

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

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем

управління ім. проф. А.П. Ладанюка

«До захисту в ЕК»

Декан факультету

Андрій ФОРСЮК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«5» червня 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ярослав СМІТЮХ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«5» червня 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

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

на тему: Розробка системи автоматизації технологічного процесу розливу пива на пивзаводі

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

ШТЕФАН Ілля Владиславович

(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 Максим ПАСТУШЕНКО

(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 – 2025 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

ім. проф. А.П. Ладанюка

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. Кафедри АКТСУ

ім. проф. А.П. Ладанюка

Ярослав СМІТЮХ

«28» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Штефан Ілля Владиславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації технологічного процесу розливу пива на пивзаводі

керівник роботи доцент, кандидат технічних наук МІРКЕВИЧ Роман Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» квітня 2025 р. № 254-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «5» червня 2025 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. Процес розливу пива у скляні пляшки. 1.3. Технічні характеристики апарату розливу. 1.4. 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. Обґрунтування вибору модулів ПЛК. 3.3. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.4. Розширені схеми підключення для оркмого контуру. 4. Креслення та встановлення технічного засобу. 4.1. Технічні характеристики приладу. 4.2. Монтаж приладу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 5.1. Конфігурування каналів модулів ПЛК. 5.2. Розробка програмного забезпечення для реалізації алгоритму керування. 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Перелік вхідних та вихідних сигналів та дані SCADA/HMI. 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу

6. Дата видачі завдання 28 квітня 2025 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 ШТЕФАН

_____ (підпис)

Керівник проєкту Роман МІРКЕВИЧ

_____ (підпис)

Анотація

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження та розробка системи автоматизації процесу розливу пива у скляні пляшки.

У роботі розглянуто опис технологічного процесу лінії розливу пива, функціональну схему об'єкта автоматизації, схему підключення до ПЛК і схему живлення. Наведено перелік технічних засобів — датчиків та виконавчих механізмів, необхідних для роботи об'єкта.

У межах кваліфікаційної роботи подано алгоритм роботи об'єкта автоматизації у вигляді блок-схеми. Також розроблено програму керування для ПЛК Modicon M340, яка реалізує описаний алгоритм. Інтерфейс SCADA-системи створено у середовищі Citect Aveva.

Ключові слова: РОЗЛИВ, РОЗРОБКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ДАТЧИК, ВИКОНАВЧИЙ МЕХАНІЗМ, ПЛК, ПРОГРАМА, РУГУЮВАННЯ, КОНТРОЛЬ.

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

Annotation

The aim of this qualification work is to research and develop an automation system for the beer bottling process into glass bottles.

The work presents a description of the technological process of the beer bottling line, the functional diagram of the automation object, the wiring diagram for connection to the PLC, and the power supply scheme. A list of technical devices — sensors and actuators — required for system operation is provided.

The automation algorithm of the system is presented in the form of a flowchart. A control program for the Modicon M340 PLC was developed based on the described algorithm. The SCADA system interface was created using the Citect Aveva software environment.

Keywords: FILLING, DEVELOPMENT, AUTOMATION, SENSOR, ACTUATOR, PLC, PROGRAM, REGULATION, CONTROL.

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

Зміст

Вступ	8
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.	9
1.2. Процес розливу пива у скляні пляшки.	11
1.3. Технічні характеристики апарату розливу.	15
1.4. Розробка завдання на систему автоматизації.	17
Розділ 2. Система автоматизації	18
2.1 Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)	18
2.2. Схема автоматизації.....	42
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	44
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	45
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)	45
3.2. Обґрунтування вибору модулів ПЛК.....	47
3.3. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	56
3.4. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	57
Розділ 4. Креслення та встановлення технічного засобу	60
4.1. Технічні характеристики приладу.....	62
4.2. Монтаж приладу	64
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	66
5.1. Конфігурування каналів модулів ПЛК.....	67
5.2. Розробка програмного забезпечення для реалізації алгоритму керування.....	69

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

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора

технолога.....75

6.1. Перелік вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....75

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....77

Висновки.....80

Список використаної літератури.....81

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

Вступ

Сучасні виробничі процеси в харчовій промисловості значною мірою залежать від рівня автоматизації, що дозволяє підвищити ефективність, зменшити витрати та покращити якість продукції. Однією з ключових стадій у виробництві пива є процес його розливу.

Цей процес вимагає точності, стабільності та відповідності санітарно-гігієнічним нормам, щоб забезпечити стабільну якість продукції та зберегти конкурентоспроможність на ринку. Автоматизація дозволяє досягти високої продуктивності, мінімізувати людський фактор і знизити ризик браку.

Системи автоматизованого розливу базуються на сучасному обладнанні: датчиках (рівня, витрати, ультразвукових, оптичних), виконавчих механізмах (двигуни, клапани, насоси, конвеєри) та програмно-логічних контролерах (PLC), які визначають логіку роботи.

Контроль і візуалізацію процесу забезпечує SCADA-система, за якою стежить оператор і, за потреби, втручається у роботу обладнання.

На великих пивоварнях використовують сучасні розливні апарати — моноблоки, які здатні наповнювати до 40 000 пляшок на годину. Вони підтримують роботу з різними типами тари: пластиковою, скляною та бляшаною.

Таким чином, автоматизовані системи розливу суттєво підвищують ефективність пивоварного виробництва, а подальший розвиток технологій зробить цей процес ще більш надійним та продуктивним.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

На сьогоднішній день технологія процесу розливу пива є одним із ключових етапів виробництва, оскільки від нього залежить збереження всіх якісних параметрів напою. Для забезпечення високої якості продукції, апарат наповнення повинен відповідати спеціальним вимогам і в залежності від типу продукту повинен відрізнятися за конструкцією та функціональністю.

Лінія розливу має відповідати високим технологічним і технічним стандартам, оскільки саме цей етап гарантує збереження фізико-хімічних властивостей пива. Основні етапи процесу розливу включають: мийку тари, наповнення пляшки пивом, закупорювання пляшки, пастеризація, нанесення етикетки.

До того як пиво потрапить у пляшки, воно має пройти певний етап підготовки, а саме доброджування. Після того як пиво проходить основний етап бродіння у ЦКТ – циліндро-конічні танки, воно надходить у лагерні танки, де вже відбувається доброджування та насичення напою вуглекислим газом CO₂.

Процес доброджування є досить важливим, оскільки при розливі пива концентрація вуглекислого газу зменшується і як кажуть - пиво “видихається”. Також не менш важливим аспектом подачі CO₂ є і те, щоб підтримувати заданий тиск у лагерному танку.

Після того як пиво пройде процес доброджування, його перекачують у форфаси. Форфасні ємності слугують для тимчасового зберігання пива, а вже звідти пиво під тиском надходить до розливочного апарату.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Штефан І.В.</i>		<i>03.06</i>	<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу розливу пива на пивзаводі</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>		<i>03.06</i>			<i>9</i>
							<i>10</i>
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>		<i>05.06</i>		<i>НУХТ АК-4-1</i>	
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>		<i>05.06</i>			



Рис. 1.1 - Циліндро-конічний танк



Рис. 1.2 – Лагерний танк



Рис. 1.3 – Горизонтальні форфаси

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

1.2. Процес розливу пива у скляні пляшки.

Процес розливу пива є досить важливим і водночас складним процесом, бо вимагає дотримання чітких санітарних та технічних вимог. В цьому розділі для прикладу буде використаний апарат розливу (Дельта-F), аби була змога побачити його складові, проте на далі – KHS.

Перед тим, як пляшка опиниться в розливному апараті, вона має пройти процес мийки спеціальним миючим розчином. І лише після мийки пляшки по конвеєрній стрічці прямують до апарату розливу, де за допомогою шнека вишиковуються одна від одної на певній відстані, після чого завантажувальною зіркою(2) прямують на пляшковий стіл підйомного циліндра (3), а центруючий дзвінок у свою чергу відцентровує їх під розливним приладом.

Сам процес наповнення триває приблизно 5-6 секунд. Не багато часу потрібно також для пред- та пост-обробки пляшки. Тому високий рівень продуктивності машини можливий лише тоді, коли апарат має велику кількість наповнюючих приладів. Чим більше цих приладів, тим більше діаметр каруселі. Стосовно діаметру каруселі апарату “Дельта-F”, то він може бути від 1,4 до 6,5 метрів, а продуктивність його може складати до 100 000 пляшок на годину.

Під час самого процесу розливу використовують його холодний тип, який відбувається при температурі від 5 до 10 °С, при якому більше значення надається температурі свіжої води. При температурі води 12-13 °С, перед самим наповненням пляшки можна охолодити до 15 °С. Але якщо потрібно досягнути більш низької температури, то робиться це лише шляхом додаткового охолодження води. Чим менша різниця температури між ними, тим нижче вірогідність вспінювання напоїв, які містять CO₂.

В моменті наповнення пляшка проходить 9 фаз:

1. Вихідне положення:

Пляшка захоплюється центруючим дзвіночком і підіймається, надягаючись горличком на розливну трубку

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

2. Створення протитиску за допомогою CO₂:

Після притискання пляшки – в неї надходить CO₂, витісняючи повітря знизу вгору.

3. Початкова фаза наповнення – отвір форсунки 1 відкрито:

Клапан для рідини відкривається; пиво по розливній трубці тече вниз, витісняючи CO₂

4. Фаза швидкого наливу — отвори 1 і 2 відкриті:

Підключення отвору з великим поперечним перерізом 2 збільшує перепад тиску, що, у свою чергу, підвищує швидкість течії; ця фаза триває більшу частину часу розливу.

5. Фаза уповільнення — отвір 1 відкритий:

Внаслідок закриття отвору 2 пиво продовжує повільно текти, піднімаючись до горлечка пляшки. Таким чином, запобігається небажане переповнення пляшки.

6. Закриття клапана для рідини:

Як тільки пиво досягає заданого рівня наповнення пляшки, клапан рідини закривається. Тиск у пляшці одразу ж падає до рівня тиску в газоповерненому трубопроводі, і таким чином відбувається перший скидання тиску.

7. Скидання тиску до атмосферного тиску:

Другим етапом скидання тиску є його зниженням до атмосферного рівня.

8. Спорожнення наливної трубки:

Після встановлення зв'язку між трубопроводом CO₂ і наливною трубкою залишок пива в ній стікає в пляшку, що забезпечує передбачений рівень наповнення. Потім пляшка опускається і направляється в автомат для закупорювання.

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

9. СІР (мийка):

Усі трубопроводи з'єднуються між собою, і мийний розчин, а потім і вода подаються в режимі циркуляції, щоб обробити всі ділянки, схильні до інфікування мікроорганізмами.

Коли пляшки наповнились, то вони за допомогою проміжної зірки надходять в закупорювальний автомат (5-6), де закупорюються кронен пробками. Під час процесу закупорювання, закупорювальний патрон, керований копіром, опускається вниз, поки кронен-пробка не торкнеться горлечка пляшки. Далі пружина притискає пробку до пляшки, а обтискний конус опускається, загинаючи зубці пробки вниз. Водночас закруглені проміжки між зубцями щільно обтискають верхній край горловини, забезпечуючи герметичне закриття. Після цього закупорені пляшки направляються до пастеризатора. Процес пастеризації пива є надійним способом подовжити термін зберігання продукту та забезпечити стійкість напою, якщо напій містить в собі зброжені речовини. Тривалість цього процесу займає 6-7 хвилин при температурі 65 °С. По закінченню процесу пастеризації пляшки проходять процес етикетування, де на кожну пляшку наклеюється етикетка з датою виготовлення, а після готові пляшки відправляються на зону палетування, де вже запаковуються і розфасовуються по коробках

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

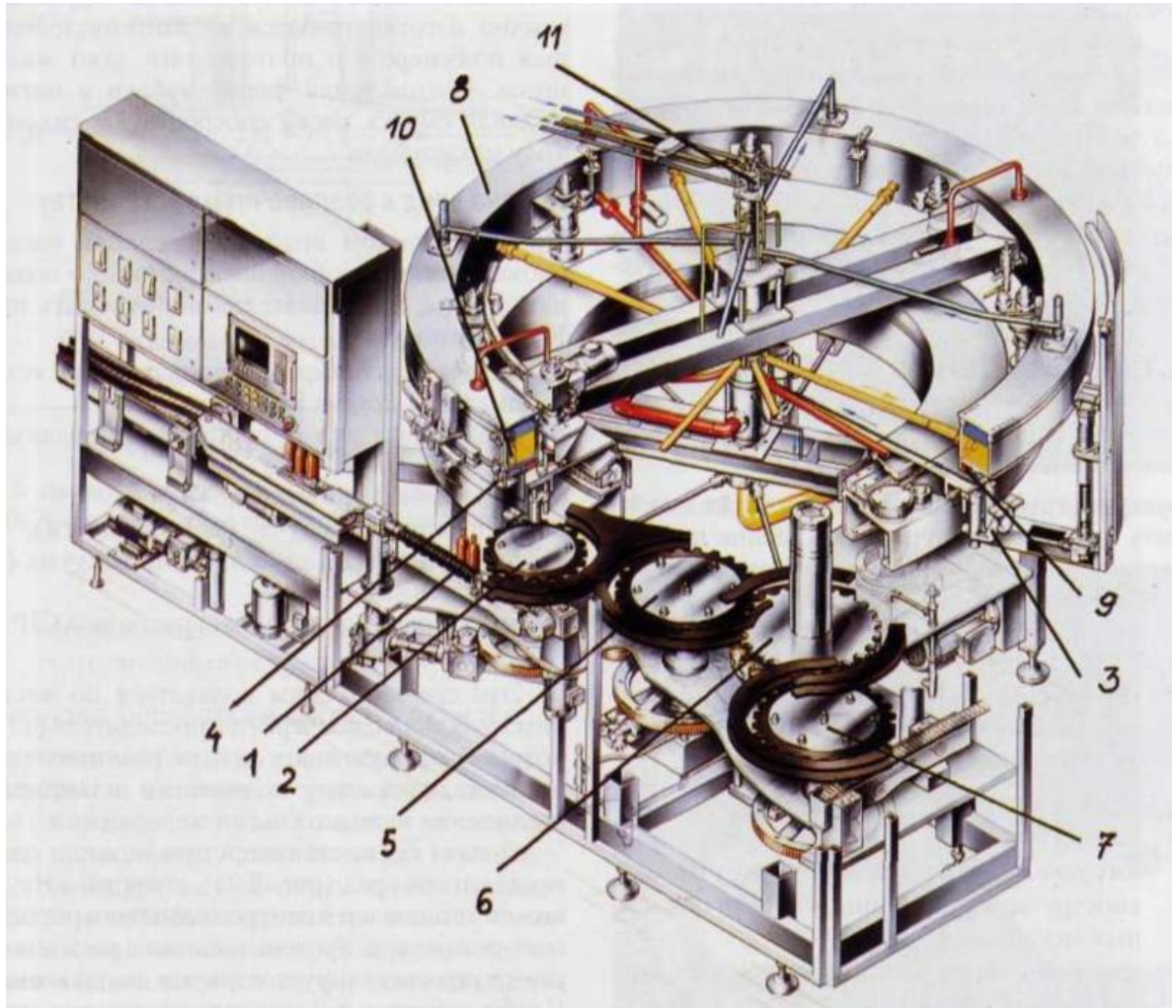


Рис. 1.4 – Розливно-закупорюючий блок типу “Дельта-F” (у розрізі)

1 — завантажувальний шнек; 2 — завантажувальна зірочка; 3 — підйомний плунжер; 4 — центрувальний дзвіночок; 5 — проміжна зірочка; 6 — закупорювальна зірочка; 7 — розвантажувальна зірочка; 8 — кільцевий витратний резервуар; 9 — вакуумний канал; 10 — наливний клапан; 11 — обертовий розподільник.

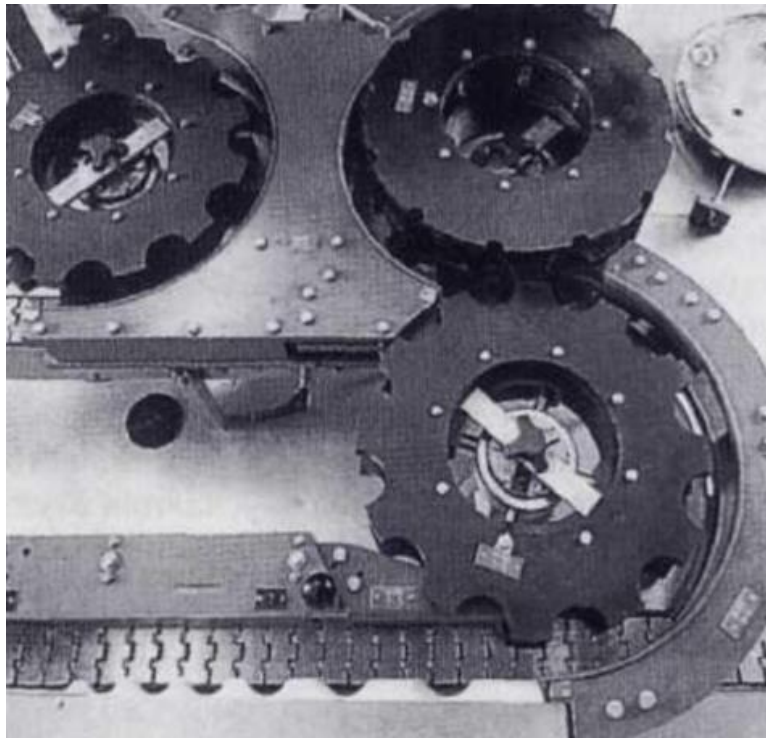


Рис. 1.5 – Завантажувальна і розвантажувальна зірки

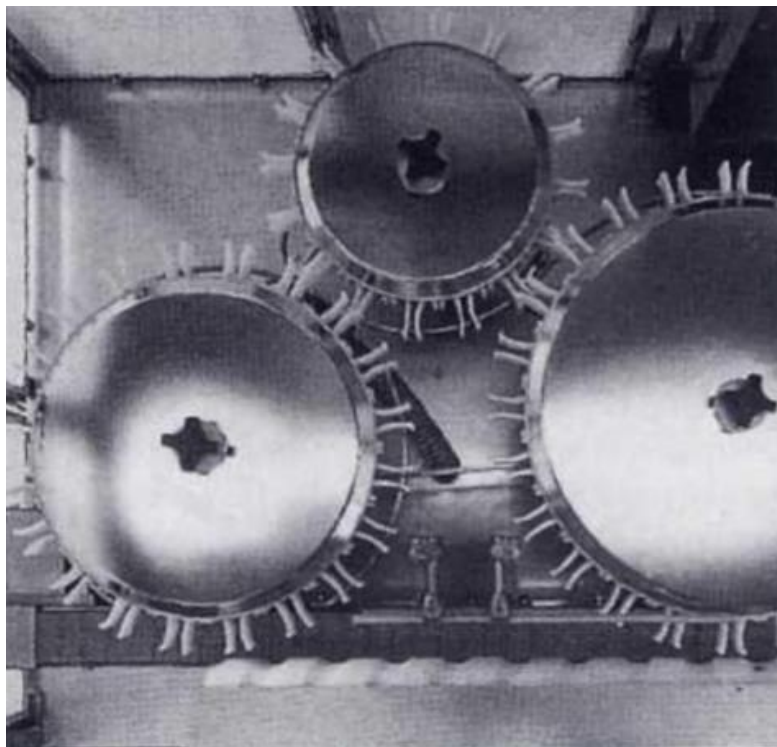


Рис. 1.6 – Завантажувальна і розвантажувальна зірки у клемному представленні

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

1.3. Технічні характеристики апарату розливу.

Розливний апарат – це ключовий елемент у системі розливу, який гарантує безперервну роботу всієї технологічної секції.

Майже всі розливні пристрої за своєю базовою концепцією мають однакові компоненти: в самій основі конструкції лежить станина з приводним механізмом, від якого через зубчасті колеса синхронізується робота всіх інших обертових елементів. Також в цю базову концепцію входить система подачі розливного продукту (пива) та газу, який є необхідним для створення тиску в середині пляшки.

Основними елементами машини є:

- привід на основі регульованого електродвигуна змінного струму;
- розподільник речовин, який слугує для розподілу продукту і речовин перед потраплянням їх до розливного апарату;
- шнеки, які виконують завантаження, обробку та вивантаження пляшок;
- система переналаштування для розливу в пляшки інших видів

Основні технічні характеристики машини розливу:

- всі поверхні, деталі та елементи, які безпосередньо контактують із продуктом виготовлені із нержавіючої сталі AISI 321
- габарити машини розливу: 8 м × 3.5 м × 4 м;
- маса: ≈ 12 тонн;
- продуктивність: ≈ 40,000 пляшок на годину;
- площа: ≈ 28 м²;

Також у машині реалізована система контролю рівня, яка повертає залишкову рідину з фасувального каналу в бак, що забезпечує однаковий рівень у всіх пляшках.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

В розробці системи автоматизації лінії розливу пива, варто врахувати наступні регульовані параметри:

- температура (охладженого пива та пари в пастеризаторі);
- тиск (в танку, фільтрі, напірному збірнику, в трубопроводі, машинах розливу та закупорювання);
- рівень (у танку та напірному збірнику);
- витрата (у трубопроводі: пари, пива, стисненого повітря.);
- керування двигунами (в розливній і етикеточній машинах та конвеєрі).



Рис. 1.7 – Розливний апарат

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

1.4. Розробка завдання на систему автоматизації.

Таблиця 1.1 – 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 керуючої дії	Додаткові умови
1	Танк	Тиск	10 кПа	Контроль	Відображення реєстрації	АРМ оператора	
		Рівень	70%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі збродившого пива і клапан зливу	
2	Фільтр	Тиск	140 кПа	Контроль	Відображення реєстрації	АРМ оператора	
		Температура	1°C	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі та відводу холодоагенту	
3	Напірний збірник	Тиск	10 кПа	Контроль	Відображення реєстрації	АРМ оператора	
		Рівень	70%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі відфільтрованого пива	
4	Розподільник середовищ	Тиск	140 кПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі і відводу стисненого повітря	
5	Моноблок розливу	Тиск для розливу	20 кПа	Контроль	Відображення реєстрації	АРМ оператора	
		Тиск для закупорювання	20 кПа	Контроль	Відображення реєстрації	АРМ оператора	
		Двигун М4	0-3000 об/хв	Управління	Стан	АРМ оператора	
6	Пастеризатор	Температура	65°C	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі і відводу пари	
7	Конвеср	Двигуни М3, М5-М7	0-3000 об/хв	Управління	Стан	АРМ оператора	
8	Трубопровід	Витрата пива	40000 л/год	Стан	Стан	АРМ оператора	
		Витрата стиснутого повітря	154 м³/год	Стан	Стан	АРМ оператора	
		Витрата пари	2100 кг/год	Стан	Стан	АРМ оператора	

Розділ 2. Система автоматизації

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

Засоби для вимірювання тиску

Для технологічного параметру абсолютний тиск (у танку з рідиною, напірному збірнику та розливній машині), а також параметру надлишковий тиск (у фільтрах і трубопроводі та закупорювальній машині) знадобляться мембранні датчики тиску серії **SITRANS P Z** модель 7MF1564 та 7MF1562/63 рисунок 2.1.



Рис. 2.1 – Мембранний датчик тиску SITRANS P Z

Вимірювальні перетворювачі тиску SITRANS P серії Z використовуються для контролю надлишкового та абсолютного тиску в рідинах, газах і парах. Прилади цієї лінійки мають тонкоплівковий датчик на керамічній мембрані, який відзначається високою хімічною стійкістю та здатністю працювати в агресивних середовищах.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Штефан І.В.		03.06	<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу розливу пива на пивзаводі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Міркевич Р.М.		03.06			19	28
Зав. каф.		Смітюх Я.В.		05.06	<i>НУХТ АК-4-1</i>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.		05.06				

Корпус приладу виготовляється з латуні (модель 7MF1562) або нержавіючої сталі (модель 7MF1563, для тиску ≥ 1 бар). Датчик має температурну компенсацію, а вихідний аналоговий сигнал 4...20 мА передається через інтегрований підсилювач.

Підключення до мережі живлення здійснюється через стандартну штепсельну вилку DIN 43650 або через герметичне кабельне введення M20 x 1.5 / Pg 13.5.

Принцип роботи:

Вимірювальна комірка, яка оснащена тонкоплівковим резистором, на який через керамічну мембрану передається робочий тиск p .

Вихідна напруга вимірювальних комірок подається на підсилювач і перетворюється у вихідний сигнал 4 ... 20 мА. Вихідний сигнал лінійно пропорційний вхідному тиску.

Функціональна схема і схема з'єднання зображена на рисунках 2.2 і 2.3.

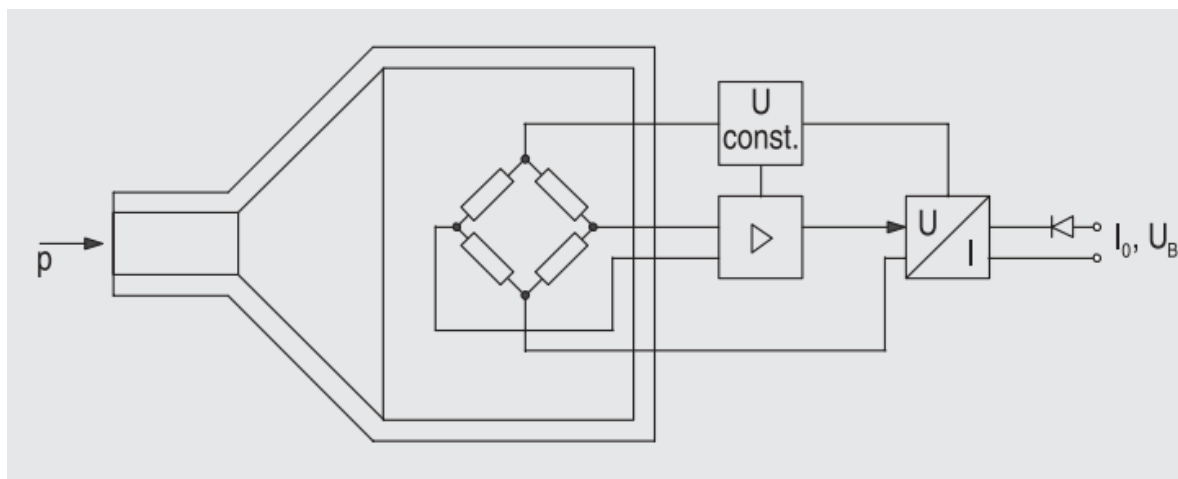


Рис. 2.2 – Функціональна схема перетворювача тиску SITRANS P Z

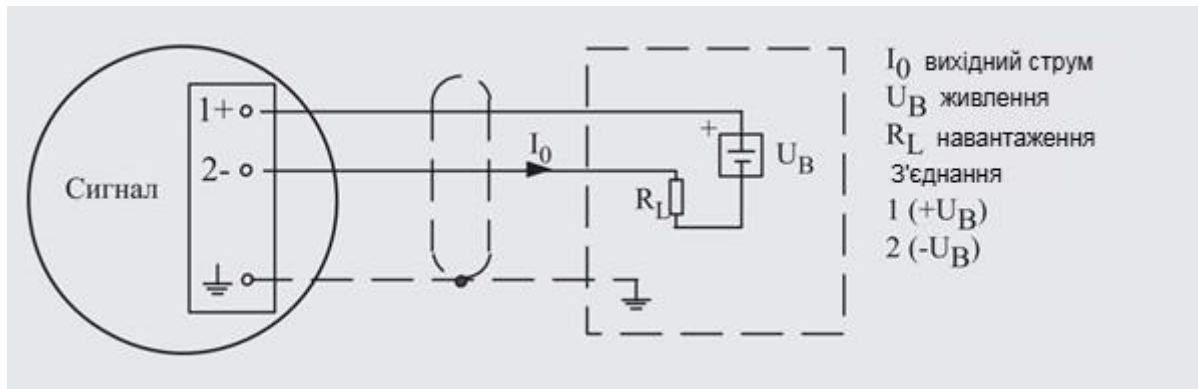


Рис. 2.3 – Схема підключення перетворювача тиску SITRANS P Z

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики SITRANS P Z:

Характеристика	Значення
Назва приладу	SITRANS P Z
Тип тиску	Надлишковий / Абсолютний
Діапазон вимірювання	0...1 бар до 0...400 бар (надлишковий тиск)
	0...1 бар а до 0...3000 psi а (абсолютний тиск)
Вихідний сигнал	4...20 мА (2-провідна схема)
Точність	до 0,25 % від верхньої межі діапазону
	0,3 %/10 К температурна похибка
Робоча температура	Сенсор: -30...+120 °С
	Електроніка: -25...+85 °С
Ступінь захисту	IP65
Живлення	10...36 В DC
Час відгуку (T99)	< 0,1 с
Матеріали мембрани	Al ₂ O ₃ (96%)
Матеріал ущільнень	Viton

Засоби для вимірювання температури

Для технологічного параметру (температура) я використаю термометр опору **SITRANS T** рисунок 2.4.

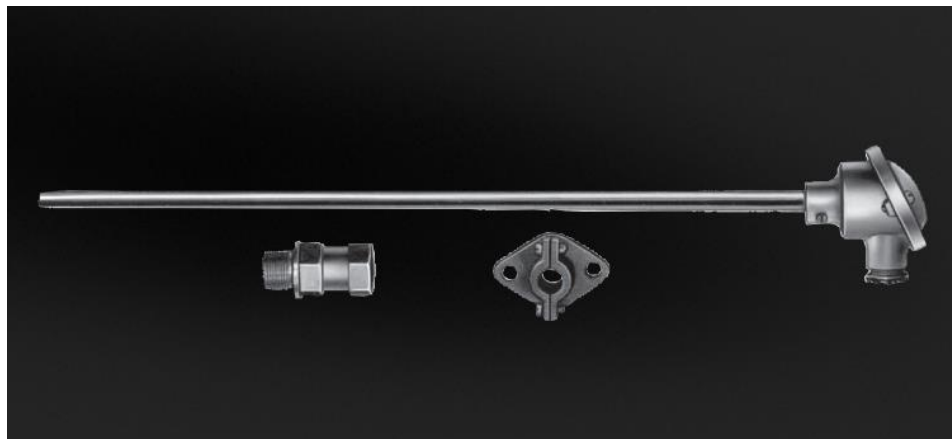


Рис. 2.4 – Термоперетворювач опору SITRANS TH300

Вимірювальні перетворювачі температури SITRANS T призначені для вимірювання температури в промислових умовах. Вони підтримують підключення до термопар та термоперетворювачів опору (Pt100, Ni100 тощо), також мають широкий температурний діапазон та високу точність. В залежності від моделі, пристрої можуть працювати як з аналоговим так і цифровим сигналом (включаючи HART, PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus).

Конструкція приладів має захист від впливу навколишнього середовища, включаючи агресивні середовища, вібрацію та електромагнітні перешкоди. Корпус таких приладів виготовлений із нержавіючої сталі, а сенсори розміщуються в захисних гільзах згідно зі стандартом DIN 43772.

Підключення до електромережі може здійснюватися через стандартні клемні коробки або герметичні роз'єми. Також деякі моделі мають вбудовані функції діагностики та калібрування.

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

Принцип роботи:

Конфігурацію SITRANS TH300 можна зробити за допомогою ручного комунікатора або через HART-модем і програмне забезпечення SIMATIC PDM. Дані конфігурації постійно зберігаються в енергонезалежній пам'яті (EEPROM).

Після правильного підключення датчиків і живлення, передавач видає температурно-лінійний вихідний сигнал, а діагностичний світлодіод світиться зеленим. У разі обриву датчика світлодіод блимає червоним, а у випадку внутрішньої помилки пристрою — горить постійним червоним світлом.

Контакт гнізда тестування можна використовувати для підключення амперметра з метою моніторингу та перевірки достовірності. Вихідний струм можна зчитувати без перерви або впливу на струмову петлю. Функціональна схема і схема підключення сенсора зображена на рисунках 2.5 і 2.6.

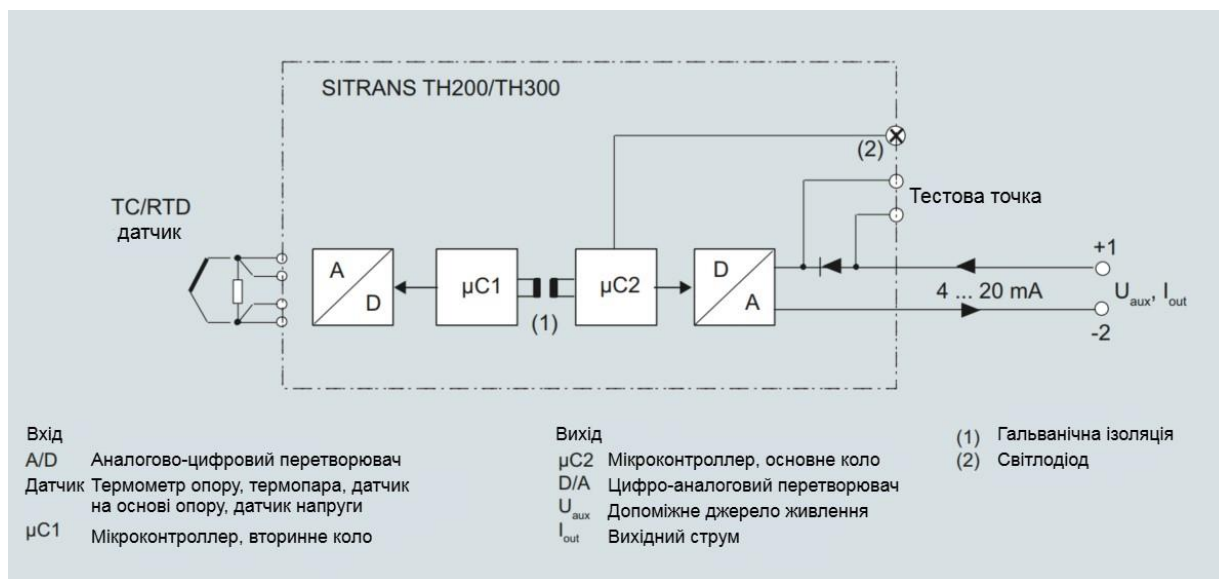


Рис. 2.5 – Функціональна схема термометра опору SITRANS TH300

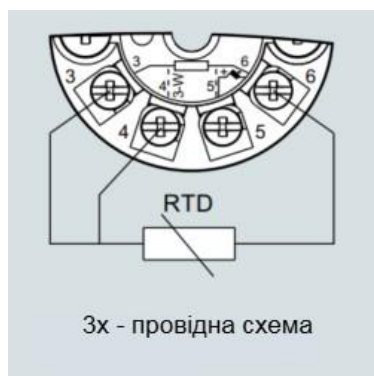


Рис. 2.6 – Схема підключення сенсора до термометра опору SITRANS TH300

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики SITRANS TS300:

Характеристика	Значення
Назва приладу	SITRANS TH 300
Тип сенсора	Pt100, Pt1000, Ni100, термопари типу J, K, S тощо
Тип вихідного сигналу	Аналоговий: 4...20 мА (2-провідна схема)
	Цифровий: HART, PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus
Точність перетворення	до $\pm 0,1$ % від діапазону вимірювання
	клас точності A, 1/3 B, 1/10 B (DIN EN 60751)
Діапазон вимірювання температури	Від -200 °C до $+850$ °C (залежно від сенсора)
Живлення	10...36 В DC (для аналогових моделей)
	9...32 В DC (для цифрових моделей)
Ступінь захисту	IP65 / IP67 (в залежності від конфігурації)
Матеріали захисної гільзи	Нержавіюча сталь 1.4571, Hastelloy, жароміцні сталі (13CrMo44 тощо)
Робоча температура корпусу	$-40...+85$ °C (типово)
Час відгуку (типовий)	$t_{0,5}$ = від 2 до 25 с
	$t_{0,9}$ = від 6 до 75 с
Монтаж	Фланцеве з'єднання, різьбове (G1/2, G3/4), зварювання, гільзи DIN

Засоби для вимірювання витрати

Для вимірювання витрати в технологічних процесах (рідини, агресивні середовища, CIP/CIP-процеси) застосовується витратомір SITRANS MASS 2100 DI 3 (рисунок 2.7) у комплекті з електронікою MASS 6000.

Витратоміри SITRANS MASS 2100 мають двотрубну конструкцію та використовують принцип кориолісового масового вимірювання, що дозволяє запобігти неточностей навіть при малих витратах. Модель DI 3 — це оптимальне рішення для вузьких трубопроводів і дозувальних систем.



Рис. 2.7 – Кориолісовий витратомір SITRANS MASS 2100 DI 3

Кориолісовий витратомір, такий як SITRANS MASS 2100 DI 3, вимірює масову витрату речовини (рідини або газу) основуючись на явищі, відомого як ефект Кориоліса. На відміну від об'ємних витратомірів, цей прилад визначає саме масу речовини, яка проходить через нього, що може забезпечити високу точність незалежно від змін густини, тиску або температури. Всередині витратоміра розташована одна або дві гнучкі вимірювальні трубки, які приводяться в коливальний рух за допомогою спеціального приводу.

Коли через трубку протікає речовина, рух цієї маси спричиняє ефект Кориоліса, внаслідок чого виникає викривлення або фазовий зсув коливань між вхідною і вихідною частинами трубки. Чим більша масова витрата, тим більший цей зсув.

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

Цей зсув фіксується п'єзодатчиками, розташованими на трубці і передається на електронний блок (в даному випадку MASS 6000), який обчислює масову витрату на основі отриманих даних.

Такий підхід дозволяє з високою точністю вимірювати витрату як рідин, так і газів, незалежно від їх фізичних властивостей.

Схема з'єднання SITRANS MASS 2100 DI 3 з MASS 6000 рисунок 2.8:

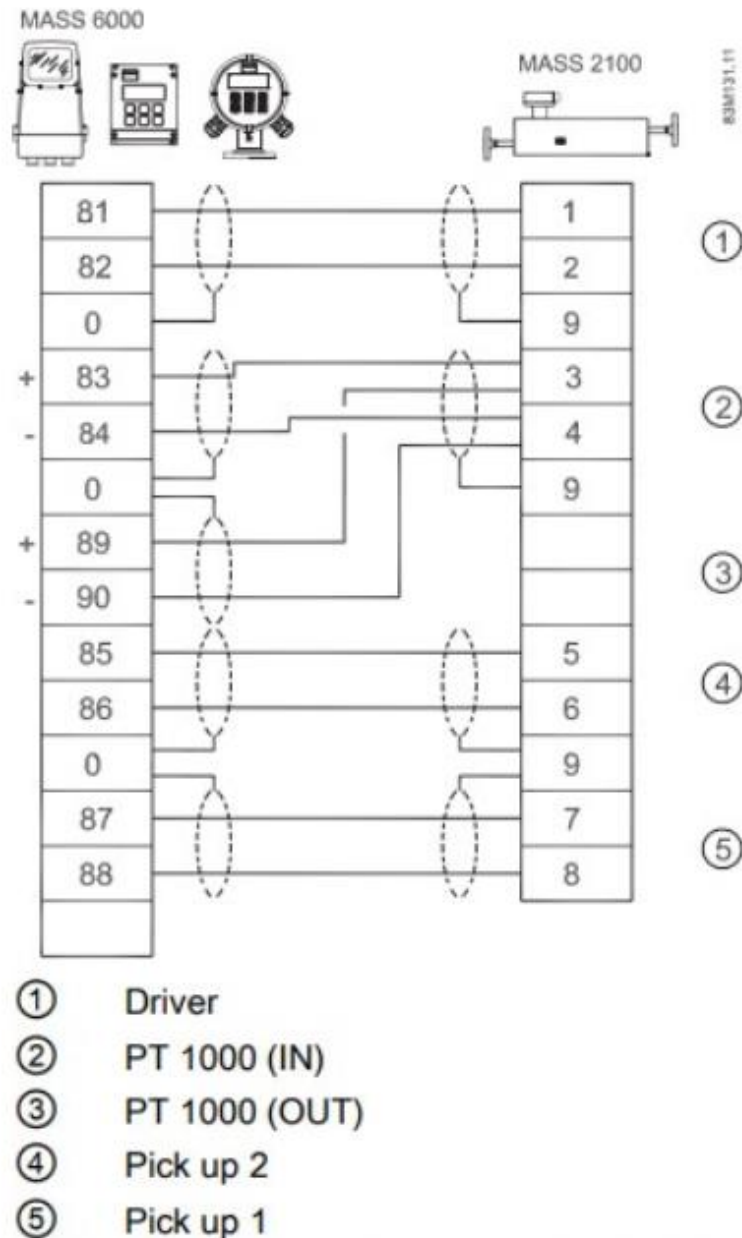


Figure 8-16 MASS 2100 / MASS 6000 Connection

Рис. 2.8

Схема підключення MASS 6000 до зовнішніх систем управління рисунок 2.9

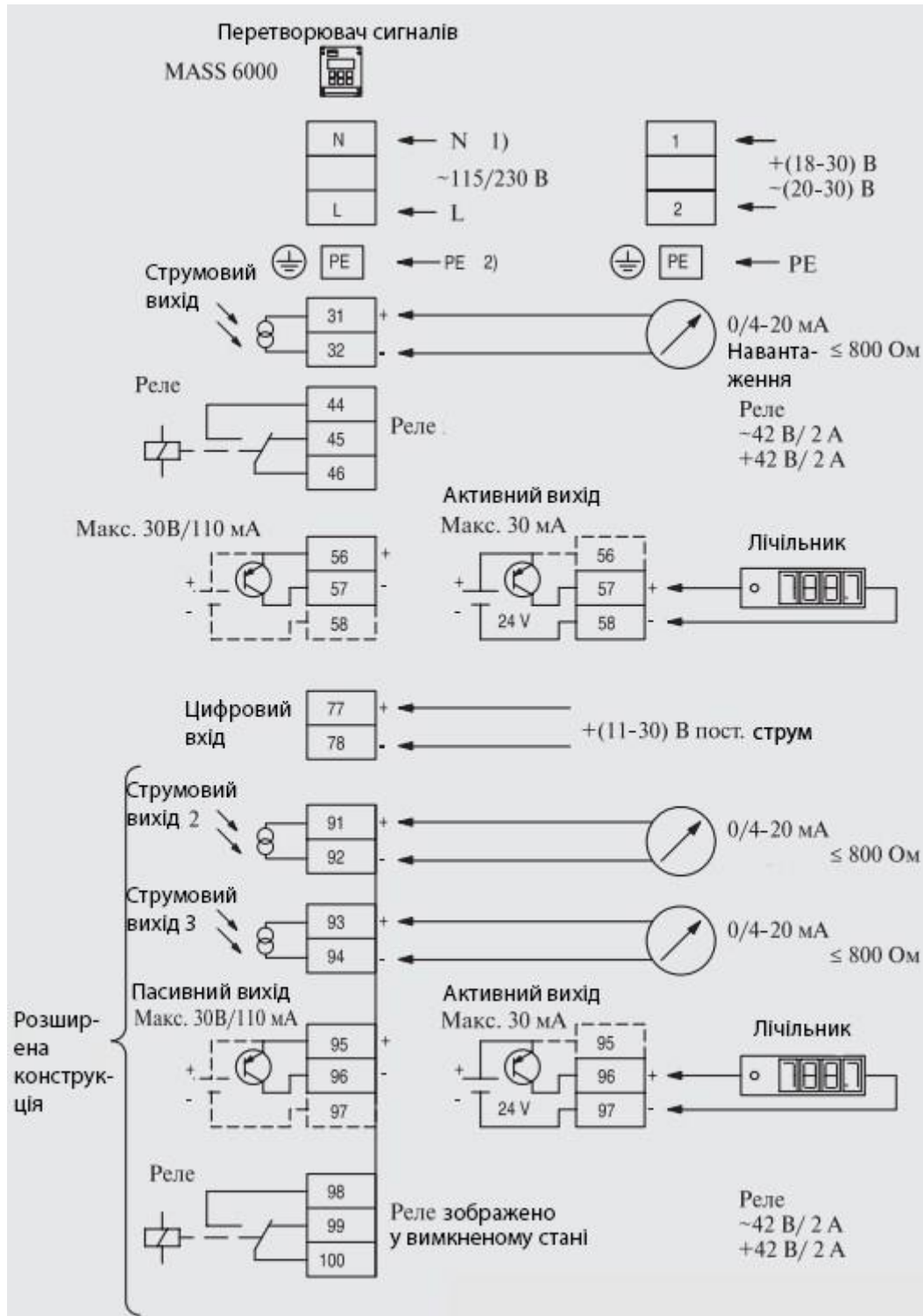


Рис. 2.9

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

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики SITRANS MASS 2100 DI 3:

Характеристика	Значення
Назва приладу	SITRANS MASS 2100 DI 3
Тип вимірювання	Масова витрата
Робоче середовище	Рідини
Вимірювальний діаметр	DI 3 (1/8")
Діапазон витрати	Мінімум: 12 кг/год
	Номінально: 125 кг/год
	Максимум: 250 кг/год
Матеріал трубок	Нержавіюча сталь 1.4435 (316L)
Точність вимірювання	Масова витрата: $\pm 0,10$ % від поточного значення
	Щільність: $\pm 0,0015$ г/см ³
	Температура: $\pm 0,5$ °C
Діапазон температури середовища	-50...+180 °C
Ступінь захисту	IP67 / NEMA 4X
Живлення	24 В DC (інші опції доступні)
Інтерфейси зв'язку	HART, PROFIBUS PA/DP, MODBUS RTU
Вихідні сигнали	4...20 мА, імпульсний, частотний, цифровий
Монтажна довжина	75 мм
Сертифікація	ATEX Zone 1/2, UL, CSA

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики електроніки SITRANS MASS 6000:

Характеристика	Значення
Назва пристрою	SITRANS MASS 6000
Принцип роботи	Цифрова обробка сигналу за допомогою ASIC
Метод обробки	Discrete Fourier Transformation (DFT)
Точність фазового вимірювання	До 0,35 нс
Температурна похибка	Масова витрата: < 0,003 %/К
	Густина: < 0,005 %/К
Сигнали на виході	4...20 мА, частотний, імпульсний
Цифрові інтерфейси	HART, PROFIBUS PA/DP, MODBUS RTU
Дисплей (опціонально)	Графічний, з кнопками керування (Start/Stop/Hold/Reset)
Живлення	24 В AC/DC або 115/230 В AC, 50...60 Гц
Споживана потужність	Близько 26 ВА
Захист корпусу	IP67/NEMA 4X або IP66/NEMA 4 (для версій у 19" корпусі)
Функціональність	Автоматичне розпізнавання датчика через SENSORPROM
	Вимірювання концентрації (°Brix, °Plato)
	Підтримка багатьох одиниць вимірювання: кг/год, л/хв, %, °C/°F
Сертифікати	ATEX (Zone 1/2), UL, CSA, NAMUR NE21
Опції вибухозахисту	Ex d, Ex ia/ib

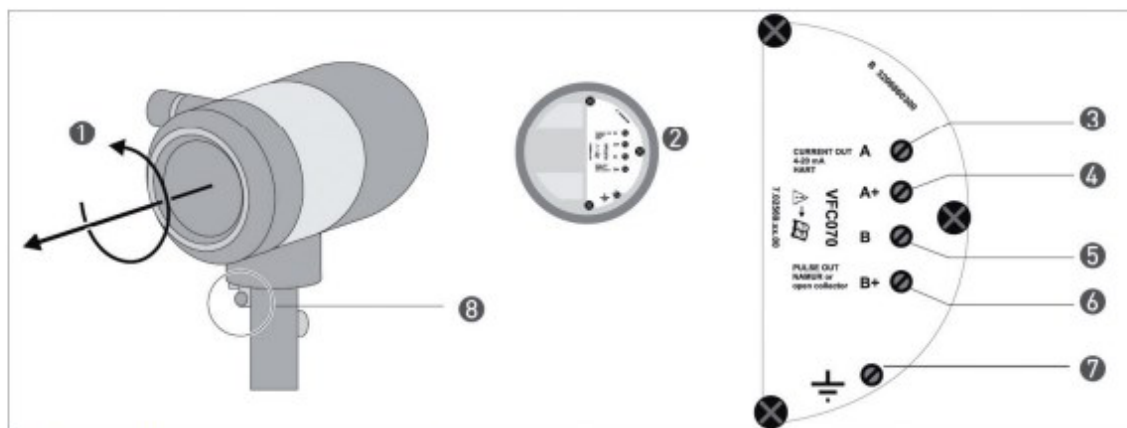
Для виміру витрати пари та стисненого повітря може підійти вихровий витратомір **SITRANS FX 300** рисунок 2.10.



Рис. 2.10 – Вихровий витратомір SITRANS FX 300

Вимірювальні перетворювачі витрати SITRANS FX300 призначені для вимірювання масової або об'ємної витрати газів, парів методом вихрової візуалізації. Завдяки вбудованим датчикам температури і тиску, пристрій дозволяє проводити повну компенсацію витрати в реальному часі. Корпус приладу виготовляється з нержавіючої сталі 1.4404 (316L) або Hastelloy C22, ущільнення з FPM або FFKM. З'єднання з трубопроводом здійснюється фланцевим способом згідно стандартів DIN або ASME. Можлива інтеграція в вибухонебезпечних зонах (ATEX, FM). Інтерфейс HART дозволяє виконувати налаштування, діагностику та калібрування дистанційно. Схема підключення SITRANS FX300 зображена на рисунку 2.11

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



- 1 З'єднувальний відсік зачинено
- 2 З'єднувальний відсік відкрито
- 3 З'єднання A — Струмний вихід 4–20 мА
- 4 З'єднання A+ — Струмний вихід 4–20 мА
- 5 З'єднання B — Імпульсний вихід
- 6 З'єднання B+ — Імпульсний вихід
- 7 Внутрішнє підключення до шини зрівнювання потенціалів
- 8 Зовнішнє підключення до шини зрівнювання потенціалів

Рис. 2.11 – Схема підключення SITRANS FX300

Принцип роботи:

Вихрові витратоміри SITRANS FX визначають швидкість потоку за частотою, з якою послідовні вихри зриваються з обтічного тіла, розміщеного в потоці. Цей принцип вимірювання відомий як принцип вихрового шлейфу фон Кармана: послідовні вихри, які утворюються за тілом у потоці, мають частоту, пропорційну до швидкості потоку.

Проходження вихрів спричиняє легкий тиск на крильце, яке розташоване за обтічним тілом, цей тиск реєструється і враховується як стрибок тиску подвійним п'єзокристалом, розташованим всередині крильця рисунок 2.12.

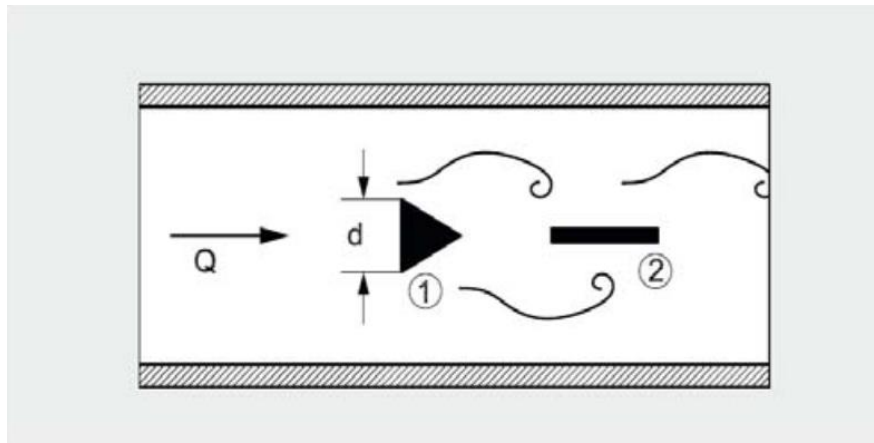


Рис. 2.12 – Принцип роботи вихрового витратоміра SITRANS FX 300

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики SITRANS FX300:

Характеристика	Значення
Назва пристрою	SITRANS FX300
Тип вимірювання	Витрата газів, парів і рідин (Vortex)
Принцип роботи	Вихровий (віртуальний обтік тіла)
Діапазон витрати	Гази: 0,4 ... 80 м/с
Вихідний сигнал	4...20 мА з HART
	Імпульсний вихід (до 112,5 %)
Живлення	Стандартне: 14...36 В DC
	Вибухозахист: 14...30 В DC
Точність	Гази: до $\pm 1,5$ %
	Рідини: до $\pm 0,75$ %
	Пара: до $\pm 1,0$ %
Температурна компенсація	Вбудований сенсор (до 240 °C)
Матеріали	Сенсор: 1.4404/316L або Hastelloy C22
	Ущільнення: FPM, FFKM
Монтажні діаметри (DN)	Від DN15 до DN300
Робоча температура	Електроніка: $-40...+85$ °C
	Сенсор: $-20...+240$ °C (стандарт)
Ступінь захисту	IP66 / IP67 (NEMA 4/6)
Вибухозахист	ATEX II 2G Ex d ia [ia] IIC T6, FM Class I Div 1

Засоби для вимірювання рівня

Для вимірювання рівня у танку з пивом та напірному збірнику, використаю перетворювач рівня **SITRANS LR250** рисунок 2.13.



Рис. 2.13 – Вимірювальний перетворювач рівня SITRANS LR250

Вимірювальний перетворювач рівня SITRANS LR250 це 2-провідний імпульсний радарний прилад, який має частоту 25 ГГц, використовується для безперервного вимірювання рівня рідин і суспензій у резервуарах зберігання та процесних ємностях, включно з тими, що працюють при високих температурах і тисках. Завдяки вузькому радіопроменю та сучасному алгоритму обробки сигналу, забезпечується висока точність і надійність навіть у складних умовах.

Графічний локальний інтерфейс користувача (LUI) спрощує налаштування за допомогою майстра швидкого запуску, а також дозволяє візуалізувати відображення ехо-сигналу.

Схема підключення SITRANS LR250 зображена на рисунку 2.14.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

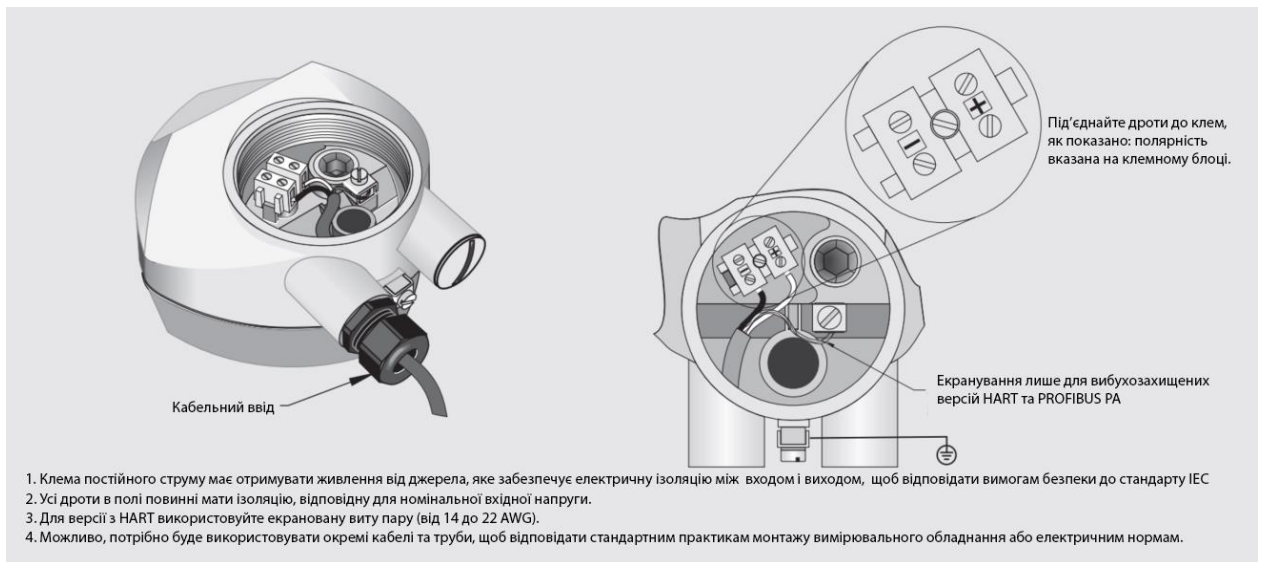


Рис. 2.14

Принцип роботи:

Відбитий сигнал повертається до приймача, і за часом затримки обчислюється відстань до рівня продукту. Це дозволяє точно визначати рівень незалежно від змін густини, температури або тиску. Живлення подається через стандартний двопровідний інтерфейс 4–20 мА, а підключення здійснюється з урахуванням полярності та підключення екрана до заземлення.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики SITRANS LR250:

Характеристика	Значення
Назва пристрою	SITRANS LR250
Тип вимірювання	Безконтактне, радарне
Частота випромінювання	25 ГГц (К-діапазон)
Діапазон вимірювання	До 20 м
Мінімальна відстань	Від антени: 50 мм
Тип середовищ	Рідини, суспензії, пари, включаючи з низькою діелектричною проникністю ($\epsilon_r > 1.6$)
Тип сигналу	4...20 мА, HART (опційно: PROFIBUS PA)
Похибка вимірювання	До ± 5 мм
Температура процесу	$-40...+150$ °C
Температура навколишнього середовища	$-40...+80$ °C
Робочий тиск	До 40 бар
Матеріали корпусу	Алюміній з поліестерним покриттям
Матеріали антени	Нержавіюча сталь 316L або Hastelloy C-22, тефлоновий емітер
Тип з'єднань	Різьбові: 1½" або 2" NPT, BSPT, G
	Фланцеві: DN50–DN100 PN16/40, 2–4" ANSI 150/300
Ступінь захисту	IP67 / IP68, NEMA 4X / 6
Програмування	Вбудований графічний інтерфейс, інфрачервоний програматор (IS), SIMATIC PDM, HART-комунікатор

Виконавчі механізми та допоміжні засоби

У якості регулюючого органу я обрав дискретний двоходовий сідельний пневматичний клапан **ADCA PV25/2I** рисунок 2.15.



Рис. 2.15 – Двоходовий сідельний пневматичний клапан ADCA PV25/2I

Двохсідельні пневматичні клапани ADCA PV25/2I оснащені багатопружинним лінійним приводом ADCATrol серії PA з еластичною мембраною, яка забезпечує менший гістерезис та лінійну характеристику на всьому робочому діапазоні. Пружина приводу закриває або відкриває клапан за вибором з можливістю реверсу. Пневматичний клапан широко застосовується у харчовій, а також в ряді інших сферах, адже може працювати як і з рідинами, так і з газами. В залежності від моделі, може мати корпус з нержавіючої сталі, що є в нагоді при роботі з рідинами.

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

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики ADCA PV25/2I ADCATrol PA:

Характеристика	Значення
Назва пристрою	ADCA PV25/2I
Діапазон регулювання тиску	0,2–1 бар; 0,4–1,2 бар; 0,4–2 бар
Максимальний тиск керування	3,5 бар (повітря)
Робочі середовища	Гази, рідини
Температура зовнішнього середовища	–20...+70 °С
Температура робочого середовища	–5...+220 °С
Тип плунжера	Профільний V-порт, перфорований
Матеріал корпусу	Нержавіюча сталь
Діаметри трубопроводу	DN 15 до DN 100
Монтаж	Фланці EN 1092-1 PN 16 і PN 40

Електропневматичний перетворювач

Для керування пневматичними клапанами я обрав електропневматичні перетворювачі(ЕПП) **Sentronic LP** від **Emerson** рисунок 2.17.



Рис. 2.17 – Електропневматичний перетворювач Sentronic LP
G617A45200A0003

Електропневматичний перетворювач Sentronic LP використовується для управління пневматичними клапанами, перетворюючи вхідні сигнали постійного струму 4...20мА або 0...10В у пневматичні вихідні сигнали, зазвичай 20...100кПа. Даний ЕПП використовується як проміжний прилад між електричними вимірювальними приладами та пневматичними регуляторами або між електричними регуляторами та пневматичними клапанами.

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

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики Sentronic LP G617A45200A0003:

Характеристика	Значення
Назва пристрою	Sentronic LP
Робоче середовище	Повітря або нейтральний газ, фільтрований 50 мкм, без конденсату, клас 5 ISO 8573-1:2010
Макс. допустимий тиск (MAP)	Мінімум на 1 бар вище за максимальний вихідний тиск
Діапазон тиску	0–3 бар, 0–6 бар, 0–10 бар
Температура середовища	0...+60 °С
Температура навколишнього середовища	0...+50 °С
Продуктивність (при 6 бар)	470 Нл/хв
Сигнал уставки (Setpoint)	0–10 В (100 кОм); 0–20 мА або 4–20 мА (250 Ом)
Гістерезис	1% діапазону
Лінійність	1% діапазону
Повторюваність	1% діапазону
Мін. значення уставки	100 мВ (0,2 мА/4,2 мА) з функцією відключення
Мін. вихідний тиск	1% діапазону
Аварійний режим (Failsafe)	Утримання тиску при зниженні живлення, без керування
Матеріал корпусу	Алюміній
Живлення	24 VDC

Підключення кабелю для аналогового режиму і 2-х бітового:

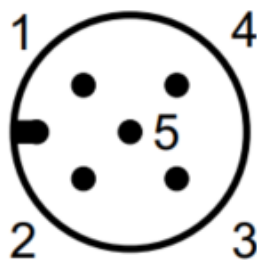


Рис. 2.18 – Вигляд зі сторони контактів

Таблиця 2.9 – Підключення для аналогового режиму

Контакт (pin)	Опис	Кабель 5-жильний (2 м)	Кабель 6-жильний (5/10 м)
1	Живлення 24 В	коричневий	коричневий
2	Аналоговий вхід завдання (setpoint)	білий	білий
3	Загальний (GND, "земля") живлення	синій	зелений
—	Аналоговий GND (для setpoint)	—	жовтий
4	Аналоговий вихід (зворотний зв'язок)	чорний	рожевий
5	Цифровий вихід (датчик тиску)	сірий	сірий
Корпус	Екран кабелю (EMC shield)	екран (shield)	екран (shield)

Таблиця 2.10 – Підключення для 2х бітового режиму:

Контакт (pin)	Опис
1	Живлення 24 В
2	Вхід сигналу 1 (LSB - молодший біт)
3	Загальний (GND) живлення
4	Вхід сигналу 2 (MSB - старший біт)
5	Не використовується

Частотний перетворювач

Для керування трьохфазними двигунами, насосами та вентиляційними системами я обрав частотні перетворювачі (ЧП) **Altivar 12** від **Schneider Electric** рисунок 2.1.



Рис. 2.19 – Частотний перетворювач Altivar 12

Перетворювачі частоти серії Altivar 12 (ATV12) призначені для роботи з асинхронними електродвигунами з короткозамкненим ротором. Вони реалізують скалярне керування типу $U/f = \text{const}$, що робить їх придатними для використання у вентиляційних, насосних та компресорних системах. Пристрій має компактні габарити, просту установку та зручне меню конфігурування, що дозволяє швидко вводити його в експлуатацію.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики Altivar 12:

Характеристика	Значення
Назва пристрою	Altivar 12
Тип ПЧ	Скалярне керування ($U/f = \text{const}$)
Діапазон потужностей	0.18...4.0 кВт
Напруга живлення	100...240 В (1-фазне або 3-фазне), 50/60 Гц
Вихідна частота	0.5...200 Гц
Частота комутації	2...16 кГц (типово 4 кГц)
Робоча температура	0...+50 °С (до +60 °С зі зниженим навантаженням)
Клас захисту	IP20
Фільтр ЕМС	Вбудований (у моделях з індексом М2)
Дискретні входи	4 програмовані (LI1...LI4), логіка Source або Sink
Аналогові входи	1 вхід (AI1): 0...5 В, 0...10 В або 0...20 мА, 4...20 мА
Комунікація	Modbus (порт RJ45)
Релейний вихід	R1A/R1B/R1C: 3 А при 250 В АС (активне навантаження)
Транзисторний вихід	LO+ / LO-: 24 В, до 100 мА
Аналоговий вихід	AO1: 0...10 В або 0...20 мА

Підключення:

Для задання частоти може бути використаний потенціометр номіналом до 10 кОм, підключений до клем +5V, AI1 і COM. Для запуску двигуна — замикається контакт LI1 на +24 В логіка Source. Контакти реле R1A–R1C можуть бути підключені до зовнішньої сигнальної лампи або PLC для моніторингу стану пристрою (наприклад, "Готовий до роботи", аварія). Можливе підключення зовнішнього джерела живлення керуючої логіки (до 30 В DC), за умови з'єднання його "0 В" із клемою COM.

Схема підключення зображена на рисунку 2.20.

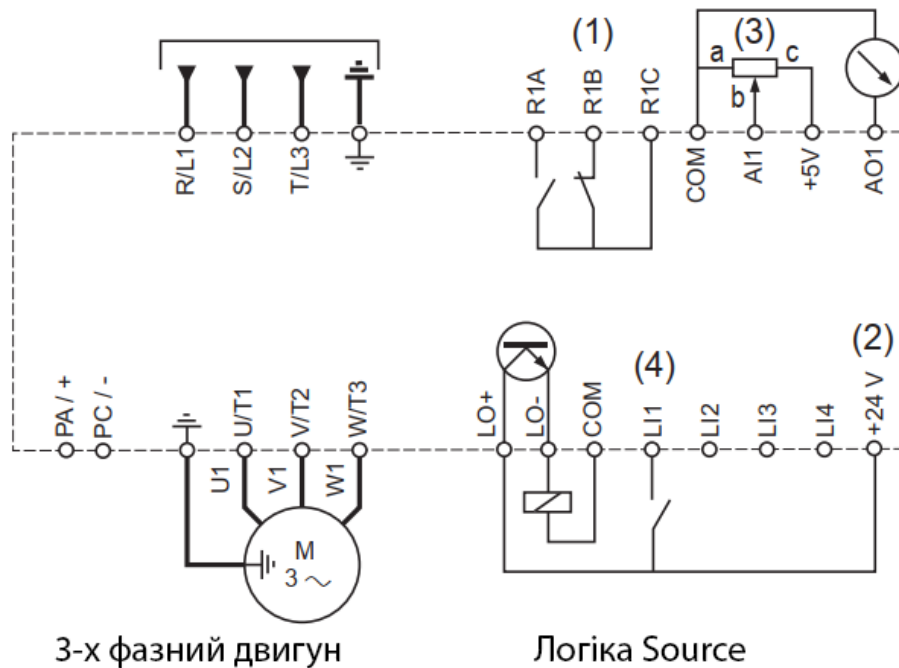


Рис. 2.20 – Типова схема підключення Altivar 12

2.2. Схема автоматизації

Розробка функціональної схеми автоматизації (ФСА) технологічного процесу розливу пива передбачає регулювання та контроль таких технологічних параметрів як температура, рівень, тиск, витрата тощо, а також управління регулюючими органами як от клапани або ж двигуни. У ФСА передбачено також те, що всі прилади підключені до промислової мережі Modbus, але лише незначна частина з них відноситься до контуру контролю.

За контур регулювання рівня у танку з пивом, відповідає вимірювальний перетворювач рівня SITRANS LR250 (поз. 1а), який подає вихідний уніфікований сигнал 4...20мА на ПЛК, де той проходить обробку, а вже звідти керуючий сигнал 4...20мА надходить на електропневматичні перетворювачі (ЕПП) Sentronic LP (поз. 1б-1г), сигнал з яких перетворюється на уніфікований пневматичний сигнал 20...100кПа, що передається на пневматичні клапани ADCA PV25/2I (поз. 1в-1д). Контур регулювання рівня у напірному збірнику (поз. 5а) працює із використанням все того же перетворювача рівня SITRANS LR250 уніфікований сигнал 4...20мА з якого йде на програмно логічний контролер (ПЛК), а звідти керуючим сигналом переходить на ЕПП Sentronic LP (поз. 5б), після чого перетвореним у пневматичний сигнал 20...100кПа йде на пневматичний клапан ADCA PV25/2I (поз. 5в).

За контури регулювання температури в охолоджувачі, а також в пастеризаторі (поз. 3а, 13а) відповідають термометри опору SITRANS TH300. Від них уніфікований сигнал 4...20мА прямує до ПЛК, а вже звідти виходить керуючим сигналом 4...20мА, що йде на ЕПП Sentronic LP (поз. 3б-3г, 13б), де він перетворюється на пневматичний сигнал 20...100кПа, який керує пневматичними клапанами ADCA PV25/2I (поз. 3в-3д, 13в).

За контури управління насосами для перекачки пива у трубопроводі відповідають мембранні датчики тиску SITRANS P Z (поз. 2а, 6а), вихідний сигнал 4...20мА з яких йде на ПЛК, а вже з контролера виходить управляючим сигналом 0...10В на двигуни (поз. М1, М2) відповідно.

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

Контур контролю тиску у напірному збірнику і розподільнику середовищ (поз. 6а, 8а), контролюється тими ж датчиками тиску - SITRANS P Z і відправляє на ПЛК такий самий уніфікований сигнал, який після обробки по мережі Modbus надходить на АРМ оператора.

Контур контроль витрати пива у трубопроводі контролюється кориолісовим витратоміром SITRANS MASS 2100 DI 3 (поз. 7а) у комплекті з електронікою MASS 6000 (поз. 7б) сигнал з якої йде на ПЛК і через промислову мережу Modbus надходить на АРМ оператора.

Контури регулювання витрати пари та стисненого повітря у трубопроводах регулюється вихровим витратоміром SITRANS FX 300 (поз. 9а, 10а) з якого уніфікований сигнал 4...20мА йде на ПЛК перетворюючись на керуючий 4...20мА, який в свою чергу йде на електропневматичний перетворювач Sentronic LP (поз. 9б-9г, 10б) і після пневматичним сигналом 20...100кПа у пневматичні клапани ADCA PV25/2I (поз. 9в-9д, 10в).

За контури регулювання тиску стисненого повітря і тиску у розливній машині та машині для закупорювання пляшок відповідно – відповідають датчики тиску SITRANS P Z (поз. 11а, 12а) уніфікований сигнал 4...20мА з яких прямує до контролера, де перетворюється на керуючий, який йде на ЕПП Sentronic LP (поз. 11б, 12б), де стає пневматичним сигналом 20...100кПа, що має вплив на пневматичні клапани ADCA PV25/2I (поз. 11в, 12в).

Контур управління трьохфазними електродвигунами (поз. М3-М7) здійснюється через частотні перетворювачі (ЧП) Altivar 12 (поз. 14а-18а) на які йде управляючий сигнал від ПЛК.

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

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.12 – Специфікація засобів автоматизації

№	№ позиції за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка	Кількість	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	2а, 4а, 6а, 8а, 11а, 12а	По місцю	Прилад для вимірювання тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4...20мА, живлення 24VDC, діапазон вимірювання 0,75...4бар	SITRANS P Z	6	Siemens, Німеччина
2	1а, 5а	По місцю	Радарний рівнемір з вихідним сигналом 4...20мА, живлення 15-36VDC, діапазон вимірювання до 20м	SITRANS LR250	2	Siemens, Німеччина
3	3а, 13а	По місцю	Термометр опору з вихідним сигналом 4...20мА, живлення 10-36VDC, діапазон вимірювання -200 °С до +850 °С (залежно від сенсора)	SITRANS TH300	2	Siemens, Німеччина
4	9а, 10а	По місцю	Вихровий витратомір із вихідним сигналом 4...20мА, живлення 14-36VDC, діапазон вимірювання (гази): 0,4 ... 80 м/с	SITRANS FX300	2	Siemens, Німеччина
5	7а	По місцю	Коріолісовий витратомір із вихідним сигналом 4...20мА, діапазон витрати: мінімум: 12 кг/год номінально: 125 кг/год максимум: 250 кг/год, живлення 24VDC	SITRANS MASS 2100 DI 3	1	Siemens, Німеччина
6	7б	По місцю	Вторинний перетворювач до коріолісового витратоміра з вихідним сигналом 4...20мА і живленням 24VDC	MASS 6000	1	Siemens, Німеччина
7	1в-1д, 3в-3д 7в, 9в-9д, 10в, 11в, 12в, 13в	По місцю	Регулюючи оргна - двохсідельний пневматичний клапан, діапазон регулювання тиску 0,2-1 бар; 0,4-1,2 бар; 0,4-2 бар, Ржив = 140кПА, Рвих = 20...100кПА	ADCA PV25/2I	11	Valsteam ADCA Engineering SA, Португалія
8	16-1г, 3б-3г, 7в, 9б-9г, 10б, 11б, 12б, 13б	На щиті	Електропневно перетворювач, діапазони тиску 0-3 бар, 0-6 бар, 0-10 бар, сигнали установки 0...10 В (100 кОм); 0...20 мА або 4...20 мА (250 Ом), живлення 24VDC	Sentronic LP G617A45200A00 03	11	Emerson, США
9	M1-M7	По місцю	Трьохфазний асинхронний електродвигун, 3000 об/хв, живлення 380 VAC	Siemens1LE1002-1AA42-2AA4-Z D22	7	Siemens, Німеччина
10	14а-18а	На щиті	Частотний перетворювач, діапазон потужностей 0,18...4,0 кВт, живлення 100-250VAC, аналоговий вихід 0...10 В або 0...20 мА, вихідна частота 0,5...200 Гц	Altivar 12	5	Schnider Electric, Франція
11	KM1-KM2	По місцю	Магнітний пускач, 3 контакти NO, напруга живлення 230VAC, робочий струм 18А	АСКО УКРЕМ ПМ 1-18-10 М7 (LC1-D1810)	2	Asko-Ukrem, Україна

Конфігурація ПЛК, яка відповідає моїм вимогам згідно із завданням зображена на рисунку 3.2 разом із діаграмою споживання (рисунком 3.3). В конфігурацію входять: 2 модулі вхідних аналогових сигналів BMX AMI 0810 по 8 каналів кожен, два модулі вихідних аналогових сигналів BMX AMO 0802 по 8 каналів кожен і один модуль вихідних дискретних сигналів BMX DRA 0805, теж по 8. Всім цим керує процесорний модуль - P34 2000, а живлення до модулів надходить від блоку живлення CPS 2000.

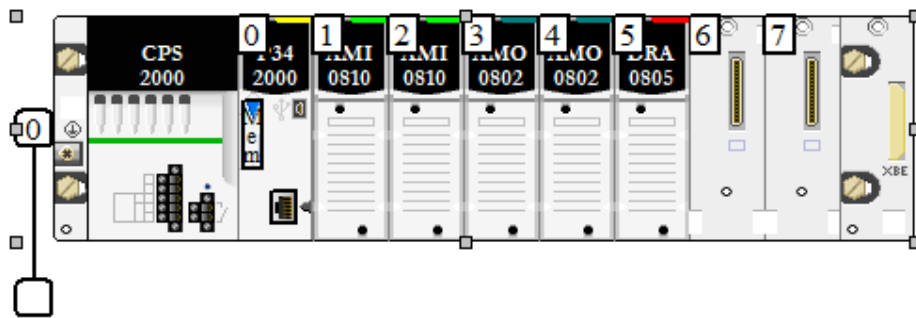


Рис. 3.2 – Конфігурація Modicon M340

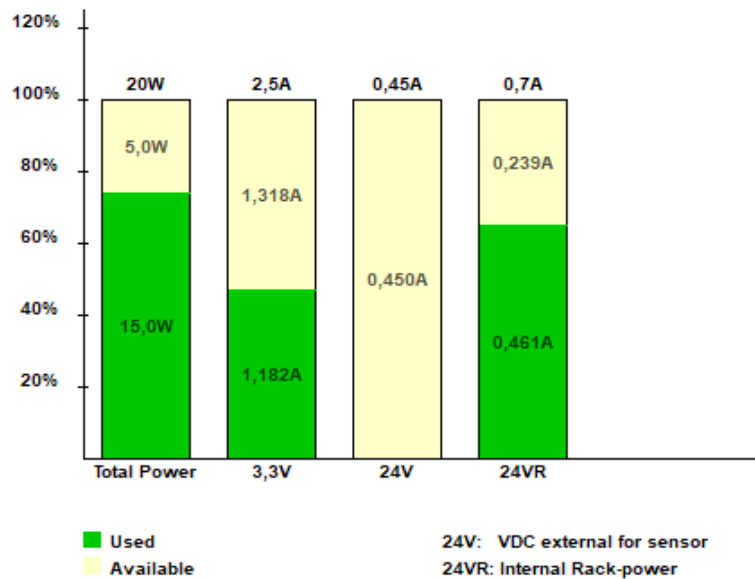


Рис. 3.3 – Діаграма споживання Modicon M340

Таблиця 3.1 – Конфігурація Modicon M340

Позначення модуля	К-сть	Найменування модуля	Характеристика модуля
BMX XBP 0800	1	Шасі	8 місць
CPS 2000	1	Модуль живлення	100...240VAC, 20Вт
P34 2000	1	Процесрний модуль	Serial + CanOpen
AMI 0810	2	Аналоговий вхідний модуль	На 8 каналів
AMO 0802	2	Аналоговий вихідний модуль	На 8 каналів
DRA 0805	1	Дискретний вихідний модуль	На 8 каналів

3.2. Обґрунтування вибору модулів ПЛК

Аналогові входи

За аналогові входи відповідають 2 модулі по 8 каналів кожен – АМІ 0810 (рисунок 3.4). У проєкті до даних модулів підключені різні аналогові датчики, які на модуль надсилають сигнал 4...20мА, а з модуля сигнал йде на процесорний модуль для подальшої обробки. Також АМІ 0810 має ізольовані аналогові входи, що підвищують надійність і безпеку роботи системи автоматизації.



Рис. 3.4 – Модуль аналогових входів BMX AMI 0810

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики АМІ 0810:

Характеристика	Значення
Серія	Modicon X80
Аналогово цифрове перетворення	16 біт
Розширення аналогового входу	15 біт + 1 символ
Вхідний опір	10МОм у вольтовому режимі, 250Ом + 3.6...50 внутрішній захисний резистор у режимі вимірювання струму
К-сть аналогових входів	8
Тип підключення	струм: +/- 20 мА, 0...20 мА, 4...20 мА напруга: +/- 10V, +/- 5V, 0...10V, 0...5V, 0...1V
Номінальна напруга живлення	24В постійного струму
Похибка вимірювання повної шкали (в залежності від типу сигналу і температури)	<=0.1%; <=0.2%; 0.15%; 0,075%
Формат цифрового значення	- 32768 to + 32767
Ізоляція між каналами	Гальванічна розв'язка
Споживаний струм	150мА у 3.3 В постійного струму 54мА у 24 В постійного струму

Схема підключення до модуля зображена на рисунку 3.5, де **VIx+** – полюсний вхід для каналу **x**, **COMx** – полюсний вхід для каналу **x**, **COMx** з'єднані між собою внутрішньо, **Ix** – вхід «+» резистора для зчитування струму, **канал 0** – датчик напруги, **канал 1** – двопровідний датчик струму.

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

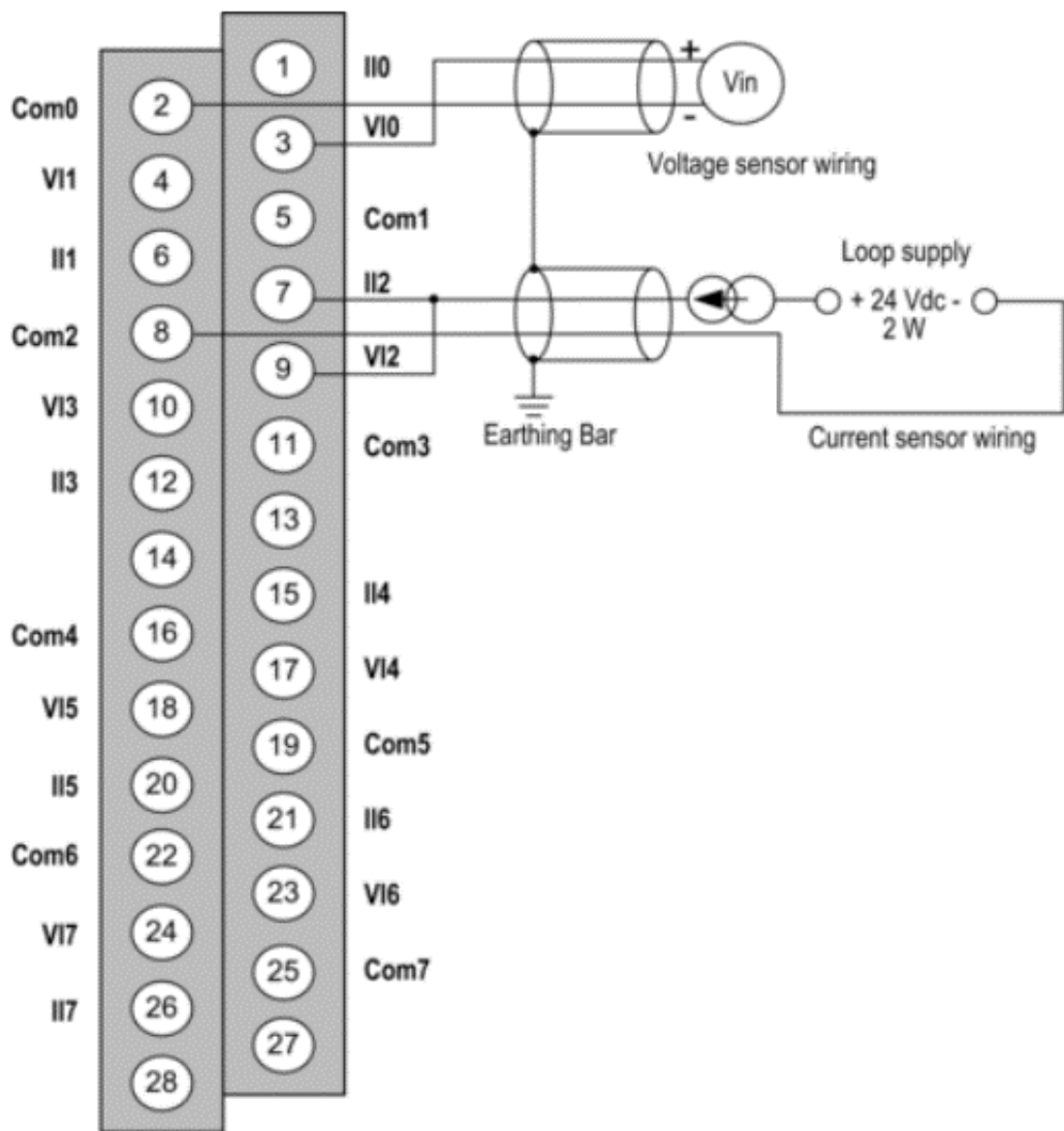


Рис. 3.5 – Схема підключення до BMX AMI 0810

Аналогові виходи

Для аналогових виходів я обрав 2 модуля АМО 0802 по 8 каналів кожен (рисунок 3.6). У проєкті до даних модулів підключені виконавчі механізми такі як: електропневмо перетворювачі та частотні перетворювачі на які йде керуючий сигнал 4...20мА від модуля. На відміну від АМІ 0810 не має ізоляції.



Рис. 3.6 – Модуль аналогових виходів BMX АМО 0802

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики АМО 0802:

Характеристика	Значення
Серія	Modicon X80
Розширення аналогового входу	16 біт
Активний опір навантаження	$\leq 350\Omega$ 0...20мА, $\leq 350\Omega$ 4...20мА
К-сть аналогових виходів	8
Тип помилки	розімкнене коло 4...20 мА, коротке замикання 0...20 мА
Тип аналогового виходу	струм: 0...20 мА, 4...20 мА
Номінальна напруга живлення	24В постійного струму
Похибка вимірювання повної шкали (в залежності від типу сигналу і температури)	$\leq 0.1\%$; $\leq 0.2\%$; 0.15%; 0,075%
Ізоляція між каналами	Відсутня
Споживаний струм	150мА у 3.3 В постійного струму 135мА у 24 В постійного струму

Схема підключення до модуля зображена на рисунку 3.7, де **I_{x+}** – полюсний вхід для каналу **x**, **COM_x** – полюсний вхід для каналу **x**, всі **COM_x** з'єднані між собою всередині пристрою. Петля струму живиться самостійно від виходу і не потребує зовнішнього джерела живлення.

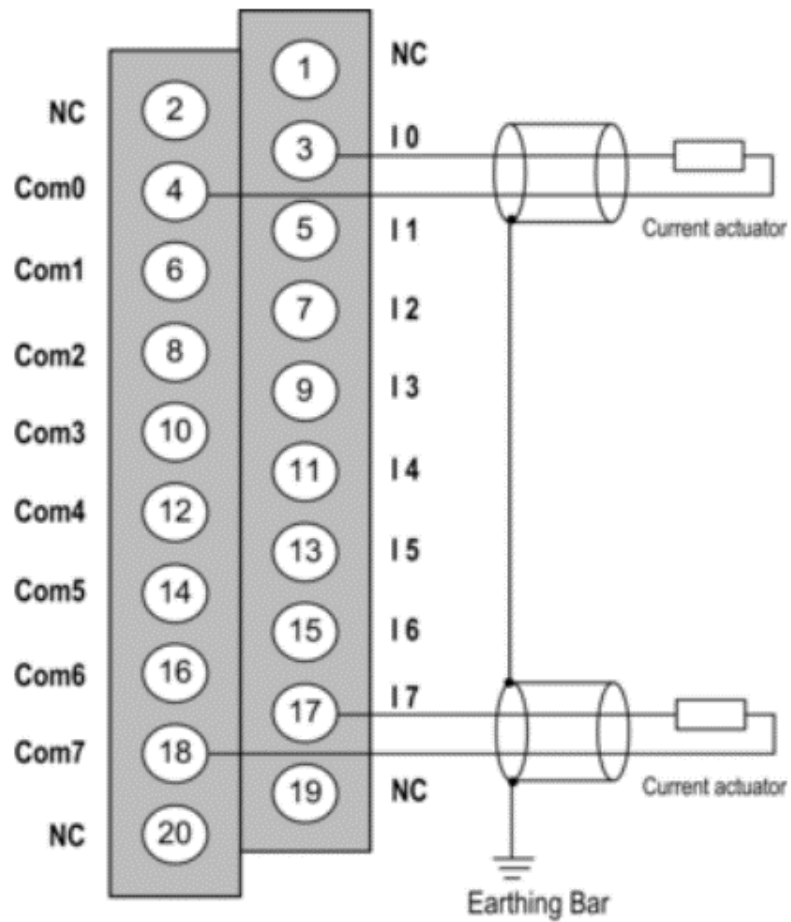


Рис. 3.7 – Схема підключення до BMX AMO 0802

Дискретні виходи

Для дискретних виходів мною було обрано модуль DRA 0805 (рисунок 3.8), який має 8 дискретних виходів. У проєкті модуль керує контакторами, до яких в свою чергу підключені трьохфазні асинхронні двигуни.



Рис. 3.8 – Модуль дискретних виходів BMX DRA 0805

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

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики DRA 0805:

Характеристика	Значення
Серія	Modicon X80
Опір ізоляції	> 10 МОм при 500 В постійного струму
К-сть аналогових виходів	8
Дискретна вихідна напруга	змінний струм: 24...240 В, 19...264 В, постійний струм: 12...24 В, 10...34 В
Номінальна напруга живлення	24В постійного струму
Похибка вимірювання повної шкали (в залежності від типу сигналу і температури)	$\leq 0.1\%$; $\leq 0.2\%$; 0.15%; 0,075%
Захист від короткого замикання на виході	Використовує швидкоплавкий запобіжник на кожен канал або групу каналів
Захист від перенапруги на виході	Використовуйте розрядний діод на кожен вихід постійного струму Використовуйте RC-ланцюг на кожен вихід змінного струму Використовуйте обмежувач перенапруг ZNO на кожен вихід змінного струму
Захист від перенавантаження на виході	Використовує швидкоплавкий запобіжник на кожен канал або групу каналів
Споживаний струм	70мА у 3.3 В постійного струму
Мінімальний комутаційний струм	10 мА при 5 В постійного струму

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

Схема підключення до модуля зображена на рисунку 3.9, де живлення складає 24 В постійного струму або 24...240 В змінного струму і є швидкоплавкий запобіжник на 3 А. NC – не підключено.

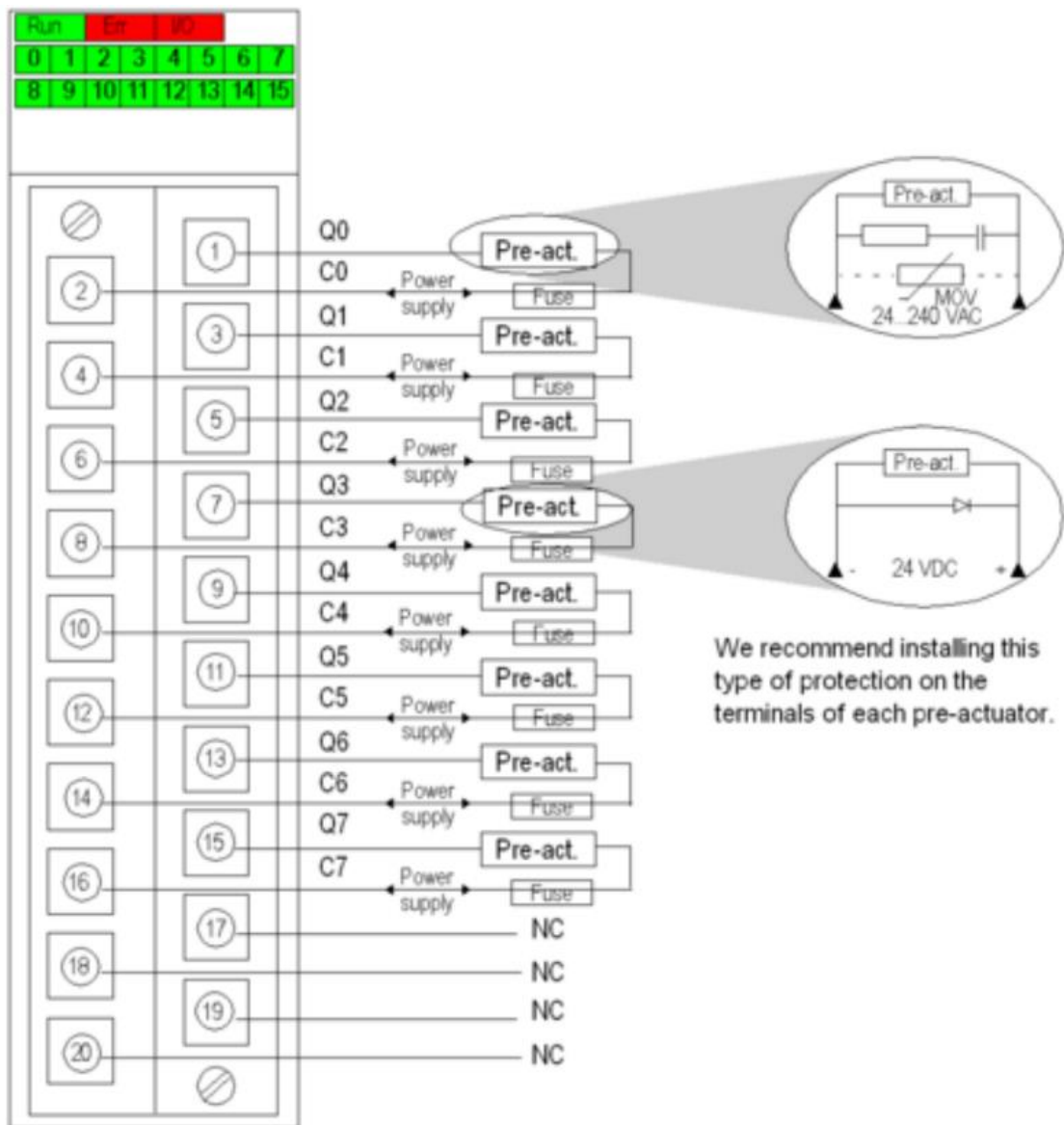


Рис. 3.7 – Схема підключення до BMX DRA 0805

3.3. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

При розробці електронної схеми автоматичного регулювання були використані наступні комплектуючі:

Таблиця 3.5 – Додаткові прилади на схемі підключення:

Прилад	К-сть	Позиція на схемі	Застосування
Автоматичний вимикач	3	QF1-QF3	Призначені для вмикання і вимикання живлення у певних гілках в з технічними засобами у системі автоматизації
Блок живлення	2	БЖ1, БЖ2	Призначені для перетворення змінної напруги 220В у постійну 24 В, що є характерною для живлення датчиків, а також електропневматичних перетворювачів

В електронній схемі автоматичного регулювання та принциповій схемі живлення була застосована наступна нумерація провідників:

Таблиця 3.6 – Нумерація провідників та каналів з'єднання на схемі

№ провідника	№ провідника на схемі	Значення
800	800-808	У провіднику протікає змінний струм
900	900-903	У провіднику протікає постійний струм
100	100-114	Через провідник проходить вимірювальний сигнал 4-20мА
200	200-222	Через провідник проходить керуючий сигнал 4-20мА
0800	0800-0811	Канал в якому проходить пневматичний сигнал від компресора до ЕПП
0200	0200-0210	Канал в якому проходить пневматичний сигнал від ЕПП до РО

3.4. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання температури у фільтрі

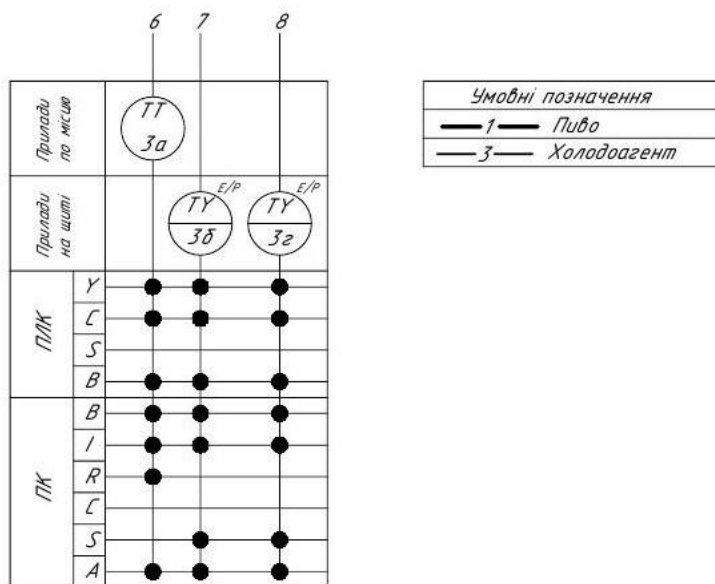
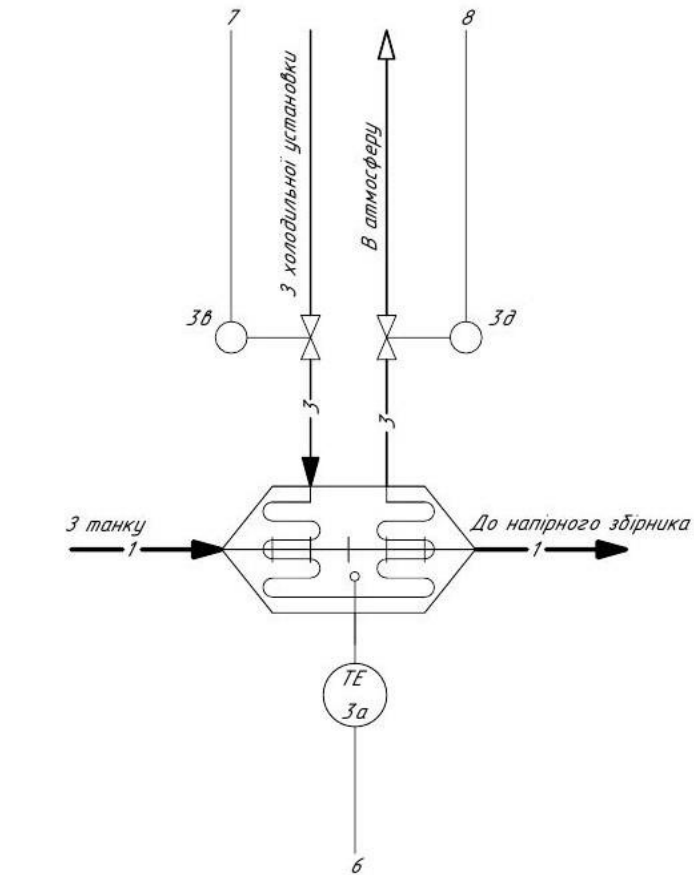


Рис. 3.8 – Схема автоматизації контуру регулювання температури у фільтрі

Термоперетворювач опору SITRANS TH 300 із сенсором Pt100 та вбудованим вторинним перетворювачем (поз. 3а) - підключений до модуля аналогових входів BMX AMI 0810 до клем **Com0** (2-) та **VI0** (3+). Вимірювальний уніфікований сигнал 4...20мА з термометра опору надходить на модуль AMI 0810 після чого йде на обробку до процесорного модуля ПЛК, де в залежності від заданої програми виробляється керуючий сигнал 4...20мА, що прямує на аналоговий вихідний модуль BMX AMO 0802 до клем **I2** (7+) і **I3** (9+) якого підключені 2 електропневно перетворювача (ЕПП) Sentronic LP (поз. 3б, 3г). Сигнал який з AMI 0802 надійшов на ЕПП, перетворюється в уніфікований 20...100кПа, що у свою чергу йде на пневматичні клапани ADCATrol P A PV25/2I(поз. 3в, 3д).

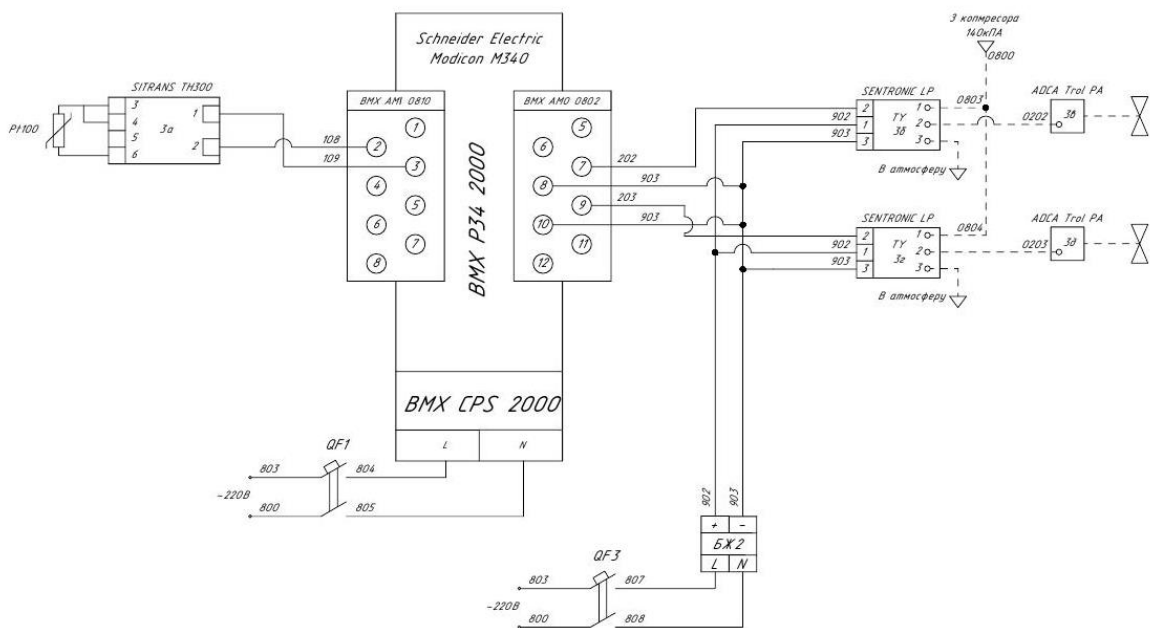


Рис. 3.9 – Схема підключення термометра опору, та електропневно перетворювачів до аналогових модулів ПЛК

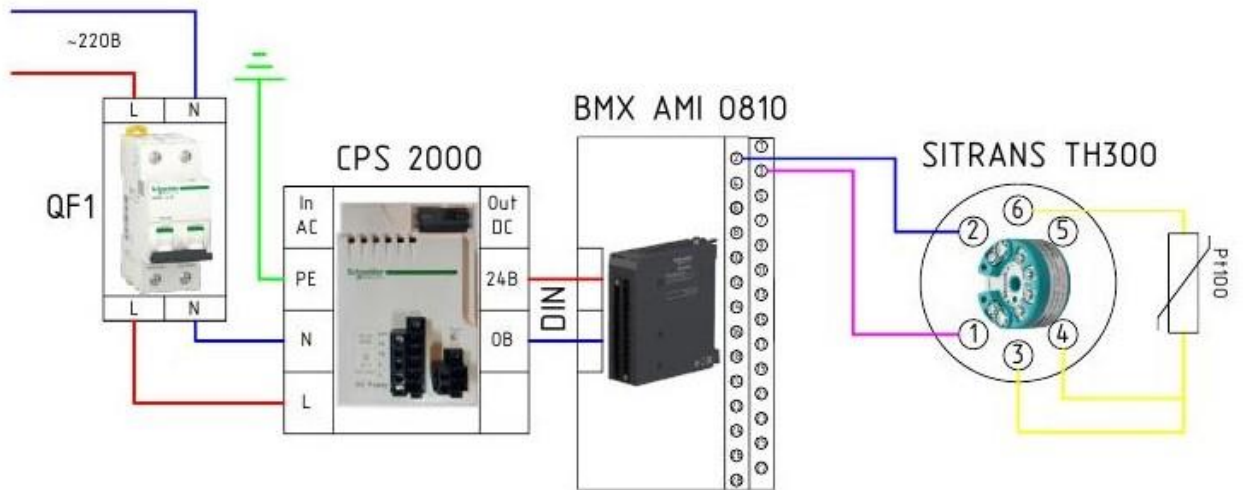


Рис. 3.10 – Графічна схема підключення термометра опору до модуля аналогових входів BMX AMI 0810

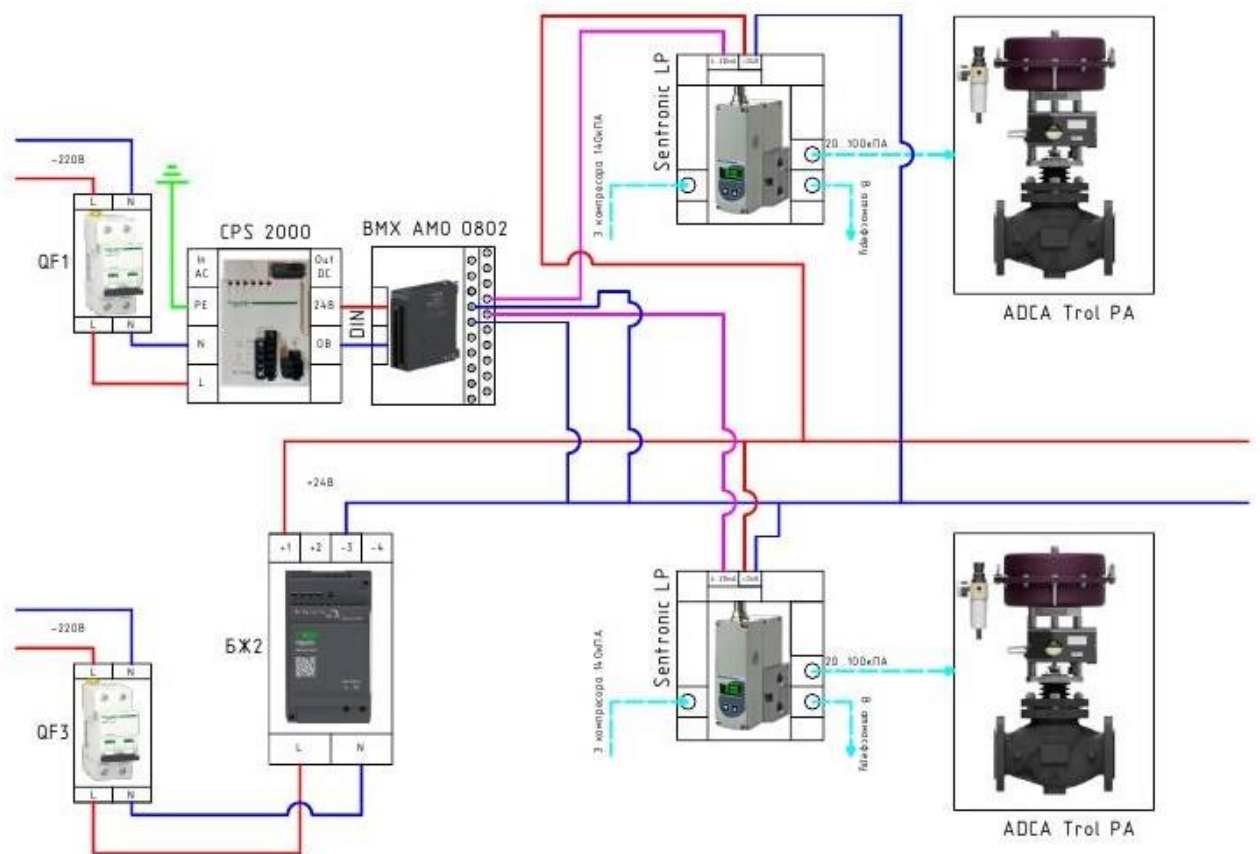


Рис. 3.11 – Графічна схема підключення електропневмо перетворювачів та клапанів до модуля аналогових виходів BMX AMO 0802

Розділ 4. Креслення та встановлення технічного засобу

Датчики температури або ж термоперетворювачі опору серії SITRANS T (рисунок 4.1) підтримують широкий спектр вхідних сигналів від термопар, термометрів опору та резистивних сенсорів, що робить їх універсальним рішенням для різних галузей у промисловості.



Рис. 4.1 – Термоперетворювачі опору серії SITRANS T

Однією із найпопулярніших моделей серії є термоперетворювач опору SITRANS TH300 (рисунок 4.2). Ця модель працює у двопровідній системі з аналоговим виходом 4...20мА і цифровим інтерфейсом HART.

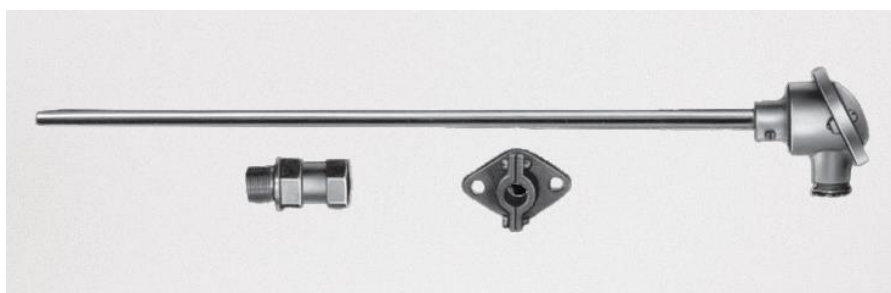


Рис. 4.2 – Термоперетворювач опору SITRANS TH300

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Штефан І.В.		03.06	<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу розливу пива на пивзаводі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Міркевич Р.М.		03.06			61	6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.		05.06	<i>НУХТ АК-4-1</i>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.		05.06				

SITRANS TH300 підтримує підключення термометрів опору відповідно до стандартів IEC 60751 (Pt25...Pt1000) та JIS C1604 із коефіцієнтом температурного розширення $\alpha = 0.00392 \text{ K}^{-1}$. Також можливе підключення нікелевих сенсорів Ni25...Ni1000, а за потреби – спеціальних типів із заданими характеристиками (до 30 точок). Термометр опору працює на основі аналогово-цифрової та цифрово-аналогової обробки сигналів, використовуючи мікроконтролери у вхідному та вихідному трактах. Прилад приймає сигнал від підключеного температурного сенсора (RTD, термопари, резистивного сенсора або джерела напруги) через універсальний вхідний модуль. Вхідний аналоговий сигнал, наприклад зміна опору в Pt100 або напруга від термопари, перетворюється за допомогою А/D-перетворювача в цифрову форму. Далі мікроконтролер виконує лінійаризацію, масштабування, корекцію, фільтрацію та діагностику сигналу згідно з конфігурацією, заданою через HART. Після обробки цифровий сигнал перетворюється назад в аналоговий за допомогою D/A-перетворювача, і на виході формується струм сигналу 4...20 мА, пропорційний вимірюваній температурі. Паралельно на цю ж лінію накладається цифровий HART-сигнал, який дозволяє передавати додаткову інформацію, наприклад, діагностику або параметри. Принцип роботи датчика зображено на функціональній схемі (рисунок 4.3).

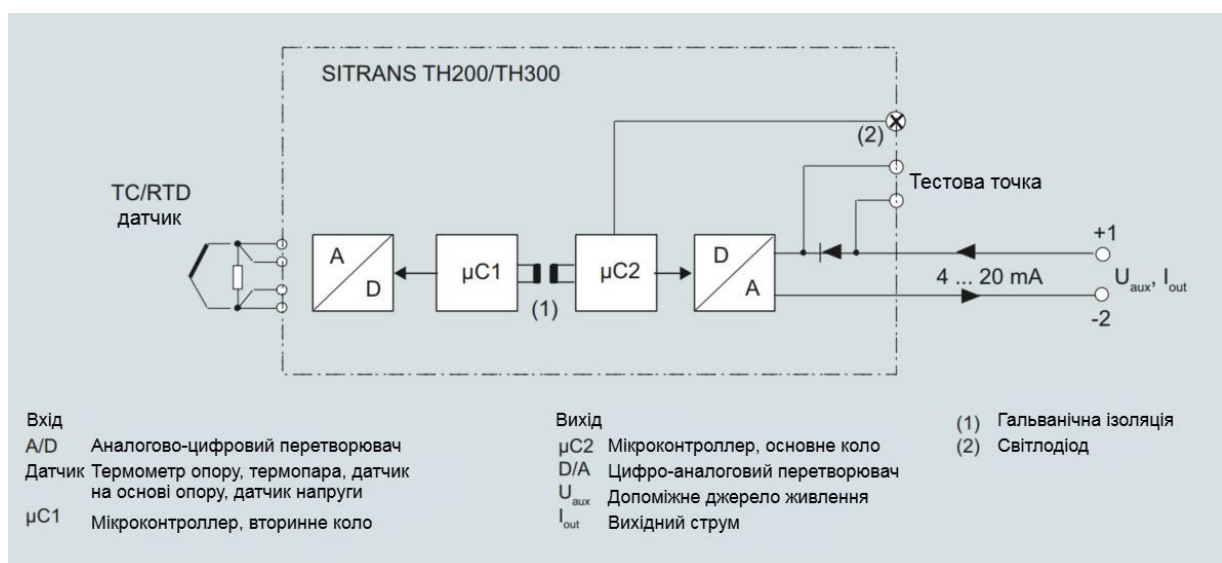


Рис. 4.3 – Функціональна схема термометра опору SITRANS TH300

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

4.1. Технічні характеристики приладу

Вхід:

Підтримка датчиків: Термопари (типи В, С, D, Е, J, К, L, N, R, S, Т, U), термоперетворювачі опору (Pt100, Pt1000, Ni100 тощо; 2-, 3- або 4-провідна схема), опірні датчики / потенціометри, mV-джерела (мілівольтові датчики)

Мінімальний діапазон вимірювання: RTD — 10 °С, ТС — 40 ... 100 °С (залежно від типу), опір — 5 ... 25 Ом, mV — 2 мВ або 20 мВ

Час реакції: ≤ 250 мс

Діагностика: розрив / коротке замикання датчика

Вхідний струм для сенсора: ≤ 0.45 мА

Гальванічна ізоляція: 2.12 кВ DC між входом та виходом

Вихід:

Сигнал: 4–20 мА з цифровою надбудовою по HART Rev. 5.9

Живлення: 11–35 В DC (макс. 30 В в Ех-зонах)

Макс. навантаження: (U - 11 В) / 0.023 А

Діапазон аварійного сигналу: 3.6–23 мА

Захист від полярності: Так

Фізичні параметри:

Матеріал корпусу: пластик

Вага: ~50 г

Температура навколишнього середовища: -40...+85 °С

Монтаж: у з'єднувальну головку типу В або на DIN-рейку (через адаптер)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Електричне під'єднання приладу

Підключення приладу (рисунок 4.4) здійснюється по двопровідній лінії. Для цього на клему під номером 1 подається позитивний полюс джерела постійного струму, а на клему 2 — негативний. Це джерело має забезпечити напругу в межах від 11 до 35 вольт постійного струму. Одночасно з живленням через ті самі провідники передається аналоговий сигнал струму в діапазоні від 4 до 20 мА, який пропорційний до температури, вимірюваної сенсором. Сенсори підключаються до клем під номерами 3, 4, 5 та 6. У випадку використання термоперетворювача опору, наприклад Pt100, можна обрати двопровідну, трипровідну або чотирипровідну схему з'єднання. Для двопровідної схеми використовуються лише клемми 3 і 4, і при цьому важливо компенсувати опір лінії, оскільки він впливає на точність вимірювання. Для трипровідного підключення використовуються клемми 3, 4 і 5 — ця схема автоматично компенсує опір проводів без потреби в ручному налаштуванні. У разі найточнішої чотирипровідної схеми, сенсор з'єднується з клеммами 3, 4, 5 і 6, що повністю виключає вплив опору кабелів. Для контролю струму в ланцюзі передбачено два спеціальні контактні роз'єми (позначені як "Test +", "Test -"), які дозволяють під'єднати міліамперметр без необхідності розривати основне коло. Це дуже зручно при обслуговуванні або налагодженні приладу, оскільки дозволяє контролювати роботу без перерви в подачі живлення.

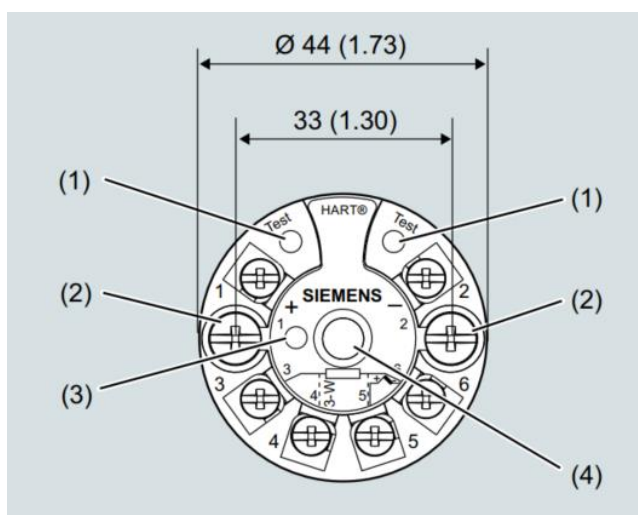


Рис. 4.4 – Схема підключення SITRANS TH300

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

4.2. Монтаж приладу

А) монтаж у голівці датчика

Монтаж SITRANS TH300 залежить від того, куди саме він встановлюється. Найчастіше його монтують безпосередньо у з'єднувальну головку датчика, яка повинна відповідати типу В або бути більшою за розміром. У голівці, передбаченій стандартом DIN 43729, є місце для встановлення круглого модуля передавача, а також отвір у центрі діаметром 6,3 мм для проходу монтажного гвинта. Передавач може бути закріплений у двох положеннях: або безпосередньо в кришці з'єднувальної головки, або в її основі, де знаходиться контактна плата сенсора. У комплекті з приладом постачаються необхідні гвинти М4×35, пружини та фіксуючі шайби, які забезпечують надійне кріплення на монтажну пластину. Якщо монтаж здійснюється на круглій основі температурного зонда, шайби DIN 6799 дозволяють зафіксувати пристрій без ризику його зміщення під час експлуатації.

Б) монтаж на DIN рейку

Альтернативний варіант монтажу — встановлення на стандартну DIN-рейку або G-рейку. Для цього необхідно окремо придбати спеціальний адаптер (каталожний номер 7NG3092-8KA). Такий варіант монтажу доцільний, коли прилад не встановлюється безпосередньо на зонд, а працює як частина розподільчого шафи або панелі керування. У такому разі важливо дотримуватись вимог до оточення: прилад повинен бути захищений від пилу, вологи, ударів і сильного електромагнітного поля.

Креслення встановлення технічного засобу показано на рисунку 4.5

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

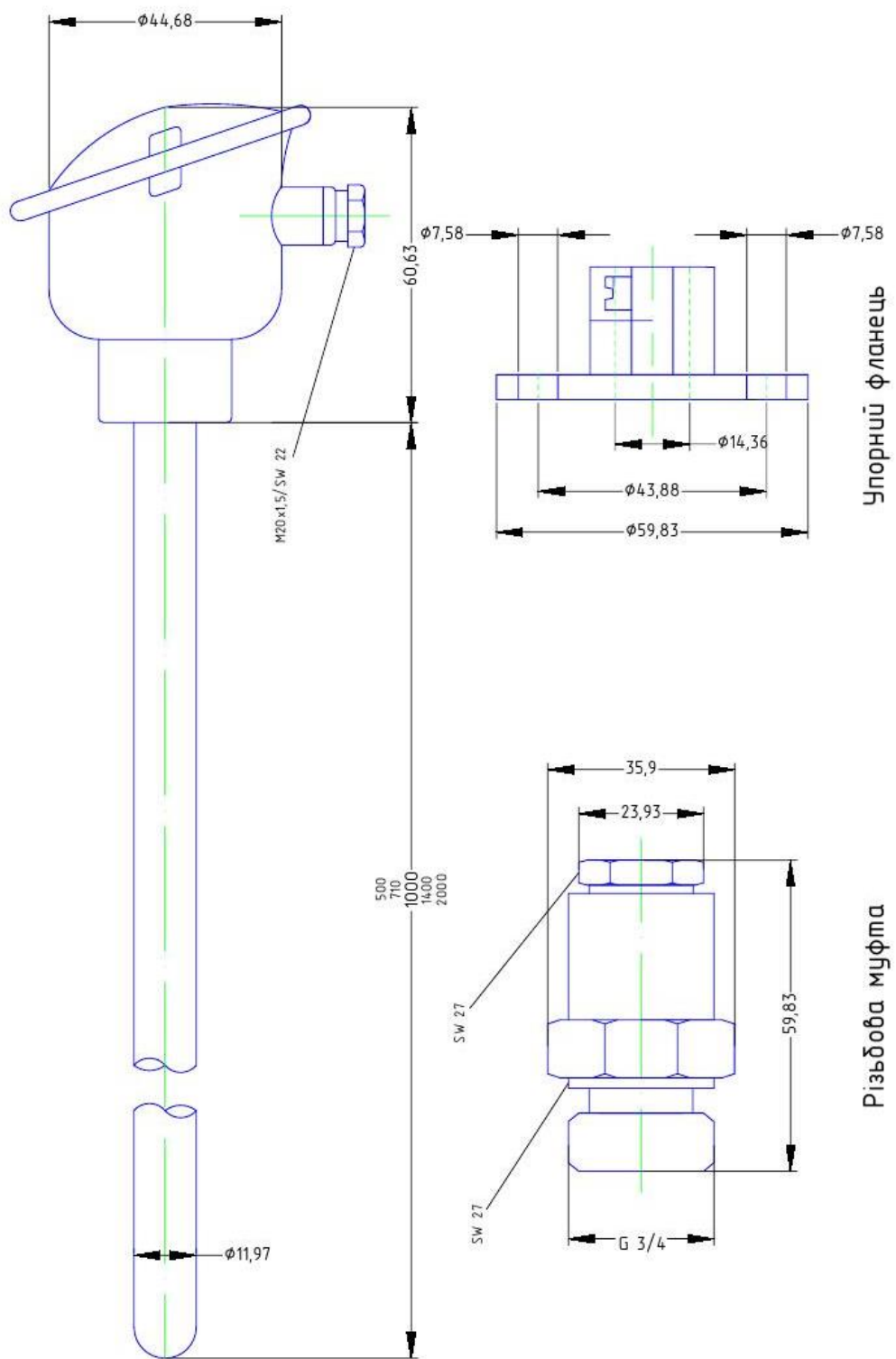


Рис. 4.5 – Креслення встановлення SITRANS TH300

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

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

Схема алгоритму лінії розливу пива зображена на рисунку 5.1.

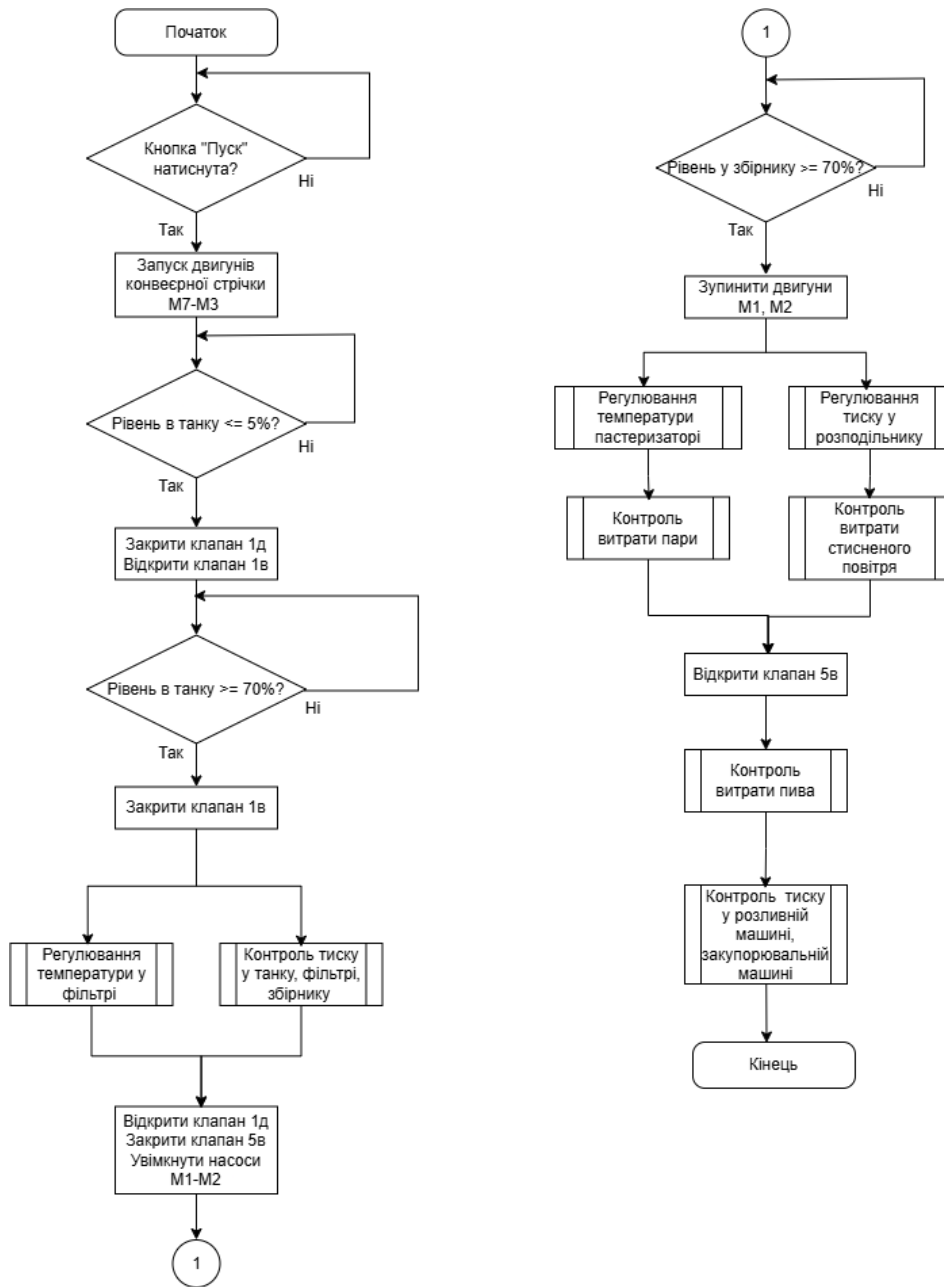


Рис 5.1 – блок схема алгоритму виконання програми

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Розроб.		Штефан І.В.		03.06				<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу розливу пива на пивзаводі</i>
Керівник		Міркевич Р.М.		03.06		67	10	
Зав. каф.		Смітюх Я.В.		05.06	<i>НУХТ АК-4-1</i>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.		05.06				

5.1. Конфігурування каналів модулів ПЛК

Всі змінні, які відповідають реальним об'єктам (датчикам та ВМ) йдуть із адресацією у колонці **Address**, також червоною галочкою у колонці **HMI variable** відмічені ті змінні, які були використані у розробці людино-машинного інтерфейсу:

Name	Type	Value	Comment	Address	HMI variable
M7_18A_SIC	INT		ЧП	%QW0.4.5	<input checked="" type="checkbox"/>
M6_17A_SIC	INT		ЧП	%QW0.4.4	<input checked="" type="checkbox"/>
M5_16A_SIC	INT		ЧП	%QW0.4.3	<input checked="" type="checkbox"/>
M4_15A_SIC	INT		ЧП	%QW0.4.2	<input checked="" type="checkbox"/>
M3_14A_SIC	INT		ЧП	%QW0.4.1	<input checked="" type="checkbox"/>
FY_12G_INT	INT		ЕПП	%QW0.4.0	<input checked="" type="checkbox"/>
FY_12B_INT	INT		ЕПП	%QW0.3.7	<input checked="" type="checkbox"/>
PY_8G_INT	INT		ЕПП	%QW0.3.6	<input checked="" type="checkbox"/>
PY_8B_INT	INT		ЕПП	%QW0.3.5	<input checked="" type="checkbox"/>
LY_5B_INT	INT		ЕПП	%QW0.3.4	<input checked="" type="checkbox"/>
TY_3G_INT	INT		ЕПП	%QW0.3.3	<input checked="" type="checkbox"/>
TY_3B_INT	INT		ЕПП	%QW0.3.2	<input checked="" type="checkbox"/>
LY_1G_INT	INT		ЕПП	%QW0.3.1	<input checked="" type="checkbox"/>
LY_1B_INT	INT		ЕПП	%QW0.3.0	<input checked="" type="checkbox"/>
FE_7B_INT	INT		ДАТЧИК ВИТР...	%IW0.2.4	<input checked="" type="checkbox"/>
FE_13A_INT	INT		ДАТЧИК ВИТР...	%IW0.2.3	<input checked="" type="checkbox"/>
FE_9A_INT	INT		ДАТЧИК ВИТР...	%IW0.2.2	<input checked="" type="checkbox"/>
TE_12A_INT	INT		ДАТЧИК ТЕМ...	%IW0.2.1	<input checked="" type="checkbox"/>
TE_3A_INT	INT		ДАТЧИК ТЕМ...	%IW0.2.0	<input checked="" type="checkbox"/>
PT_11A_INT	INT		ДАТЧИК ТИСКУ	%IW0.1.7	<input checked="" type="checkbox"/>
PT_10A_INT	INT		ДАТЧИК ТИСКУ	%IW0.1.6	<input checked="" type="checkbox"/>
PT_8A_INT	INT		ДАТЧИК ТИСКУ	%IW0.1.5	<input checked="" type="checkbox"/>
PT_6A_INT	INT		ДАТЧИК ТИСКУ	%IW0.1.4	<input checked="" type="checkbox"/>
PT_4A_INT	INT		ДАТЧИК ТИСКУ	%IW0.1.3	<input checked="" type="checkbox"/>
PT_2A_INT	INT		ДАТЧИК ТИСКУ	%IW0.1.2	<input checked="" type="checkbox"/>
LE_5A_INT	INT		ДАТЧИК РІВНЯ	%IW0.1.1	<input checked="" type="checkbox"/>
LE_1A_INT	INT		ДАТЧИК РІВНЯ	%IW0.1.0	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис 5.2 – проадресовані змінні

ZBIRNYK_LVL	REAL		ІМІТОВАНИЙ Р...		<input checked="" type="checkbox"/>
TY_12B_REAL	REAL				<input checked="" type="checkbox"/>
TY_12B_INT	INT				<input checked="" type="checkbox"/>
TY_3G_REAL	REAL		КЛАПАН ВІДМ...		<input checked="" type="checkbox"/>
TY_3B_REAL	REAL		КЛАПАН ВІДМ...		<input checked="" type="checkbox"/>
TE_12A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
TE_3A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
TC2_SP	REAL				<input type="checkbox"/>
TC2_AUTO	BOOL				<input type="checkbox"/>
TC1_SP	REAL		температура ...		<input type="checkbox"/>
TC1_AUTO	BOOL		перемикач ру...		<input checked="" type="checkbox"/>
TANK_LVL	REAL		ІМІТОВАНИЙ Р...		<input checked="" type="checkbox"/>
STOP	BOOL		СТОП ПРОГРА...		<input checked="" type="checkbox"/>
STEP_PROG	INT		КРОК ПРОГРА...		<input type="checkbox"/>
START	BOOL		СТАРТ ПРОГР...		<input checked="" type="checkbox"/>
PT_11A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
PT_10A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
PT_8A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
PT_6A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
PT_4A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input type="checkbox"/>
PT_2A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
M_SPEED_SCREEN	INT				<input type="checkbox"/>
M_SPEED_7	INT		0-3000 об/хв		<input checked="" type="checkbox"/>
M_SPEED_6	INT		0-3000 об/хв		<input checked="" type="checkbox"/>
M_SPEED_5	INT		0-3000 об/хв		<input checked="" type="checkbox"/>
M_SPEED_4	INT		0-3000 об/хв		<input checked="" type="checkbox"/>
M_SPEED_3	INT		0-3000 об/хв		<input checked="" type="checkbox"/>
M7_IMIT	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
M7_btn3	BOOL		3000		<input checked="" type="checkbox"/>
M7_btn2	BOOL		2000		<input checked="" type="checkbox"/>
M7_btn1	BOOL		1000		<input checked="" type="checkbox"/>
M6_IMIT	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
M6_btn3	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
M6_btn2	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
M6_btn1	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
M5_IMIT	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
M5_btn3	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
M5_btn2	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>

Рис 5.3 – програмні змінні ч.1

● M5_btn1	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M4_IMIT	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M4_btn3	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M4_btn2	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M4_btn1	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M3_IMIT_0	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M3_IMIT	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M3_btn3	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M3_btn2	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M3_btn1	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M2_KM2	BOOL		КОНТАКТОР		<input checked="" type="checkbox"/>
● M2_INT	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M2_IMIT	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M1_KM1	BOOL		КОНТАКТОР		<input checked="" type="checkbox"/>
● M1_INT	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● M1_IMIT	BOOL				<input checked="" type="checkbox"/>
● LE_5A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
● LE_1A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
● FE_13A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
● FE_10A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
● FE_9A_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>
● FE_7B_REAL	REAL		ВІДМАСШТАБ...		<input checked="" type="checkbox"/>

Рис 5.4 – програмні змінні ч.2

Змінні, які мають у назві типу приставку **Para** відносяться до таких, у яких заздалегідь зберігаються вихідні параметри, які слугують для масштабування вихідних сигналів із датчиків або просто заданих значень, наприклад у ПІД чи як в моєму випадку – ПІ- регуляторах.

Name	Type	Value	C	A	HMI variable
● TY12_B_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● TY3_B_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● TE12_A_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● TE3_A_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● TC2_PARA	Para_PI_B				<input type="checkbox"/>
● TC1_PARA	Para_PI_B				<input type="checkbox"/>
● SCALE_LVL_5A	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● SCALE_LVL_1A	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● PT11_A_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● PT10_A_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● PT8_A_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● PT6_A_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● PT4_A_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● PT2_A_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● FE13_A_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● FE9_A_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>
● FE7_A_PARA	Para_SCALING				<input type="checkbox"/>

Рис 5.5 – програмні змінні параметрів SCALING та ПІ-регуляторів

5.2. Розробка програмного забезпечення для реалізації алгоритму керування об'єктом

Задача Mast, розробленої програми для ПЛК Modicon M340, складається із секцій, що зображені на рисунку 5.6.

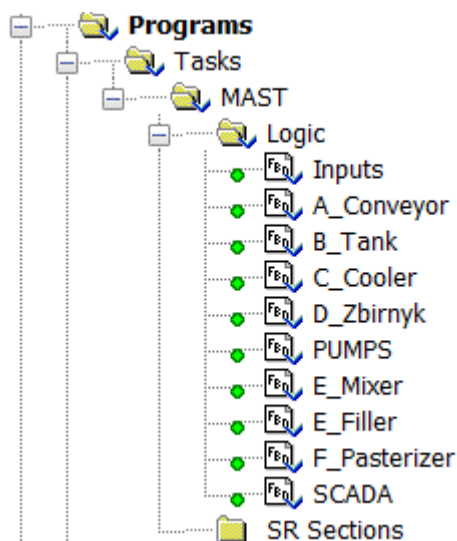
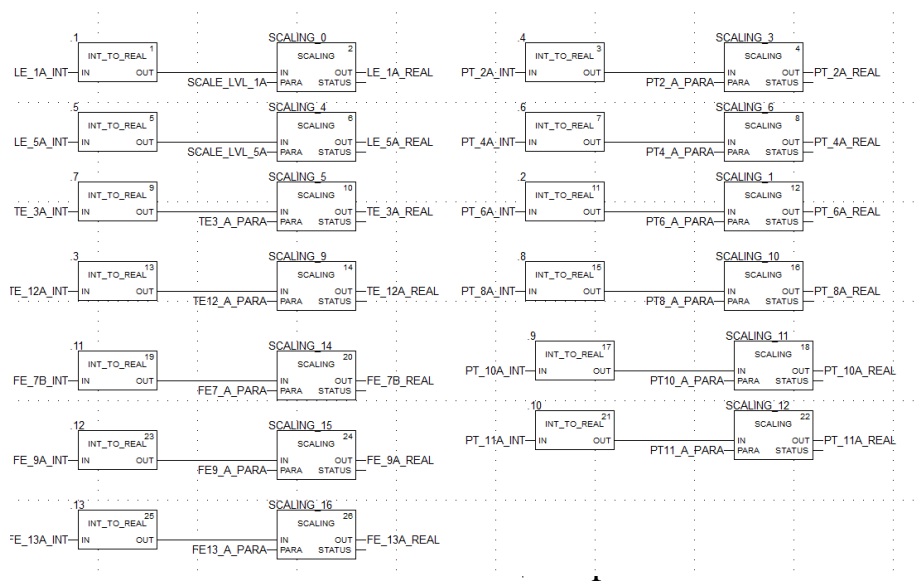


Рис 5.6 – Секції Mast

В секції **Inputs** відбувається масштабування вхідних сигналів датчиків температури, рівня, тиску, витрати за допомогою функціональних блоків мови FBD – **INT_TO_REAL** та **SCALING** (рисунок 5.7) .



В секції **A_Conveyor** я реалізував увімкнення/вимкнення та керування конвеєрних стрічок, запуск яких починається з кінця задля того, аби забезпечити надійність виконання роботи.

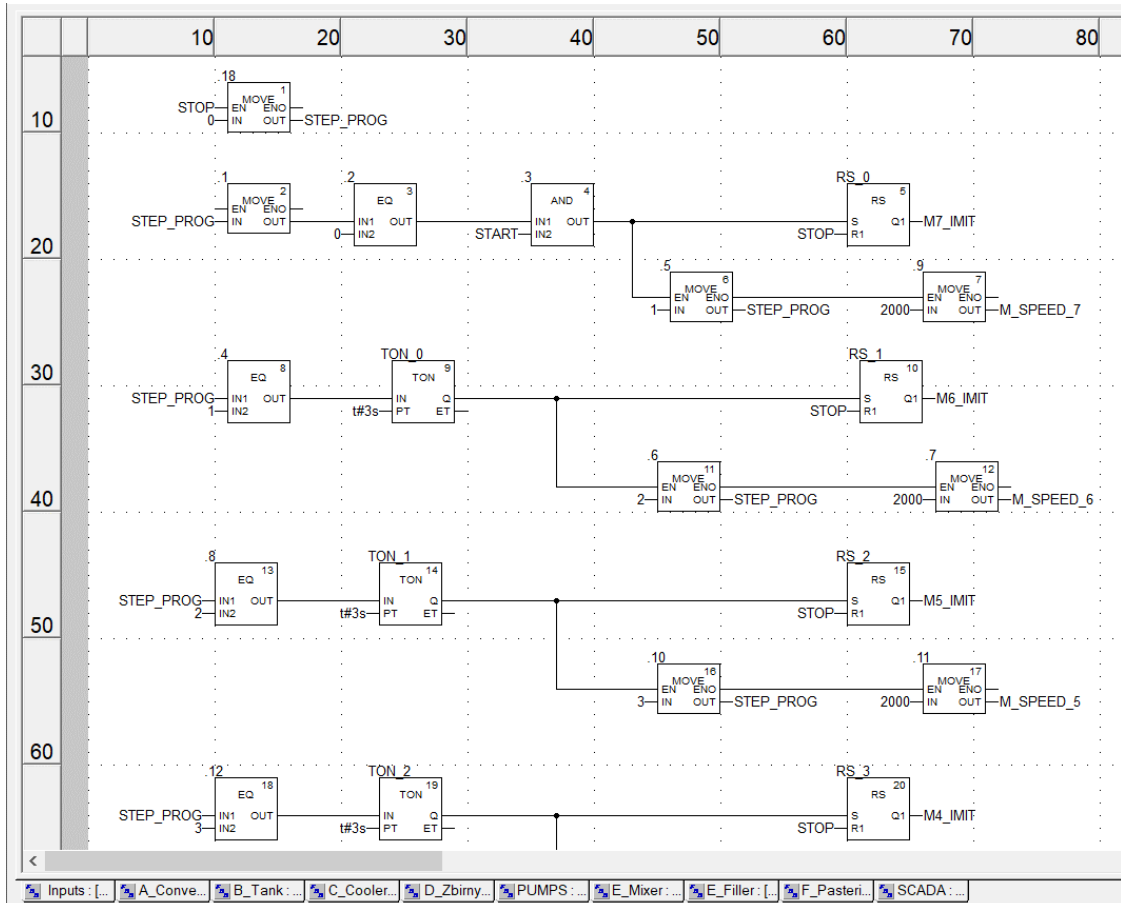


Рис 5.8 – Секція A_Conveyor

В таких секціях як **B_Tank**, **D_Zbirnyk**, **E_Mixer** та **E_Filler** було реалізовано проходження основних потоків, таких як пиво, пара холодоагент, стиснене повітря, їх показники та анімацію. Але на мою думку найбільше деталей було саме у секціях **B_Tank** та **D_Zbirnyk** рисунок 5.9 та рисунок 5.10 відповідно.

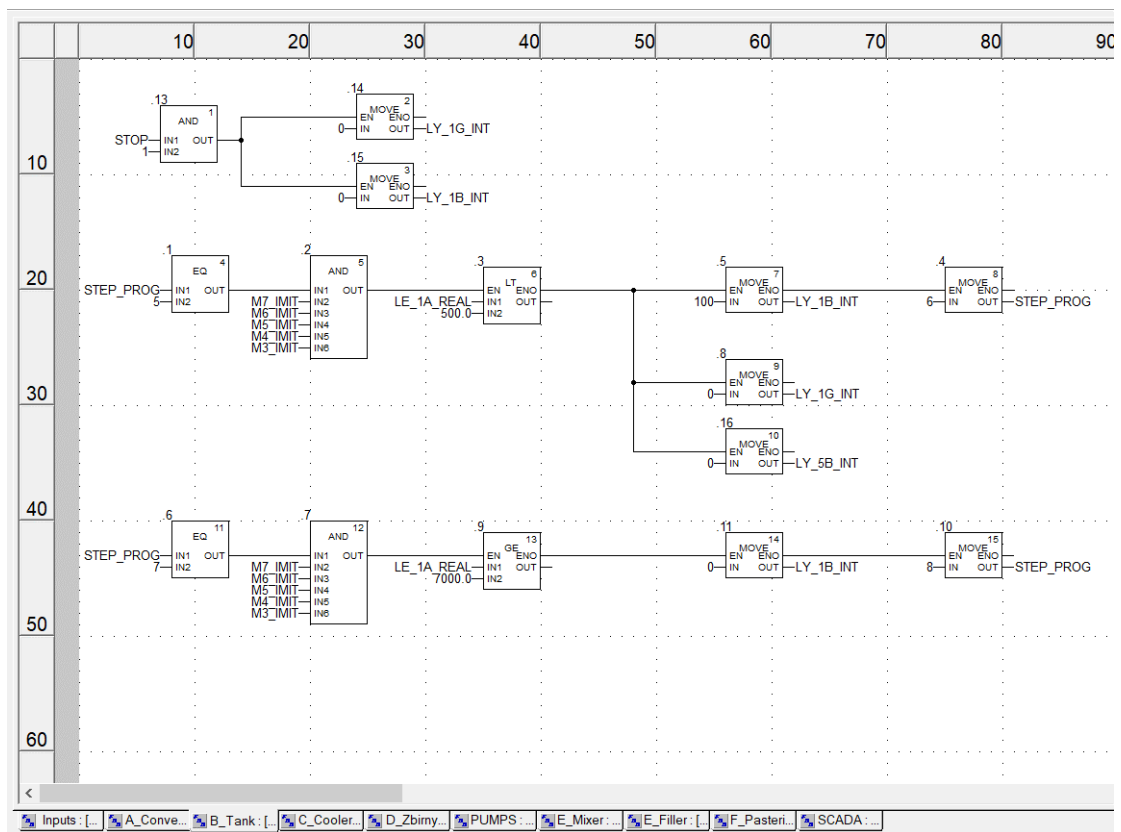


Рис 5.9 – Секція B_Tank

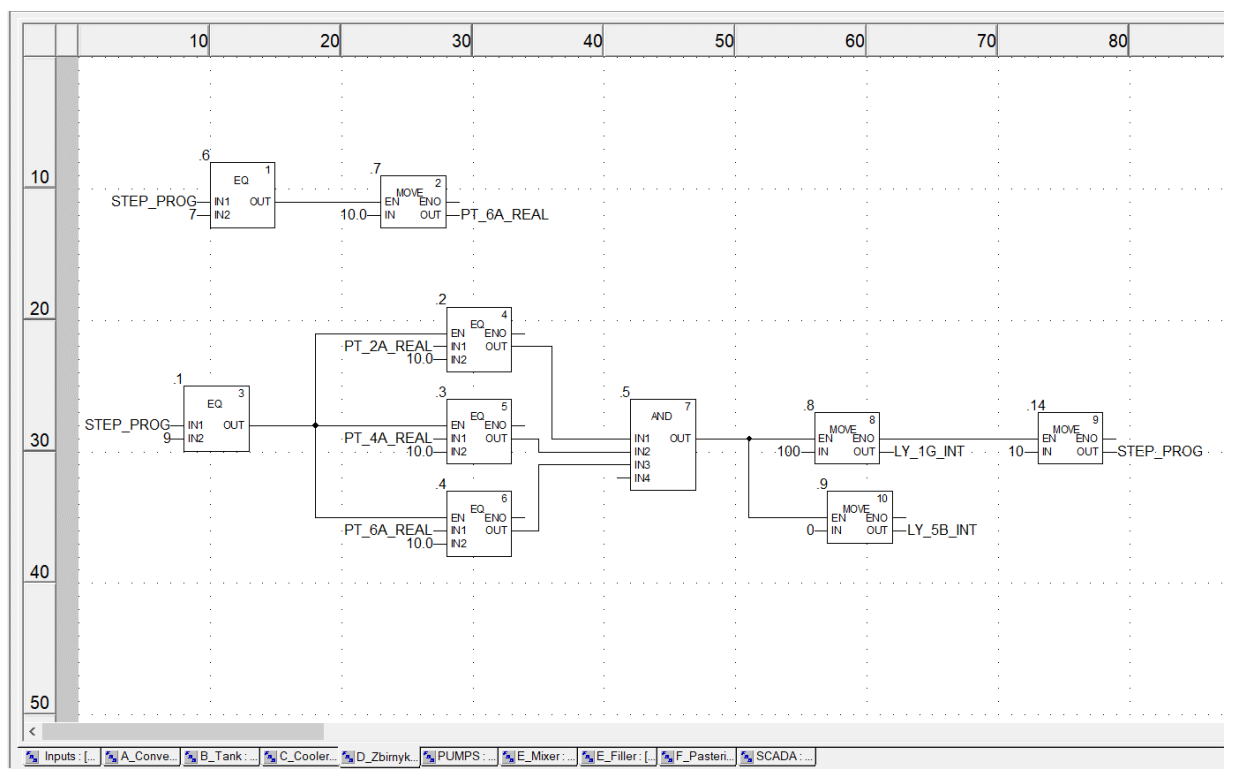


Рис 5.10 – Секція D_Zbirnyk

Досить проста в реалізація секція **PUMPS** слугує для запуску і вимикання двигунів насосів, що керуються через контактори рисунок 5.11.

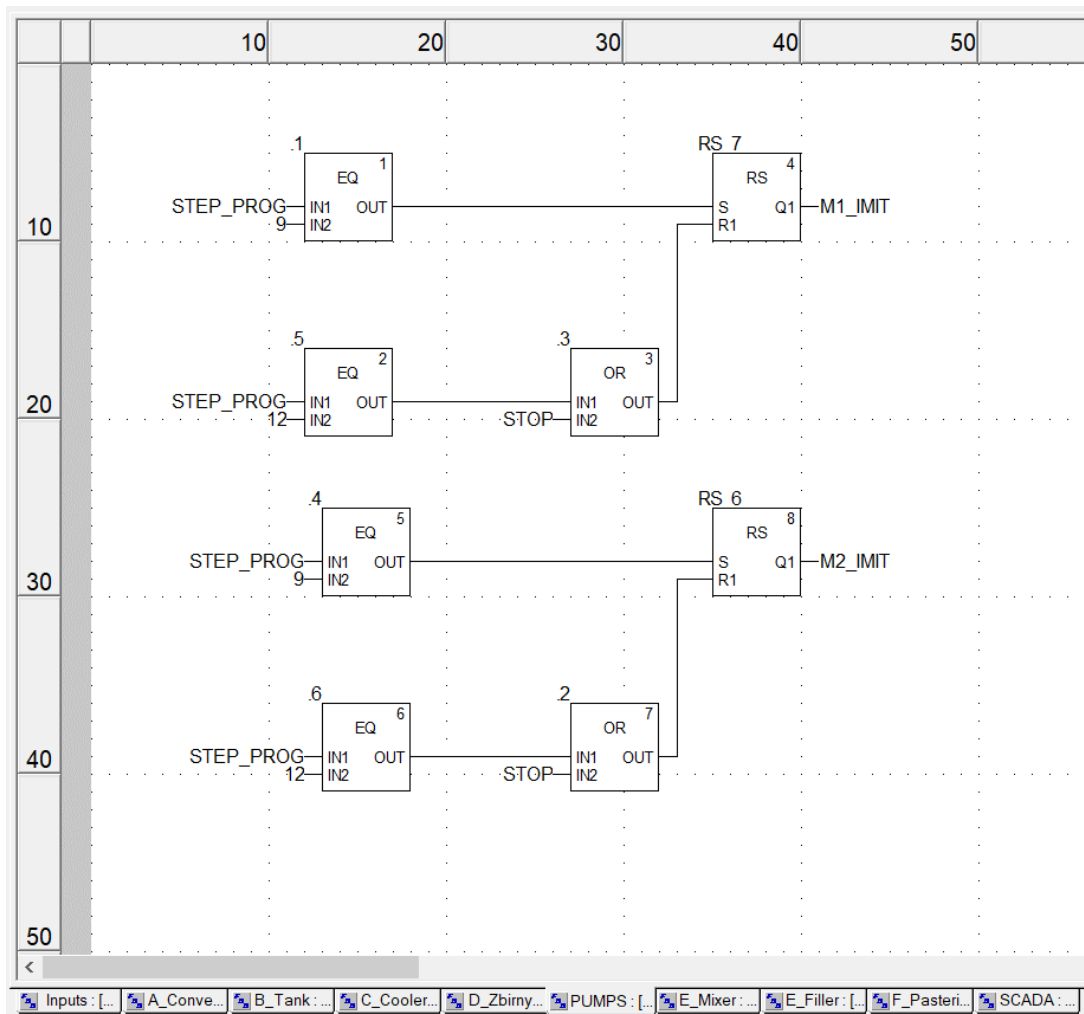


Рис 5.11 – Секція PUMPS

Дві важливі секції завдяки яким відбувається регулювання температури у фільтрі та пастеризаторі це секції **C_Cooler** та **F_Pasterizer**, в яких прописані виконання ПІ регулятора, що дає змогу змінювати принцип керування об'єктом, перемикаючи процес з ручного керування на автоматичне і навпаки рисунок 5.12 і рисунок 5.13 відповідно.

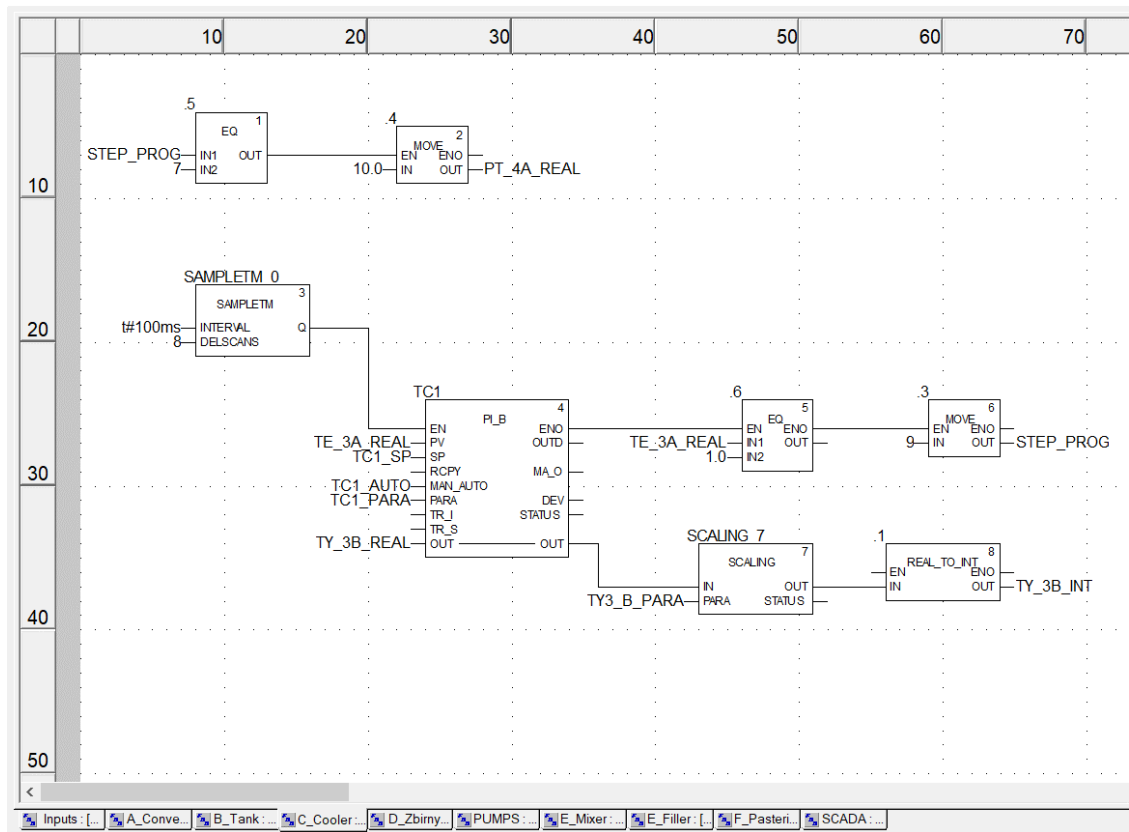


Рис 5.12 – Секція C_Cooler

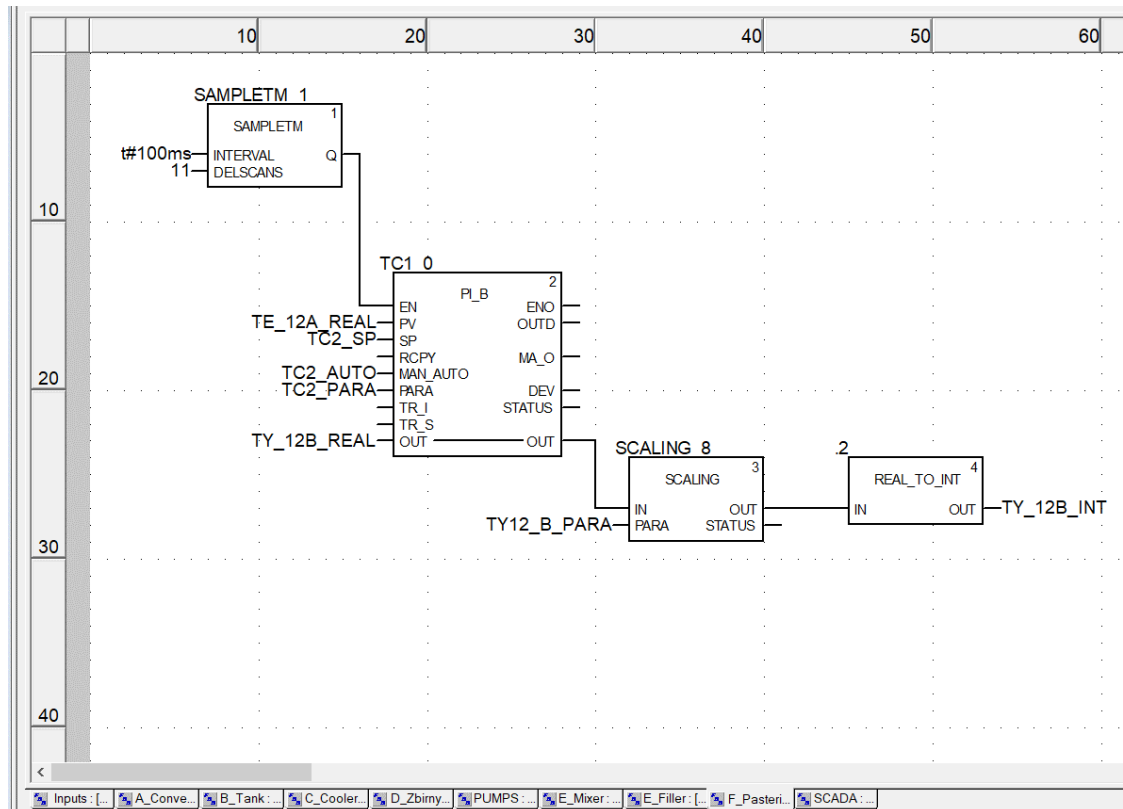


Рис 5.13 – Секція F_Pasterizer

І остання у списку це секція анімації внутрішньопрограмної мнемосхеми – це SCADA, рисунки 5.14 і 5.15.

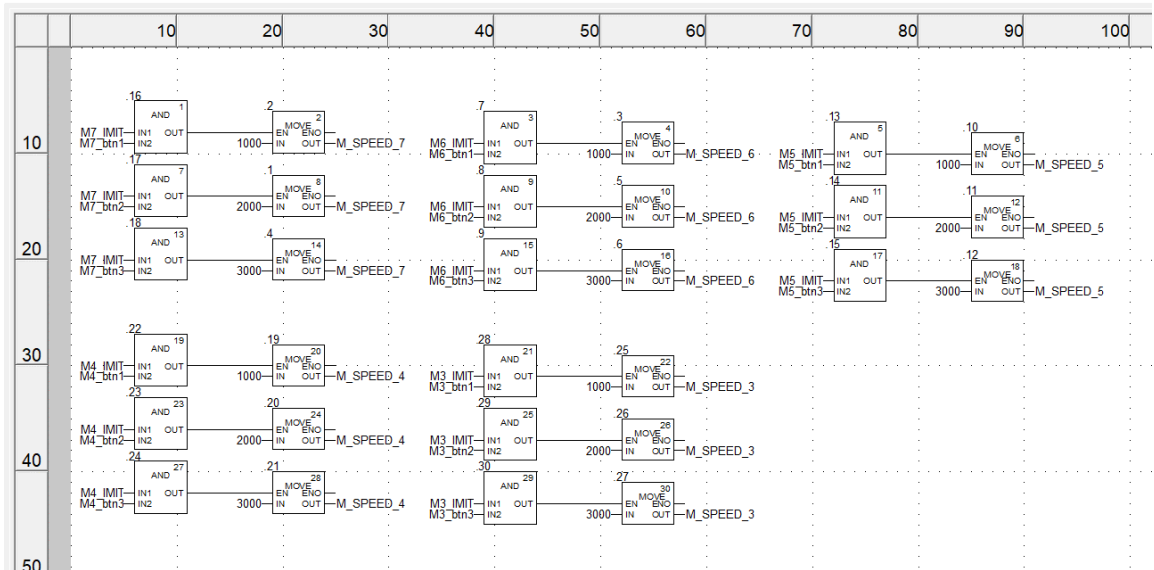


Рис 5.14 – Секція SCADA ч.1

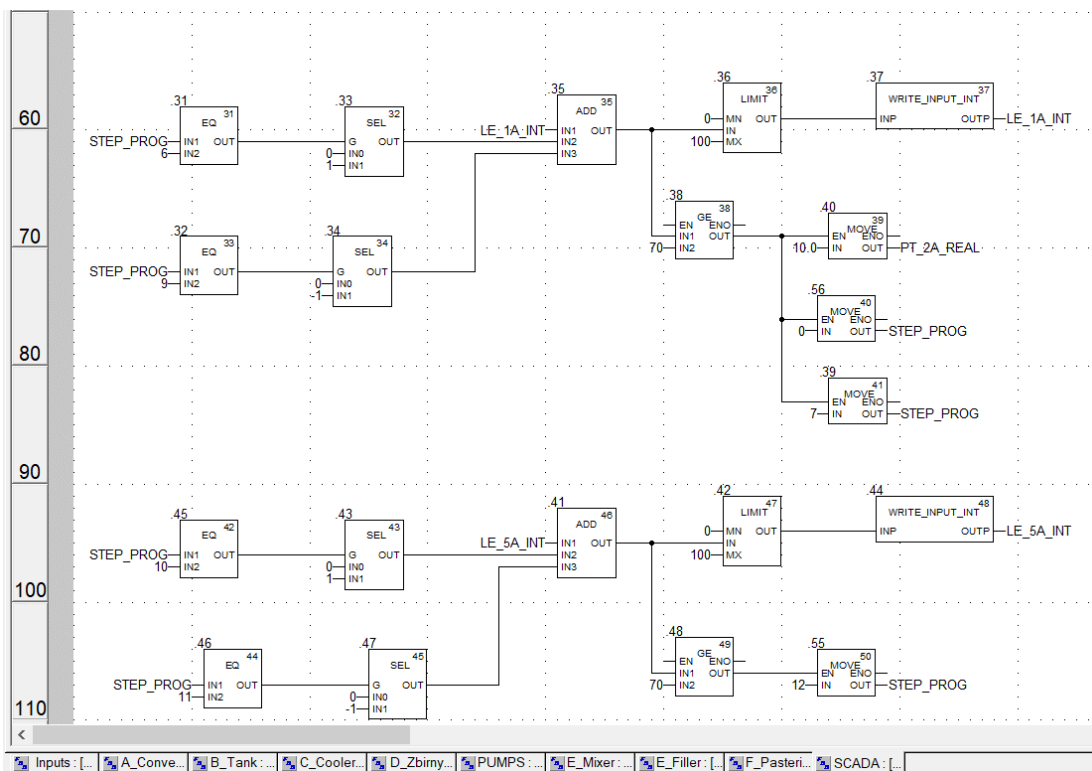


Рис 5.15 – Секція SCADA ч.2

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Реалізація моєї програми людино-машинного інтерфейсу була розроблена у спеціальному програмному забезпеченні – **Citect AVEVA**. Цей софт дає змогу створювати зручне та зрозуміле керування усіма перехідними процесами, які відбуваються в об'єкті управління. Також програма має свій вбудований редактор коду коду Cicode, що може зробити редагування програми більш гнучкішим, а ще дуже гарну та зручну реалізацію створення тривоги, подій, історій та трендів.

Таблиця 6.1 – Таблиця вхідних та вихідних змінних ч.1

Ім'я змінного тега	Адреса	Коментар	Мінімальне вхідне значення	Максимальне вихідне значення	Мінімальне значення в одиницях вимірювання	Максимальне значення в одиницях вимірювання	Тип даних
KM2	%Q0.5.1	Насос M2	0	1	0	1	BOOL
KM1	%Q0.5.0	Насос M1	0	1	0	1	BOOL
M7_18A_SIC	%QW0.4.5	Швидкість двигуна M7	0	1000	0	3000	INT
M6_17A_SIC	%QW0.4.4	Швидкість двигуна M6	0	1000	0	3000	INT
M5_16A_SIC	%QW0.4.3	Швидкість двигуна M5	0	1000	0	3000	INT
M4_15A_SIC	%QW0.4.2	Швидкість двигуна M4	0	1000	0	3000	INT
M3_14A_SIC	%QW0.4.1	Швидкість двигуна M3	0	1000	0	3000	INT
TY_12B_INT	%IW0.4.0	Аналоговий клапан 12G	0	1000	0	100	USINT
TY_12B_INT	%IW0.3.7	Аналоговий клапан 12B	0	1000	0	100	USINT
PY_8G_INT	%IW0.3.6	Аналоговий клапан 8G	0	1000	0	100	USINT
PY_8B_INT	%IW0.3.5	Аналоговий клапан 8B	0	1000	0	100	USINT
LY_5B_INT	%IW0.3.4	Аналоговий клапан 5B	0	1000	0	100	USINT
TY_3G_INT	%IW0.3.3	Аналоговий клапан 3G	0	1000	0	100	USINT
TY_3B_INT	%IW0.3.2	Аналоговий клапан 3B	0	1000	0	100	USINT

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Штефан І.В.		03.06	Розробка системи автоматизації технологічного процесу розливу пива на пивзаводі	Лім.	Арк.	Аркуші
Керівник		Міркевич Р.М.		03.06			76	10
Зав. каф.		Смітюх Я.В.		05.06	НУХТ АК-4-1			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.		05.06				

Таблиця 6.2 – Таблиця вхідних та вихідних змінних ч.2

LY_1G_INT	%IW0.3.1	Аналоговий клапан 1G	0	1000	0	100	USINT
LY_1B_INT	%IW0.3.0	Аналоговий клапан 1B	0	1000	0	100	USINT
FE_7B_INT	%IW0.2.3	Витрата пива у трубопроводі	0	1000	0	50000	WORD
FE_13A_INT	%IW0.2.2	Витрата пари у трубопроводі	0	1000	0	3000	WORD
FE_9A_INT	%IW0.2.1	Витрата повітря у трубопроводі	0	1000	0	200	WORD
TE_12A_INT	%IW0.2.0	Температура у пастеризаторі	0	1000	-50	200	INT
TE_3A_INT	%IW0.1.0	Температура у фільтрі	0	1000	-50	200	INT
PT_11A_INT	%IW0.1.7	Тиск у машині закупорювання	0	1000	0	1000	WORD
PT_10A_INT	%IW0.1.6	Тиск у машині розливу	0	1000	0	1000	WORD
PT_8A_INT	%IW0.1.5	Тиск у розподільнику	0	1000	0	1000	WORD
PT_6A_INT	%IW0.1.4	Тиск у збірнику	0	1000	0	1000	WORD
PT_4A_INT	%IW0.1.3	Тиск у фільтрі	0	1000	0	1000	WORD
PT_2A_INT	%IW0.1.2	Тиск у танку	0	1000	0	1000	WORD
LE_5A_INT	%IW0.1.1	Рівень у збірнику	0	1000	0	100	INT
LE_1A_INT	%IW0.1.0	Рівень у танку	0	1000	0	100	INT

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Перед створенням повноцінної SCADA-програми (рисунок 6.2) в середовищі Citect AVEVA, мною спочатку була реалізована її попередня версія у графічному редакторі середовища Unity Pro (рисунок 6.1). Це дозволило розробити основну логіку роботи системи управління, створити віртуальну панель керування, вивести необхідні змінні на екран та протестувати системи на зміну вхідних і вихідних сигналів. Такий підхід забезпечив можливість перевірки коректності програмної логіки, ще до її інтеграції у SCADA, а також дозволив виявити та усунути потенційні помилки на ранньому етапі розробки.

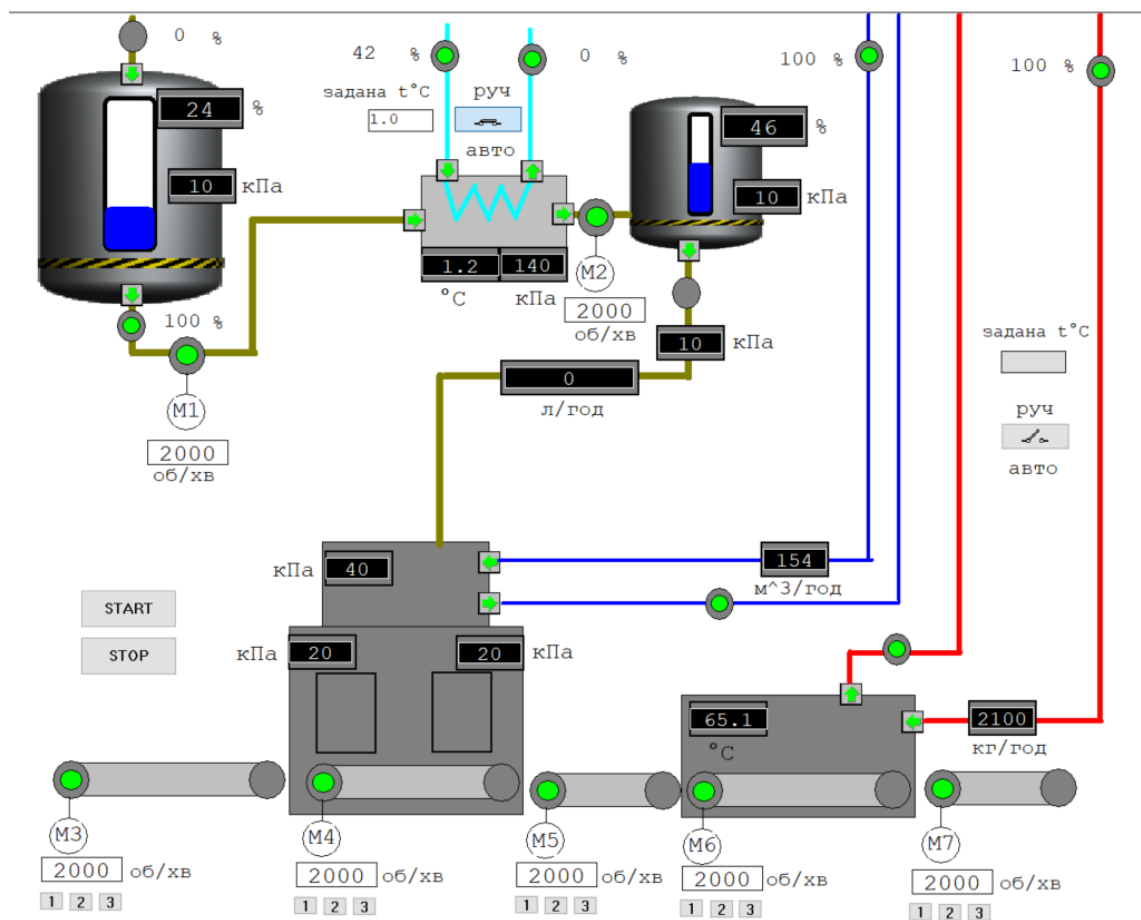


Рис 6.1 – Попередній вигляд SCADA у Unity Pro

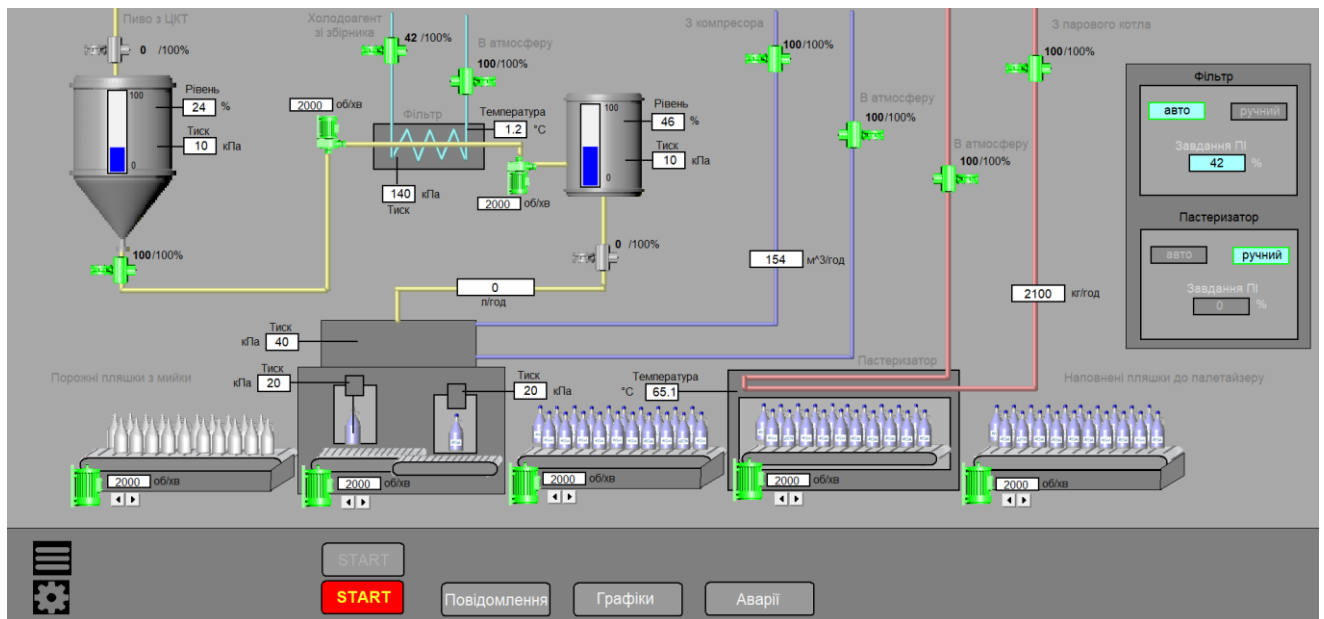


Рис 6.2 – Повноцінний операторський екран SCADA у Citect AVEVA

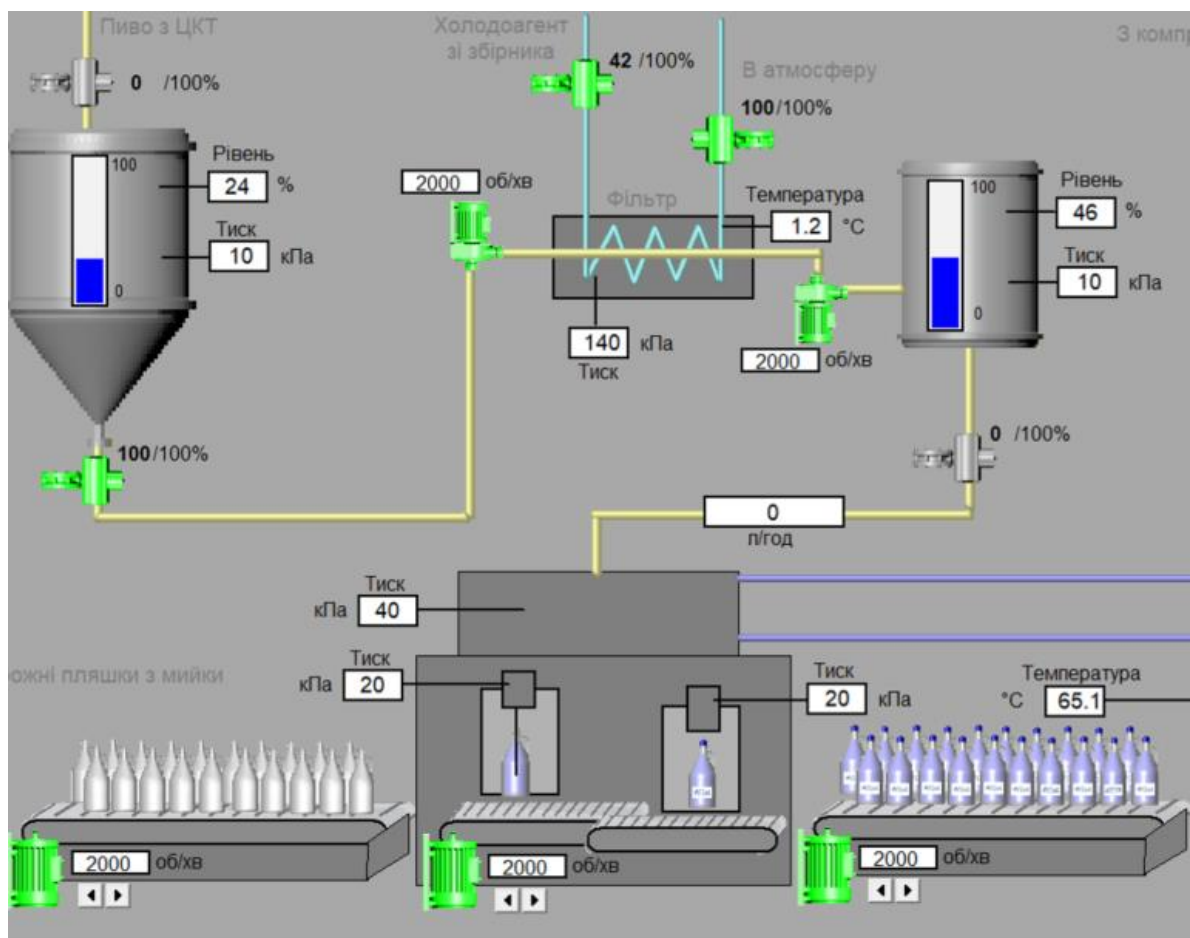


Рис 6.3 – Збільшене зображення операторського екрану SCADA ч.1

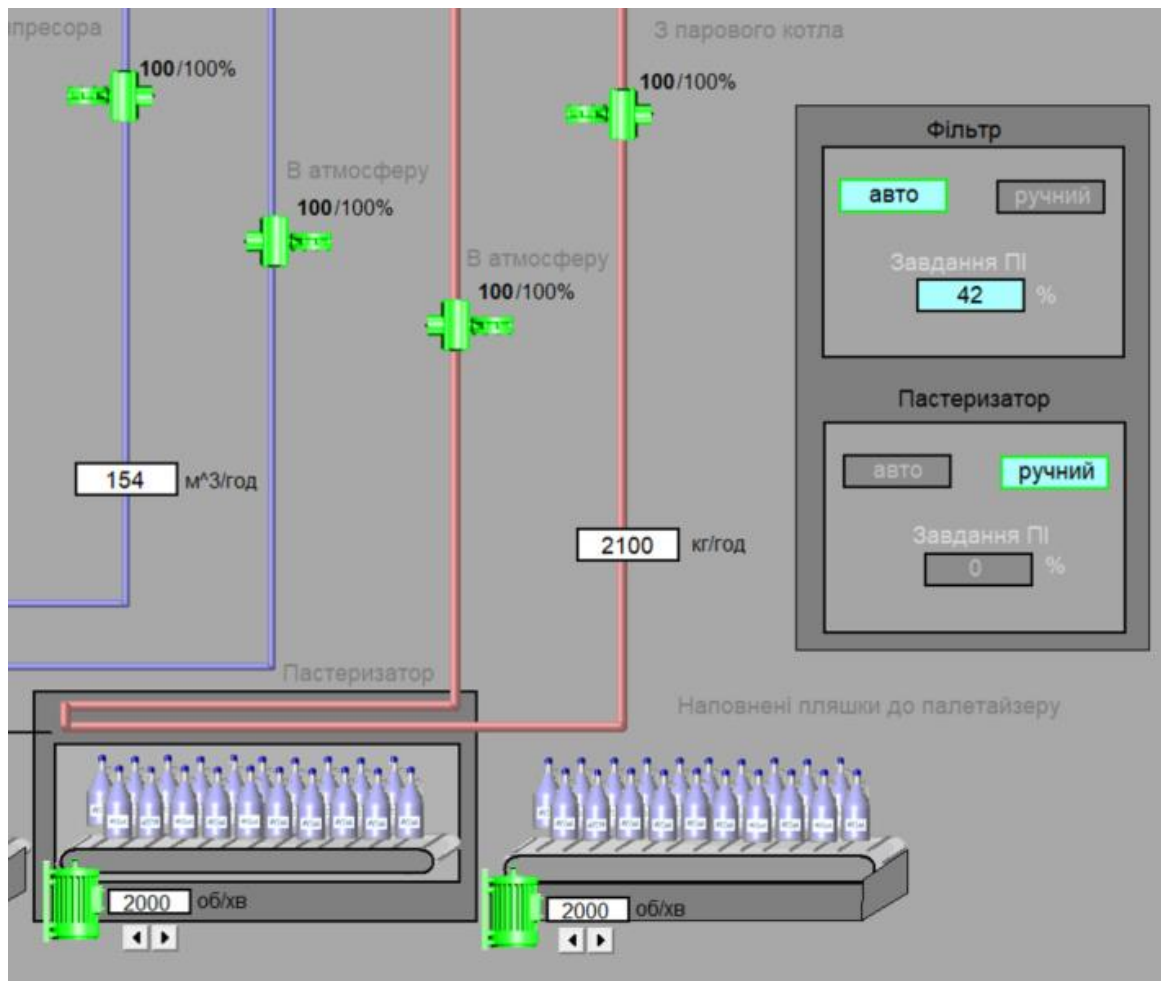


Рис 6.4 – Збільшене зображення операторського екрану SCADA ч.2

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Висновки

У кваліфікаційній роботі розглянуто процес розробки системи автоматизації розливу пива на пивзаводі з використанням сучасних засобів автоматизації.

Для реалізації управління технологічним процесом було застосовано промисловий програмований логічний контролер М340 виробництва **Schneider Electric**, а програмування виконувалося в середовищі **Unity Pro**.

Для візуалізації роботи обладнання та забезпечення зручного моніторингу й керування з боку оператора було створено мнемосхему в середовищі **SCADA-системи Citect Aveva**.

Результатом роботи стала система, що забезпечує надійне автоматизоване управління процесом розливу пива, підвищуючи ефективність виробництва, знижуючи ймовірність помилок персоналу та оптимізуючи витрати ресурсів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Прилади для вимірювання тиску. URL:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/483/22253483/att_47079/v1/A5E00683892-02en_Z_7MF1564.pdf;
2. Прилад для вимірювання температури. URL:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/793/109802793/att_1082215/v1/A5E00393069-05en_TH200TH300_OI_en-US.pdf;
3. Прилади для вимірювання витрати. URL:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/364/45027364/att_30499/v1/MASS2100_3-40_OI_En_en-US.pdf;
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/305/109477305/att_848610/v1/A5E02172013-01_SITRANS_FX300_Ex_07-2008_EN.pdf;
4. Прилади для вимірювання рівня. URL:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/322/109765322/att_1048987/v1/sitranslr250horn_fi01_en.pdf;
5. Клапан:
<https://primatrading.com.ua/product/pneumatic-control-valve-adca-pv25-2g-with-linear-actuator-PA-series>;
6. Електропневматичний перетворювач (ЕПП) URL:
<https://www.valves-direct.com/series-617-sentronic-lp-low-power-proportional-pressure-control-valve/31209-numatics-g617a42200a0003-g1-4-3-bar-standard-n-c-display-4-20ma-feedback-series-617-sentronic-lp-proportional-valve.html>;
7. Частотний перетворювач (ЧП) URL:
https://www.altivar.com.ua/pdf/atv12_user_guide_ua.pdf;
8. Трьохфазний асинхронний двигун URL:
<https://ovk.ua/shop/product/simens-1le1002-1aa42-2aa4>;
9. Контакттор:
https://www.acko.ua/e-store/xml_catalog/kontaktori_malogabaritni_serii_pm/21307/;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

10. Блок живлення:
<https://www.se.com/ua/uk/product/ABLM1A24025/>;
11. Автоматичний вимикач для БЖ URL:
<https://schneider.kiev.ua/avtomatichnij-vimikach-ik60n-2p-2a-c-schneider-electric-a9k24202>;
12. Автоматичний вимикач для ПЛК URL:
<https://schneider.kiev.ua/avtomatichnij-vimikach-ik60n-2p-4a-c-schneider-electric-a9k24204>;
13. Платформа автоматизації Modicon M340 URL:
https://www.electrocentr.com.ua/files/documentation/SE/plc/m340/Modicon_M340_2017_ua.pdf;
14. Модуль аналогових входів BMX AMI 0810 URL:
<https://www.se.com/ua/ua/product/BMXAMI0810/8>;
15. Модуль аналогових виходів BMX AMO 0802 URL:
<https://www.se.com/ua/ua/product/BMXAMO0802/>;
16. Модуль дискретних виходів BMX DRA 0805 URL
<https://www.se.com/us/en/product/BMXDRA0805/discrete-output-module-modicon-x80-8-no-relay-outputs-24-to-240v-ac-24v-dc/>;
17. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014
18. Вольфган Кунце Технологія солода і пива, 2001. – с 555-580;
19. Записи з виробничої практики.
20. 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.
21. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
22. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
23. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

- Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 160 с.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об’єктами агропромислового комплексу: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.
29. Сучасні методи автоматизації технологічних об’єктів: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
30. Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
31. Системний аналіз складних систем управління. Практикум: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с.
32. Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

33. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
34. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
35. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035
36. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини: монографія / В.О. Мірошник, М.А. Гачковська, В.Д. Кишенько, О.В. Грабовська.– К.: ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						85
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		