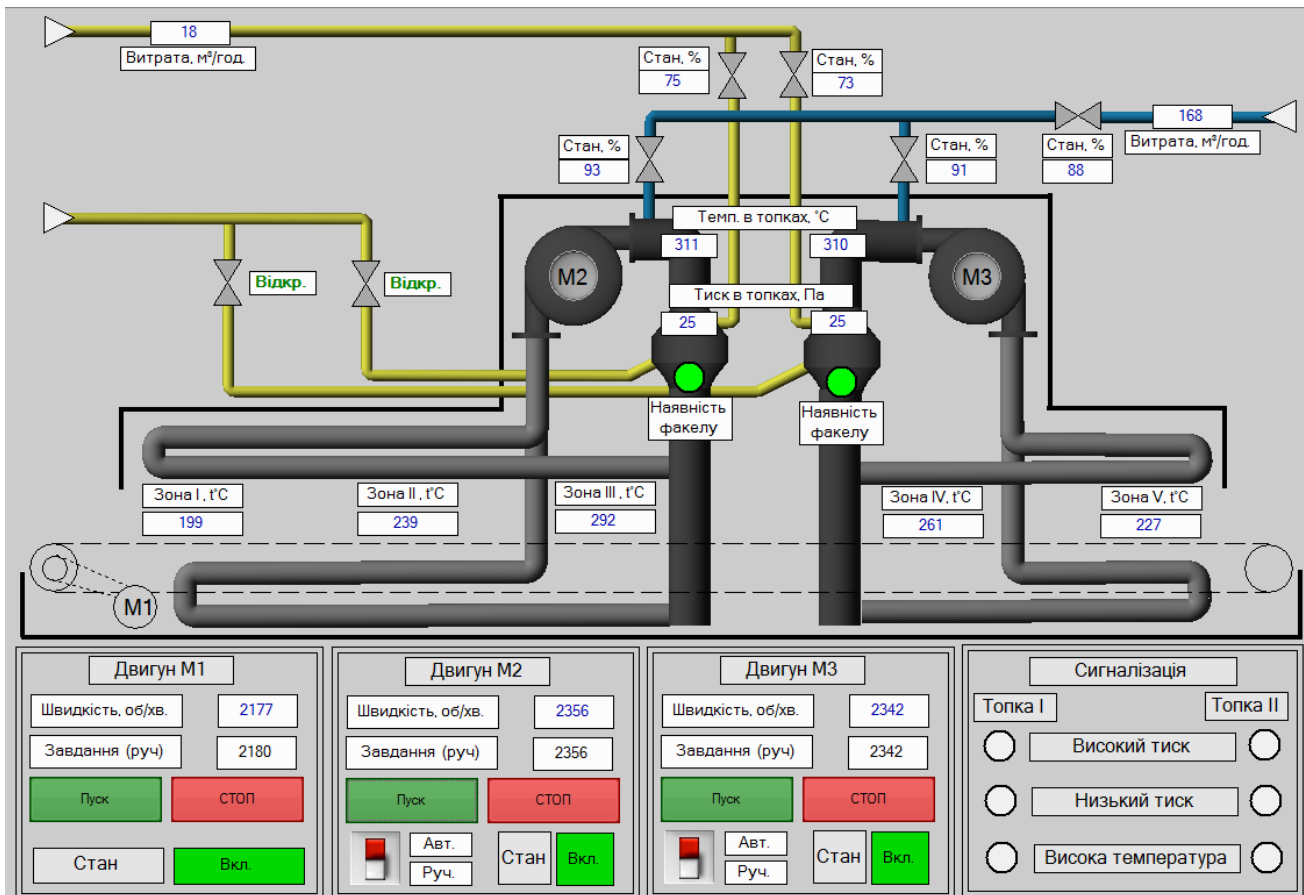


Рисунок 6.2.2 – Ручний режим роботи SCADA-системи.

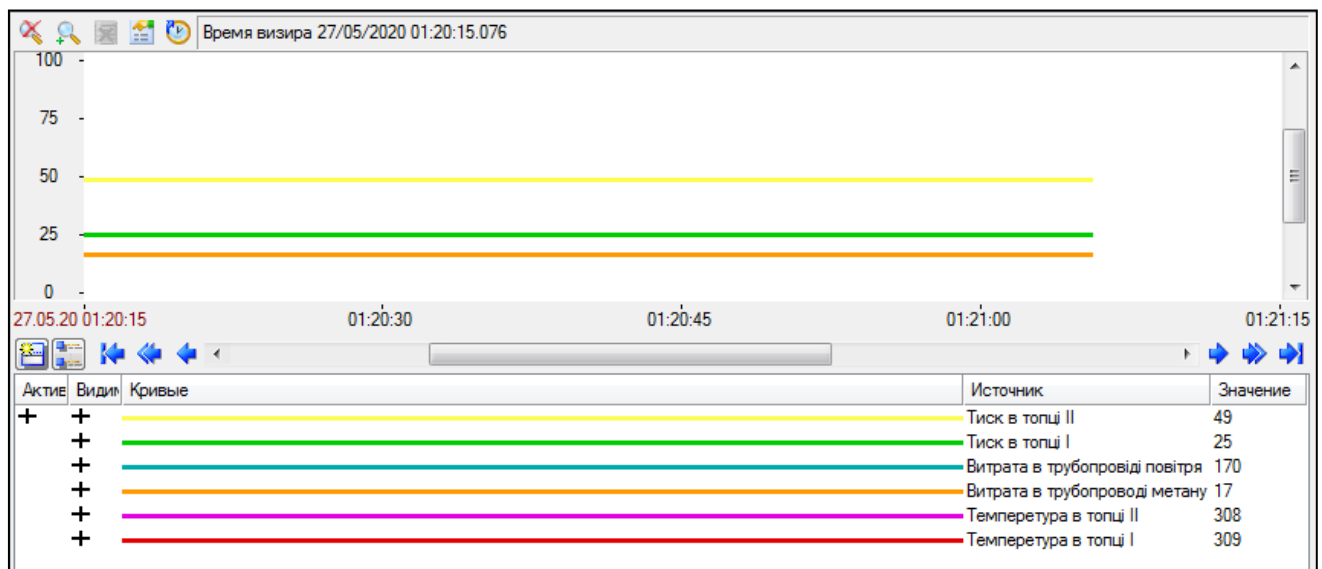


Рисунок 6.2.3 – Вікно трендів основних сигналів в ідеальних умовах.

## 7. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Автоматизація виробництва дає найкращі результати лише при системному підході» коли досконало вивчаються властивості об'єкта автоматизації, розробляється функціональна структура як сукупність виконуваних системою функцій. У відповідність до цього ставиться технічна структура як сукупність технічних засобів і певних зв'язків між ними, а ефективність системи управління оцінюється єдиним узагальненим показником.

Об'єкт управління, наприклад, випарна установка, сушильний агрегат, холодильна камера, котлоагрегат тощо, є відкритою системою і взаємодіє із зовнішнім середовищем, яке в свою чергу може порушувати режим роботи об'єкта за рахунок впливу збурень. Регулятор, а це може бути мікропроцесорний засіб, їх сукупність чи ЕОМ, маючи інформацію про стан об'єкта та програму управління, формує управляючу дію (керування або регулювання), яка забезпечує відповідність реального стану об'єкта бажаному. При управлінні об'єктами потрібно враховувати, що всі процеси регулюються не миттєво, а протягом певного часу, тобто об'єкти є інерційними. Процес управління складається з певних етапів, основними з яких є: збір і обробка інформації про об'єкт та її попередня обробка, збір і обробка інформації про навколишнє середовище; аналіз інформації; вироблення управління як функції порівняння поточного стану об'єкта та бажаного; реалізація управління за допомогою технічних засобів. Системи управління технологічними об'єктами функціонують у реальному масштабі часу, тому вони повинні реагувати на такі події, як: зміна параметрів зовнішнього середовища, передусім кількості та якості сировини; зміна характеристик самого об'єкта за рахунок зміни робочих режимів і об'ємів чи поверхонь; зміна складу об'єкта при введенні нових агрегатів або виведенні їх у ремонт; збої та похибки в роботі програмних технічних комплексів; зміна завдань системи тощо.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

### 7.1. Постановка задачі дослідження.

У практиці автоматизації технологічних процесів в електроенергетиці, металургії, хімії, промисловому комплексі та ряді інших галузей промисловості часто доводиться вирішувати завдання управління об'єктами зі значним транспортним запізненням. Тимчасові затримки (тобто запізнювання) призводять до того, що інформація про хід процесу надходить регулятором пізніше, ніж це необхідно, що може привести до втрати стійкості замкнутої системи управління. Складність управління об'єктами з тимчасовими затримками характеризується відношенням величини затримки до постійної часу об'єкта. Існує два способи підвищення якості управління таким об'єктом: зменшити затримку в об'єкті за рахунок зміни конструкції об'єкта або застосувати більш складні структури систем управління, що знижують негативний вплив затримки. До таких структур належать системи автоматичного управління (ОВС) з провідною ланкою. Рекомендується використовувати його в наступному відношенні.

$$\frac{\tau}{\tau+T} = (0,2 \dots 0,5)$$

де  $\tau$  – час запізнення об'єкта,  $T$  – стала часу об'єкта.

Однак традиційні PID-контролери найчастіше використовуються для керування об'єктами із запізненням, що не завжди забезпечує задану якість регулювання.

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

Прогноз Сміта містить додатковий цикл зворотного зв'язку з модулем моделювання, який містить модель об'єкта із запізненням, а також модель об'єкта без затримки (рис. 7.1.1). Еквівалентні структури SAR з випереджувачем Сміта розглядаються в ряді робіт. Регулюючий ефект в SAR з випереджувачем Сміта обчислюється за формулою:

$$U = K * \varepsilon(t) + \frac{K}{T_i} \int \varepsilon(t)dt - \frac{1}{T_i} \int (u(t) - u(t - \tau))dt,$$

де  $K$  – коефіцієнт підсилення;  $T_i$  – стала часу інтегрування;  $\varepsilon$  – розузгодження;  $\tau$  – запізнення.

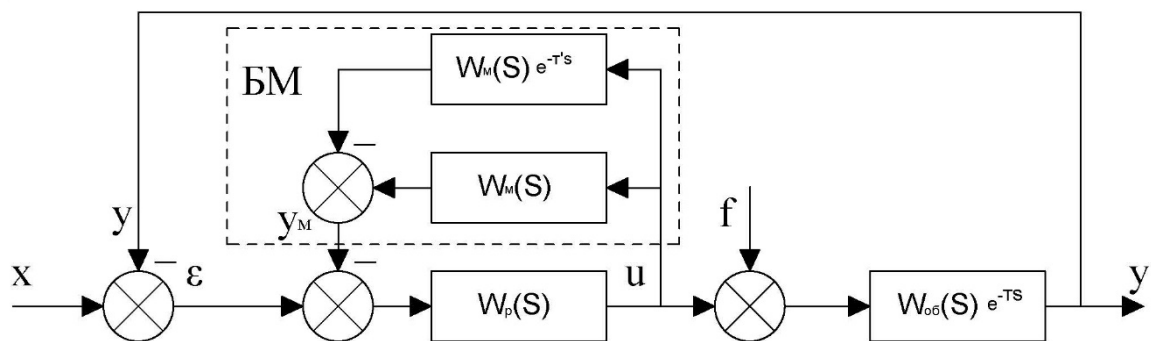


Рисунок 7.2.1 – Структура САР з випереджувачем Сміта:

$x$  – завдання;  $\varepsilon$  – розузгодження;  $u$  – регулюючий вплив;

$f$  – збурення;  $y$  – значення регульованої величини;

$W_p(s)$  – передаточна функція регулятора;

$W_{об}(s) \cdot e^{-\tau s}$  – переда-точна функція об'єкта регулювання;

$W_m(s)$  – передаточна функція моделі об'єкта

Таким чином, на виході імітаційного блоку ми отримуємо той же сигнал, який пізніше з'явиться на виході системи, і подаємо його на вхід імітатора до тих пір, поки не з'явиться сигнал з контуру зворотного зв'язку. САР з удосконаленим Сміт не отримали широкого застосування, так як їх реалізація дещо складніше, ніж САР з субрегулятором, і вимагає точної ідентифікації об'єкта регулювання.

Найвища якість регулювання досягається тоді, коли передавальні функції моделі (що містяться в предикторі Сміта) і реального об'єкта регулювання.

$$W_M(S) e^{-T's} = W_{об}(S) e^{-Ts}.$$

Для виявлення переваг і недоліків традиційного ПІД-контролера в порівнянні з ПІ-контролером за допомогою випереджувача Сміта для САР об'єкта було проведено моделювання в програмному забезпеченні Simulink середовища Matlab. Структурні схеми досліджуваного САР наведені на рис. 7.1.2 та 7.1.3. Для дослідження САР з випереджувачем Сміта був обраний ПІ-регулятор, так як він легше конфігурується, ніж ПІД-регулятор, і забезпечує високу точність регулювання, а предиктор Сміта – компенсацію затримки. Для дослідження ми використовуємо модель об'єкта з передаточною функцією [19]:

$$W(s) = \frac{0,5}{160s+1} e^{-60s}, \quad \text{тоді} \quad \frac{\tau}{\tau+T} = \frac{60}{60+160} = 0,27.$$

де:  $\tau$  – час запізнення;  $T$  – постійна часу.

Дані для передаточної функції ( $\tau=60\text{с}$  та  $T=160\text{с}$ ) були підібрані на основі експериментальних досліджень регуляторів систем нагрівання топкових камер. Ці динамічні характеристики розраховали виходячи з моделювання графічної частини перехідного процесу, основою якого є дані про перебіг перехідних процесів при температурах нагрівання 200-400 С°, що відповідає досліджуваному контуру регулювання температури топкової камери тунельної печі.

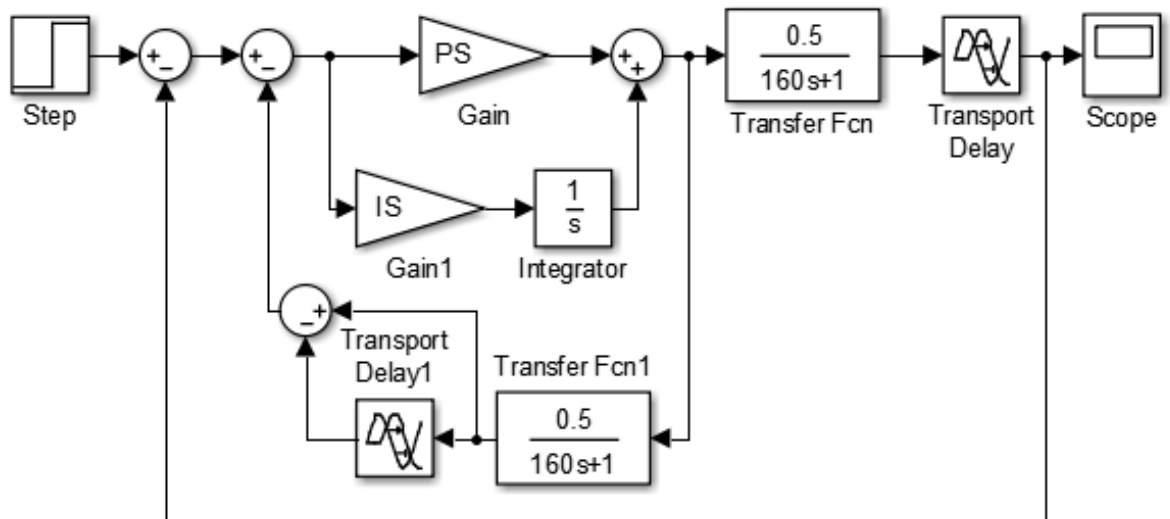


Рисунок 7.2.2 – Структурна схема досліджуваної САР з ПІ-регулятором та випереджувачем Сміта в програмному додатку Simulink

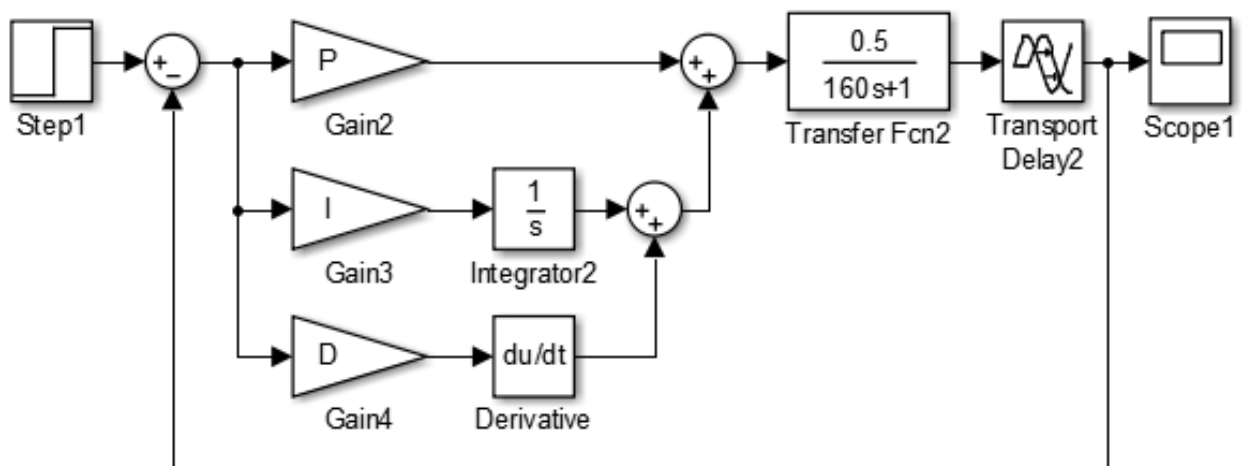


Рисунок 7.2.3 – Структурна схема досліджуваної САР з ПІД-регулятором в програмному додатку Simulink

### 7.3. Моделювання САР.

У процесі дослідження були підібрані оптимальні налаштування випереджувача Сміта та ПІД-регулятора для САР даного об'єкта, перехідні характеристики яких наведені на рис. 7.1.4 та 7.1.5 відповідно.

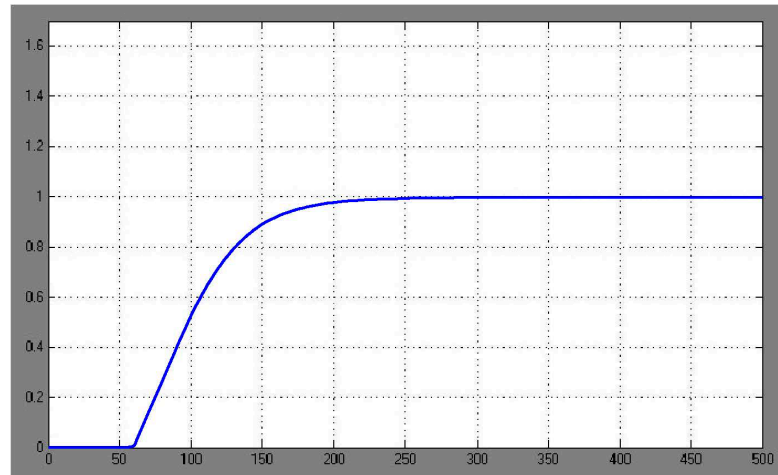


Рисунок 7.2.4 – Перехідна характеристика зі збільшеною сталою часу об'єкта  $T=1,13 \cdot T_0$  для випереджувача Сміта.

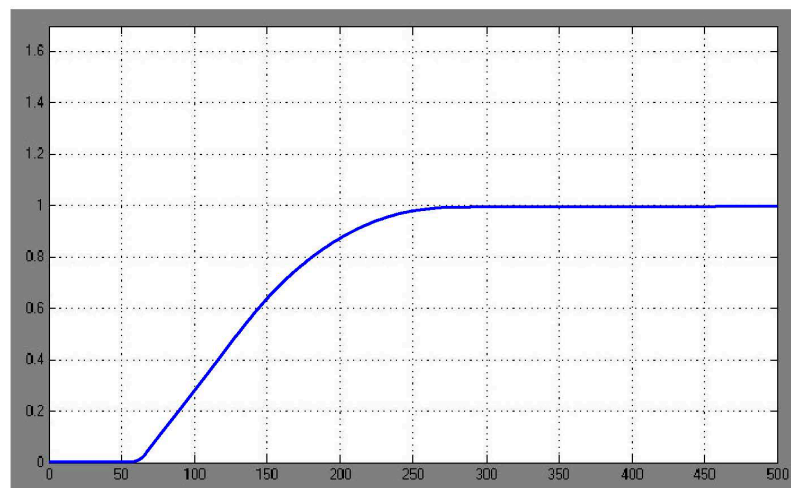


Рисунок 7.2.5 – Перехідна характеристика зі збільшеною сталою часу об'єкта  $T=1,13 \cdot T_0$  для ПІД-регулятора.

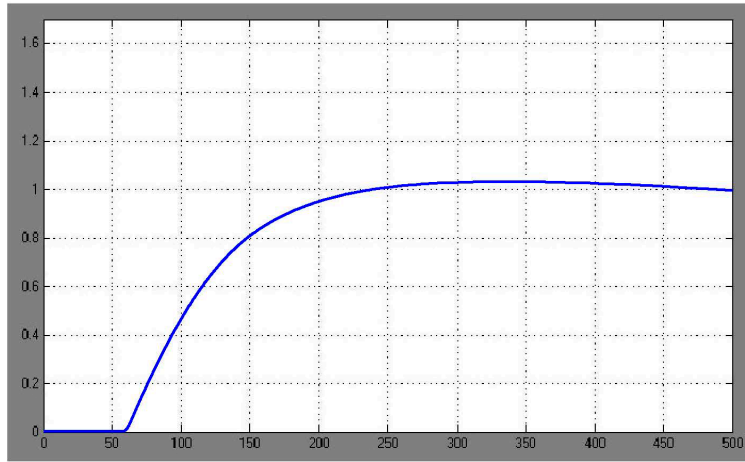


Рисунок 7.2.6 – Дослідження перехідного процесу на робастість предиктором Сміта.

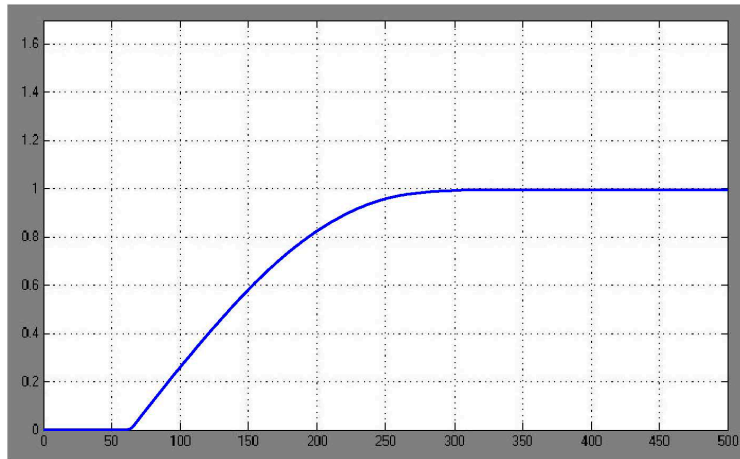


Рисунок 7.2.7 – Дослідження перехідного процесу на робастість ПД-регулятором.

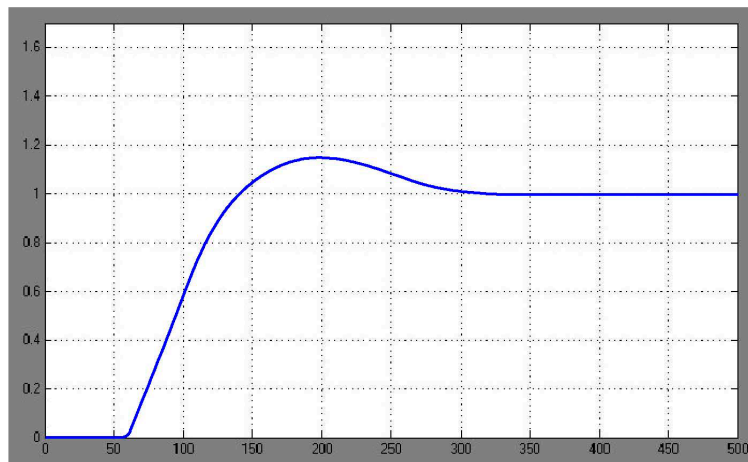


Рисунок 7.2.8 – Дослідження перехідного процесу шляхом збільшення коефіцієнта передачі об'єкта на 15% предиктором Сміта.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

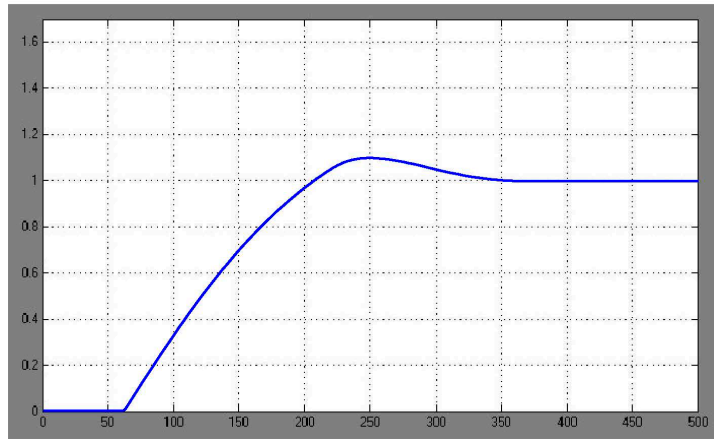


Рисунок 7.2.9 – Дослідження перехідного процесу шляхом збільшення коефіцієнта передачі об'єкта на 15% ПІД-регулятором.

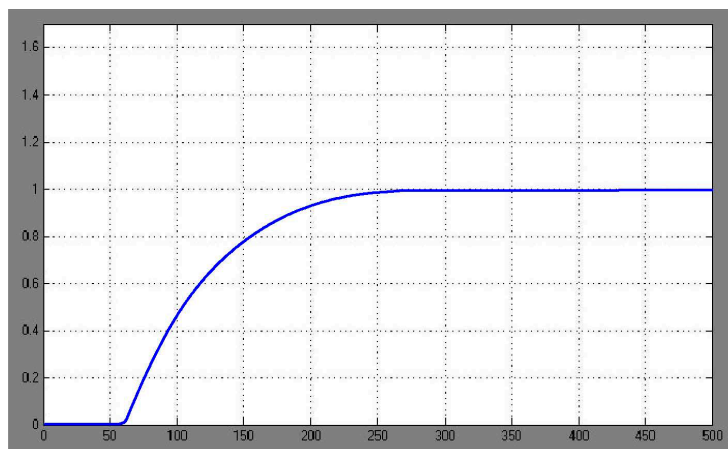


Рисунок 7.2.10 – Дослідження перехідного процесу шляхом внесення збурення в об'єкт, що рівне 15% від завдання предиктором Сміта.

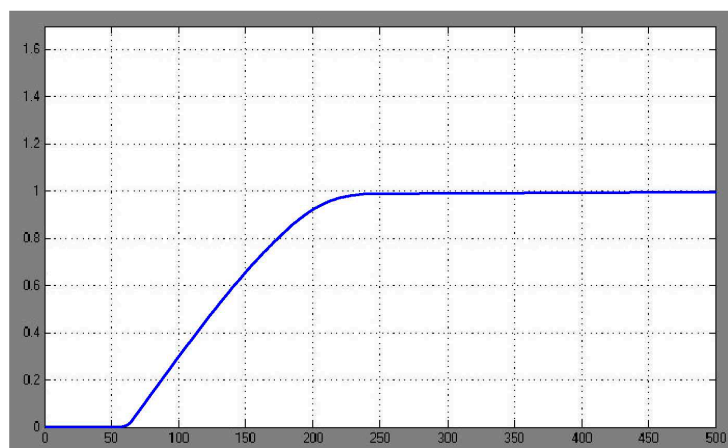


Рисунок 7.2.11 – Дослідження перехідного процесу шляхом внесення збурення в об'єкт, що рівне 15% від завдання ПІД-регулятором.

Коефіцієнти налаштування ПД-регулятора:  $K_p=1,8235$ ,  $K_i=0,0036$ ,  $K_d=132,3567$ . Коефіцієнти налаштування ПІ-регулятора з випереджувачем Сміта:  $K_p=5,65324$ ,  $K_i=0,0152$ . Також було проведене дослідження на робастність шляхом збільшення сталої часу об'єкта на 15% (на рис. 7.2.6 і 7.2.7); шляхом збільшення коефіцієнта передачі об'єкта на 15% (на рис. 7.2.8 і 7.2.9); шляхом внесення збурення в об'єкт, що рівне 15% від завдання (на рис 7.2.10 та 7.2.11).

Показники якості контролю для САР з ПД-регулятором і випереджувачем Сміта при різних значеннях параметрів об'єкта наведені в таблиці ( $t_p$ -час контролю,  $\sigma$ -перерегулювання). У всіх перехресних процесах немає встановленої помилки. При дослідженні САР з випередженням Сміта і субрегулятором по робастості зі збуренням виявлено, що перевищення, яке виникає при роботі цих систем, майже однакове, але час регулювання в САР з випередженням Сміта значно менше, що є великою перевагою. Слід зазначити, що якість налаштування в САР з випередженням Сміта істотно залежить від точності ідентифікації моделі об'єкта. Як видно з результатів моделювання, зміни постійної часу і коефіцієнта перетворення об'єкта дещо погіршують якісні показники САР з предиктором Сміта, але вони залишаються задовільними. Однак зміна реального часу запізнювання об'єкта в порівнянні з тим на якому заснована попереджувальна модель Сміта призводить до значного погіршення якості регулювання, виникнення флуктуацій, що може привести до втрати стійкості системи. Тому необхідно використовувати адаптивні АТС (рис. 7.2.12) містить блок адаптації (БА) для автоматичного визначення часу затримки і внесення відповідної корекції в модель об'єкта управління. Алгоритми роботи адаптаційного блоку можуть мати різну складність, але їх практична реалізація не представляє складності з урахуванням обчислювальної потужності сучасних мікропроцесорних засобів автоматизації.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

Таблиця 7.2.1 – Показники якості САР.

Модель об'єкта	ПІД-регулятор		Випереджувач Сміта	
	$t_p, c$	$\sigma, \%$	$t_p, c$	$\sigma, \%$
Початкова модель об'єкта	163	0	132	0
Модель об'єкта з $T=1,13 T_0$	176	2,9	148	3,4
Модель об'єкта з $K=1,13 K_0$	137	6,5	102	7,7
Модель об'єкта зі збуренням	151	3	118	2,6

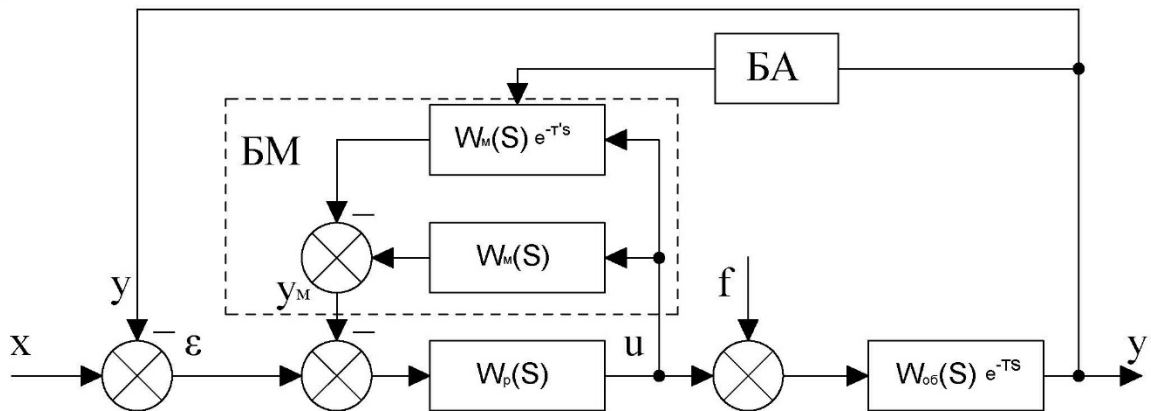


Рисунок 7.2.12 – Структура адаптивної САР з випереджувачем Сміта

#### 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

Таким чином, з результатів моделювання видно, що випереджаючий елемент Сміта значно ефективніше ПІД-регулятора для САР з запізнюючим об'єктом.

Однак завдання параметрів випереджувача Сміта складніше, ніж ПІД-регулятора, оскільки необхідно налаштувати п'ять параметрівпараме-три ПІД-регулятора ( $K$ ,  $T_i$ ) та параметри моделі об'єкта ( $K_o$ ,  $T_o$  і  $\tau$ ). Це головна причина того, що САР з випереджувачем Сміта не отримали значного поширення. Тому в іншому випадку використання випереджувача Сміта не рекомендується, а необхідно використовувати модифіковані контролери з контуром оптимізації та адаптації.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

## ВИСНОВКИ

Тунельні хлібопекарські печі встановлюються на підприємствах з великим обсягом виробництва. Вони можуть використовуватися в якості самостійної одиниці або в складі виробничої лінії. Призначені для поточного виробництва різних сортів хліба та кондитерських виробів. Тунельна піч здатна забезпечити виробництво хлібобулочних виробів об'ємом до 50 т/добу. Як правило, піч тунельного типу має кілька камер-печей, завдяки чому довжина тунелю може варіюватися. Хліб рухається в такій печі в заданому темпі. Ці особливості дозволяють організувати в тунельній печі кілька температурних зон і отримувати рівномірну ступінь випікання, а також необхідний для споживача зовнішній вигляд готових виробів.

Для переміщення хліба застосовуються металева сітка або стрічка. Після проходження зон випічки, продукт автоматично надходить на транспортер для охолодження, а потім на упаковку.

В даній роботі було розроблено систему автоматизації для керування тунельною піччю, в якій було використано засоби автоматизації, що підібрані на основі сучасного науково-технічного розвитку.

Матеріально-технічні засоби були підібрані з врахуванням умов їх експлуатації, метрологічних характеристик, швидкодії, надійності та економічності. Для цього, на основі вимог технології до процесу регулювання, даних про динамічні властивості об'єкту та досвіду експлуатації засобів автоматизації, обраний оптимальний для заданих умов закон регулювання кожного параметра, що регулюється. Також розглянуті методи монтажу та налагодження приладів та засобів автоматизації. Наведені установчі креслення і схеми електричних ТЗА.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фёдоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие./ Ю.Н.Фёдоров М.: - Инфра-инженерия, 2008. – 928 с.,12 ил.
2. Тошинський В.І. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Навч. посібник [Текст] / В.І. Тошинський, М.О. Подустов – Харків: НТУ «ХП», 2006. – 412 с 2.
4. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: Учебник. – 9-е изд.; перераб. и доп. / Под ред. Л.И. Пучковой. – СПб.: Профессия, 2005. – 416 с.
5. Хромеенков В.М. Оборудование хлебопекарного производства: Учеб. для нач. проф. Образования. - М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 2000. - 320с.
6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник [Текст]/ А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра.- К.: Аграрна освіта, 2001.- 224 с. 2. Ельперін, І. В. Автоматизація виробничих процесів [Текст] / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький.- Вид. 2-ге виправлене – К.: Вид. Ліра-К, 2015. – 378 с. 3. Зігунов, О.М.
7. Калениченко А.В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике. /Под ред. А.В.Калиниченко: М.: "Инфа-Инженерия", 2008. – 576 с.
8. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров: – СПб. Издательство: ДЕАН. 2006. – 844 с.
9. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2. / А.Л. Нестеров: - СПб. Издательство: ДЕАН. 2009. – 944 с.
10. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: Навчальний посібник/ І.В.Ельперін – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
11. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.1./ А.П.Ладанюк – Вінниця.: Нова книга, 2004. – 184 с.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

12. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.2/ А.П.Ладанюк – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
13. Системний аналіз складних систем управління. Навчальний. посібник / Ладанюк А.П., Смітюх Я.В., Власенко Л.О. – К.:НУХТ, 2013. – 274с..
14. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах [Текст]: Навчальний посібник. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк // К.: Вид.-во "Ліра-К", 2011. – 552 с.
15. Проектування систем автоматизації. Трегуб В.Г. Навч. пос. — К: Видавництво Ліра-К., 2014. — 344с.
16. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник/ Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 224.
17. Кулешов, О.Ю. Разработка численного метода расчета тепломассопереноса в хлебопекарных печах / О.Ю. Кулешов, В.М. Седелкин // Сборник докладов Юбилейной Международ. науч.-практ. конф. «Пищевые продукты XXI века». – М.: МГУПП, 2001. – Т.2.- С.61.
18. Пучкова Л.И., Поландова Р.Д., Матвеева И.В. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть I. Технология хлеба. - СПб.: ГИОРД, 2005. - 559с.
19. Дослідження ефективності систем автоматичного регулювання з випереджувачем Сміта (Study of control systems with Smith's predictor). *ResearchGate GmbH. All rights reserved.* [Електронний ресурс]. Доступно: [https://www.researchgate.net/publication/283734515\\_Doslidzenna\\_efektivnosti\\_sistem\\_avtomatichnogo\\_reguluvanna\\_z\\_viperedzuvacem\\_Smita\\_Study\\_of\\_control\\_systems\\_with\\_Smith%27s\\_predictor](https://www.researchgate.net/publication/283734515_Doslidzenna_efektivnosti_sistem_avtomatichnogo_reguluvanna_z_viperedzuvacem_Smita_Study_of_control_systems_with_Smith%27s_predictor) . Дата звернення: 30.05.2020.
20. Огляд SCADA TRACE MODE 6. *AdAstra Research Group, Ltd.* [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.adastra.ru/products/overview/> . Дата звернення: 30.05.2020.
21. Датчик тиску OPTIBAR LC 1010 C. *KROHNE Messtechnik GmbH.* [Електронний ресурс]. Доступно: <https://krohne.com/en/products/level->

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- measurement/level-transmitters/pressure-level-transmitters/optibar-lc-1010/ . Дата звернення: 30.05.2020.
22. Термометр опору OPTITEMP TT 33 C/R. *KROHNE Messtechnik GmbH*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ua.krohne.com/ru/dlc/informacija-priboru/temperaturnye-datchiki/> . Дата звернення: 30.05.2020.
23. Механізм електричний однообертний фланцевий МЕОФ-16/25-0,25-02У. *ООО "ЦЕНТРКАБЕЛЬПРИБОР"*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ckpr.ru/index.php/katalog/mekhanizmy-i-privody/item/111-meof-40.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
24. Ультразвуковий витратомір OPTISONIC 7300. *KROHNE Messtechnik GmbH*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ua.krohne.com/ru/pribory/izmerenie-raskhoda/raskhodomery/ultrazvukovye-raskhodomery/optisonic-7300/> . Дата звернення: 30.05.2020.
25. Фотодатчик ФД-02. *НПП "Прома" Производство и внедрение приборов автоматизации*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.promav.ru/production/fotodatchiki-i-signalizatory-goreniya/fotodatchik-fd-02-ik/> . Дата звернення: 30.05.2020.
26. Клапан газовий КЕГ-40.НЗ. *НПП "Прома" Производство и внедрение приборов автоматизации*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.promav.ru/production/zapalno-zashchitnye-ustroystva-pilotnye-gorelki/klapana-elektromagnitnye-keg/> . Дата звернення: 30.05.2020.
27. Запально-захисний пристрій ЗЗУ-6. *НПП "Прома" Производство и внедрение приборов автоматизации*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.promav.ru/production/zapalno-zashchitnye-ustroystva-pilotnye-gorelki/zapalno-zashchitnoe-ustroystvo-zzu/> . Дата звернення: 30.05.2020.
28. Трифазний асинхронний двигун АІР112М2. *ТОВ «СИСТЕМАКС»*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://systemax.ua/ua/elektrodvigateli/trehfaznye-obshepromyshlennye-elektrodvigateli/air/air112m2--7-5-kvt-3000-ob-min-.html> . Дата звернення: 30.05.2020.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		109

29. Блок живлення 6EP1333-1LD00. *ПРОМЭНЕРГО АВТОМАТИКА*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.siemens-pro.ru/sitop/6EP1333-1LD00.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
30. Частотний перетворювач FR-E740-170-ES. <http://mitsubishi.drives-ua.com>. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://mitsubishi.drives-ua.com/fr-e700.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
31. Трансформатор розпалу ТРИ-220. *ЕнергоТехАвтоматика*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zzu-eta.ru/product/transformator-rozzhiga-induktsionnyj-tri-220-2/> . Дата звернення: 30.05.2020.
32. Пускач безконтактний реверсивний ПБР-2МН. *Microsoft Word - \317\301\320\_2\314.doc*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.zeim.ru/production/docs/d/10180.pdf> . Дата звернення: 30.05.2020.
33. Система управління ПЛК System SLIO. *VIPA*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
34. Панельний комп'ютер Panel PC PPC021 ES. *VIPA*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://vipa.com.ua/products/hmi/panel-pcs/item/67s-pnl0-jx.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
35. Процесорні модулі System SLIO. *VIPA*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio/cpus.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
36. Процесорний модуль CPU 014 (014-CEF0R00). *VIPA*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio/cpus/item/014-cef0r00.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
37. Модулі живлення System SLIO. *VIPA*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio/power-supply.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
38. Модуль розподілення живлення РМ 007 (007-1AB00). *VIPA*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio/power-supply/item/007-1ab00.html> . Дата звернення: 30.05.2020.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

39. Дискретні сигнальні модулі PLC Vipa SLIO. *VIPA*. [Електронний ресурс].  
Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio/signal-modules-digital.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
40. Модуль дискретних входів SM 021 (021-1BD00). *VIPA*. [Електронний ресурс].  
Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio/signal-modules-digital/item/021-1bd00.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
41. Модуль дискретних виходів SM 022 (022-1HB10). *VIPA*. [Електронний ресурс].  
Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio/signal-modules-digital/item/022-1hb10.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
42. Модуль дискретних виходів SM 022 (022-1BF50). *VIPA*. [Електронний ресурс].  
Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio/signal-modules-digital/item/022-1bf50.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
43. Аналогові сигнальні модулі PLC Vipa SLIO. *VIPA*. [Електронний ресурс].  
Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio/signal-modules-analog.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
44. Модуль аналогових входів SM 031 (031-1BD40). *VIPA*. [Електронний ресурс].  
Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio/signal-modules-analog.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
45. Модуль аналогових виходів SM 032 (032-1BD40). *VIPA*. [Електронний ресурс].  
Доступно: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/slio/signal-modules-analog/item/032-1bd40.html> . Дата звернення: 30.05.2020.
46. Програмний комплекс VIPA CONTROLS SPEED7 STUDIO. *СВ Альтера Львів*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://svaltera.lviv.ua/2019/01/28/yaskawa-vipa-speed7-studio-1-8/> . Дата звернення: 30.05.2020.
47. 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.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111