

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем

управління

«До захисту в ЕК»

Декан факультету

Андрій ФОРСЮК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«04» червня 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ярослав СМІТЮХ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«04» червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані

(код та назва спеціальності)

технології»

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

на тему: Розробка системи автоматизації процесу в автоклаві

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-1

Ступак Ілля Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Міркевич Роман Миколайович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Володимир Овчарук

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач (підпис)

Київ – 2024 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав СМІТЮХ

«15» квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ступаку Іллі Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації процесу в автоклаві*

керівник роботи *доц. Міркевич Роман Миколайович*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «15» квітня 2024 р. №279-к

2. Строк подання здобувачем роботи «04» червня 2024 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.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 15 квітня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Ілля СТУПАК

_____ (підпис)

Керівник роботи Роман МІРКЕВИЧ

_____ (підпис)

Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації процесу в автоклаві. В кваліфікаційній роботі представлено опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчику тиску WIKA S-20, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Розроблено алгоритм та програма для управління процесом в автоклаві. Програма розроблена для ПЛК M340 від виробника Schneider Electric. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні SCADA Zenon та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

Ключові слова: автоклав, автоматизація, M340, WIKA S-20.

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

Annotation

This qualification paper considers the development of a process automation system in an autoclave.

The qualification work presents a description of the technological process, the task for the automation system, the automation scheme, the specification of technical automation tools, the wiring diagram of the technical automation tool - the pressure sensor WIKA S-20, the connection schemes of sensors and actuators to the PLC and the extended connection schemes of the technical means.

An algorithm and a program for controlling the process in an autoclave have been developed. The program is designed for PLC M340 from the manufacturer Schneider Electric. The interface of the SCADA program of the technological process is developed in the software provided by SCADA Zenon and the appearance of the display mnemonic diagram is presented in the note.

Keywords: autoclave, automation, M340, WIKA S-20.

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

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	14
Розділ 2. Система автоматизації	15
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	15
2.2. Схема автоматизації.....	25
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	27
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	30
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	30
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	36
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	37
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	41
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	45
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	55
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	55
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	57
Висновки	58
Список використаної літератури	59

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Забезпечення ефективного та безпечного проведення процесів в автоклаві в сучасній промисловості має вирішальне значення для досягнення високих стандартів якості та продуктивності. Автоматизація цього процесу є ключовим напрямком розвитку, що спрямований на оптимізацію виробничих процесів, зменшення витрат ресурсів та підвищення конкурентоспроможності підприємства.

У контексті нашої теми, автоматизація процесу в автоклаві відкриває широкі можливості для покращення якості та ефективності виробництва. Застосування сучасних технологій дозволяє не лише автоматизувати контроль за технологічними параметрами, але й забезпечує швидкий реагування на зміни у процесі, уникнення помилок та зниження ризику виникнення аварійних ситуацій.

Мета даної роботи полягає у розробці та впровадженні системи автоматизації для оптимального контролю та управління процесом в автоклаві. Це передбачає створення проектної документації, вибір відповідного обладнання та програмного забезпечення, а також налагодження системи з урахуванням конкретних потреб та особливостей виробництва. Результатом цієї роботи буде підвищення якості продукції, зменшення витрат ресурсів та підвищення загальної ефективності виробництва.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

Виробництво консервів у м'ясній промисловості має важливе значення через сезонність переробки худоби, що дозволяє швидко перетворювати значну кількість м'яса на готовий і довговічний продукт. М'ясні консерви мають ряд переваг порівняно з іншими методами збереження м'яса, такими як заморожування або соління. Вони довго зберігаються, зручні для транспортування і легко готуються до вживання. Завдяки цим властивостям, м'ясні консерви є незамінними у домашньому побуті, під час експедицій, у похідних умовах та сприяють створенню державних резервів продовольства. Попри обробку високими температурами, консерви зберігають всі амінокислоти, вітаміни і залишаються багатими на білки.

М'ясні консерви повинні бути без кісток, хрящів, сухожиль і грубих сполучних тканин. Вміст кухонної солі в більшості консервів не повинен перевищувати 1,0-2,2 %, а в консервах з попередньо посоленого м'яса – 3,0-3,5 %. Допустимий вміст нітрату – до 0,2

Стадії технологічного процесу виробництва м'ясних консервів:

Прийом та перевірка сировини: Спочатку сировинне м'ясо (яке може бути свіжим або замороженим) перевіряється на відповідність стандартам якості та безпеки. Важливо переконатися, що м'ясо відповідає всім вимогам щодо свіжості та чистоти.

Обробка сировини: Сировинне м'ясо може бути нарізане, подрібнене або розмелене за допомогою спеціального обладнання. Це допомагає створити потрібну текстуру для майбутнього продукту.

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Ступак І.В.			Розробка системи автоматизації процесу в автоклаві		
Керівник		Міркевич Р.М.				8	7
Зав. каф.		Смітюх Я.В.					
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					
					НУХТ АК-4-1		

Формування рецептури: Додавання інших інгредієнтів, таких як спеції, солі, цукор, консерванти та інші добавки, які підвищують смакові якості та зберігання продукту.

Наповнення контейнерів або банок: Отримана маса м'яса та інгредієнтів наповнюється в контейнери або банки, які будуть використовуватися для консервації. Це може бути автоматизованим процесом за допомогою машин для наповнення та дозування.

Закриття контейнерів або банок: Після наповнення контейнери або банки закриваються кришками або ковпаками. Це може бути виконано автоматично за допомогою спеціалізованого обладнання.

Стерилізація в автоклаві: Заповнені контейнери або банки поміщаються в автоклав для стерилізації. Під впливом підвищеної температури та тиску внутрішність упаковок стерилізується, що дозволяє зберегти продукт протягом тривалого часу.

Охолодження та випаровування: Після стерилізації упаковки охолоджуються, а з автоклаву випаровується надлишковий пар. Це забезпечує безпечне вилучення готового продукту та його подальше зберігання.

Маркування та упаковка: Готові консерви маркуються та упаковуються для подальшого розподілу та продажу. На упаковці можуть бути вказані інформація про продукт, дату виробництва, термін придатності та інші важливі дані.

Контроль якості: Під час усіх етапів виробництва проводиться контроль якості, щоб переконатися в відповідності продукту всім стандартам та вимогам безпеки і якості.

Стерилізація в автоклаві відіграє ключову роль у виробництві м'ясних консервів. Вона забезпечує безпеку та довготривале зберігання продуктів, знищуючи потенційно шкідливі мікроорганізми, що можуть викликати псування продукту або захворювання людей. Завдяки стерилізації продукти можна зберігати протягом тривалого часу без втрати якості.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Автоклави діляться на періодичної та безперервної дії за принципом роботи, а за конструкцією – на вертикальні та горизонтальні. Обидва типи використовуються для стерилізації консервів у різних видах тари. В залежності від температури стерилізації, консерви стерилізуються (пастеризуються) у відкритих апаратах при атмосферному тиску або в герметичних апаратах з протитиском.

Вертикальні стерилізатори періодичної дії є найбільш універсальними стерилізаційними апаратами. Вони дозволяють проводити стерилізацію (пастеризацію) консервів за атмосферного або надлишкового тиску, використовуючи гарячу воду, пару або пароповітряну суміш як нагрівальне середовище. Ці автоклави підходять для стерилізації консервів у жерстяній, скляній або полімерній тарі різних розмірів та в алюмінієвих тубах.

У автоклавах періодичної дії нагрівальним середовищем є водяна пара або гаряча вода. Стерилізацію парою без протитиску можна застосовувати для консервів у жерстяній тарі об'ємом до 500 см³. Пара, конденсуючись на холодній поверхні банок, передає значну кількість тепла і має високий коефіцієнт тепловіддачі, що може призвести до термічного пошкодження скляних банок. Тому цей метод використовується лише для консервів у невеликих жерстяних банках. Високий надлишковий тиск у банках об'ємом понад 500 см³ може деформувати кришки і денця або порушити їх герметичність.

Стерилізація парою забезпечує рівномірний температурний розподіл в автоклаві, а сталість температури конденсації дозволяє регулювати процес стерилізації через тиск нагрівальної пари. Це сприяє швидкому нагріванню банок та рівномірному поширенню тепла по всьому об'єму автоклава.

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

М'ясні консерви стерилізують при температурі 116...121°C під тиском, що перевищує атмосферний. Універсальним апаратом для стерилізації консервів, здатним проводити тепловий процес як під атмосферним, так і під надмірним тиском, та використовувати пару або воду для нагрівання, є вертикальні автоклави. Техніка стерилізації відрізняється в залежності від типу банок – жерстяних або скляних. Розглянемо автоматичну стерилізацію консервів у жерстяних банках в автоклавах.

Робота автоклава відбувається за такою послідовністю. Завантажені корзинами з герметично закритими банками, автоклав заповнюється паром. Спочатку відкривають вентиль на кришці автоклава для випуску залишкового повітря, яке виходить у атмосферу. Процес продування триває приблизно 10 хвилин, після чого клапан закривається. Протягом 30 хвилин, відповідно до встановленої формули стерилізації, подається пара для нагрівання. Коли досягається необхідна температура стерилізації, подача пари майже припиняється, і розпочинається період стерилізації за постійної температури.

Після завершення стерилізації подача пари припиняється, і вмикається подача стисненого повітря для створення необхідного тиску, щоб уникнути деформації банок і підтримувати температуру. Потім продувний клапан знову відкривається для зниження температури та тиску, і згодом закривається. Після цього починається подача охолоджувальної води, при цьому повільно відкривається злив води для поступового зниження тиску до атмосферного рівня, а температура води поступово знижується. Коли температура досягає 40°C, відкривається клапан для повного зливу води з автоклава.

У харчовій промисловості для стерилізації продуктів використовуються автоклави періодичної дії двох типів: горизонтальні та вертикальні.

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

Розглянемо конструкцію вертикального автоклава типу АВ-2.

Двохошовий автоклав (рис. 1.1) складається з вертикального циліндричного зварного корпусу 3, кришки 4, кошиків 10, програмного регулятора 9, а також арматури для підключення до магістралей пари, води, повітря та відводу конденсату.

На корпусі встановлені манометр 8, термометр 7 та датчик програмного регулювання 9. В нижній частині корпусу знаходиться кільцевий барботер 11 для подачі пари або стисненого повітря і зливний патрубок зі стаканом. Фланці кришки та корпусу стискаються один до одного за допомогою пристрою 2, що складається з п'ятнадцяти секторних захватів, закріплених на кільці з пружинної листової сталі та важільної системи для стягування і розведення поясного затискача.

На кришці передбачені штуцери для запобіжного клапана 5, який спрацьовує при тиску понад 0,35 МПа, та контрольно-спускового крана 6. Пара і повітря подаються в нижню частину автоклава; відведення води може здійснюватися як з верхньої, так і з нижньої частини, тоді як подача води для охолодження відбувається лише у верхню частину. Кришка автоклава 4 обладнана важільним пристроєм 1, що балансує її вагу і зменшує зусилля при відкриванні та закриванні. Кошик автоклава представляє собою сталеву циліндричну перфоровану ємність місткістю близько 500 літрів. Зовні кошика встановлені пружинні фіксатори для забезпечення гарантованого кільцевого зазору між корпусом і кошиком. Використання програмного регулятора 9 дозволяє здійснювати процес стерилізації в автоматичному режимі.

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

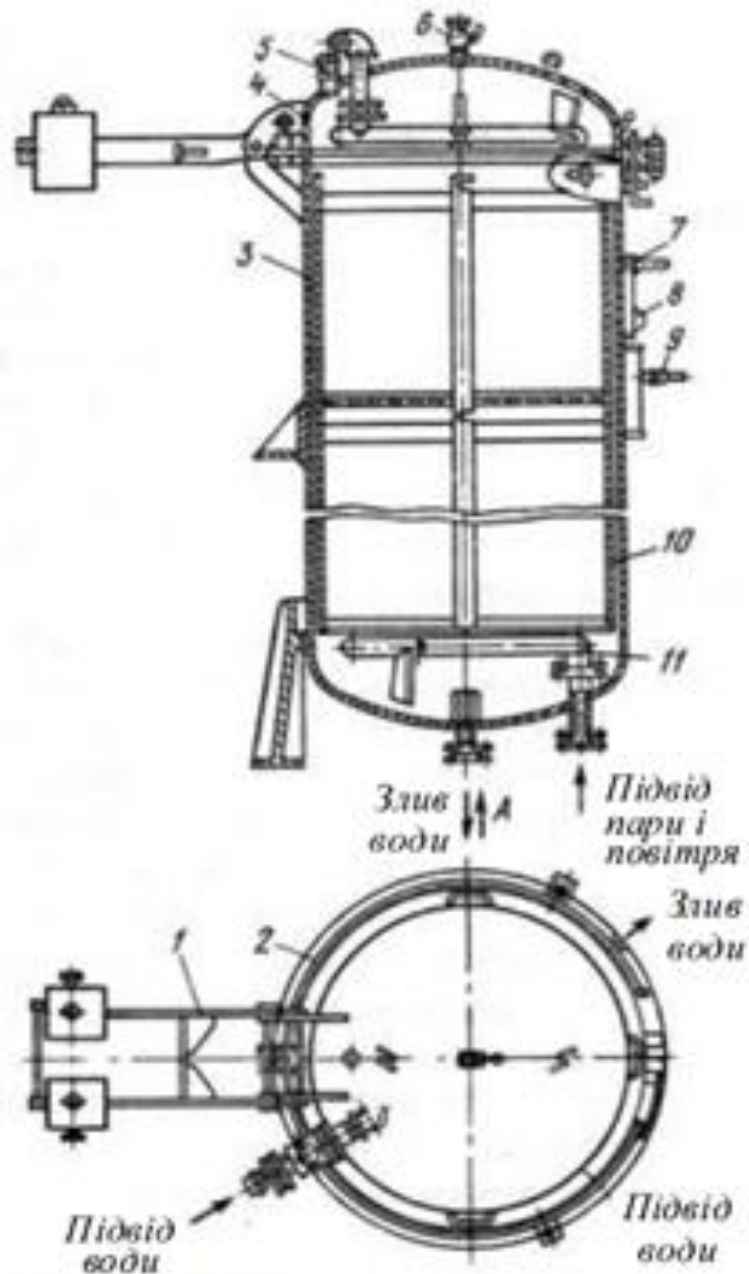


Рис. 1.1. Автоклав типу АВ-2

- 1 - урівноважувальний пристрій; 2 - затискач; 3 - корпус; 4 - кришка;
 5 - запобіжний клапан; 6 - контрольно-спусковий кран; 7 - термометр;
 8 - манометр; 9 - програмний регулятор; 10 - корзина; 11 - кільцевий барботер

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ №	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припус- тимо значення параметра	Вид автомати- зації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Транспор- туюча стрічка	Частота обертів	об/хв	Управління	Ручне, дистанційне	Пуск, зупинка з АРМа оператора і кнопка «Стоп» по місцю	
2	Вертика- льний автколав	Температ ура пастериза ції	121 °С	Регулю- вання	стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	
		Температ ура охолодже ння	40 °С	Регулю- вання	стабілізація	Вплив на клапан подачі води	
		Тиск в зоні	1-4,5 бар	Регулю- вання	стабілізація	Вплив на клапан подачі повітря	
		Рівень в зоні	80%	управління	стан	Вплив на клапан подачі води	
3	Трубопро- від подачі пари	Темпера- тура	100 °С	контроль	Відображе- ння, реєстрація	АРМ оператора	
4	Трубопро- від подачі води	Темпера- тура	40 °С	контроль	Відображе- ння, реєстрація	АРМ оператора	

Розділ 2. Система автоматизації

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

Датчик виміру рівня

Байпасний рівнемір FineTek EF. У пристрої використовується байпас - відвідна трубка, яка спільно з резервуаром діє на основі принципу сполучених посудин. У відвідній трубці встановлений поляризований елемент з магнітним полем, що плаває на поверхні рідини. У безпосередній близькості з трубкою встановлений елемент магнітострикційного типу. Він перетворює зміну відстані між магнітом і нижньою точкою трубки в струмовий сигнал з силою від 4 до 20 мА. Стінки байпаса містять прапорці, що обертаються під впливом магнітного поля. Для кожного положення підібраний свій колір. Завдяки чому можна легко побачити межу рівня вимірюваної рідини в патрубку, а відповідно і в резервуарі.



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд байпасного рівнеміра FineTek EF

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Ступак І.В.				15	15
Керівник		Міркевич Р.М.					
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

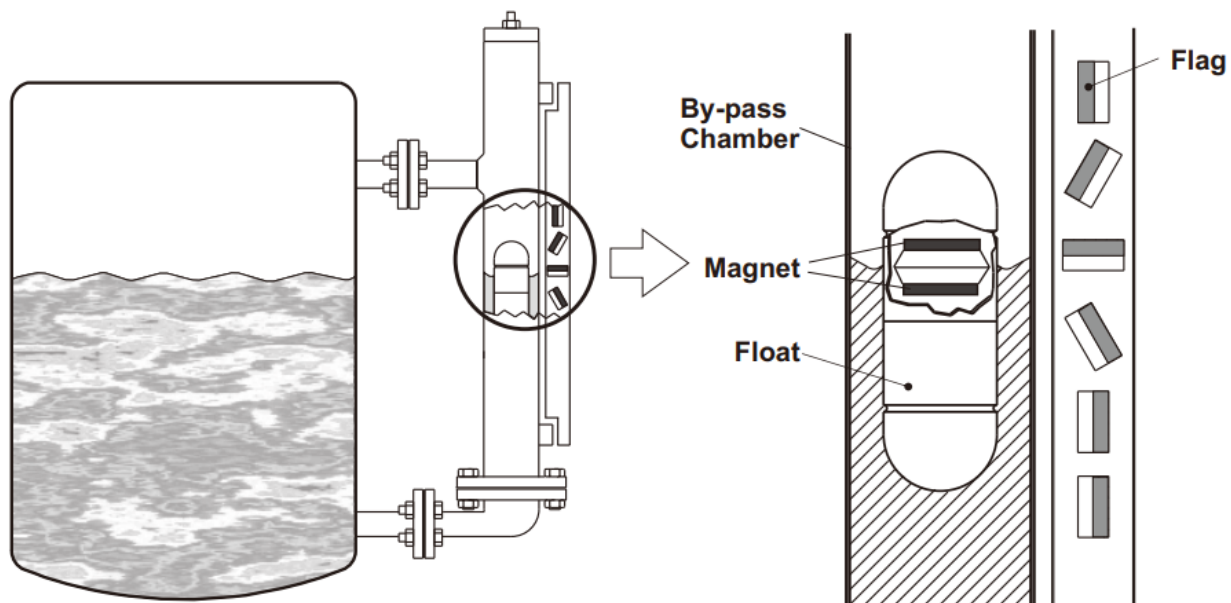


Рис. 2.2. Зображення принципу роботи

Metal Standard Type			
EF□□□A1H	EF□□□A5M	EF□□□B1H	EF□□□B1K

Рис. 2.3. Моделі і їх розміри

Технічні параметри:

- Надійне, довговічне і просте виконання
- Можливість підключення додаткових приладів
- Монтаж можливий без зупинки виробничих процесів
- Не потребує підключення кабелів електроживлення, не залежить від перебоїв з подачею електроенергії
- Простота визначення рівня завдяки зручній шкалі з ціною ділення 10 см, поділеною на ділянки різних кольорів
- Матеріал пристрою: титан, ПВДФ, ПП, SUS316
- Робоча температура: до +400 °С
- Робочий тиск: до 130 бар
- Точність вимірів: +/-6.35 мм
- Вихідний струм: від 4 до 20 мА

Model No. Description	EF□□□A1H	EF□□□A5M	EF□□□B1H	EF□□□B1K
Top End	Cap		Flat top with 1/2"PT plug	
Bottom End	Dual flange with 1/2"PT plug	Dual flange with 3" shield pipe	Dual flange with 1/2"PT plug	Dual flange with 1/2" drain valve
Bottom Flange	1-1/2" x 5kg/cm ²	3-1/2" x 5kg/cm ²	1-1/2" x 5kg/cm ²	
Connecting	3/4" x10kg/cm ² (Flange)	3" (Hole)	3/4" x10kg/cm ² (Flange)	
C-C Distance Flag Display Length(L)	Min. 150mm; Max. 5,800mm	Min. 150mm; Max. 2,000mm	Min. 150mm; Max. 5.800mm	
Operation Pressure	25kg/cm ² (Max. 50kg/cm ²)			20kg/cm ²
Operation Temp.	SUS304: 140°C, 200°C, 400°C SUS316: 140°C, 200°C, 400°C			SUS304: 140°C,200°C,350°C SUS316: 140°C,200°C,350°C
Chamber	φ60.5 x 2.8t			
Float Type	EFB-2580 (see page 9)			
Material	SUS304 / SUS316			
Flag Indicator	EFB-0700 (200°C), EFB-0740 (400°C), EFB-0750 (140°C) (see page 10)			
Ruler	Option (see page 11)			

Рис. 2.4. Специфікація та характеристики

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

- 2-wire level transducer (resistance output) connected with analog meter for level monitoring.

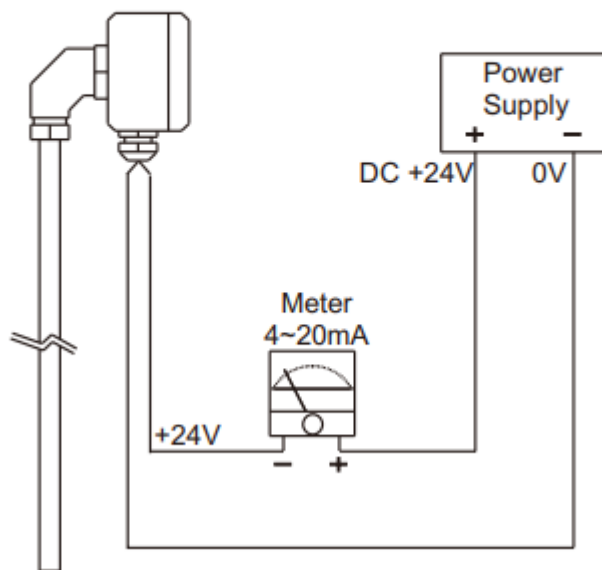


Рис. 2.5. Підключення

Вимір температури

Термоперетворювач опору KOBOLD LTS-K

Зміна опору платини в залежності від температури використовується для вимірювання температури за допомогою датчиків температури KOBOLD Resitive LTS. Пристрої електрично підключені з використанням 2- або 3-провідної технології, залежно від входу оцінювального пристрою та довжини лінії. Альтернативно, датчик температури може бути підключений до входу струму 4 - 20 мА (2-провідний струмовий контур) за допомогою вбудованого 2-провідного передавача. Датчики температури з підключенням, яке не має порожнини (наприклад, ...Т, ...М), оснащені харчовим металевим ущільнювачем, який утворює гігієнічну точку вимірювання в поєднанні з відповідною сварною гильзою LZE (підтверджено EHEDG). Датчики температури з довгим шийною трубкою підходять для постійного вимірювання високих температур (до 250 °C).

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



Рис. 2.6. Зовнішній вигляд KOBOLD LTS-K

Технічні параметри:

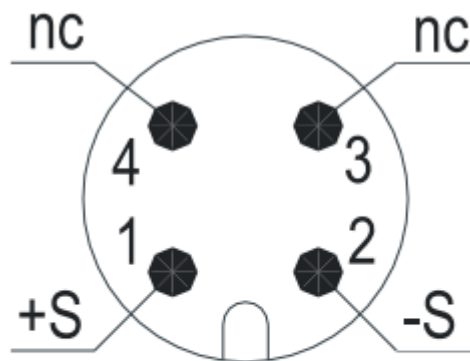
- Клас А відповідно до DIN IEC 751
- Діапазон вимірювання: -50...+250 °C
- Підключення: G 1/2, M12 для гігієнічної гильзи LZE
- Матеріал: нержавіюча сталь
- Максимальний тиск: 10 бар
- Опції: перетворювач головного монтажу 4-20 мА

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

LTS-K (compact version), with transmitter
Process connection (with neck well)

M 12 x 1,5 hygienic	G ½ hygienic	G ½ Standard
LTS-KHxxxM3xMx	LTS-KHxxxG4xMx	LTS-KHxxxR4xMx

Рис. 2.7. Типи і їх розміри



4...20 mA
(current loop)

Рис. 2.8. Підключення

Датчик перетворювач тиску

Датчик перетворювач тиску WIKA S-20

Принцип роботи датчика WIKA S-20 базується на вимірюванні деформації або напруги, що виникає в результаті прикладеного тиску до спеціального сенсорного елемента. Основним елементом датчика є діафрагма, яка зроблена з металевої мембрани, яка реагує на зміни тиску.

Коли тиск змінюється, діафрагма вигинається або стискається, що призводить до зміни її форми. Ця зміна форми викликає зміну електричного опору, напруги або струму в сенсорному елементі.



Рис. 2.9. Зовнішній вигляд WIKA S-20

Технічні параметри:

- Нелінійність: 0,25% BFSL
- Діапазон вимірювань: 0...16 бар
- Приєднання до процесу: G 1/4 A
- Ущільнення: мідь
- Допустима температура середовища: -40...+150°C
- Вихідний сигнал: 4...20 мА, 2-провідний
- Живлення: DC 8...35 В

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

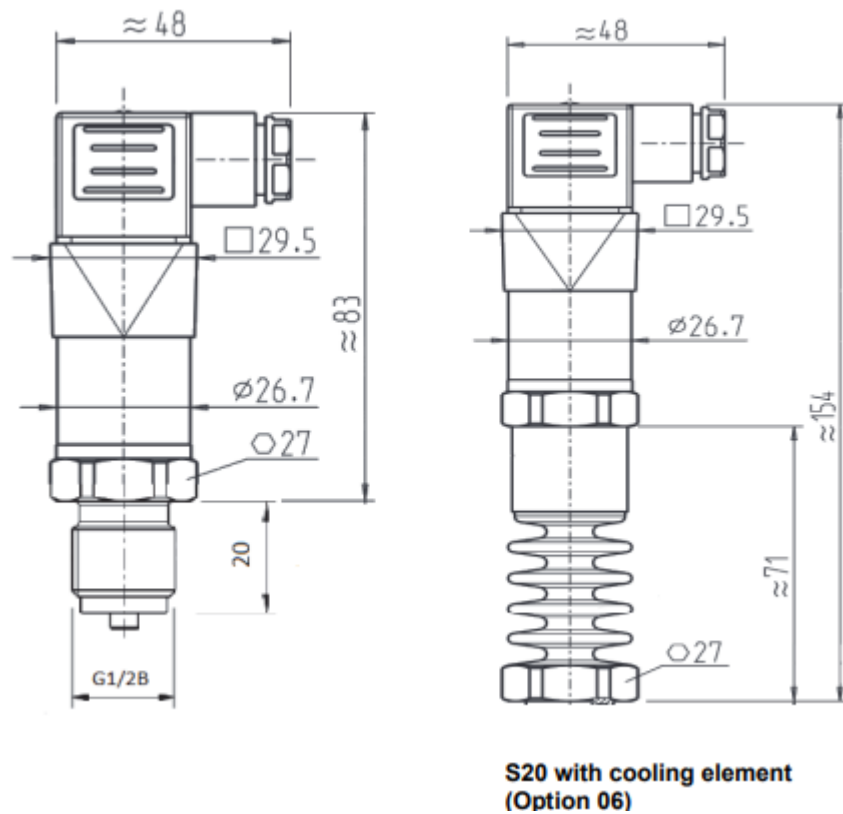


Рис. 2.10. Розміри датчика

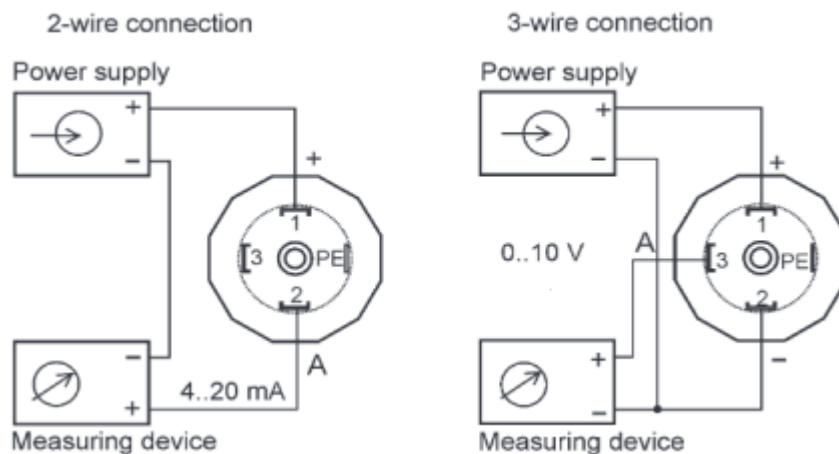


Рис. 2.11. Підключення

Електропневматичний перетворювач

Перетворювач Samson 6116

Електропневматичний перетворювач сигналів постійного струму. Призначений для перетворення електричних сигналів пост. струму від

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

вимірювальних пристроїв або регуляторів до пневматичних сигналів до виконавчих механізмів або пристроїв управління.



Рис. 2.12. зовнішній вигляд Samson 6116

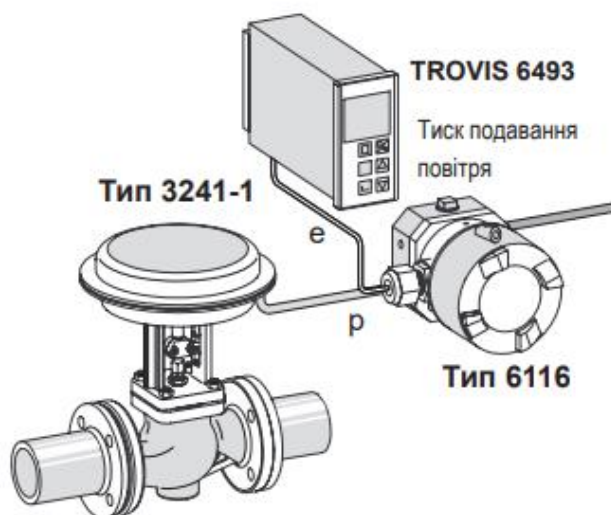


Рис. 2.13. Застосування

Технічні параметри:

- Тип: електропневматичні перетворювачі
- Вхід: 4...20 мА
- Вихід: 0,2...1 бар
- Вихідний сигнал: до 8 бар
- Температура довкілля: -30 - +60 °С, -40 - +70 °С
- Ступінь захисту: IP 54, IP 65

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

Пневматичні клапани

Пневматичний клапан FISHER V250

Клапан V250 є безфланцевим поворотним регулюючим клапаном, що використовується в системах подачі газу або рідини під високим тиском з дроселюванням або двопозиційним (увімкн./вимкн.) регулюванням (рис. 2.14.). Ці клапани працюють при подачі обертального руху на вхід через шліцований вал клапана/вал приводу та використовуються з механічними або ручними приводами.



Рис. 2.14. Зображення клапану

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

2.2. Схема автоматизації

На схемі автоматизації процесу автоклаву при виробництві м'ясних консервів, представлено: швидкість подачі банок до вертикального автоклаву, регулювання температури, тиску, рівня води.

Швидкість подачі банок по конвеєрній лінії до вертикального автоклаву регулюється за допомогою частотного перетворювача ATV650 (поз. 1а). Запуск і вимкнення транспортуючої лінії контролюється електромагнітним реле DRM 270548 WEIDMULLER (поз. KM1). Фіксація кінця шляху для зупинки двигуна транспортуючої стрічки фіксується датчиком положення HURON LJ12A3-4-Z/BX (поз. 1б) імпульсний сигнал від них надходить до модуля дискретних входів BMX DDI 1602.

Для регулювання температур для охолодження і стерилізації банок використовуються термометер опору KOBOLD LTS-A (поз. 3а) який містить нормуючий перетворювач, вихідний сигнал 4-20мА. Сигнал від нього йде на модуль аналогових входів BMX AMI 0810 , сигнал керування від модуля аналогових виходів BMX AMO 0802 подається на електропневмоперетворювача Samson 6116 (поз. 3б, 3г) звідки надходить пневматичний сигнал до виконавчого механізму Fisher V250 (поз. 3в,3д). Значення температури реєструється та відображається на мнемосхемі оператора. Для контролю температури на трубопроводах використовуються термометри опору KOBOLD LTS-A (поз. 2а, 2б) сигнал від них йде на модуль аналогових входів BMX AMI 0810.

Тиск повітря у автоклаві вимірюється за допомогою датчика тиску WİKA S-20(поз. 5а) який має уніфікований електричний сигнал 4-20 мА який надходить до модуля аналогових входів BMX AMI 0810. Сигнал від нього йде на модуль аналогових входів BMX AMI 0810 , сигнал керування від модуля аналогових виходів BMX AMO 0802 подається на електропневмоперетворювача Samson 6116 (поз. 5б) звідки надходить пневматичний сигнал до виконавчого механізму Fisher V250 (поз. 5в)

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

Об'єм виходу повітря продуванням керується витратоміром Rosemount 8600D (поз. 4а), вихідний сигнал якого 4-20 мА надходить до модуля дискретних входів BMX DDI 1602. Сигнал від модуля дискретних виходів BMX DDO 1602 надходить до електропневмоперетворювача Samson 6116 (поз. 4б) та з нього на пневматичний виконавчий механізм Fisher V250 (поз. 4в).

Кількість виводу використаної води керується витратоміром Kobold DVZ (поз. 8а), вихідний сигнал якого 4-20 мА надходить до модуля дискретних входів BMX DDI 1602. Сигнал від модуля аналогових виходів BMX AMO 0802 надходить до електропневмоперетворювача Samson 6116 (поз. 8б) та з нього на пневматичний виконавчий механізм Fisher V250 (поз. 8в).

Рівень води у зоні автоклаву контролюється байпасовим рівнеміром FineTek EF (поз. 7а), вихідний уніфікований сигнал якого надходить до модуля аналогових входів BMX AMI 0810 та відображається на мнемосхемі головного вікна оператора.

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

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ п/п	№ позиції за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	2а, 6а	По місцю	Термометр опору з нормуючим перетворювачем, вих. сигнал 4-20мА, живлення 24 В, діапазон -50...+250 °С	KOBOLD LTS-K	1	KOBOLD
2	3б,3г, 4б,5б, 8б	На щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, напруга живлення 24 В	Samson 6116	4	Samson
3	3в,3д, 4в,5в, 8в	По місцю	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа	Fisher V250	4	Emerson
4	3а	По місцю	Термометр опору з нормуючим	KOBOLD LTS-K	1	KOBOLD

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

1	2	3	4	5	6	7
			перетворювачем, вих. сигнал 4-20мА, живлення 24 В, діапазон -50...+250 °С			
5	4а	По місцю	Діапазон витрати Ду (DN) 25 - 200, темп. -50 +250°С, тиск 5 МПа	8600d	1	Rosemount
6	8а	По місцю	Діапазон витрати 1.5-650 л/хв, темп. +80°С, тиск 1000 кПа	Kobold DVZ	1	KOBOLD
7	5а	По місцю	Датчик тиску, діапазон вимір. 0-16 бар, нелінійність 0.25%, вих. сигнал 4-20мА, жив. 24 В	WIKA S-20	1	WIKA
8	7а	По місцю	Байпасовий рівнемір, діапазон 0-10м, темп. +400 °С, тиск до 130 бар, вих. сигнал 4-20 мА, точність виміру +-6.35 мм	FineTek EF	1	FineTek
9	КМ1	По місцю	Електромагнітне реле, Контакти 2СО, напруга 48 В АС, струм 10А	DRM 270548	1	WEIDMULLER

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7
10	1a	На щиті	Частотний перетворювач для асинхронних двигунів змінного струму потужністю 90 кВт, діапазон вих. част. 0,1..500Гц, живл. 380-480 В	ATV650	1	Schneider Electric
11	16	По місцю	Датчик визначення положення, живлення 24 В, сигнал виходу 4-20 мА	LJ12A3-4-Z/BX	1	HURON

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

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

3.1. Проектування промислового логічного контролера (ПЛК)

Система автоматизації автоклаву побудована на ПЛК М340 від компанії Schneider Electric.

Модулі для ПЛК М340 представлено в табл. 3.1 та їх компоновання наведено на рис. 3.1.

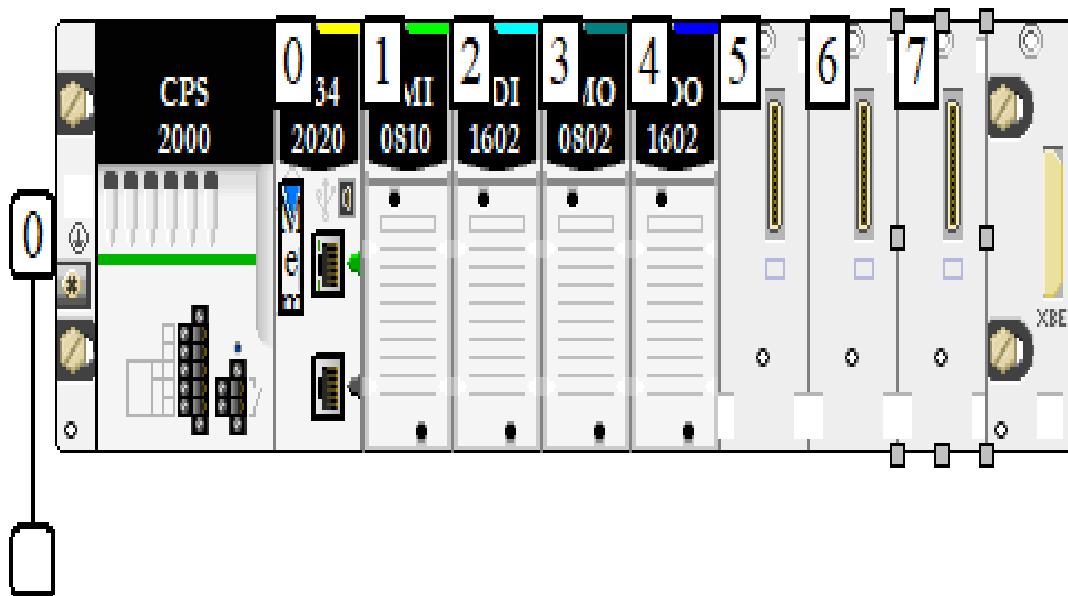


Рис. 3.1. Компоновання модулів PLC М340

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ступак І.В.			<i>Розробка системи автоматизації процесу в автоклаві</i>	Лім.	Арк.	Аркуші
Керівник		Міркевич Р.М.					30	11
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Таблиця 3.1. Задіяні модулі для PLC M340

Модулі вводу/виводу		Характеристика
Найменування	Кількість	
BMX P34 2020	1	процесор
BMX CPS 2000	1	Блок живлення
BMX AMI 0810	1	8 аналогових входів
BMX AMO 0802	1	8 аналогових виходів
BMX DDI 1602	1	16 дискретних входів
BMX DDO 1602	1	16 дискретних виходів

Аналогові входи. Уніфіковані струмові сигнали 4-20 мА від датчиків температури, рівня та тиску подаються на BMX AMI 0810 – модуль аналогових входів. ПЛК по отриманим значенням від датчика формує управляючі сигнали.

Таблиця 3.2. Характеристика BMX AMI 0810

Modicon M340	AMI 0810
Загальна кількість входів	8
Роздільна здатність	15 біт + знак
Напруга живлення електроніки модуля	=5В, від внутрішньої шини
Гальванічне розділення	
- між каналами і внутрішньою шиною контролера	+
Дані для вибору датчиків	
Параметри вхідних сигналів каналу підключення:	
- датчик напруга	±5В; ±10В; 1...5В; 0...10В
- датчик сили струму	±20мА; 0...20мА; 4...20мА
Довжина кабелю	BMX FTA **0 (1,5, 3 та 5 м)
Фронтальний з'єднувач	28-полюсний

Схема підключення датчиків до модуля показана на рис. 3.2.

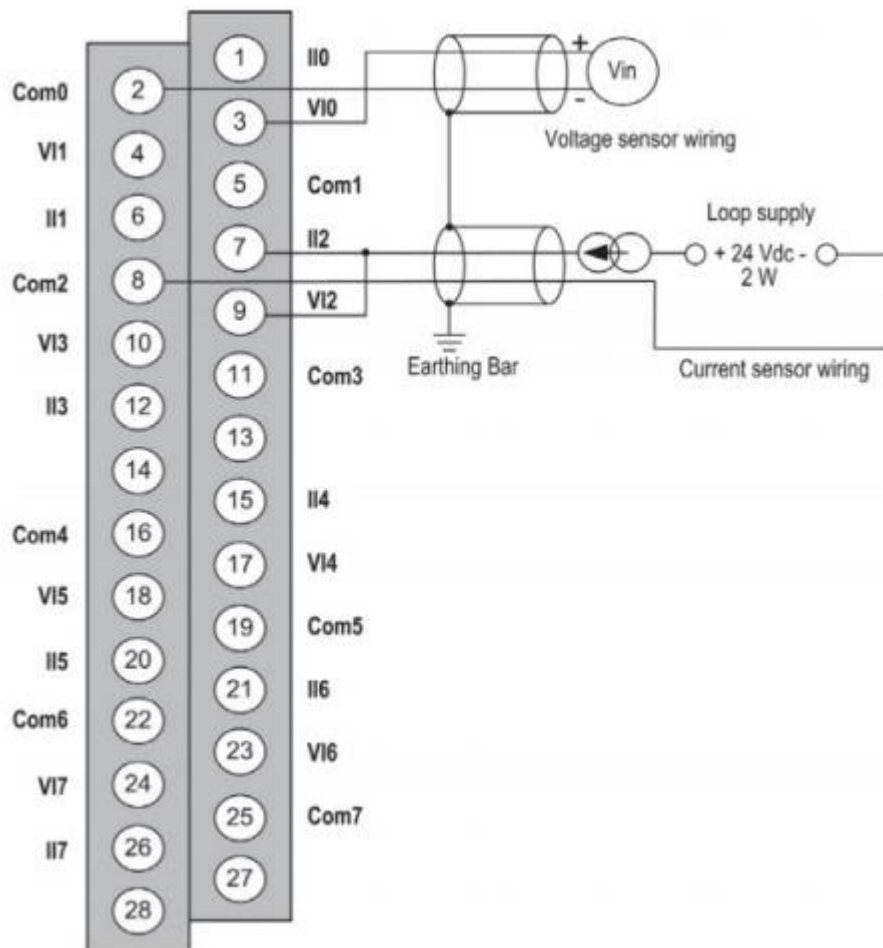


Рис. 3.2. Схема підключення датчиків до модуля BMX AMI 0810

Аналогові виходи. Сигнали управління, що були сформовані подаються на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802 та перетворюються в сигнали 4-20 мА. Дані управляючі сигнали надходять до електропневматичних перетворювачів, які управляють пневматичними клапанами.

Таблиця 3.3. Характеристика ВМХ АМО 0802

Modicon M340	АМО 0802
Загальна кількість виходів	8
Роздільна здатність	15 біт + знак
Напруга живлення електроніки модуля	=5В, від внутрішньої шини
Гальванічне розділення	
- між каналами і внутрішньою шиною контролера	+
Параметри вихідних сигналів канала підключення:	
тип	струм
- датчик сили струму	0...20мА;4...20мА
Довжина кабелю	ВМХ FTA **0 (1,5, 3 та 5 м)
Фронтальний з'єднувач	20-полюсний

Схема підключення датчиків до модуля показана на рис. 3.3.

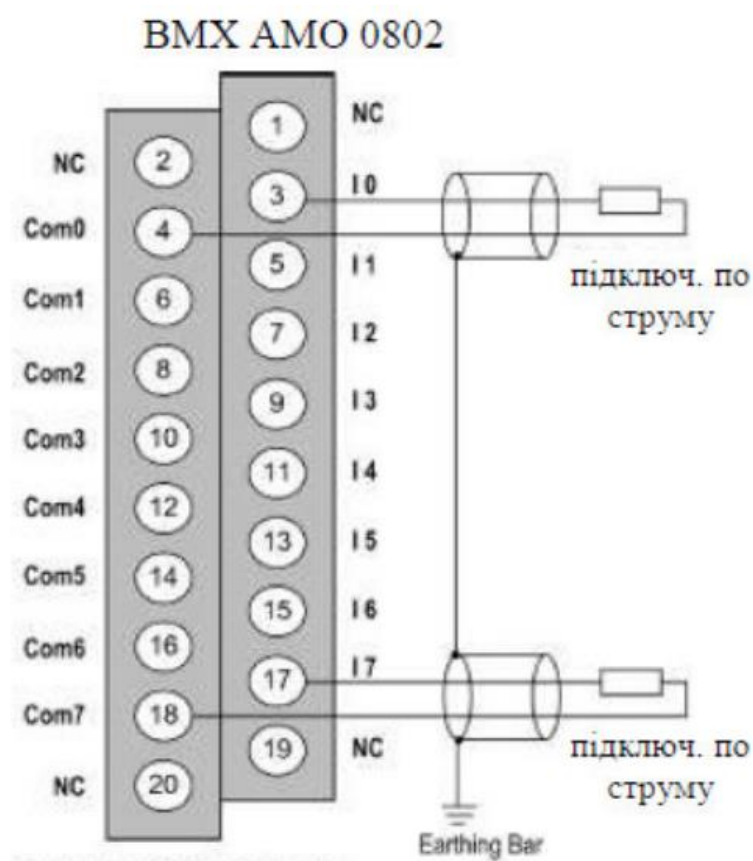


Рис. 3.3. Схема підключення датчиків до модуля ВМХ АМО 0802

Дискретні входи. Датчики витрати та датчик положення підключені до модуля дискретних входів BMX DDI 1602. Дані датчики генерують імпульсні сигнали, що надходять до модуля BMX DDI 1602. ПЛК підраховує імпульси та визначає кількість речовини, що надходить до апаратів, та визначає положення ящиків.

Таблиця 3.4. Характеристика BMX DDI 1602

Modicon M340	DDI 1602
К-ть входів	16
Фронтальний з'єднувач	20-полюсний
Вхідна напруга	
- номінальне значення	=24В
Живлення датчика	19...30В
Струм на канал	3.5мА
Споживана потужність	до 2.5Вт

Схема підключення датчиків до модуля показана на рис. 3.4.

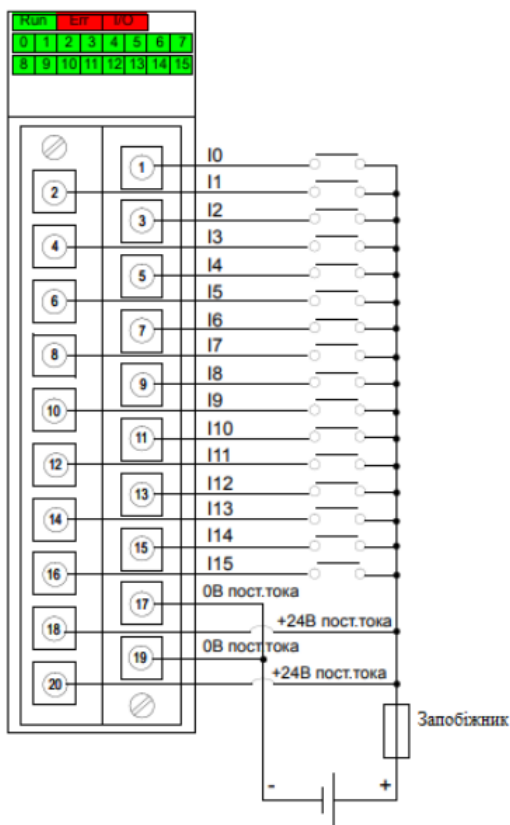


Рис. 3.4. Схема підключення датчиків до модуля BMX DDI 1602

Дискретні виходи. Магнітні пускачі КМ1 використані для управління транспортуючою стрічкою підключені до модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602. За допомогою магнітних пускачів КМ1 ПЛК управляє двигуном стрічки М1 – включаючи або виключаючи їх. Також до модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602 підключені електропневматичні перетворювачі для управління дискретними клапанами подачі речовини в апарати.

Таблиця 3.5. Характеристика ВМХ DDO 1602

Modicon M340	DDO 1602
К-ть виходів	16
Фронтальний з'єднувач	20-полюсний
Напруга дискретного виходу	24В 19...30 V пост. струму
Струм дискретного виходу	0.5 А
Струм на канал	0.625 А
Струм на модуль	10 А

Схема підключення датчиків до модуля показана на рис. 3.5.

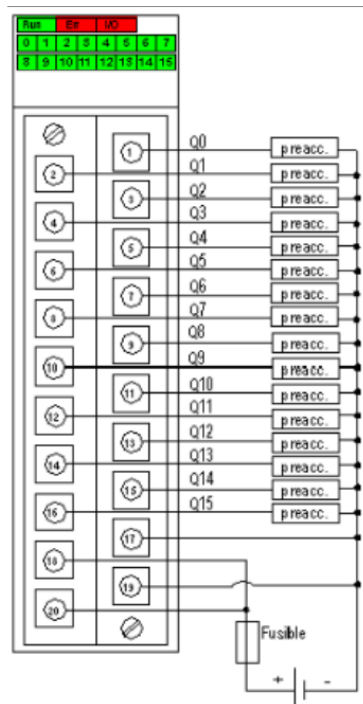


Рис. 3.5. Схема підключення датчиків до модуля ВМХ DDO 1602

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Принципова електрична схема автоматичного регулювання включає наступні компоненти:

- QF1-QF4 – вимикачі з захистом по струму;
- БЖ1-БЖ2 – блоки живлення напругою 24 В постійного струму.

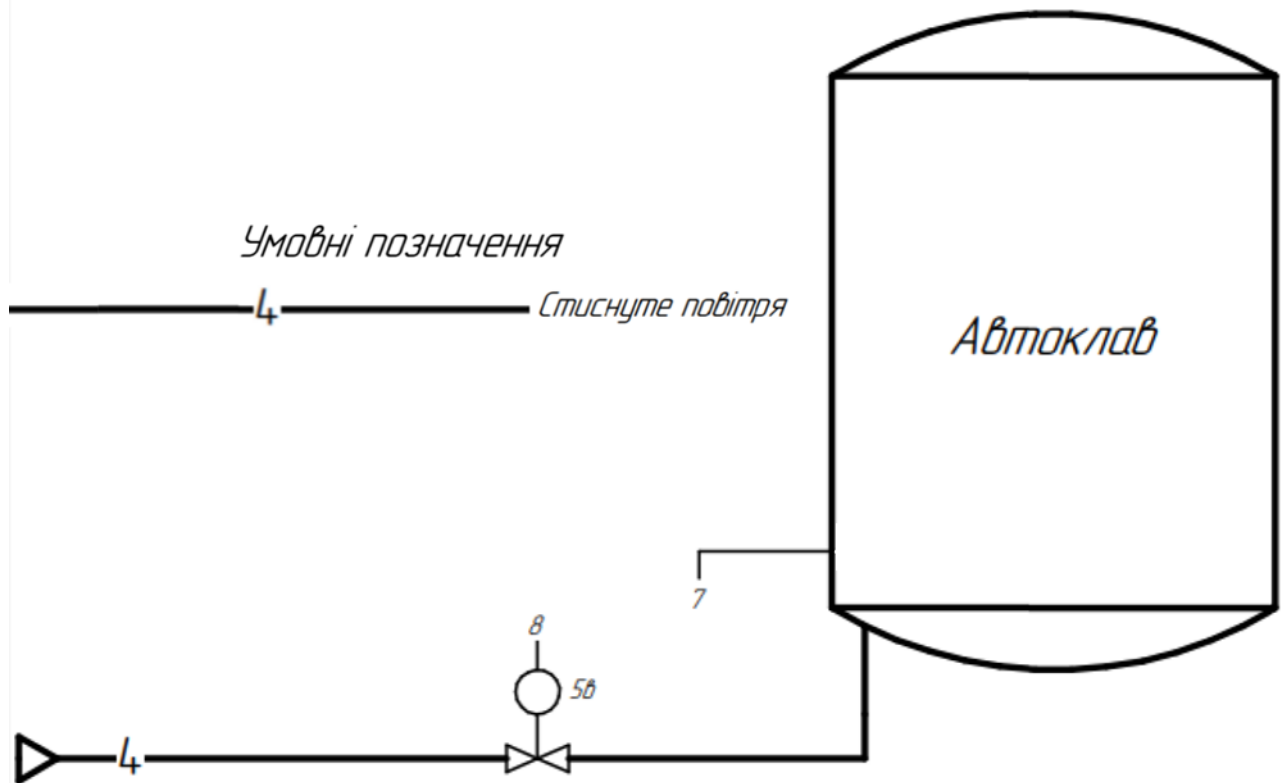
В принциповій електричній схемі автоматичного регулювання застосовувалася наступна нумерація провідників:

- 800-815 – провідники з змінним струмом;
- 900-929 – провідники з постійним струмом;
- 0800-0805 – пневматичні лінії живлення;
- 0200-0204 – пневматичні лінії регулювання;
- 100-111 – провідники з вимірювальними сигналами;
- 200-211 – провідники з сигналами управління та регулювання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання тиску в робчій зоні в автоклаві



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

Кваліфікаційна робота

Арк.

37

Рис. 3.6. – Фрагмент контуру регулювання тиску в робочій зоні автоклаву зі схеми автоматизації

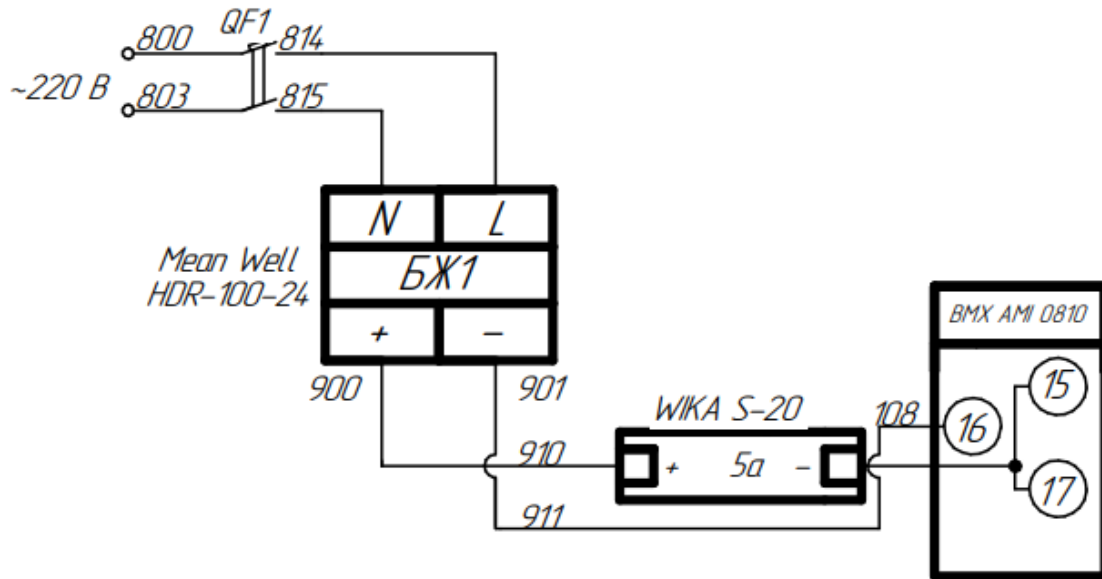


Рис. 3.7. – Принципова схема підключення датчику тиску WIKA S-20 до аналогового модуля входів BMX AMI 0810

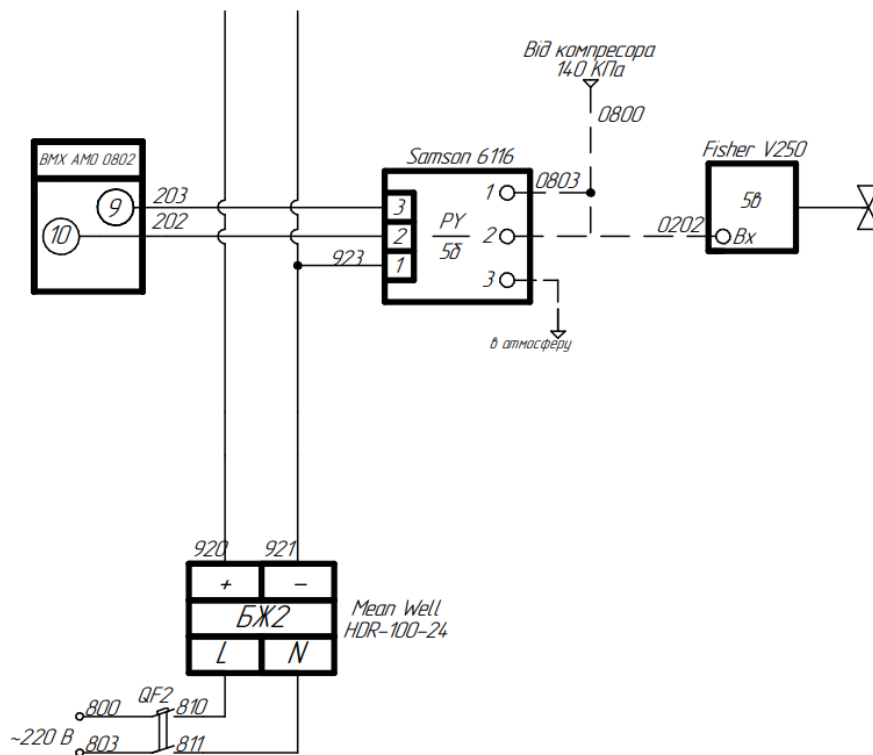


Рис. 3.8. – Принципова схема підключення вторинного перетворювача Samson 6116 до аналогового модуля виходів BMX AMO 0802

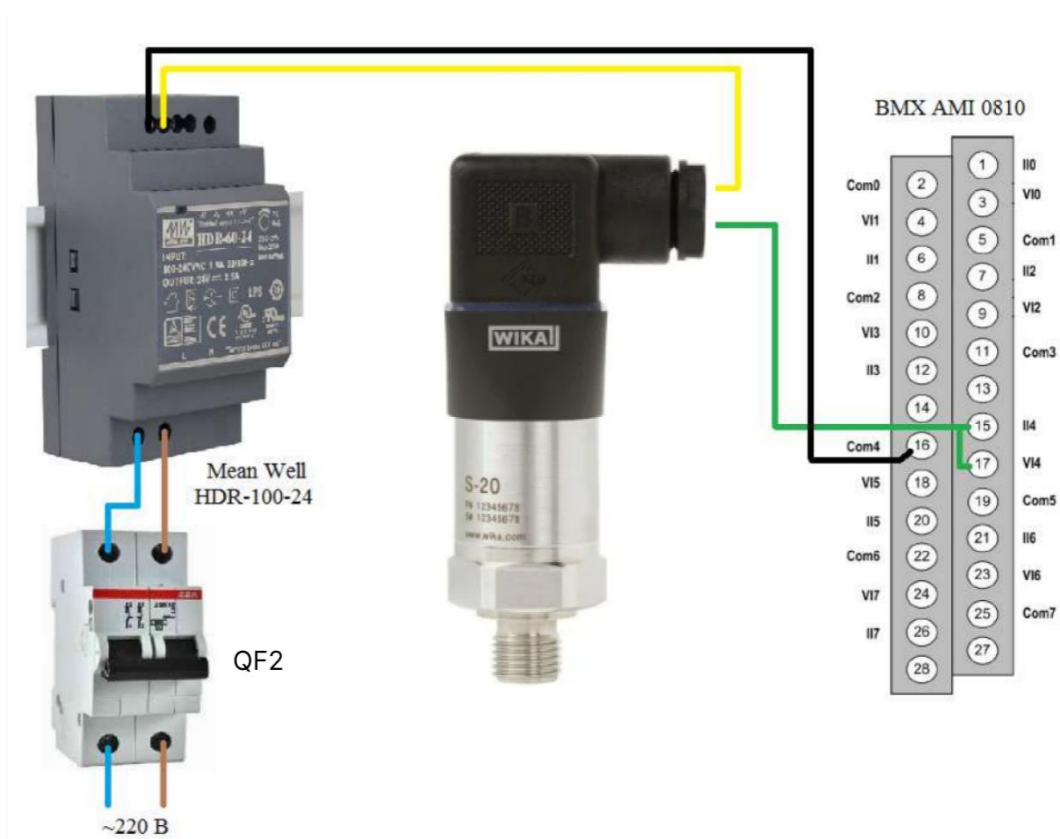


Рис. 3.9. Графічне підключення датчика тиску WIKА S-20 до ВМХ АМІ 0810

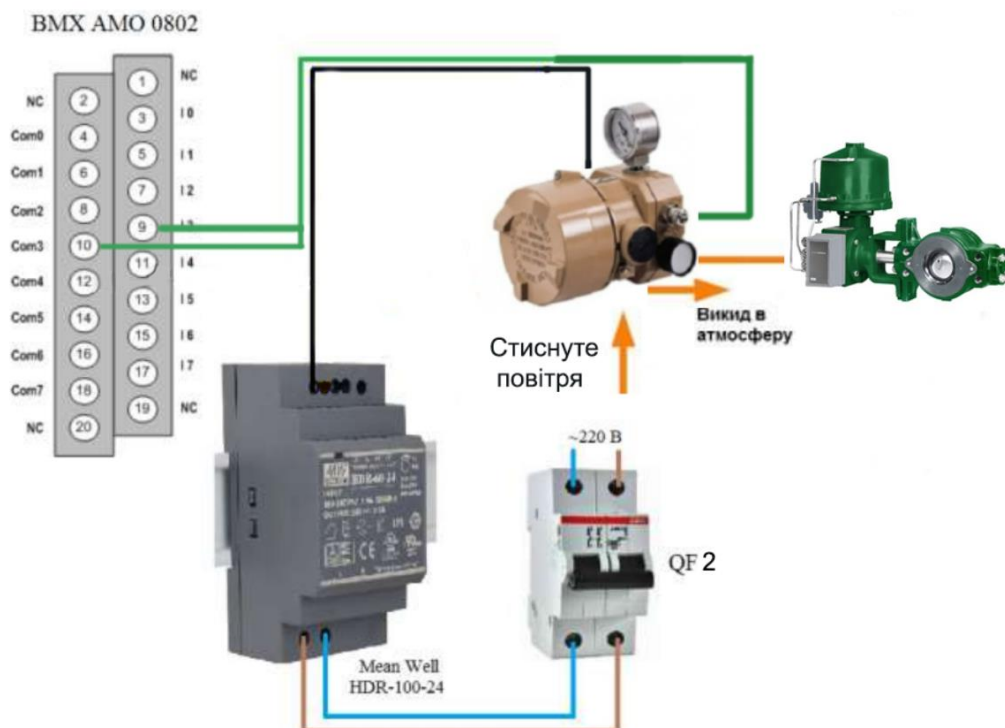


Рис. 3.10. Графічна схема підключення ЕПП Samson 6116 до модуля ВМХ АМО 0802.

Тиск в зоні автоклаву вимірюється датчиком тиску WIKA S-20 (поз. 5а).

Регулювання тиску відбувається за допомогою пневматичного клапана Fisher V250 (поз. 5в).

Положення пневматичного клапана регулюється електропневматичним перетворювачем Samson 6116 (поз. 5б) до якого надходить уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від ПЛК.

Датчик тиску та електропневматичний перетворювач живляться напругою 24 В постійного струму за допомогою Mean Well HDR-100-24 – блоків живлення (поз. БЖ1-БЖ2). Напруга на блоки живлення вмикається чи вимикається за допомогою автоматичних вимикачів QF1 і QF2, що мають вбудований захист по струму.

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

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Вимірювання тиску відбувається за допомогою датчика тиску WİKA S-20.
Зображення датчику показано на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Датчик тиску WİKA S-20

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>Розробка системи автоматизації процесу в автоклаві</i>	Лім.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Ступак І.В.					41	4
Керівник		Міркевич Р.М.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Технічні параметри:

- Нелінійність: 0,25% BFSL
- Діапазон вимірювань: 0...16 бар
- Приєднання до процесу: G 1/4 A, G 1/2 B
- Ущільнення: мідь
- Допустима температура середовища: -40...+150°C
- Вихідний сигнал: 4...20 мА, 2-провідний
- Живлення: DC 8...35 В

Конфігурація датчику тиску представлено на рис 4.2.

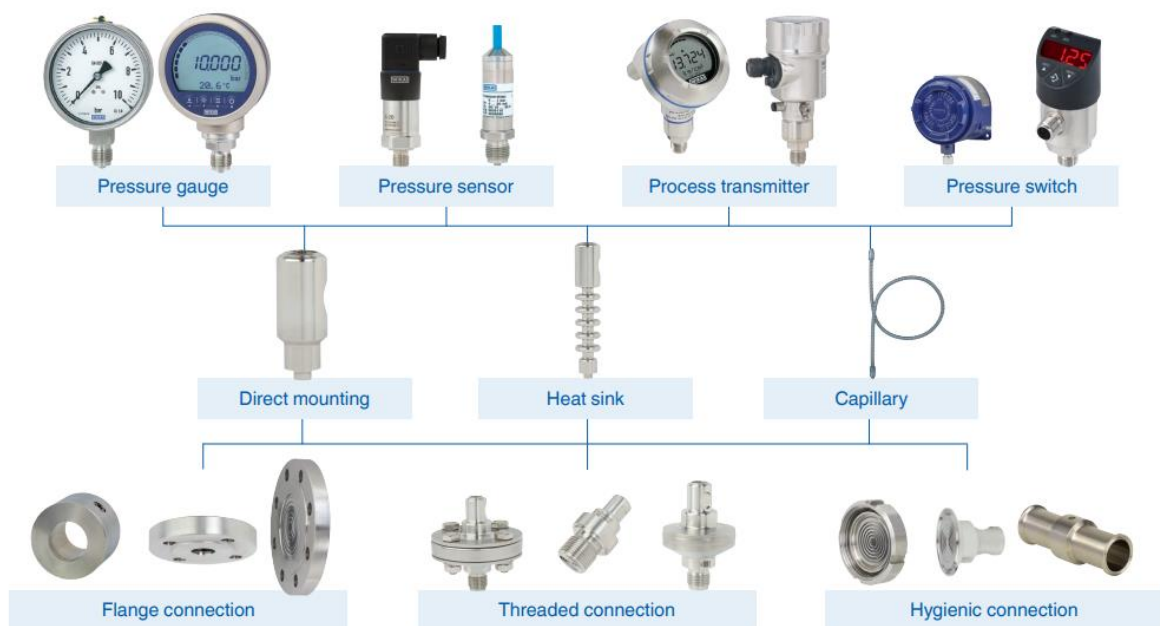


Рис. 4.2. Конфігурація WIKA S-20

Метод підключення WIKA S-20 до ПЛК за допомогою уніфікованого електричного сигналу 4-20 мА представлено на рис. 4.3.

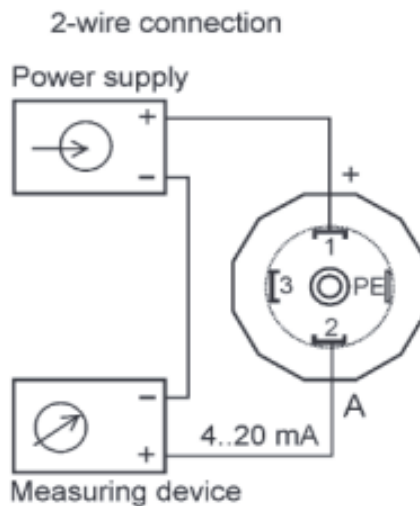


Рис. 4.3. підключення WİKA S-20 до ПЛК

Механічний монтаж:

1. Перед введенням в експлуатацію датчик тиску необхідно піддати візуальному огляду. Витік рідини вказує на пошкодження.

2. Загерметизуйте поверхню ущільнення (→ див. «Варіанти ущільнення» рис. 4.4).

3. У точці кріплення міцно закрутіть датчик тиску вручну.

4. При загвинчуванні не перетинайте різьбу.

5. Закручуйте або відкручуйте інструмент лише за допомогою гайкового ключа. Ніколи не використовуйте футляр як робочу поверхню (→ див «Гайковий ключ » рис. 4.5.).

6. Затягніть датчик тиску динамометричним ключем, використовуючи пластину гайкового ключа. Правильний момент затягування залежить від точки кріплення (наприклад, матеріалу та форми).

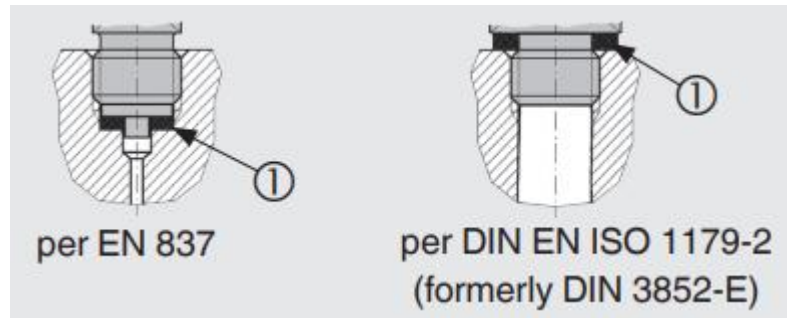


Рис. 4.4. Зображення ущільнюючого елемента

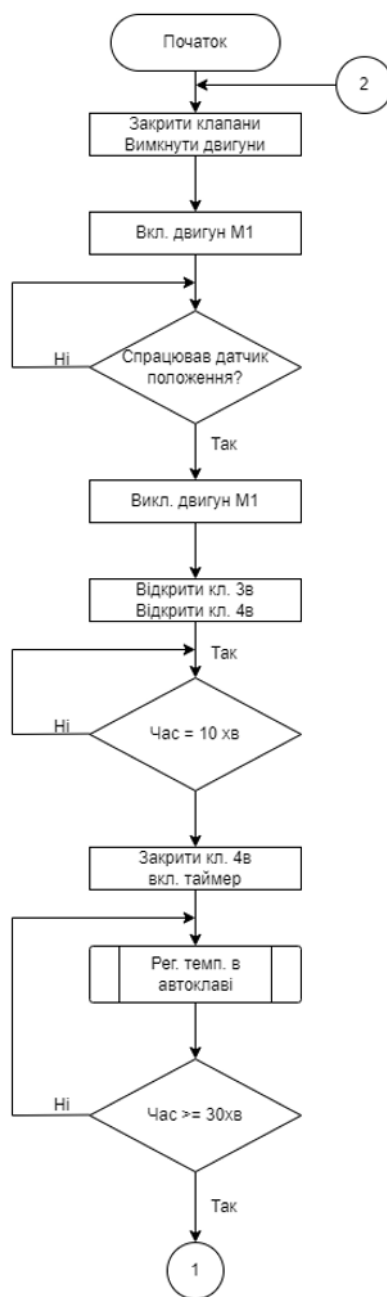


Рис. 4.5. Зображення гайкового/накидного ключа

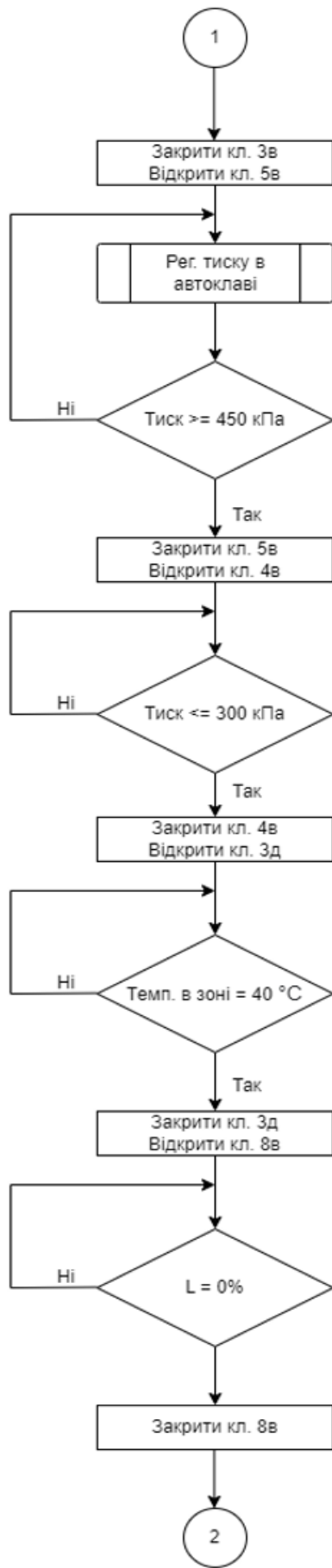
					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

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

Процес автоклаві, а саме виробництво м'ясних консервів відбувається за наступним алгоритмом:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Розроб.	Арк.	Ступак І.В.			<i>Розробка системи автоматизації процесу в автоклаві</i>	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Міркевич Р.М.					45	10
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Виконання заданого алгоритму відбувається у програмному середовищі Unity Pro XL V13.0. Unity Pro XL – це програмне забезпечення від компанії Schneider Electric, яке призначене для програмування, налаштування та моніторингу контролерів автоматизації Modicon (PLC). Це потужний інструмент для промислової автоматизації, який пропонує розширені можливості для створення складних систем управління. Однією з головних переваг Unity Pro XL є його інтеграція та сумісність з широким спектром контролерів Modicon, таких як M340, M580, Quantum та Premium. Програмне забезпечення також легко інтегрується з іншими продуктами Schneider Electric та промисловими мережами, що робить його універсальним рішенням для різних завдань автоматизації.

Зручний інтерфейс Unity Pro XL робить процес розробки та налагодження програм більш інтуїтивним. Графічний інтерфейс спрощує роботу, а потужні засоби для відлагодження та діагностики допомагають швидко виявляти і виправляти помилки. Інструменти розробки підтримують різні мови програмування відповідно до стандарту IEC 61131-3, такі як LD, ST, FBD, SFC та IL. Це дозволяє користувачам обирати найбільш зручний спосіб для створення логіки управління. Крім того, існують інструменти для створення бібліотек, що дозволяють повторно використовувати коди та функціональні блоки, що значно економить час та зусилля.

Unity Pro XL також вирізняється своєю масштабованістю, що дозволяє підтримувати великі проекти та складні системи автоматизації. Це робить його ідеальним для великих підприємств, де необхідно одночасно працювати декільком розробникам над одним проектом. Однією з ключових опцій є редактор програм, який дозволяє створювати та редагувати програми у різних мовах програмування. Графічні та текстові редактори забезпечують зручні інструменти для розробки логіки управління.

Вбудовані засоби для симуляції програм дозволяють тестувати програми без необхідності підключення до фізичних контролерів. Це значно спрощує процес тестування та валідації програм до їхнього впровадження. Реальні

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

інструменти для моніторингу стану контролерів та збирання даних в режимі реального часу забезпечують ефективне управління та діагностику систем. Діагностичні функції допомагають виявляти та виправляти проблеми у системах автоматизації, що підвищує надійність роботи.

Управління конфігурацією також є однією з ключових опцій Unity Pro XL. Зручні засоби для конфігурації апаратних засобів включають налаштування мережі, введів/виводів та інших параметрів. Підтримка різних протоколів зв'язку дозволяє легко інтегрувати Unity Pro XL з іншими системами. Крім того, програмне забезпечення надає інструменти для автоматичного створення документації проекту. Це включає схеми, списки змінних та інші важливі дані, які можуть бути експортовані у різні формати для зручного зберігання та обміну інформацією.

Основні змінні для роботи програми в ПЛК зображені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Змінні для програми в ПЛК.

Name	Type	Value	Comment	Alia...	Address
FT_4a	REAL		Датчик витрати повітря		%I0.2.0
FT_8a	REAL		Датчик витрати води		%I0.2.1
GT_1b	EBOOL		Датчик положення		%I0.2.2
kl_3d	REAL		Клапан подачі води		%QW0.3.0
kl_3v	REAL		Клапан подачі пари		%QW0.3.1
kl_4v	EBOOL		Клапан видуву повітря		%Q0.4.0
kl_5v	REAL		Клапан подачі повітря		%QW0.3.2
kl_8v	REAL		Клапан зливу води		%QW0.3.3
LT_7a	INT		Датчик рівня		%IW0.1.0
M1	EBOOL		Двигун		%Q0.4.1
ME_Km1	EBOOL		Магнітний пускач		%Q0.4.3
PT_5a	REAL		Датчик тиску		%IW0.1.1
SB_Start	EBOOL		Кнопка пуск		%M1
SIC_1a	REAL		Частотний перетворювач		%Q0.4.2
TT_2a	REAL		Датчик кнт. температури		%IW0.1.2
TT_3a	REAL		Датчик рег. температури		%IW0.1.3
TT_6a	REAL		Датчик кнт. температури		%IW0.1.4

ST (Structured Text) – це одна з п'яти мов програмування, що визначена стандартом IEC 61131-3 для програмування промислових контролерів (PLC). ST є високорівневою текстовою мовою програмування, яка нагадує традиційні мови програмування, такі як Pascal або C. Вона широко використовується в промисловій автоматизації завдяки своїй зрозумілості та зручності для написання складних алгоритмів.

Основна перевага ST полягає в її здатності дозволяти програмістам писати зрозумілий і структурований код, який легко підтримувати і модифікувати. Мова підтримує всі основні конструкції, що зазвичай є в традиційних мовах програмування, такі як цикли (for, while, repeat), умовні оператори (if, case), а також функції та процедури. Ще однією важливою рисою ST є її сумісність з іншими мовами програмування, що визначені стандартом IEC 61131-3.

Програма виконання заданого алгоритму написана на мові ST (Structured Text):

VAR

(* Імітаційні змінні *)

Sim_Temperature : INT := 20; (* Поточна температура *)

Sim_Pressure : INT := 100; (* Поточний тиск *)

Sim_Level : INT := 0; (* Поточний рівень води *)

Sim_Flow_Air : BOOL := FALSE; (* Поточний стан витрати повітря *)

Sim_Flow_Water : BOOL := FALSE; (* Поточний стан витрати води *)

(* Інші змінні *)

Timer_10min : TON; (* Таймер на 10 хвилин *)

Timer_30min : TON; (* Таймер на 30 хвилин *)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Set_Temperature : INT := 100; (* Задана температура для автоклаву *)

Set_Pressure : INT := 450; (* Заданий тиск, 450 кПа *)

Target_Pressure : INT := 300; (* Заданий тиск для зниження, 300 кПа *)

Target_Level : INT := 80; (* Заданий рівень води, 80% *)

Cooling_Temperature : INT := 40; (* Температура для охолодження, 40 градусів *)

State : INT := 0; (* Стан машини *)

TimeCounter : TIME := T#0ms; (* Лічильник часу для імітації *)

END_VAR

(* Імітація зміни температури *)

IF kl_3v THEN

 Sim_Temperature := Sim_Temperature + 1;

ELSE

 Sim_Temperature := Sim_Temperature - 1;

END_IF;

(* Імітація зміни тиску *)

IF kl_5v THEN

 Sim_Pressure := Sim_Pressure + 10;

ELSIF kl_4v THEN

 Sim_Pressure := Sim_Pressure - 5;

END_IF;

(* Імітація набору і зливу води *)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		50

IF kl_3d THEN

 Sim_Level := Sim_Level + 1;

ELSIF kl_8v THEN

 Sim_Level := Sim_Level - 1;

END_IF;

(* Імітація витрати повітря *)

IF kl_4v OR kl_5v THEN

 Sim_Flow_Air := 50;

ELSE

 Sim_Flow_Air := 0;

END_IF;

(* Імітація витрати води *)

IF kl_3d OR kl_8v THEN

 Sim_Flow_Water := 50;

ELSE

 Sim_Flow_Water := 0;

END_IF;

(* Встановлення значень датчиків витрати *)

FT_4a := Sim_Flow_Air;

FT_8a := Sim_Flow_Water;

CASE State OF

 0: (* Ініціалізація - Закрити всі клапани і вимкнути всі двигуни *)

 kl_3d := FALSE;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

```
kl_3v := FALSE;
kl_4v := FALSE;
kl_5v := FALSE;
kl_8v := FALSE;
M1 := FALSE;
ME_Km1 := FALSE;
SIC_1a := FALSE;
IF SB_Start THEN
    State := 1;
END_IF;
```

1: (* Включити двигун M1 *)

```
M1 := TRUE;
IF GT_1b THEN
    M1 := FALSE;
    State := 2;
END_IF;
```

2: (* Відкрити клапан подачі пари і клапан видуву повітря, продування триває 10 хв *)

```
kl_3v := TRUE;
kl_4v := TRUE;
Timer_10min(IN := TRUE, PT := T#10m);
IF Timer_10min.Q THEN
    kl_4v := FALSE;
    Timer_10min(IN := FALSE);
```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

State := 3;

END_IF;

3: (* Почати регулювати температуру в зоні автоклаву *)

Timer_30min(IN := TRUE, PT := T#30m);

IF Sim_Temperature >= Set_Temperature THEN

kl_3v := FALSE;

ELSE

kl_3v := TRUE;

END_IF;

IF Timer_30min.Q THEN

Timer_30min(IN := FALSE);

kl_3v := FALSE;

State := 4;

END_IF;

4: (* Регулювати тиск до 450 кПа *)

IF Sim_Pressure >= Set_Pressure THEN

kl_5v := FALSE;

State := 5;

ELSE

kl_5v := TRUE;

END_IF;

5: (* Знизити тиск до 300 кПа, відкривши клапан видуву повітря *)

kl_4v := TRUE;

IF Sim_Pressure <= Target_Pressure THEN

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

kl_4v := FALSE;

State := 6;

END_IF;

6: (* Подача охолоджувальної води до рівня 80% *)

kl_3d := TRUE;

IF Sim_Level >= Target_Level THEN

kl_3d := FALSE;

State := 7;

END_IF;

7: (* Закрити клапан подачі води при температурі 40 градусів, відкрити клапан зливу води *)

IF Sim_Temperature <= Cooling_Temperature THEN

kl_3d := FALSE;

kl_8v := TRUE;

State := 8;

END_IF;

8: (* Завершення процесу *)

(* Повернення до початкового стану або виконання інших дій *)

(* У цьому прикладі ми повертаємося до стану 0 *)

State := 0;

END_CASE;

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

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Таблиця 6.1. Перелік змінних для SCADA

Ім'я змінної	Мін. Вихідне значення	Макс. Вихідне значення	Мін. Значення В одиницях виміру	Макс. Значення В одиницях виміру	Тип даних
FT_4a	0	10000	0	50	REAL
FT_8a	0	10000	0	50	REAL
GT_1b	0	1	0	1	EBOOL
LT_7a	0	10000	0	80	INT
PT_5a	0	10000	0	450	INT
TT_2a	0	10000	0	100	INT
TT_3a	0	10000	0	121	INT
TT_6a	0	10000	0	40	INT
M1	0	1	0	1	EBOOL
ME_Km1	0	1	0	1	EBOOL
SIC_1a	0	10000	0	30	REAL
Kl_3d	0	10000	0	100	REAL
Kl_3v	0	10000	0	100	REAL
Kl_4v	0	1	0	1	EBOOL
Kl_5v	0	10000	0	100	REAL
Kl_8v	0	10000	0	100	REAL

					Кваліфікаційна робота			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ступак І.В.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу в автоклаві</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>					55	3
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

Створення мнемосхеми оператора для відслідковування і контролю перебігу процесу в автоклаві, відбулося у програмному середовищі SCADA Zenon версії 7.6., основна перевага на схожим середовищем Citect Scada, це легкість і швидкість створення потрібних інтерфейсів.

SCADA Zenon — це програмне забезпечення для автоматизації процесів, розроблене компанією COPA-DATA. Zenon використовується для управління та моніторингу промислових і інфраструктурних процесів. Це потужна платформа для створення інтегрованих систем автоматизації та диспетчеризації.

Zenon підтримує гнучку архітектуру, що дозволяє інтегрувати обладнання від різних виробників завдяки підтримці різних промислових стандартів і протоколів. Програмне забезпечення може використовуватися як на окремих комп'ютерах, так і в розподілених мережах.

Zenon забезпечує інтуїтивний графічний інтерфейс для візуалізації та моніторингу процесів у реальному часі, з підтримкою різних типів графіків, діаграм та інших візуальних елементів для відображення даних. Важливою особливістю є можливість збору, зберігання і обробки великої кількості даних з різних джерел, включаючи підтримку історичних даних та їх аналізу. Безпека також є пріоритетом Zenon забезпечує високий рівень безпеки завдяки механізмам автентифікації і авторизації, а також можливості відстеження дій користувачів і журналювання подій.

Zenon пропонує платформу для створення додатків, яка підтримує розширюваність за допомогою API та скриптів, а також дозволяє розробляти користувацькі додатки і розширення. Мобільність та віддалений доступ дозволяють операторам і менеджерам стежити за процесами і керувати ними з будь-якого місця за допомогою мобільних пристроїв.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Схема операторського екрану зображена на рис. 6.1.

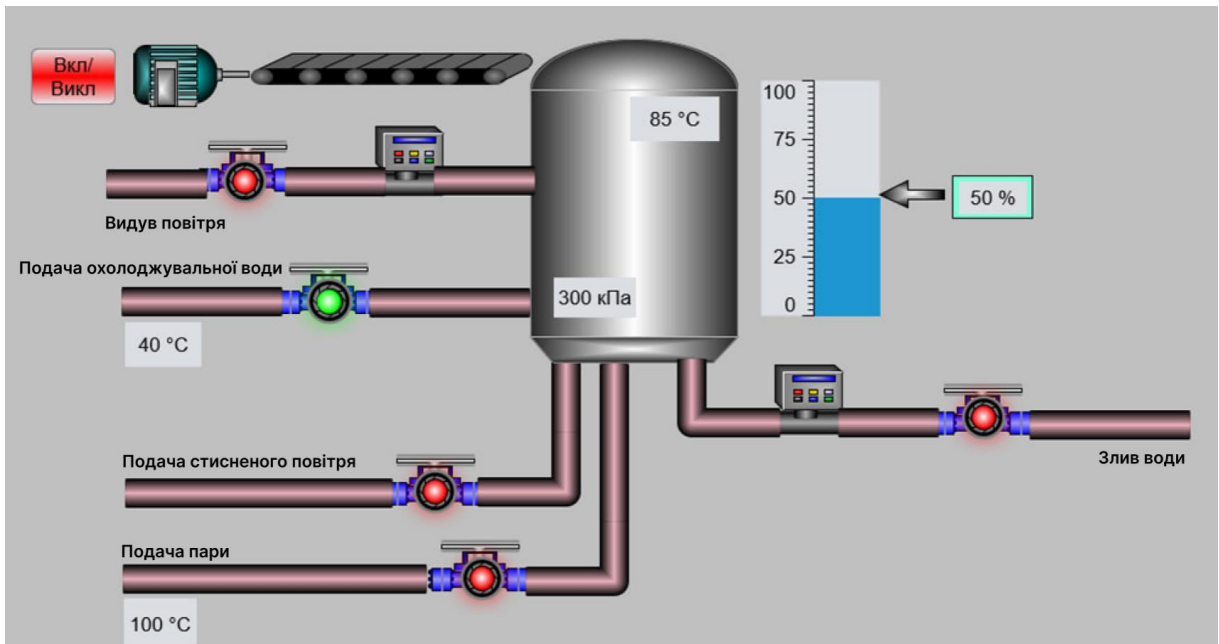


Рис. 6.1. Схема операторського екрану перебігу процесу автоматизації вертикального автоклаву

Для відображення зміни перебігу регулювання температури я використав опцію трендів(Trend). На рис 6.2. зображено тренд зміни температури протягом періоду часу.

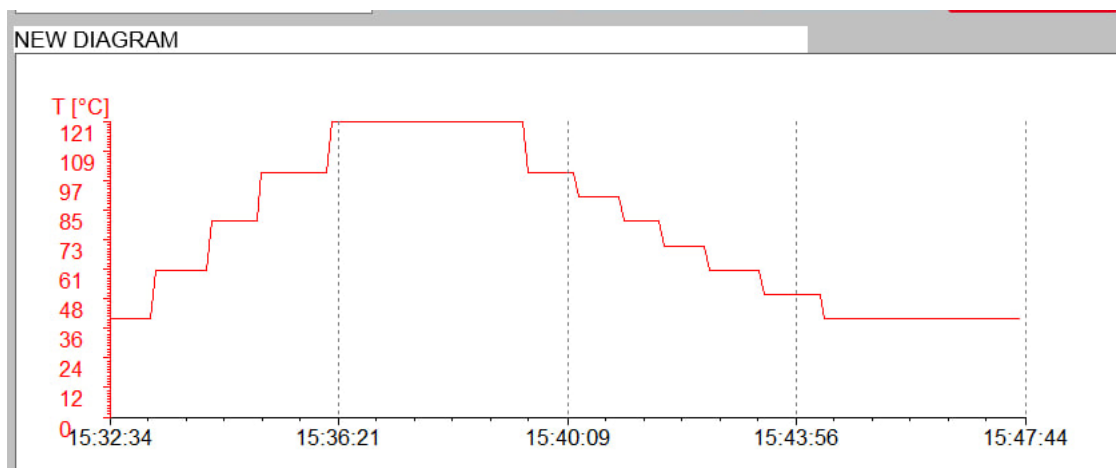


Рис. 6.2. Тренд зміни температури протягом періоду часу

Висновки

В кваліфікаційній роботі проводився опис розробки системи автоматизації процесу у вертикальному автоклаві з використанням сучасних технічних засобів автоматизації.

В цій роботі відповідно до завдання було розглянуто і розроблено:

- Технологічний процес проходження у вертикальному автоклаві, було складено завдання автоматизації.

- Вибрано технічні засоби автоматизації для вертикального автоклаву. Розроблено систему автоматизації вертикального автоклаву.

- Було вибрано ПЛК і відповідних модулів до нього, розроблено схему підключення датчиків і виконавчих механізмів до нього, також описано окремий контур регулювання датчику тиску.

- Зроблено опис датчику виміру тиску WİKA S-20, і розроблено його монтажну схему.

- Складено алгоритм перебігу процесу і розроблено його в програмному середовищі Unity Pro XL за допомогою мови ST.

- Розроблено операторський екран , на якому зображено перебіг процесу з усіма параметрами, використовуючи SCADA Zenon.

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

Список використаної літератури

1. Автоматизація технологічних процесів та виробництв (Модуль 1) [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для студентів освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання // уклад.: Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць. – К.: НУХТ, 2016. – 29 с
2. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
3. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
4. 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 с
5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с
6. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об’єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
7. Трегуб В.Г. Основи комп’ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
8. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
9. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
10. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.

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

11. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с
12. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 160 с.
13. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп’ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.
14. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
15. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с
16. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с
17. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
18. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об’єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.

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

19. Автоматизація виробничих процесів : підручник / О. І. Черевко, А 18 Л. В. Кіптела, В. М. Михайлов, О. Є. Загорулько ; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.

20. Байпасовий рівнемір FINETEK. URL:

<https://simpletech.com.ua/images/downloads/finetek-ef-manual.pdf>

21. Датчик температури KOBOLD. URL: [http://ria-](http://ria-groupp.com.ua/pdf/kobold/11gb_lts.pdf)

[groupp.com.ua/pdf/kobold/11gb_lts.pdf](http://ria-groupp.com.ua/pdf/kobold/11gb_lts.pdf)

22. Електропневматичний перетворювач SAMSON. URL:

<https://uk.samsongroup.com/document/e61160uk.pdf>

23. Пневматичний клапан FISHER. URL:

<https://www.emerson.com/documents/automation/product-bulletin-fisher-v250-rotary-control-valve-en-141362.pdf>

24. Датчик тиску WIKA. URL: [https://www.instrumart.com/assets/WIKA-S20-](https://www.instrumart.com/assets/WIKA-S20-datasheet.pdf)

[datasheet.pdf](https://www.instrumart.com/assets/WIKA-S20-datasheet.pdf)

25. Пневматичний клапан ROSEMOUNT. URL:

<https://www.emerson.com/documents/automation/rosemount-8600d-en-455020.pdf>

26. Датчик положення HURON. URL: [https://www.mini-](https://www.mini-tech.com.ua/ua/inductivniy-datchik-priblizheniya-lj12a3-4-z-bx-npn)

[tech.com.ua/ua/inductivniy-datchik-priblizheniya-lj12a3-4-z-bx-npn](https://www.mini-tech.com.ua/ua/inductivniy-datchik-priblizheniya-lj12a3-4-z-bx-npn)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61