

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

**Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ (підпис)
_____ **Форсюк А.В.** _____
(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2020р.

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

« ____ » _____ 2020р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
на тему: Розробка системи автоматизації лінії розливу пива на базі ПЛК Modicon M241

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 4-Зск

_____ **Ковтун Вадим Олегович** _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Клименко Олег Миколайович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент Грибков Сергій Віталійович
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

«27» квітня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ковтуну Вадиму Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації лінії розливу пива на базі ПЛК Modicon M241*

керівник роботи *доцент, кандидат технічних наук Клименко Олег Миколайович*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

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

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Опис системи 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. Опис схем підключення датчиків та виконавчих механізмів до мікропроцесорного контролера. 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. Опис та 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. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3. Схема електрична живлення. 4. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 27 квітня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Ковтун В.О.

_____ (підпис)

Керівник роботи Клименко О. М.

_____ (підпис)

Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації лінії розливу пива.

В роботі представлений опис технологічного процесу на лінії розливу пива, завдання на систему автоматизації та функціональна система автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчика тиску SITRANS P Z, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Розроблений алгоритм функціонування та програма для керування лінією розливу пива. Програма керування була розроблена для ПЛК Modicon M241. Інтерфейс SCADA-програми був розроблений за допомогою програмного забезпечення Zenon. Зображення дисплейних мнемосхем оператора наведені в записці.

Ключові слова: АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВИКОНАВЧИЙ МЕХАНІЗМ, ОПЕРАТОР, ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, РЕГУЛЮВАННЯ.

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

Annotation

In this qualification work the development of the beer bottling line automation system is considered.

The paper presents a description of the technological process on the beer bottling line, tasks for the automation system and functional automation system, specification of technical means of automation, assembly diagram of technical means of automation – pressure sensor SITRANS PZ, connection diagrams of sensors and actuators to PLC and extended connection diagrams of the technical means.

An operation algorithm and a program for controlling the beer bottling line have been developed. The control program was developed for the Modicon M241 PLC. The SCADA program interface was developed using Zenon software. Images of the operator's display mnemonics are given in the note.

Keywords: ADJUSTMENT, AUTOMATION, EXECUTIVE MECHANISM, OPERATOR, PROGRAMMED LOGICAL CONTROLLER.

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

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.....	13
Розділ 2. Опис системи автоматизації	14
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	14
2.2. Схема автоматизації.....	28
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	30
Розділ 3. Опис схем підключення датчиків та виконавчих механізмів до мікропроцесорного контролера	31
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)...	31
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	39
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	40
Розділ 4. Опис та креслення встановлення технічного засобу.....	43
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	48
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	58
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/НМІ.....	58
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	59
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.....	62
Висновок	66
Список використаної літератури	67

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

Вступ

Автоматизація процесів виробництва на сьогодні являється одним із найголовніших аспектів успішного функціонування підприємства, оскільки саме вона встановлює визначає можливості підприємства. Головним напрямком розвитку автоматизації являється постійна інтенсифікація технологічного виробництва та впровадження агрегатів більшої виробничої потужності при одночасному зменшенні його габаритів, металомісткості, енергоспоживання та зниження собівартості одиниці готової продукції.

Автоматизація неперервного технологічного процесу зводиться до автоматичної стабілізації відповідних параметрів на кожній стадії виробничого потоку з автоматичною сигналізацією значення цих параметрів, а також до автоматичного управління машинами і механізмами виробничих ліній.

Неперервність приготування і підготовки всіх видів сировини і з одночасним неперервним виробництвом готової продукції утворює неперервність процесів на всіх ділянках і сприяє найбільш ефективній автоматизації виробництва.

При розробці системи керування лінії розливу пива ставляться високі технічні вимоги, оскільки дана технологічна дільниця має забезпечувати зберігання всіх вихідних властивостей продукту. Тому при монтажу, налагодження і експлуатації устаткування мають бути дотримані всі вимоги, адже це є запорукою надійності системи і її працездатності.

Застосування мікропроцесорної техніки обумовлене наданням системі керування універсальності, високою надійністю в експлуатації, можливістю зміни програми функціонування.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

На сьогоднішній день, в технології виробництва пива процес наповнення пляшок є одним з найважливіших, в ході якого всі якісні параметри розливного напою повинні зберігатися без змін. Для цього наповнювальні пристрої в залежності від пред'явлених до напоїв вимог, повинні бути різними по конструкції і функції.

До лінії розливу пива пред'являються великі технологічні і технічні вимоги, так як даний етап виробництва відповідає за збереження властивостей розлитого продукту.

Технологія розливу складається з таких основних етапів:

- розлив у пляшки;
- закупорка пляшок;
- пастеризація;
- нанесення етикетки.

Немало важливим являється підготовка пива до розливу. Після відділу бродіння молоде пиво потрапляє до лагерного танку, де відбувається доброджування пива. Саме там відбувається насичення пива газом CO₂, оскільки в процесі розливу концентрація концентрація зменшиться і пиво «видихається». Розчинність CO₂ у воді майже така ж як і в пиві, проте є невеликі відмінності.

Також подача CO₂ служить для підтримання заданого тиску в лагерному танку. При розливі з надлишковим тиском (ізобаричному розливі) швидкість наповнення визначається тільки гідростатичним тиском рідини відкривається тільки тоді, коли тиск в пляшці і газовому середовищі над рідиною вирівнюється

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Ковтун В.О.			Розробка системи автоматизації лінії розливу пива на базі ПЛК Modicon M241		
Перевір.		Клименко О.М.				8	68
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ АК-4-3ск	
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

(ізобаричний принцип). Тиск розливу повинний бути вище тиску рівноваги CO₂ в напої (тиск насичення) і залежить від вмісту CO₂ і температури.

Після лагерного танка пиво надходить до напірного збірника, з якого пиво безпосереднього подається до розливного апарату. На шляху транспортування пива до збірника, відбувається процес фільтрації і охолодження.

Процес розливу пива

Пляшки, подаються з мийного відділу до лінії розливу за допомогою конвеєрної стрічки.

Поступаючи по одній, пляшки за допомогою шнека шикуються на певній відстані одна від одної і переходять з допомогою завантажувальної зірки на пляшковий столик підйомного циліндра, а центрувальний дзвінок центрує їх під розливних пристроєм.

Для пива зазвичай застосовують холодний розлив при температурі 5-10 °С, при якому велике значення набуває температура свіжої води. При температурі води 12-13 °С пляшки перед наповненням потрібно охолодити приблизно до 15 °С.

Процес наповнення триває приблизно 5-6 с. Тому висока продуктивність машини можлива тільки при більшій кількості наповнюючих пристроїв і внаслідок цього - при більшому діаметрі каруселі розливного автомата. Діаметр цієї каруселі становить від 1,4 до 6,5 м, а продуктивність доходить до 100 000 пл./год

Розлите пиво повинно містити 0,5% діоксиду вуглецю. Тиск шпунтування в танку слід встановлювати таким чином, щоб при температурі, підтримуваної в відділенні доброджування в пиві розчинилося більше 0,5% діоксиду вуглецю, так як частина вуглекислоти буде втрачена при перекачуванні на розлив.

Зазвичай використовують метод наповнення за рівнем, при якому пляшка заповнюється до певної позначки (розрахованої від горлечка). Маркування встановлюється по входу газовідвідної трубки або за допомогою електронного датчика.

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

Коли пляшки наповняться, вони вводяться в закупорювальний автомат, де проходить закупорювання кронен-пробками.

В процесі закупорювання закупорювальний патрон шляхом копіра буде опускати вниз на пляшку до тих пір, поки кронен-пробка не ляже на горлечко пляшки. Потім пружина притискає кронен-пробку до пляшки, і обтискний конус опускається вниз. При цьому зубчики кронен-пробки загинаються вниз, тоді як закруглені проміжки між ними обтискаються навколо верхнього краю горловини, герметично його закриваючи. Далі вже закупорені пляшки їдуть до пастеризатора.

Пастеризація являється найбільш надійним способом забезпечити стійкість напою, особливо якщо він містить зброженні розчинені речовини. Процес пастеризації пива в скляній пляшці проходить приблизно 6-7 хв при оптимальній температурі 65 °С.

Процес нанесення етикетки складається з таких технологічних етапів:

– спочатку обертаються сегменти великого ротора-етикетопереносника (плашки) покриваються невеликою кількістю клею за допомогою клейового валика, а потім переміщуються до магазину етикеток; завдяки великій здатності клею до прилипання. етикетка захоплюється; при цьому важливо, щоб етикетки були досить роз'єднані між собою, так як інакше їх можуть захопити дві лив більше, що веде до збоїв в роботі;

– потім вже змащені клеєм етикетки захоплюються захопленнями малого ротора-етикетопереносника і утримуються лицьовою стороною всередину за допомогою губки;

– етикетки повертаються клейовою стороною до пляшки; в цей же час захвати відкривають і звільняють етикетку;

– етикетованні пляшки проходять уздовж щіток і гумових валиків, які міцно притискають етикетки.

Етикетовані і закупорені пляшки відправляються на подальше упакування[2].

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

Розливний апарат

Розливний апарат являється однією із найважливіших складових в лінії розливу, що забезпечує непереривну роботу цілої технологічної дільниці.

Всі розливні пристрої (рисунок 1) за своєю основною концепцією мають однакові складові: основою є станина з приводом, від якої через систему зубчастих коліс синхронно приводяться в дію всі обертові елементи; система подачі розливного продукту та необхідного для створення тиску газ .

З основних конструктивних груп і елементів розливного апарату особливий інтерес представляють:

– привід машини, який здійснюється за допомогою регульованого по частоті електродвигуна змінного струму.

– подача середовищ до розливного пристрою здійснюється за допомогою розподільника середовищ, який нерухомо встановлений в центрі кільцевого витратного резервуара. Рівень напою в витратковому резервуарі регулюється двома поплавками

– завантаження, обробка і вивантаження пляшок, яка здійснюється за допомогою шнеків;

система переналаштування розливного апарату для інших видів пляшок.

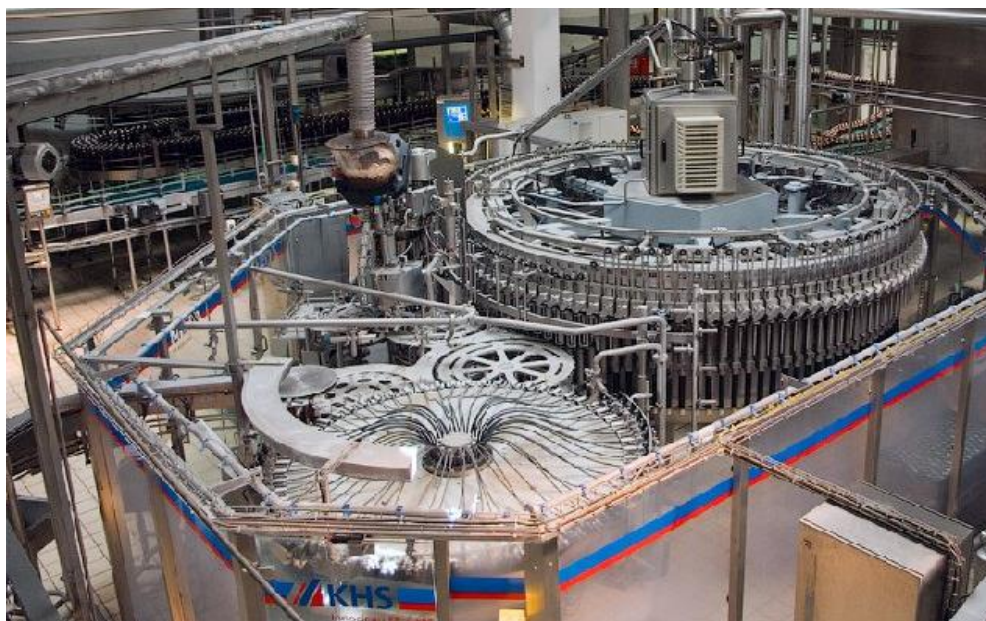


Рисунок 1.1 – Розливний апарат

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

Технічні характеристики:

- всі поверхні, деталі і вузли, що контактують з продуктом, виготовлені з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т;
- габаритні розміри без трубопроводу, мм, не більше: 2450x1820x2500;
- маса, кг, не більше: 3500;
- встановлена потужність, кВт, не більше: 1,5;
- займана площа (без трубопроводу), кв.м: 5,5;
- відстань від рівня конвеєра до фундаменту машини, мм: 950 + -50;
- продуктивність регульована, пляшок / год: до 10000;

В машині застосована система "тарування" рівня - це означає, що після завершення процесу розливу стовп рідини, що залишився в каналі продукту фасувального пристрою, скидається назад в бак. В наслідок цього рівень в кожній пляшці абсолютно однаковий.

Конструкція приводу шнека універсальна, і при переналагодженні його не потрібно переставляти на нове посадочне місце.

В кваліфікаційній роботі розроблена система автоматизації лінії розливу пива на пивоварному заводі. В системі автоматизації регулюються тиск (в танку, фільтрі, розливній та закупорювальній машинах), температура в охолодженого пива та пари в пастеризаторі, рівень в танку; контролюються тиск та рівень в напірному збірнику, тиск в трубопроводі, витрата в трубопроводі (пива, пари та стисненого повітря); управляються двигуни в розливній та етикетній машині та двигун конвеєра.

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

1.2. 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 управляючої дії	Дод. умови
1	Танк	Тиск	0,01 МПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на двигун М5	
		Рівень	80%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі збродившого пива	
2	Фільтр	Тиск	0,14 МПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на двигун М4	
3	Охолоджувач	Температура	1 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі холодоагенту	
4	Напірний збірник	Тиск	0,01 МПа	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Рівень	80 %	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
5	Розливна машина	Тиск	0,2 МПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі стисненого повітря	
		Двигун	0-100 об/хв	Управління	Стан	АРМ оператора	
6	Закупорювальна машина	Тиск	0,2 МПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі стисненого повітря	
7	Пастеризатор	Температура	70 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	
8	Етикетна машина	Двигун	0-100 об/хв	Управління	Стан	АРМ оператора	
9	Трубопровід	Витрата пива	6000 л/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Витрата стиснутого повітря	23 м ³ /год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Витрата пари	800 кг/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Тиск	0,4 МПа	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
10	Конвеєр	Двигун	0-100 об/хв	Управління	Стан	АРМ оператора	

Розділ 2. Опис системи автоматизації

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

Вимірювання тиску

Для вимірювання тиску був використаний вимірювальний перетворювач тиску SITRANS P, серії Z (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Вимірювальний перетворювач тиску SITRANS P Z

Вимірювальні перетворювачі 7MF1562 і 7MF1563 ($\geq 1 \text{ bar}$ ($\geq 14,5 \text{ psi}$)) складаються з тонкоплівкової вимірювальної комірки з керамічної мембраною, яка може використовуватися і з агресивними середовищами, і платами електроніки, які разом встановлені в корпусі з латуні (7MF1562) або з нерж. сталі (7MF1563, $\geq 1 \text{ bar}$ ($\geq 14,5 \text{ psi}$)).

Вони мають під'єднання до процесу G1 / 2A (зовнішня різьба) або G1 / 8A (внутрішня різьба) по DIN EN 837 з латуні (7MF1562) або з нерж. сталі (7MF1563, $\geq 1 \text{ bar}$ ($\geq 14,5 \text{ psi}$)).

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Ковтун В.О.			Розробка системи автоматизації лінії розливу пива на базі ПЛК Modicon M241		
Перевір.		Клименко О.М.				14	68
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ АК-4-3ск	
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

Електричне під'єднання всіх типів здійснюється через штепсельної вилки (DIN 43 650) з введенням кабелю Pg 9.

Вимірювальні перетворювачі 7MF1562 і 7MF1563 ($\geq 1 \text{ bar}$ ($\geq 14,5 \text{ psi}$)) мають тонкоплівковий DMS, розміщений на керамічній мембрані. Кожна вимірювальна комірка має температурну компенсацію. Вихідна напруга вимірювальних комірок направляється на підсилювач і перетворюється у вихідний сигнал струму від 4 до 20 мА.

Схема з'єднання наведена на рисунку 2.2.

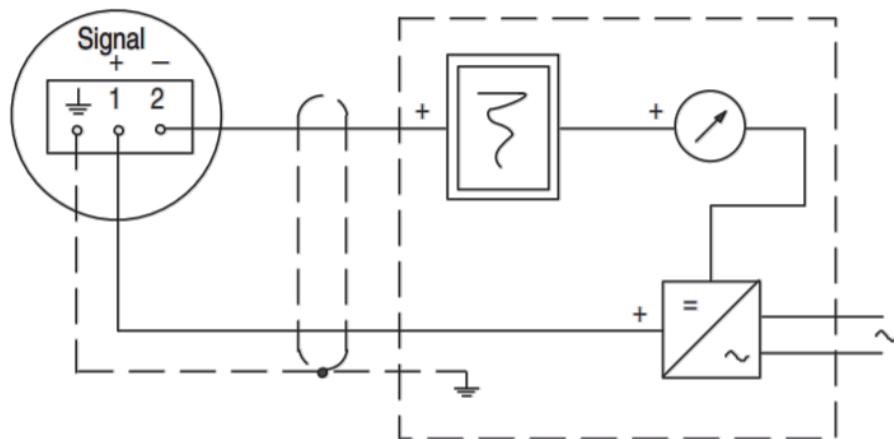


Рисунок 2.2 – Схема з'єднання SITRANS P Z

Технічні характеристики SITRANS P Z:

- діапазон вимірювання: 0...25 бар (0...363 psi);
- вихідний сигнал: 4...20 мА;
- навантаження: $(U_b - 10V)/0.02 \text{ A}$;
- характеристика: лінійна зростаюча;
- зовнішня температура: $-25 \dots +85 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура зберігання: $-50 \dots +100 \text{ }^\circ\text{C}$;
- клас захисту: (по EN 60 529) IP 65;
- температура вимірювального середовища: $-30 \dots +120 \text{ }^\circ\text{C}$ [3].

Вимірювання температури

В якості датчика температури в пастеризаторі і охолоджувачі було обрано термометр опору Sitrans TF2 (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Термометр опору SIRTRANS TF2

SIRTRANS TF2 має корпус з нерж. стали (\varnothing 80 мм) із захисним склом. Захисна трубка з нерж. стали з угвинчуватися цапфою містить датчик температури Pt100. Завдяки використанню нерж. стали захисна трубка має високу хімічну стійкість, що означає високий захист датчика температури від зовнішніх впливів. Захисна трубка стандартно поставляється з довжинами 170 мм або 260 мм.

На задній стороні корпусу знаходиться електричне з'єднання для живлення за допомогою струмової петлі 4 ... 20 мА (рисунок 2.4). З'єднання здійснюється через штекер по EN 175301-803A.

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

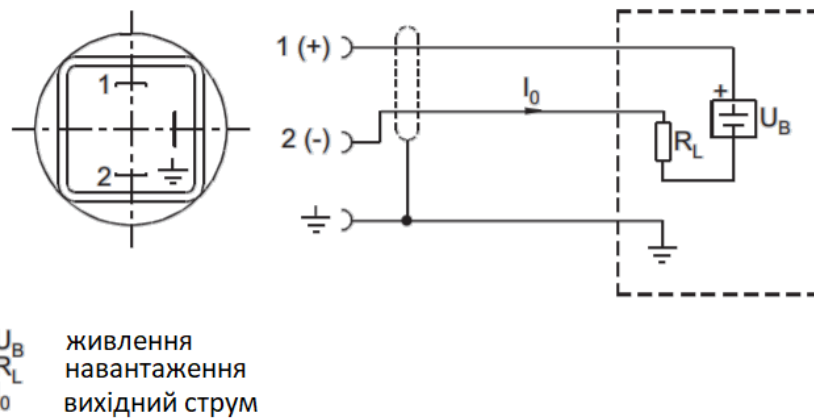


Рисунок 2.4 – Схема підключення термометру опору SIRTRANS TF2

Технічні характеристики:

- макс. діапазон вимірювання: $-50\dots+200\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- вихідний сигнал: $4\dots20\text{ mA}$, 2-провідний;
- нижня межа струму: мін. $3,6\text{ mA}$;
- верхня межа струму: макс. 23 mA ;
- макс. навантаження: $(U_H - 12\text{ V}) / 0,023\text{ A}$;
- похибка вимірювання при $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$: $< \pm (0,45\text{ K} + 0,2\%$ від кінцевого значення в $\text{K} + \text{розряд в K})$;
- зовн. температура: $-25\dots+85\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура зберігання: $-40\dots+85\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- клас захисту: IP65 по EN60529.

На передній стороні корпусу знаходиться 5-значний дисплей за скляною кришкою. Під дисплеєм знаходиться 3 клавіші для параметрування SIRTRANS TF2. Над дисплеєм знаходиться зелений і червоний СІД для індикації робочого стану.

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

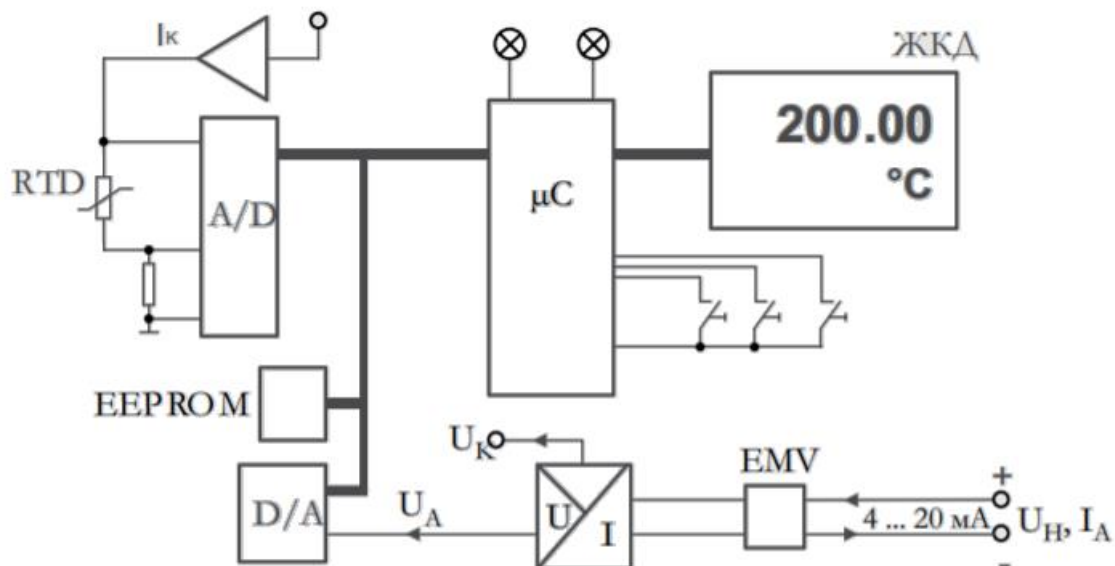


Рисунок 2.5 – Будова SIRTRANS TF2

Живлення зовнішнього датчика температури Pt100 здійснюється від джерела постійного струму I_k . Тим самим через датчик створюється відповідне температурі падіння напруги.

Падіння напруги перетвориться на аналого-цифровому перетворювачі (A/D) в цифровий сигнал.

У мікроконтролері (μC) цифровий сигнал лінеаризується і оцінюється згідно із зафіксованими в EEPROM даними. підготовлені значення індикуються на дисплеї.

Крім цього значення через цифро-аналоговий перетворювач (D/A) і перетворювач напруги (U / I) перетворюються в лінійний по температурі сигнал струму I_A (4 ... 20 mA) [4].

Вимірювання витрати

Для вимірювання витрати пива був обраний індукційний електромагнітний витратомір Sitrans FM MAGFLO MAG 3100 (рисунок 2.6).

Електромагнітні витратоміри MAGFLO забезпечують надійне вимірювання електропровідних рідин з високою точністю (0,25-0,5%) в широкому діапазоні вимірювання.



Рисунок 2.6 – Електромагнітний витратомір Sitrans FM MAGFLO
MAG 3100

Принцип вимірювання витрати ґрунтується на законі електромагнітної індукції Фарадея, при якому вимірювальний датчик перетворює витрату в пропорційне швидкості потоку електричну напругу.

Витратомір в комплекті складається з вимірювального датчика і відповідного вимірювального перетворювача SITRANS F M MAGFLO MAG 5000, MAG 6000 або MAG 6000 I. Гнучка концепція комунікації USM II забезпечує просту інтеграцію та актуалізацію різних систем польових шин, наприклад, HART, PROFIBUS DP та PA, MODBUS RTU/RS 485 [5].

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

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики витратоміра

Струмовий вихід: Струм Навантаження Постійна часу	0-20 мА або 4-20 мА <800 Ом 0.1-30 с, регулююча
Реле Навантаження	Перемикаюче реле 42 В змінного струму, 2 А / 24 В постійного струму, 1 А
Гальванічна розв'язка	Всі входи і виходи ізольовані
Зовнішня температура	Від -20 °С до +50 °С
Клас захисту корпусу	IP67, IP20
Допустиме механічне навантаження	18-1000 Гц, 3g, у всіх напрямленнях
Напруга живлення	115-230 В змінного струму +10% – -15%, 50-60 Гц 11-30 В постійного струму або 11-24 В змінного струму
Енергоспоживання	230 В змінного струму: 9ВА 24 В постійного струму: 6 Вт, $I_N=250$ мА, $I_{ST}=8$ А (30 мс) 12 В постійного струму: 5 Вт, $I_N=400$ мА, $I_{ST}=4$ А (250 мс)
Зв'язок	Комунікаційні модулі HART, ProfibusDP, CANopen, DeviceNet можуть бути замовлені для MAG 6000. MAG 5000 може бути замовлений із влаштованою функцією HART

Схема підключення клем витратоміра зображена на рисунку 2.7.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						20
		№ докум.	Підпис			

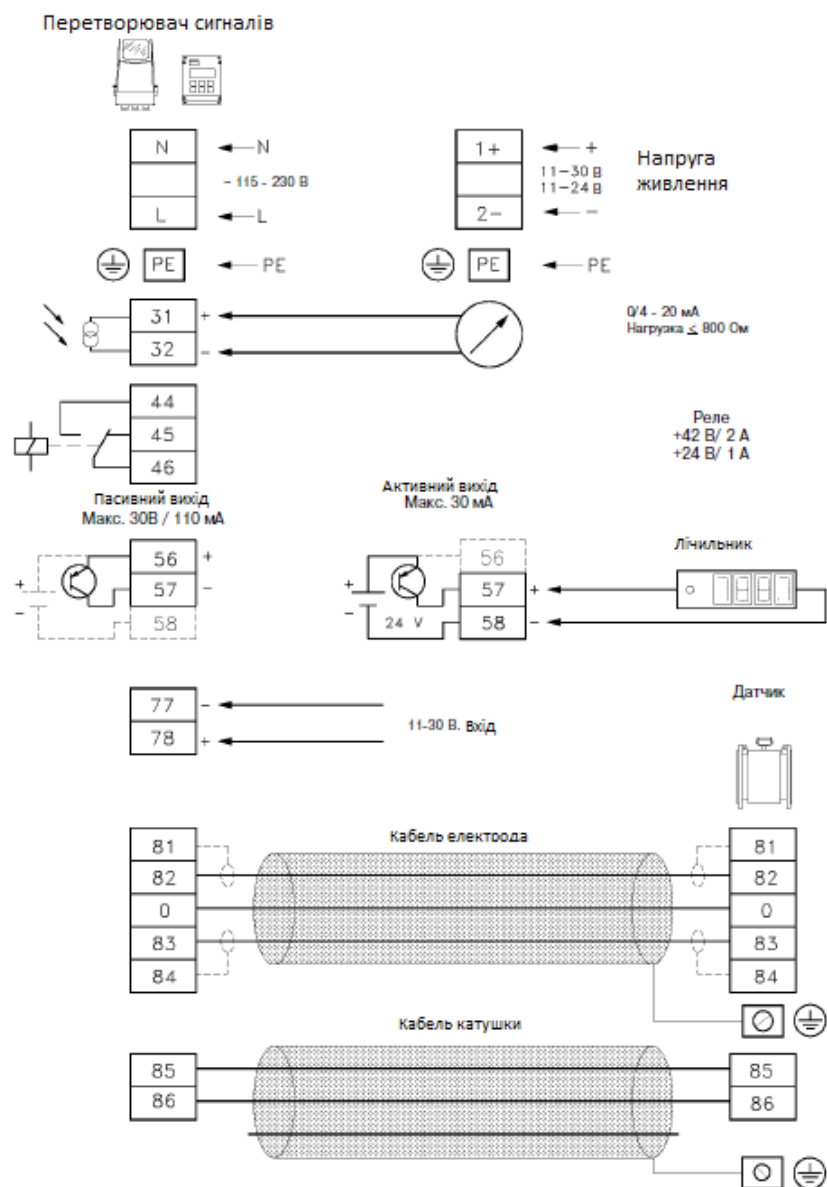


Рисунок 2.7 – Схема підключення Sitrans FM MAGFLO MAG 3100

Для вимірювання витрати пари та стисненого повітря був обраний вихровий витратомір Sitrans FX300 (рисунок 2.8).

Sitrans FX300 – це компактний витратомір з одинарним або подвійним вимірювальним перетворювачем, придатний для вимірювання промислового пара, газів, а також проводять і непровідних рідин.



Рисунок 2.8 – Вихровий витратомір Sitrans FX300

Переваги:

- всі пристрої працюють по 2-х провідної техніці і підтримують HART-комунікацію;
- температурна компенсація для насиченої пари як стандартна функція;
- вбудована компенсація по температурі і тиску дозволяє безпосередньо виконувати компенсацію для щільності;
- не потрібно додатковий монтаж сенсорів тиску і температури;
- пряме вимірювання енергії;
- повністю зварна конструкція з нержавіючої сталі з високою стійкістю до корозії, тиску і температури;
- мінімальне падання тиску;
- готовий до використання завдяки функції plug & play. Не потребує додаткових кабельних робіт.

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

Принцип роботи полягає в тому, що витратомір вимірює швидкість потоку, визначаючи частоту, з якою послідовні завихрення зриваються з погано обтікаючого тіла, що поміщене в потік. Частота послідовних завихрень пропорційна швидкості потоку. Проходження завихрення визиває легкий натиск на крило, що поміщене за погано обтікаючим тілом. Цей натиск реєструється, і враховується як стрибки тиску подвійним п'єзо-кристалом, що поміщений всередину крила [6].

Технічні характеристики:

- живлення: 14...36 В DC;
- діапазон вимірювання: 4...20 мА;
- вихід за діапазон: 20,8 мА \pm 1% (105% \pm 1%);
- навантаження: мін. 100 Ом,

$$\text{макс. } R_{\text{ges}} = (U_B - 14\text{В}) / 22 \text{ мА};$$
- макс. значення виходу: 22 мА(112,5%);
- точність: 10000 < Re < 20000 (2.5%),

$$Re \geq 20000 (1.5\%);$$
- зовнішня температура: -40...+85 °С;
- температура зберігання: -50...+85 °С;
- температура речовини: -40...+240 °С.

Електропневматичні перетворювачі

В розробленій системі автоматизації були використані електропневматичні перетворювачі Sentronic LP G617A45200A0003 (рисунок 2.9).

Цей електропневматичний перетворювач використовується для управління шляхом перетворювання вхідних сигналів постійного струму в пневматичні вихідні сигнали. Вони використовуються як проміжний елемент між пневматичними регуляторами і електричними вимірювальними приладами, або між пневматичними клапанами і електричними регуляторами.

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



Рисунок 2.9 – Електропневматичний перетворювач Sentronic LP
G617A45200A0003

Даний ЕПП перетворює пропорційний електричний сигнал 4 ... 20 мА або 0 ... 10 В в пропорційний пневматичний сигнал, що лежить, зазвичай, в діапазоні 20 ... 100 кПа [7].

Пневматичні клапани

В розробленій системі автоматизації використовуються пневматичні клапани ADCATrol PV.25G.11L100.1R15 (рисунок 2.10).

ADCATrol PV 25 – односідельний, двоходовий прямохідний регульований клапан з лінійним пневматичним приводом мембранного типу. Клапан PV 25 спеціально спроектований для точного регулювання будь-яких технологічних процесів. Широкий спектр використання дозволяє використовувати для більшості технологічних середовищ [8].

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



Рисунок 2.10 – Пневматичний клапан ADCA Trol PV.25G.11L100.1R15

Технічні характеристики:

- діапазон вимірювання: 0,2-1 бар; 0,4-1,2 бар; 0,4-2 бар;
- макс. тиск повітря: 3,5 бар;
- температура зовн. середовища: -20...+70 °С;
- температура робочого середовища: -5...220 °С;
- тип плунжера: профільний V-порт перфорований.

Частотні перетворювачі

В якості частотного перетворювача для керування приводом насосів був використаний Lenze ESMD 402 L4TXA (рисунок 2.11).

Приводи Lenze серії ESMD з частотним керуванням ($U / f = \text{const}$), відноситься до частотних перетворювачів зі скалярним керуванням. Вони мають широку область застосування для управління двигунами змінного струму

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

2.2. Схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації лінії розливу пива передбачає контроль та регулювання тиску, температури, витрати та ряду інших параметрів, що є типовими для даної технологічної дільниці.

Регулювання температури пива після охолоджувача та температури в пастеризаторі відбувається за допомогою термометру опору SIRTRANS TF2 (поз. 7а-8а). Від них уніфікований сигнал 4...20 мА подається до ПЛК, де оброблюються. Вихідні керуючі сигнали 4...20 мА від ПЛК подаються на електропневматичні перетворювачі Sentronic LP G617A45200A0003 (поз. 7б-8б), де перетворюються в уніфікований пневматичний сигнал 20...100 кПа, що подається на пневматичні клапани ADCA Trol PV25G 11L100 1R15 (поз. 7в-8в). Інформація про температуру і управління надходить до ПК.

Контроль витрати пива здійснюється за допомогою індукційного електромагнітного витратоміра Sitrans FM MAGFLO MAG 3100 (поз. 11а). Від витратоміра вихідний уніфікований сигнал 4...20 мА поступає до модуля ПЛК. Інформація про витрату пива надходить до ПК.

Контроль витрати стиснутого повітря та пари здійснюється за допомогою вихрового витратоміру Sitrans FX300 (поз. 12а-13а). Уніфікований вихідний сигнал 4...20 мА від датчика надходить до модуля ПЛК, де і фіксується. Інформація про витрату пари та стисненого повітря надходить до ПК.

Регулювання тиску в танку та фільтрі відбувається за допомогою датчика тиску Sitrans P Z (поз.1а-2а). Вихідний уніфікований сигнал 4...20 мА від датчика поступає до модуля ПЛК. Від ПЛК надходить керуючий сигнал до частотних перетворювачів Lenze ESMD 402 L4TXA (поз. 1б-2б), які управляють двигунами насосів М4 та М5. Інформація про тиск в танку та фільтрі надходить до ПК.

Регулювання тиску в розливній та закупорювальній машинах відбувається за допомогою датчика тиску Sitrans P Z (поз.4а-5а). Вихідний уніфікований

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						28
		№ докум.	Підпис			

сигнал 4...20 мА від датчика поступає до модуля ПЛК. Вихідні керуючі сигнали 4...20 мА від ПЛК подаються на електропневматичні перетворювачі Sentronic LP G617A45200A0003 (поз. 4б-5б), де перетворюються в уніфікований пневматичний сигнал 20...100 кПА, що подається на пневматичні клапани ADCA Tro1 PV25G 11L100 1R15 (поз. 4в-5в). Інформація про тиск в розливній і закупорювальній машинах надходить до ПК.

Контроль тиску в напірному збірнику та пари в трубопроводі відбувається за допомогою датчика тиску Sitrans P Z (поз. 3а,6а). Вихідний уніфікований сигнал 4...20 мА від датчика поступає до модуля ПЛК. Інформація про тиск в напірному збірнику та пари в трубопроводі надходить до ПК.

Регулювання рівня в танку відбувається за допомогою ультразвукового датчика рівня Sitrans Probe LU (поз. 9а). Вихідний уніфікований сигнал 4...20 мА від датчика поступає до модуля ПЛК. Вихідні керуючі сигнали 4...20 мА від ПЛК подаються на електропневматичні перетворювачі Sentronic LP G617A45200A0003 (поз. 4б-5б), де перетворюються в уніфікований пневматичний сигнал 20...100 кПА, що подається на пневматичні клапани ADCA Tro1 PV25G 11L100 1R15 (поз. 9в). Інформація про рівень в танку надходить до ПК.

Контроль рівня в напірному збірнику відбувається за допомогою ультразвукового датчика рівня Sitrans Probe LU (поз. 10а). Вихідний уніфікований сигнал 4...20 мА від датчика поступає до модуля ПЛК. Інформація про рівень в напірному збірнику надходить до ПК.

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

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.2 – Специфікація засобів автоматизації

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а-6а	по місцю	Прилад для виміру тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювань 0,75...4 бар	Sitrans P Z	6	Siemens, Німеччина
2	1б, 2б	на щиті	Частотний перетворювач, потужність 4 кВт, напруга живлення 380 В АС.	Lenze ESMD 402 L4TXA	2	СВ Альтера м.Київ
3	7а-8а	по місцю	Термометр опору в комплекті з Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювань -50...+200°C	Sitrans TF2	2	Siemens, Німеччина
4	9а-10а	по місцю	Ультразвуковий рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювань 0,25...12 м	Sitrans Probe LU	2	Siemens, Німеччина
5	11а	по місцю	Індукційний електромагнітний витратомір, з вихідним струмовим сигналом 4-20 мА. Уживл.=220 В змінного струму.	Sitrans FM MAGFLO MAG 3100	1	Siemens, Німеччина
6	4б-5б, 7б-9б, 11б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 DC.	Sentronic LP G617A45200 A0003	6	ASCO Numatics, Ірландія
7	12а-13а	по місцю	Вихровий витратомір, з вихідним струмовим сигналом 4-20 мА. Уживл.=220 В змінного струму.	Sitrans FX300	2	Siemens, Німеччина
8	4в-5в, 7в-9в, 11в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	ADCATrol PV.25G.11L 100.1R15	6	Valsteam ADCA, Португалія
9	КМ1-КМ3	по місцю	Електромагнітне реле. 3 контакти. Напруга макс. 440В АС, струм комутації 20А.	relpol R3(N)-2013-23-5024-WTL	3	СВ Альтера м.Київ
10	М1-М5	по місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 3кВт, напруга живлення 380В.	AIP90L2	5	ООО "Системакс" м. Київ

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

Розділ 3. Опис схем підключення датчиків та виконавчих механізмів до мікропроцесорного контролера

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Логічні контролери Modicon M241 (рисунок 3.1) призначені для високопродуктивних компактних машин з вбудованими функціями контролю швидкості і положення. Вони оснащені вбудованим портом Ethernet з функціями FTP і веб-сервера, що дозволяє легко інтегрувати їх в архітектури систем управління для віддаленого моніторингу та техобслуговування машин завдяки використанню програмних додатків для смартфонів, планшетних комп'ютерів і ПК.



Рисунок 3.1 – ПЛК Modicon M241 TM241C24R

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації лінії розливу пива на базі ПЛК Modicon M241	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Ковтун В.О.						31
Перевір.		Клименко О.М.						
Зав. каф.		Ельперін І.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						
						НУХТ АК-4-3ск		

Функції, вбудовані в контролер: послідовний порт Modbus, порт USB для програмування, польова шина CANopen для розподілених архітектур, розширені функції контролю положення (високошвидкісні лічильники і імпульсні виходи для управління серводвигуном).

Функції, вбудовані в модуль розширення Modicon TM3: модулі функціональної безпеки, модуль управління пускачем двигуна і система віддаленого розширення.

Функції, вбудовані в комунікаційні модулі Modicon TM4.

Завдяки високій обчислювальній потужності і великому обсягу пам'яті контролери M241 ідеально підходять для систем, де потрібна висока продуктивність.

Швидке створення додатків за допомогою інтуїтивно зрозумілого і потужного ПО SoMachine. ПО також дозволяє швидко виконувати автоматичне завантаження існуючих додатків, які зберігаються в контролерах Modicon M221, M238 і M258 [10].

- технічні характеристики:
- вмонтований порт RS485: 2;
- кількість місць для катриджа: 1;
- наявність влаштованого Ethernet: ні;
- устаткування для зберігання даних: 16 GB SD-карта;
- температура оточуючого повітря: -10...+50 °C (при вертикальній установці), -10...+55 °C (при горизонтальній установці);
- ступінь захисту: IP20 із захисною кришкою на місці;
- номінальна напруга мережі: 100...240 В змінного струму;
- кількість дискретних входів: 14 (8 дискретних швидкодіючих входів);
- тип дискретного виходу: транзисторний, реле;
- кількість дискретних виходів: 6 реле; 4 транзисторних швидкодіючих виходів.

Схеми підключення зовнішніх ланцюгів наведені на рисунках 3.2-3.5.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						32
		№ докум.	Підпис			

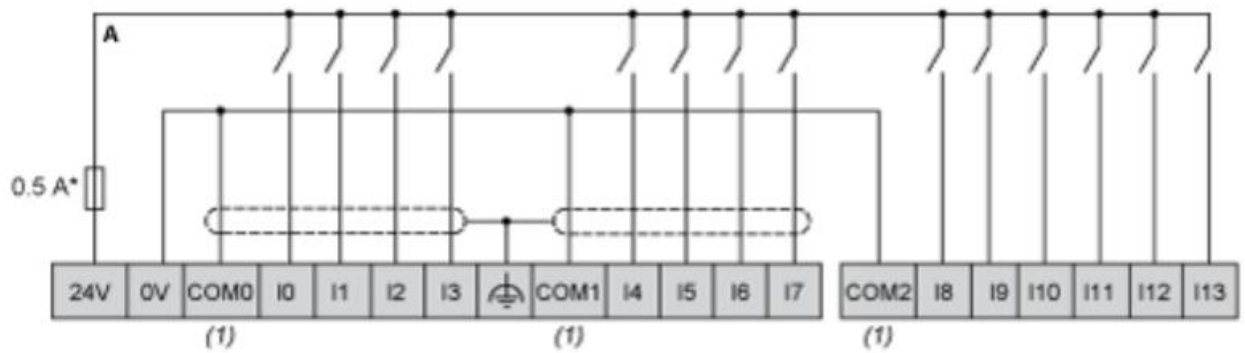


Рисунок 3.2 – Схема підключення дискретних входів до ПЛК Modicon M241 TM241C24R з позитивною логікою

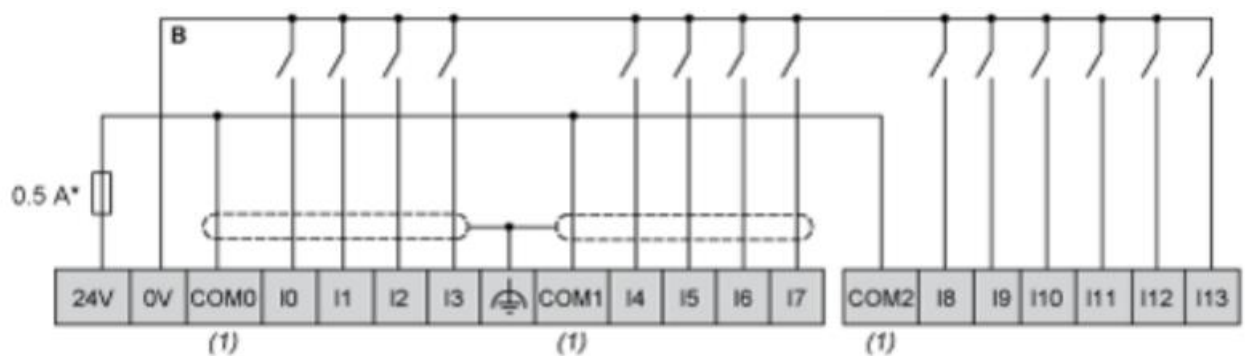


Рисунок 3.3 – Схема підключення дискретних входів до ПЛК Modicon M241 TM241C24R з негативною логікою

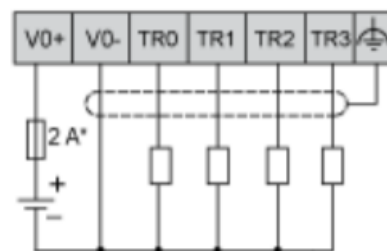


Рисунок 3.4 – Схема підключення дискретних транзисторних виходів до ПЛК Modicon M241 TM241C24R

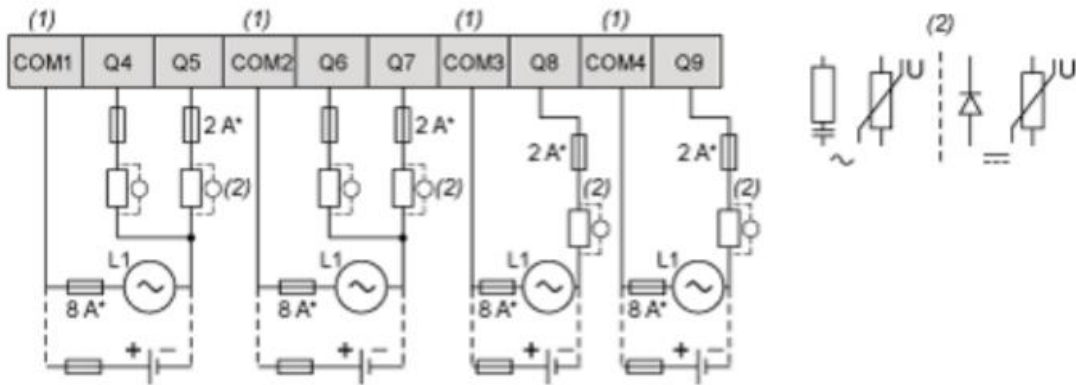


Рисунок 3.5 – Схема підключення дискретних релейних виходів до ПЛК Modicon M241 TM241C24R

Відповідно до технічного завдання та з урахуванням вибраних технічних засобів автоматизації був скомпонований наступний мікропроцесорний контролер.

Таблиця 3.1 – Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
TM241C24R	1	ПЛК Modicon M241 TM241C24R. Модуль CPU 14 дискретних входів та 10 дискретних виходів
TM3AI8	2	Модуль аналогових входів (8 входів)
TM3AQ4	2	Модуль аналогових виходів (4 виходів)

Дискретні виходи

В даному проекті використовуються магнітні пускачі KM1-KM3 для управління двигунами. Сигнал від модуля TM241C24R 24В постійної напруги в залежності від написаної програми послідовно проходить клемну колодку та поступає на магнітні пускачі, що в свою чергу замикаються та запускають двигуни.

Аналогові входи

В даному проекті використовуються датчики та перетворювачі з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА послідовно проходить клемну колодку та потрапляє на аналого-цифровий перетворювач модуля ТМ3АІ8 (рисунок 3.6). За допомогою написаної програми виробляється управління в залежності від тих значень сигналу, що надійшли до модуля ТМ3АІ8 [11].



Рисунок 3.6 – Модуль аналогових входів ТМ3АІ8

Технічні характеристики:

- кількість аналогових входів: 8;
- тип підключення: струм 4...20 мА, 0...20 мА; напруга 0...10 В, -10...+10 В;
- вхідний опір: ≤ 50 Ом струм, ≥ 1 МОм напруга;
- час перетворення: 1 мс + 1мс через канал + 1 час циклу;
- тривалість дискретизації: 1 мс;
- абсолютна похибка вимірювань: $\pm 1\%$ повної шкали;
- номінальна напруга живлення: 24 В пост. струму;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						35
		№ докум.	Підпис			

- межі напруги живлення: 20,4...28,8 В;
- споживчий струм:
 - 40 мА 5 В пост. струму через роз'єм шини повне навантаження;
 - 35 мА 5 В пост. струму через роз'єм шини холостого ходу;
 - 30 мА 24 В пост. струму через зовнішнє живлення холостого ходу;
 - 40 мА 24 В пост. струму через зовнішнє живлення повне навантаження.

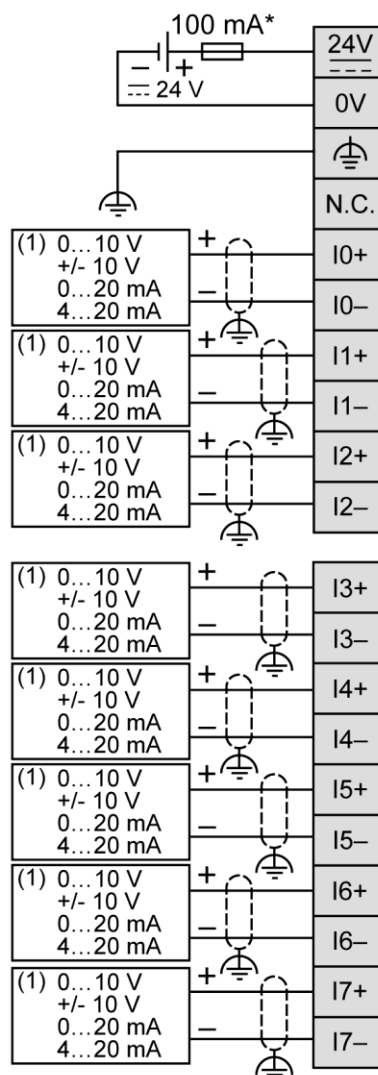


Рисунок 3.7 – Схема підключення зовнішніх ланцюгів до модуля ТМ3АІ8

Аналогові виходи

Сигнал з виходу модуля ТМ3АQ4 (рисунок 3.8) подається на клемну колодку. Модуль ТМ3АQ4 перетворює сигнал з цифрової форми в аналогову у вигляді струму від 4 до 20 мА. Цей сигнал йде на електропневматичні перетворювачі, де перетворюється в пневматичний та управляє пневматичними клапанами, а також на частотні перетворювачі [12].



Рисунок 3.8 – Модуль аналогових виходів ТМ3АQ4

Технічні характеристики:

- кількість аналогових виходів: 4;
- тип аналогового виходу: струм 4...20 мА, 0...20 мА; напруга 0...10 В, -10...+10 В;
- тип навантаження: резистивний;
- активний опір навантаження: 300 Ом струм, 1 кОм напруга;
- час перетворення: 1 мс + 1мс через канал + 1 час циклу;
- тривалість дискретизації: 1 мс;
- абсолютна похибка вимірювань: $\pm 1\%$ повної шкали;
- номінальна напруга живлення: 24 В пост. струму;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						37
		№ докум.	Підпис			

- межі напруги живлення: 20,4...28,8 В;
- споживчий струм:
 - 50 мА 5 В пост. струму через роз'єм шини повне навантаження;
 - 40 мА 5 В пост. струму через роз'єм шини холостого ходу;
 - 50 мА 24 В пост. струму через зовнішнє живлення холостого ходу;
 - 125 мА 24 В пост. струму через зовнішнє живлення повне навантаження.

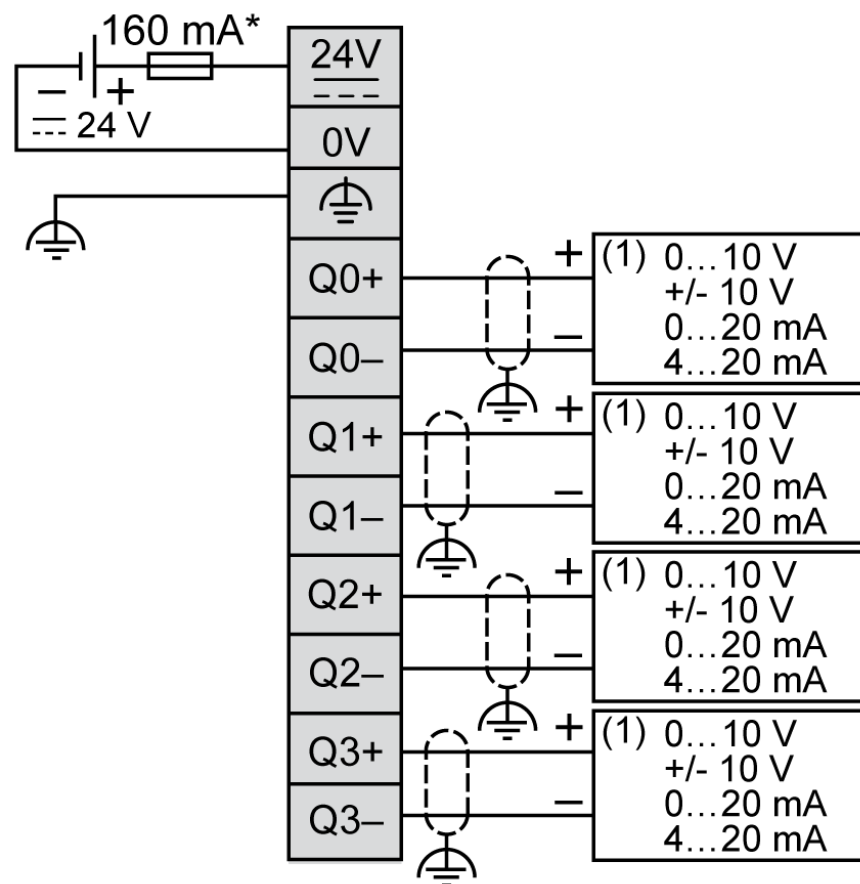


Рисунок 3.9 – Схема підключення зовнішніх ланцюгів до модуля ТМ3АQ4

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

При розробці принципової електричної схеми живлення були використані наступні компоненти:

– пакетні вимикачі QF1-QF11 – 11 шт., для вмикання та вимикання певних гілок з технічними засобами в системі автоматизації з вбудованим захистом по струму;

– перетворювачі напруги або блоки живлення (БЖ1-БЖ2) – 2 шт., для перетворення змінної напруги 220 В в постійну напругу 24 В для живлення датчиків та електропневматичних перетворювачів, магнітних пускачів та аналогових модулів ПЛК.

В принциповій електричній схемі живлення та в принциповій схемі підключення датчиків та ВМ до ПЛК застосовувалася наступна нумерація провідників:

– нумерація провідників в яких протікає змінний струм починалася з 800 (800-829);

– нумерація провідників в яких протікає постійний струм починалася з 900 (900-904);

– нумерація провідників в яких проходить пневматичний сигнал управління починалася з 0200 (0200-0205);

– нумерація провідників в яких проходить пневматичний сигнал живлення – 0800;

– нумерація провідників в яких проходить вимірювальний сигнал від датчиків до ПЛК починалася з 100 (100-125);

– нумерація провідників в яких проходить сигнал управління від ПЛК до електропневматичних перетворювачів, частотних перетворювачів та магнітних пускачів починалася з 200 (200-233).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						39
		№ докум.	Підпис			

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання температури в пастеризаторі

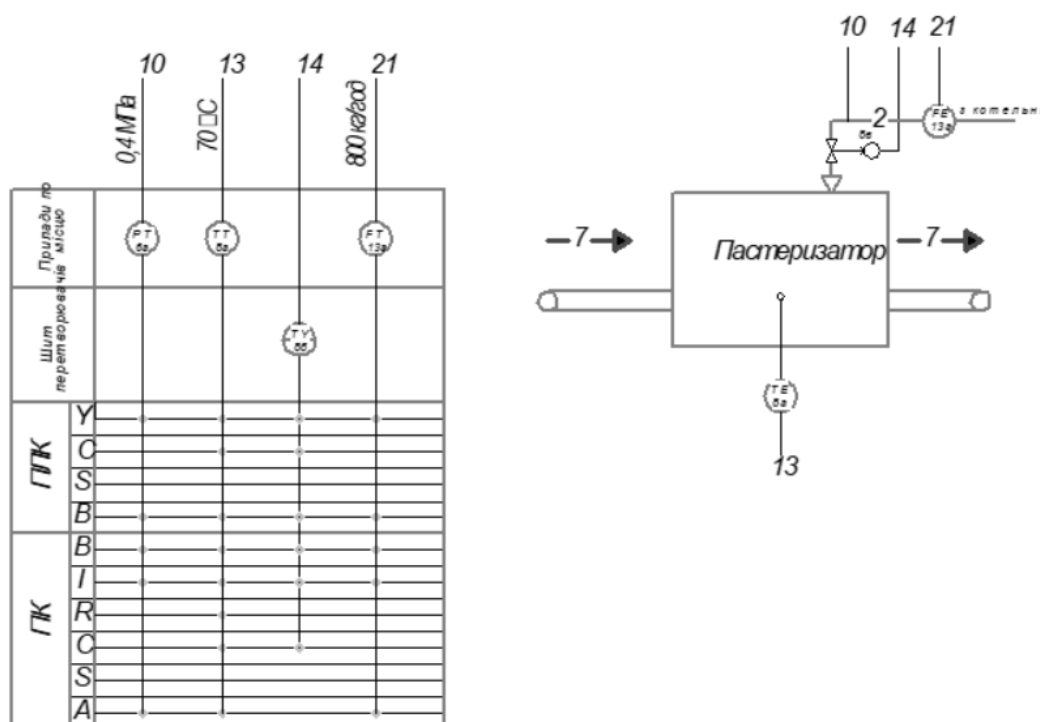


Рисунок 3.10 – Схема автоматизації контуру регулювання температури в пастеризаторі

Термометр опору SIRTRANS TF2 (поз. 8а) з вбудованим вторинним перетворювачем підключений до першого аналогового входного модуля ТМ3АІ8 до клем І7+ та І7-. Після отримання уніфікованого сигналу 4...20 мА від датчика температури, модуль ТМ3АІ8 направляє його до ПЛК, де в залежності від програми виробляється керуючий сигнал, що іде на аналоговий вихідний модуль ТМ3АQ4 (клеми Q3+ та Q3-). Від модуля ТМ3АQ4, уніфікований вихідний сигнал 4...20 мА іде на електропневматичний перетворювач Sentronic LP G617A45200A0003 (поз. 8б), де перетворюється в уніфікований пневматичний сигнал 20...100 кПа, що подається на пневматичний клапан ADCA Trol PV25G 11L100 1R15 (поз. 8в).

Витратомір Sitrans FX300 (поз. 13а) підключений до другого аналогового вхідного модуля ТМ3АІ8 до клем І4+ та І4-. Уніфікований вихідний сигнал 4...20 мА від датчика надходить до модуля ПЛК, де і фіксується. Інформація про витрату пари та стисненого повітря надходить до ПК.

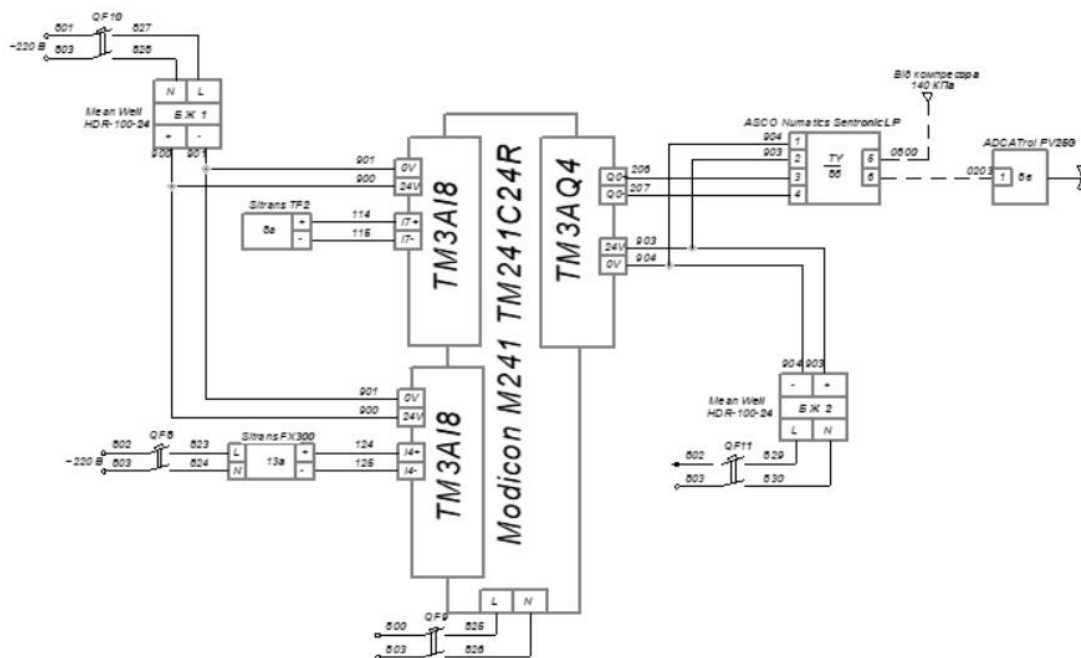


Рисунок 3.11 – Схема підключення термометра опору, витратоміра та пневматичного клапану до аналогових модулів ПЛК

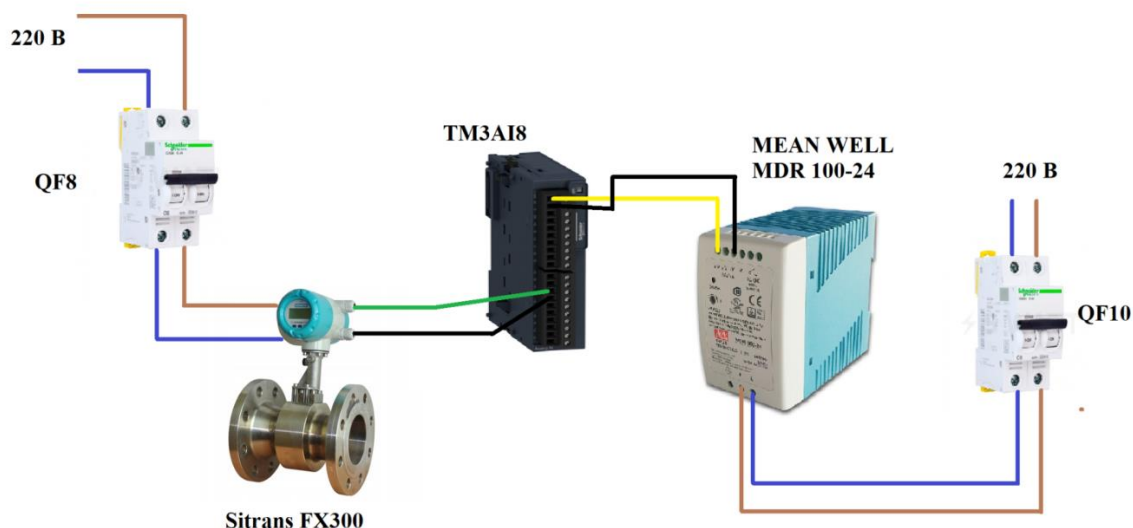


Рисунок 3.12 – Графічна схема підключення витратоміра до вхідного аналогового модуля

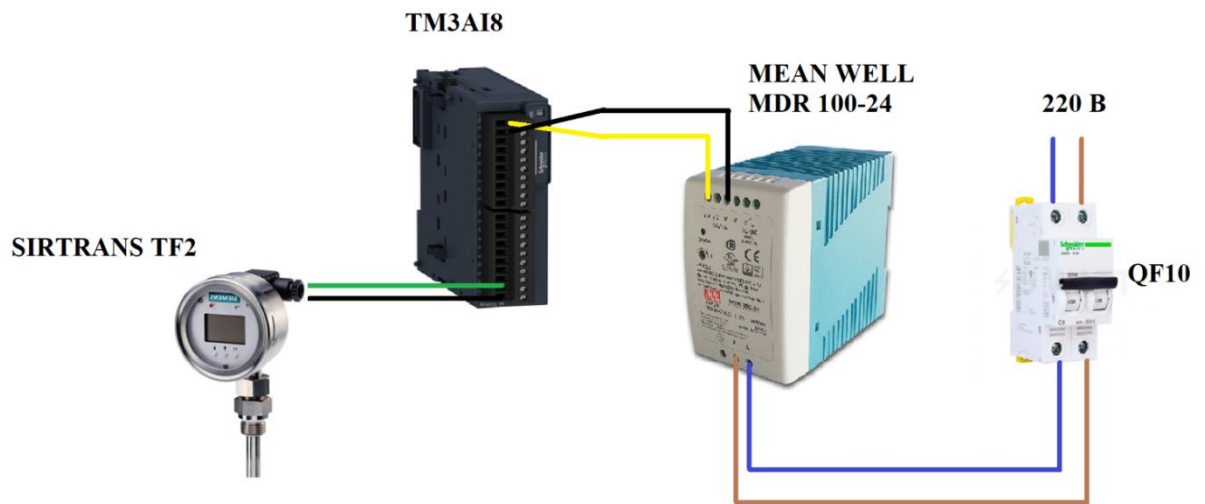


Рисунок 3.13 – Графічна схема підключення термометра оперу до вихідного аналогового модуля

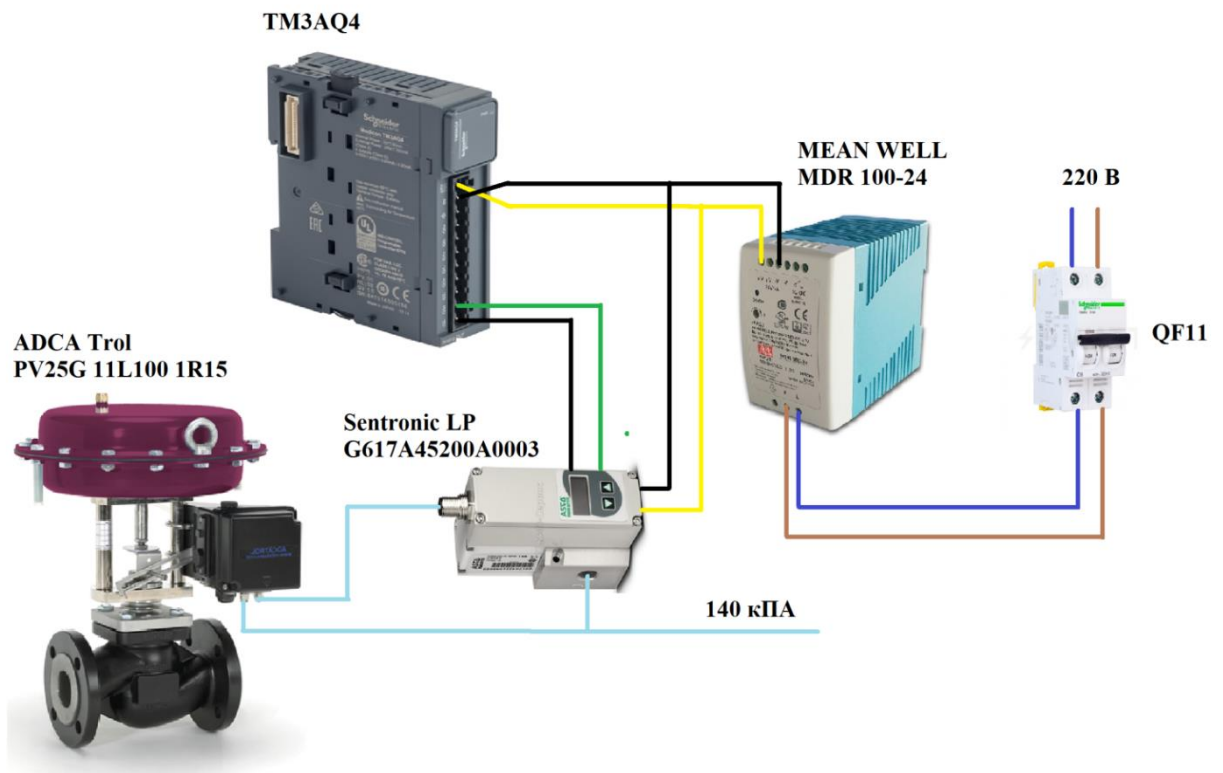


Рисунок 3.14 – Графічна схема підключення пневматичного клапана до вихідного аналогового модуля

Розділ 4. Опис та креслення встановлення технічного засобу

Датчики абсолютного і відносного тиску серії SITRANS P Z (рисунок 4.1) просте і бюджетне рішення для завдань, що не вимагають високої точності (похибка 0,25% і 0,5%), і перебудови допустимі межі. Перетворювач має вихідний сигнал 4 ... 20 мА або 0 ... 10В.



Рисунок 4.1 – Вимірювальний перетворювач тиску SITRANS P Z

Вимірювальний перетворювач 7MF1563 використовується для вимірювання абсолютного і відносного тиску або для вимірювання рівня рідин і газів. Використовується в хімії, фармацевтиці, харчовій промисловості, в машинобудуванні, суднобудуванні, у водопостачанні і т.п.

Вимірювальний перетворювач 7MF1563 ($\geq 1 \text{ bar}$ ($\geq 14,5 \text{ psi}$)) складається з тонкоплівкової вимірювальної комірки з керамічної мембраною, яка може використовуватися і з агресивними середовищами, і платами електроніки, які разом встановлені в корпусі з латуні (7MF1562) або з нерж. сталі (7MF1563, $\geq 1 \text{ bar}$ ($\geq 14,5 \text{ psi}$)).

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Розробка системи автоматизації лінії розливу пива на базі ПЛК Modicon M241	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Ковтун В.О.					43	68
Перевір.		Клименко О.М.			НУХТ АК-4-3ск			
Зав. каф.		Ельперін І.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

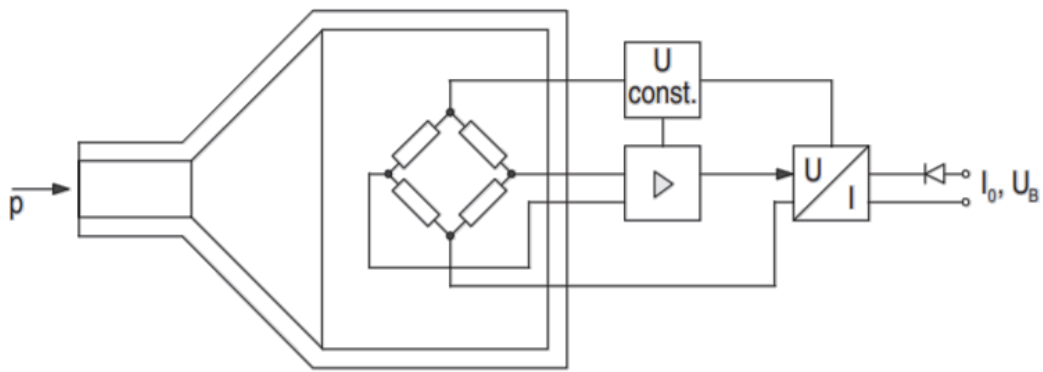


Рисунок 4.2 – Будова SITRANS P Z

Вони мають під'єднання до процесу G1 / 2A (зовнішня різьба) або G1 / 8A (внутрішня різьба) по DIN EN 837 з латуні (7MF1562) або з нерж. сталі (7MF1563, $\geq 1 \text{ bar}$ ($\geq 14,5 \text{ psi}$)).

Електричне під'єднання всіх типів здійснюється через штепсельну вилку (DIN 43 650) з введенням кабелю Pg 9.

Вимірювальні перетворювачі 7MF1562 і 7MF1563 ($\geq 1 \text{ bar}$ ($\geq 14,5 \text{ psi}$)) мають тонкоплівковий DMS, розміщений на керамічній мембрані. Кожна вимірювальна комірка має температурну компенсацію. Вихідна напруга вимірювальних комірок направляється на підсилювач і перетворюється у вихідний сигнал струму 4...20 мА.

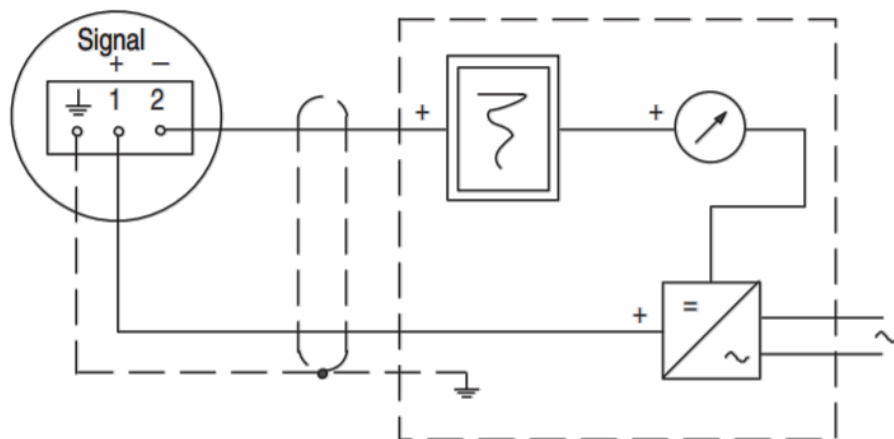


Рисунок 4.3 – Схема з'єднання SITRANS P Z

Технічні характеристики SITRANS P Z:

- діапазон вимірювання: 0...25 бар (0...363 psi);
- вихідний сигнал: 4...20 мА;
- навантаження: $(U_b - 10V)/0.02$ А;
- характеристика: лінійна зростаюча;
- зовнішня температура: -25...+85 °С;
- температура зберігання: -50...+100 °С;
- клас захисту: (по EN 60 529) IP 65;
- температура вимірювального середовища: -30...+120 °С.

Рекомендації щодо електричного під'єднання

Кришки корпусу ІС в місцях введення кабелю замінити відповідними кабельними гвинтовими з'єднаннями або заглушками, які повинні бути сертифіковані для вимірювальних перетворювачів з типом вибухозахисту Ex d!

клемна колодка може бути прикручена тільки в чотирьох різних положеннях. При цьому стежити за тим, щоб вона поверталася тільки на макс. $\pm 180^\circ$ (виходячи з положення при поставці). Не затискати при монтажі з'єднувальний кабель!

Для прокладки під'єднувального кабелю (максимальний поперечний переріз $-1,5 \text{ мм}^2$) та для сигнального кабелю діють наступні загальні вимоги:

- прокладати кабель передачі сигналу окремо від кабелів з напругою $> 60 \text{ В}$
- використовувати кабель з закрученими жилами
- уникати близькості великих електроустановок або використовувати екранований кабель
- повні специфікації згідно HART 5 тільки з екранованими кабелями

Рекомендації щодо монтажу датчика

Вимірювальний перетворювач може бути розташований зверху чи знизу від місця забору тиску.

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

При вимірюванні газів рекомендується встановлювати вимірювальний перетворювач зверху від місця забору тиску і прокласти напірну лінію з постійним ухилом до місця забору тиску з тим, щоб виникає конденсат міг стікати в головну лінію і яка вимірюється величина не спотворювалася.

При вимірі рідин вимірювальний перетворювач повинен бути встановлений під місцем забору тиску і напірна лінії мала постійний підйом до місця забору тиску з тим, щоб домішки газів могли йти в головну лінію.

Місце встановлення повинно бути добре доступним, по можливо поблизу місця вимірювання і не піддавалося вібрації. Межі допустимої навколишнього температури не повинні перевищуватися. Вимірювальний перетворювач повинен бути захищений від прямого теплового випромінювання. Перед монтажем порівняти експлуатаційні параметри зі значеннями, зазначеними на таблиці. При монтажі корпус повинен залишатися закритим [4]!

Креслення встановлення датчику зображено на рисунку 4.4.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						46
		№ докум.	Підпис			

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

Опис алгоритму

Алгоритм функціонування технологічної ділянки (лінії розливу пива) представлено на рисунку 5.1.

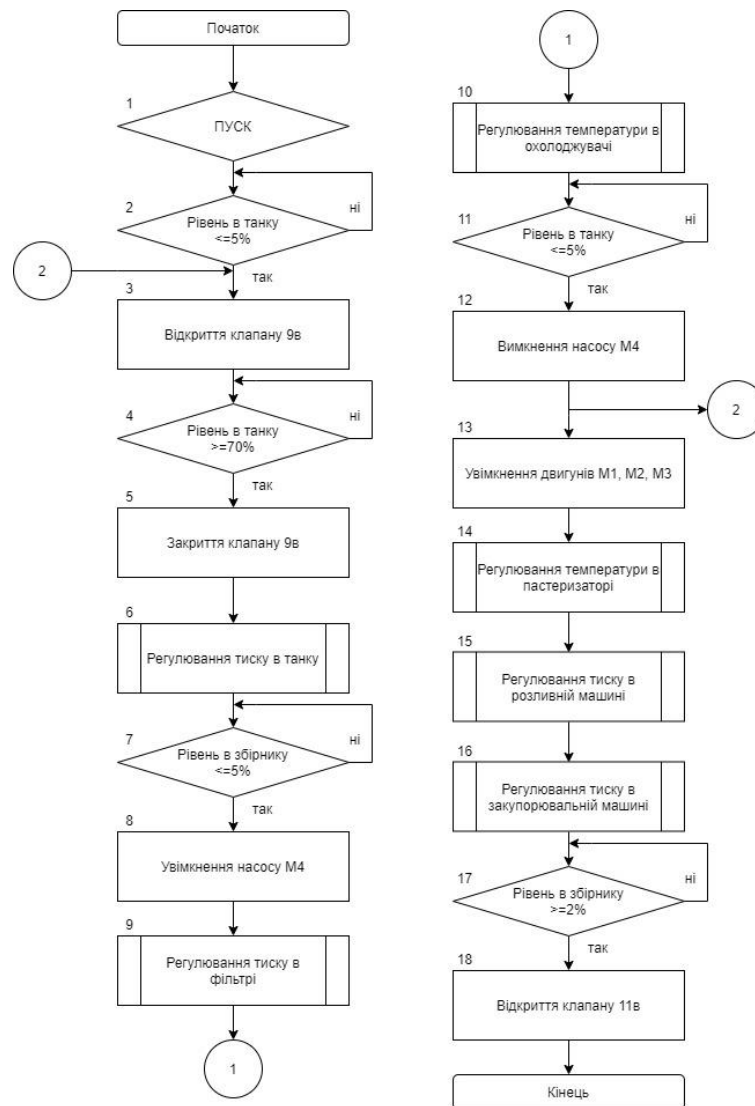


Рисунок 5.1 – Блок-схема алгоритму функціонування технологічного процесу лінії розливу пива

					Кваліфікаційна робота					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації лінії розливу пива на базі ПЛК Modicon M241					
Розроб.		Ковтун В.О.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Клименко О.М.							48	68
Зав. каф.		Ельперін І.В.						НУХТ АК-4-3ск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.								

Конфігурування модулів ПЛК

Parameter	Type	Value	Default Value	Unit	Description
InputFilter	INT(0..1000)	0	0	x 10 ms	Input filter
Sampling	Enumeration of BYTE	1	1	ms/Channel	Input sampling selection
IW0					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
InputFilter	INT(0..1000)	0	0	x 10 ms	Input filter
Sampling	Enumeration of BYTE	1	1	ms/Channel	Input sampling selection
IW1					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
InputFilter	INT(0..1000)	0	0	x 10 ms	Input filter
Sampling	Enumeration of BYTE	1	1	ms/Channel	Input sampling selection
IW2					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
InputFilter	INT(0..1000)	0	0	x 10 ms	Input filter
Sampling	Enumeration of BYTE	1	1	ms/Channel	Input sampling selection
IW3					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
InputFilter	INT(0..1000)	0	0	x 10 ms	Input filter
Sampling	Enumeration of BYTE	1	1	ms/Channel	Input sampling selection
IW4					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
InputFilter	INT(0..1000)	0	0	x 10 ms	Input filter
Sampling	Enumeration of BYTE	1	1	ms/Channel	Input sampling selection
IW5					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
InputFilter	INT(0..1000)	0	0	x 10 ms	Input filter
Sampling	Enumeration of BYTE	1	1	ms/Channel	Input sampling selection
IW6					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
InputFilter	INT(0..1000)	0	0	x 10 ms	Input filter
Sampling	Enumeration of BYTE	1	1	ms/Channel	Input sampling selection
IW7					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
InputFilter	INT(0..1000)	0	0	x 10 ms	Input filter
Sampling	Enumeration of BYTE	1	1	ms/Channel	Input sampling selection
Diagnostic					
Status Enabled	Enumeration of BYTE	Yes	Yes		

Рисунок 5.2 – Конфігурування модуля аналогових входів TM3AI8/G

Parameter	Type	Value	Default Value	Unit	Description
Optional module	Enumeration of BYTE	No	No		
Outputs					
QW0					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
QW1					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
QW2					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
QW3					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	Not used		Range mode
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Minimum value
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Maximum value
Diagnostic					
Status Enabled	Enumeration of BYTE	Yes	Yes		

Рисунок 5.3 – Конфігурування модуля аналогових виходів ТМ3АQ4/G

Адреси входів-виходів на МПК М241 зображені на рисунках 5.4–5.7.

Channels							
Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Default Value	Unit	Description
Inputs							
iwDI_IW0		IW0	%IW0	WORD			
		I0	%IX0.0	BOOL			Кнопка "Пуск"
		I1	%IX0.1	BOOL			Кнопка "Стоп"
		I2	%IX0.2	BOOL			Перемикач ручного режиму
		I3	%IX0.3	BOOL			
		I4	%IX0.4	BOOL			
		I5	%IX0.5	BOOL			
		I6	%IX0.6	BOOL			
		I7	%IX0.7	BOOL			
		I8	%IX1.0	BOOL			
		I9	%IX1.1	BOOL			
		I10	%IX1.2	BOOL			
		I11	%IX1.3	BOOL			
		I12	%IX1.4	BOOL			
I13	%IX1.5	BOOL					
ibDI_IB1		IB1	%IB2	BYTE			

Рисунок 5.4 – Дискретні вхідні сигнали

Channels							
Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Default Value	Unit	Description
Outputs							
qwDQ_QW0		QW0	%QW0	WORD			
		Q0	%QX0.0	BOOL			
		Q1	%QX0.1	BOOL			
		Q2	%QX0.2	BOOL			
		Q3	%QX0.3	BOOL			
		Q4	%QX0.4	BOOL			KM1
		Q5	%QX0.5	BOOL			KM2
		Q6	%QX0.6	BOOL			KM3
		Q7	%QX0.7	BOOL			HL1
		Q8	%QX1.0	BOOL			HL2
		Q9	%QX1.1	BOOL			HL3
qbDQ_QB1		QB1	%QB2	BYTE			

Рисунок 5.5 – Дискретні вихідні сигнали

Channels							
Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Default Value	Unit	Description
Inputs							
iiModule_3_IW0		IW0	%IW2	INT			Тиск в танку
iiModule_3_IW1		IW1	%IW3	INT			Тиск в фільтрі
iiModule_3_IW2		IW2	%IW4	INT			Тиск в збірнику
iiModule_3_IW3		IW3	%IW5	INT			Тиск в розливному апараті
iiModule_3_IW4		IW4	%IW6	INT			Тиск в закупорювальному апараті
iiModule_3_IW5		IW5	%IW7	INT			Тиск пари в трубопроводі
iiModule_3_IW6		IW6	%IW8	INT			Температура в охолоджувачі
iiModule_3_IW7		IW7	%IW9	INT			Температура в пастеризаторі
Diagnostic							
Channels							
Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Default Value	Unit	Description
Inputs							
iiModule_4_IW0		IW0	%IW14	INT			Рівень в танку
iiModule_4_IW1		IW1	%IW15	INT			Рівень в збірнику
iiModule_4_IW2		IW2	%IW16	INT			Витрата пива
iiModule_4_IW3		IW3	%IW17	INT			Витрата повітря
iiModule_4_IW4		IW4	%IW18	INT			Витрата пари
iiModule_4_IW5		IW5	%IW19	INT			
iiModule_4_IW6		IW6	%IW20	INT			
iiModule_4_IW7		IW7	%IW21	INT			
Diagnostic							

Рисунок 5.6 – Аналогові вхідні сигнали

Channels							
Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Default Value	Unit	Description
Outputs							
qiModule_5_QW0		QW0	%QW2	INT			Клапан подачі стисненого повітря (розлив)
qiModule_5_QW1		QW1	%QW3	INT			Клапан подачі стисненого повітря (закупорка)
qiModule_5_QW2		QW2	%QW4	INT			Клапан подачі холоагенту
qiModule_5_QW3		QW3	%QW5	INT			Клапан подачі пари
Diagnostic							
Channels							
Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Default Value	Unit	Description
Outputs							
qiModule_6_QW0		QW0	%QW6	INT			Клапан подачі пива в танк
qiModule_6_QW1		QW1	%QW7	INT			Клапан подачі пива із збірника
qiModule_6_QW2		QW2	%QW8	INT			Керування насосом M4
qiModule_6_QW3		QW3	%QW9	INT			Керування насосом M5
Diagnostic							

Рисунок 5.7 – Аналогові вихідні сигнали

Розроблення прикладного програмного забезпечення для реалізації алгоритму керування

Задача Mast, розробленої програми користувача для МПК М 241, складається з секцій, що зображені на рисунку 5.8.

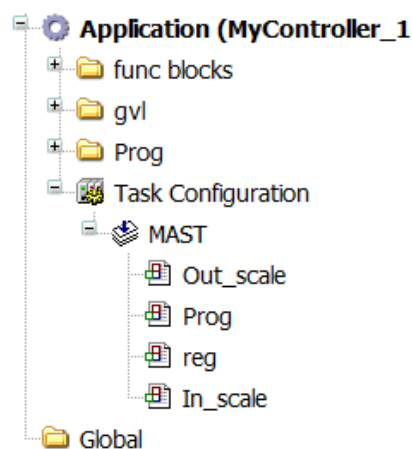


Рисунок 5.8 – Секції MAST

В секції In_scale (рисунок 5.9) відбувається масштабування вхідних аналогових сигналів від датчиків рівня, тиску, температури та витрати за допомогою функціонального блока scale_in. Сигнал, що подається з датчика на аналогові модулі перетворюється в діапазоні 0-10000. Після масштабування

отримуємо відповідний кожному датчику діапазон. Наприклад, $-50\dots+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ для датчика температури.

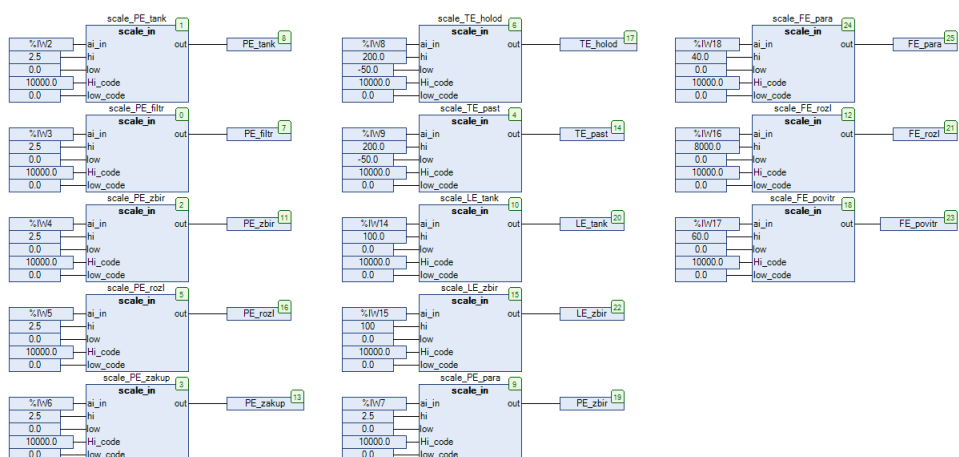


Рисунок 5.9 – Секція In_scale

В секції Out_scale (рисунок 5.10) відбувається масштабування вхідних аналогових сигналів, за допомогою яких відбувається керування клапанами та частотними перетворювачами.

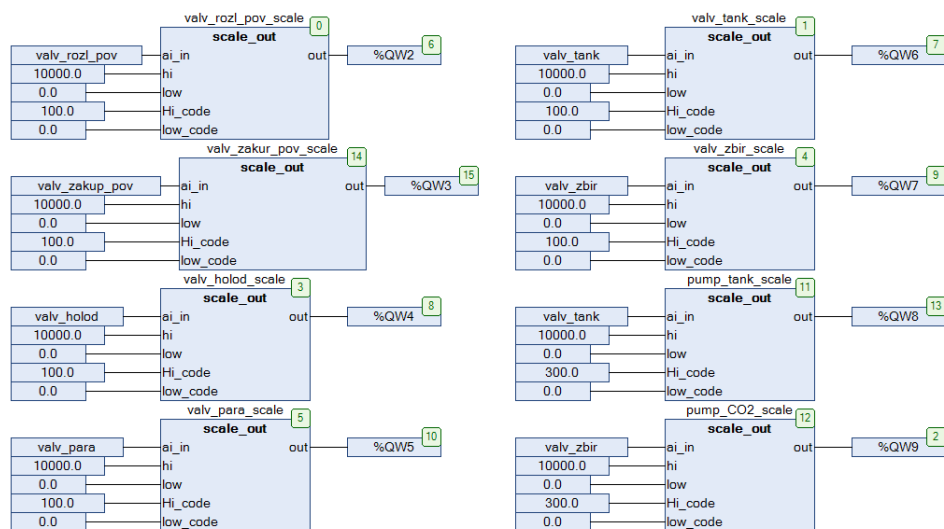


Рисунок 5.10 – Секція Out_scale

	№ докум.	Підпис	

В секції reg (рисунок 5.11) відбувається регулювання технологічних параметрів (тиск та температура). Для регулювання температури в пастеризаторі використовується функціональний блок PID. Змінна, що відповідає за управління виконавчим механізмом valv_past управляється регулятором reg_te_past, який реалізовує ПІД – закон управління. Регулятор вмикається кнопкою «Пуск», однак його вихід блокується за допомогою змінної act_te_past. Ручне управління клапаном valv_past забезпечується через перемикання роботи в ручний режим кнопкою MAN, Алгоритм якої наведено в секції Prog. Інші регулятори працюють аналогічно.

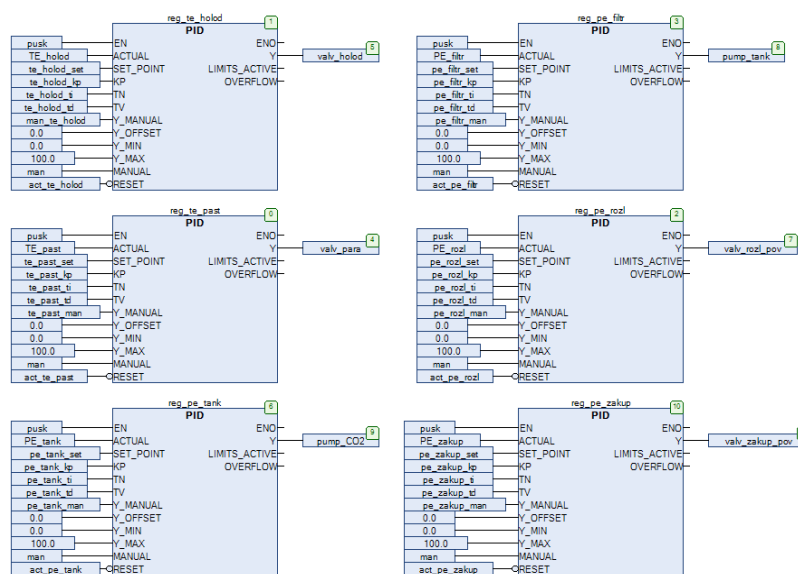


Рисунок 5.11 – Секція reg

Реалізація алгоритму керування відбувається в основній секції prog (рисунок 5.12).

```

1 IF pusk AND NOT(man) THEN
2
3     TON_tank(IN := ton1_act, PT:= T#30S);
4 END_IF
5
6 IF pusk AND le_tank<=5.0 AND pump_tank:=0.0 THEN
7     valv_tank:=70.0;
8 END_IF
9
10 IF le_tank>=50.0 THEN
11     valv_tank:=30.0;
12 END_IF
13
14 IF le_tank>=70 THEN
15     valv_tank:=0.0;
16     act_pe_tank:= TRUE;
17     ton1_act:=TRUE
18 END_IF
19
20 IF TON_tank.Q:=TRUE AND act_pe_tank AND le_zbir<=5.0 AND pusk THEN
21     act_pe_tank:=FALSE;
22     act_pe_filtr:=TRUE;
23     act_te_holod:=TRUE;
24     ton1_act:=FALSE;
25 END_IF
26
27 TON_zbir(IN := ton2_act, PT:= T#20S);
28
29 IF act_pe_filtr AND act_te_holod AND le_tank<=5.0 AND pusk THEN
30     act_pe_filtr:=FALSE;
31     act_te_holod:=FALSE;
32     ton2_act:=TRUE;
33     line_act:=TRUE;
34 END_IF
35
36 IF line_act AND pusk AND le_zbir>=80.0 THEN
37     act_te_past:=TRUE;
38     KM1:= TRUE;
39     KM2:= TRUE;
40     KM3:= TRUE;
41 END_IF
42
43 IF TON_zbir.Q AND le_zbir>=2.0 THEN
44     act_pe_rozl:=TRUE;
45     act_pe_zakup:=TRUE;
46     valv_zbir:=80.0;
47 END_IF
48
49 TON_line(IN := ton3_act, PT:= T#120S)
50
51 IF pusk AND le_zbir<=2.0 AND valv_zbir<=1.0 THEN
52     valv_zbir:=0.0;
53     ton3_act:=TRUE;
54 END_IF
55
56 IF pusk AND le_zbir<=2.0 AND ton3_act THEN
57 IF TON_line.PT>=20 THEN
58     KM1:=FALSE;
59     act_pe_rozl:=FALSE;
60 END_IF
61
62 IF pusk AND le_zbir<=2.0 AND ton3_act THEN
63 IF TON_line.PT>=50 THEN
64     act_pe_zakup:=FALSE;
65 END_IF
66
67 IF pusk AND le_zbir<=2.0 AND ton3_act THEN
68 IF TON_line.PT>=100 THEN
69     act_te_past:=FALSE;
70 END_IF
71
72 IF pusk AND le_zbir<=2.0 AND TON_line.q THEN
73     KM2:= FALSE;
74     KM3:=FALSE;
75 END_IF

```

Рисунок 5.12 – Секція прог

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

Внутрішні змінні, що використовуються в програмі, зображені на рисунках 5.13–5.17.

```

1 | VAR_GLOBAL
2 |
3 | valv_rozl_pov AT %MD100:REAL; //масштабоване значення керування клапаном 4в;
4 | valv_zakup_pov AT %MD104:REAL; //масштабоване значення керування клапаном 5в;
5 | valv_holod AT %MD108:REAL; //масштабоване значення керування клапаном 7в;
6 | valv_para AT %MD112:REAL; //масштабоване значення керування клапаном 8в;
7 | valv_tank AT %MD116:REAL; //масштабоване значення керування клапаном 9в;
8 | valv_zbir AT %MD120:REAL; //масштабоване значення керування клапаном 11в;
9 | pump_tank AT %MD124:REAL; //масштабоване значення керування частотним перетворювачем для насоса M4;
10 | pump_CO2 AT %MD128:REAL; //масштабоване значення керування частотним перетворювачем для насоса M5;
11 |
12 | END_VAR

```

Рисунок 5.13 – Відмасштабовані вихідні сигнали

```

1 | VAR_GLOBAL
2 | FE_tank AT %MD200:REAL; // відмасштабоване значення тиску в танку;
3 | FE_filtir AT %MD204:REAL; // відмасштабоване значення тиску в фільтрі;
4 | FE_zbir AT %MD208:REAL; // відмасштабоване значення тиску в збірнику;
5 | FE_rozl AT %MD212:REAL; // відмасштабоване значення тиску в розливному апараті;
6 | FE_zakup AT %MD216:REAL; // відмасштабоване значення тиску в закупорювальному апараті;
7 | FE_para AT %MD220:REAL; // відмасштабоване значення тиску пари в трубопроводі;
8 | TE_holod AT %MD224:REAL; // відмасштабоване значення температури пива в охолоджувачі;
9 | TE_past AT %MD228:REAL; // відмасштабоване значення температури в пастеризаторі;
10 | LE_tank AT %MD232:REAL; // відмасштабоване значення рівня в танку;
11 | LE_zbir AT %MD236:REAL; // відмасштабоване значення рівня в збірнику;
12 | FE_rozl AT %MD240:REAL; // відмасштабоване значення витрати пива із збірника;
13 | FE_povitr AT %MD244:REAL; // відмасштабоване значення витрати отионого повітря;
14 | FE_para AT %MD248:REAL; // відмасштабоване значення витрати пари;
15 |
16 | pusk AT %M200: BOOL; // кнопка "Старт";
17 | stop AT %M204: BOOL; //кнопка "Стоп"
18 | man AT %M208: BOOL; // кнопка перемикання ручного режиму;
19 |
20 | END_VAR

```

Рисунок 5.14 – Відмасштабовані вхідні сигнали

```

1 | VAR_GLOBAL
2 | te_holod_man AT %MD300:REAL; //ручне введення заданого значення температури в охолоджувачі;
3 | act_te_holod AT %M500:BOOL; // змінна блокування вихідного значення регулятора температури в охолоджувачі;
4 | te_holod_set AT %MD304:=1.0:REAL; //задане значення регулятора температури в охолоджувачі;
5 | te_holod_kp AT %MD308:REAL; //коєф. пропорційності регулятора температури в охолоджувачі;
6 | te_holod_ti AT %MD312:REAL; //час інтегрування регулятора температури в охолоджувачі;
7 | te_holod_td AT %MD316:REAL; //час диференціювання регулятора температури в охолоджувачі;
8 |
9 | te_past_man AT %MD320:REAL; //ручне введення заданого значення температури в пастеризаторі;
10 | act_te_past AT %M502:BOOL; // змінна блокування вихідного значення регулятора температури в пастеризаторі;
11 | te_past_set AT %MD324:=70.0:REAL; //задане значення регулятора температури в пастеризаторі;
12 | te_past_kp AT %MD328:REAL; //коєф. пропорційності регулятора температури в пастеризаторі;
13 | te_past_ti AT %MD332:REAL; //час інтегрування регулятора температури в пастеризаторі;
14 | te_past_td AT %MD336:REAL; //час диференціювання регулятора температури в пастеризаторі;
15 |
16 | pe_tank_man AT %MD340:REAL; //ручне введення заданого значення тиску в танку;
17 | act_pe_tank AT %M504:BOOL; // змінна блокування вихідного значення регулятора тиску в танку;
18 | pe_tank_set AT %MD344:=0.01:REAL; //задане значення регулятора тиску в танку;
19 | pe_tank_kp AT %MD348:REAL; //коєф. пропорційності регулятора тиску в танку;
20 | pe_tank_ti AT %MD352:REAL; //час інтегрування регулятора тиску в танку;
21 | pe_tank_td AT %MD356:REAL; //час диференціювання регулятора тиску в танку;
22 |
23 | pe_filtir_man AT %MD360:REAL; //ручне введення заданого значення тиску в фільтрі;
24 | act_pe_filtir AT %M506:BOOL; // змінна блокування вихідного значення регулятора тиску в фільтрі;
25 | pe_filtir_set AT %MD364:=0.14:REAL; //задане значення регулятора тиску в фільтрі;
26 | pe_filtir_kp AT %MD368:REAL; //коєф. пропорційності регулятора тиску в фільтрі;
27 | pe_filtir_ti AT %MD372:REAL; //час інтегрування регулятора тиску в фільтрі;
28 | pe_filtir_td AT %MD376:REAL; //час диференціювання регулятора тиску в фільтрі;
29 |
30 | pe_rozl_man AT %MD380:REAL; //ручне введення заданого значення тиску в розливній машині;
31 | act_pe_rozl AT %M508:BOOL; // змінна блокування вихідного значення регулятора тиску в розливній машині;
32 | pe_rozl_set AT %MD384:=0.2:REAL; //задане значення регулятора тиску в розливній машині;
33 | pe_rozl_kp AT %MD388:REAL; //коєф. пропорційності регулятора тиску в розливній машині;
34 | pe_rozl_ti AT %MD392:REAL; //час інтегрування регулятора тиску в розливній машині;
35 | pe_rozl_td AT %MD396:REAL; //час диференціювання регулятора тиску в розливній машині;
36 |
37 | pe_zakup_man AT %MD400:REAL; //ручне введення заданого значення тиску в закупорювальній машині;
38 | act_pe_zakup AT %M510:BOOL; // змінна блокування вихідного значення регулятора тиску в закупорювальній машині;
39 | pe_zakup_set AT %MD404:=0.2:REAL; //задане значення регулятора тиску в закупорювальній машині;
40 | pe_zakup_kp AT %MD408:REAL; //коєф. пропорційності регулятора тиску в закупорювальній машині;
41 | pe_zakup_ti AT %MD412:REAL; //час інтегрування регулятора тиску в закупорювальній машині;
42 | pe_zakup_td AT %MD416:REAL; //час диференціювання регулятора тиску в закупорювальній машині;
43 | END_VAR

```

Рисунок 5.15 – Змінні для роботи регуляторів

```

1 PROGRAM Prog
2 VAR
3     tank_proc: BOOL;
4     TON_tank: TON;
5     TON_zbir: TON;
6     TON_line: TON;
7     ton1_act: BOOL;
8     ton2_act: BOOL;
9     ton3_act: BOOL;
10    line_act:BOOL;
11    KM1: BOOL;
12    KM2: BOOL;
13    KM3: BOOL;
14 END_VAR
15

```

Рисунок 5.16 – Локальні змінні для секції prog

```

1 VAR_GLOBAL
2     reg_te_holod: PID;
3     reg_te_past: PID;
4     reg_pe_tank: PID;
5     reg_pe_filt: PID;
6     reg_pe_rozl: PID;
7     reg_pe_zakup: PID;
8
9     scale_PE_tank: scale_in;
10    scale_PE_filt: scale_in;
11    scale_PE_zbir: scale_in;
12    scale_PE_rozl: scale_in;
13    scale_PE_zakup: scale_in;
14    scale_PE_para: scale_in;
15    scale_TE_holod: scale_in;
16    scale_TE_past: scale_in;
17    scale_LE_tank: scale_in;
18    scale_LE_zbir: scale_in;
19    scale_FE_rozl: scale_in;
20    scale_FE_povitr: scale_in;
21    scale_FE_para: scale_in;
22
23    valv_rozl_pov_scale: scale_out;
24    valv_zakur_pov_scale: scale_out;
25    valv_holod_scale: scale_out;
26    valv_para_scale: scale_out;
27    valv_tank_scale: scale_out;
28    valv_zbir_scale: scale_out;
29    pump_tank_scale: scale_out;
30    pump_CO2_scale: scale_out;
31 END_VAR

```

Рисунок 5.17 – Використані функціональні блоки

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Zenon повною мірою вирішує всі можливі завдання, які стоять перед HMI /SCADA-системами. Дозволяє здійснювати зручне та наглядове управління, чітке взаємодія всіх інженерних комплексів, автоматичну адаптацію, інтелектуалізацію режимів роботи підсистемою. Базується на стандартних відкритих технологіях і пропонується величезний набір простих у використанні графічних функцій для побудови системної візуалізації.

Перелік змінних вказано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Таблиця вхідних та вихідних змінних

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
Пуск		0	1	0	1	BOOL
Стоп		0	1	0	1	BOOL
Ручний		0	1	0	1	BOOL
PE.Танк		0	1000	0	250	WORD
PE.Збірник		0	1000	0	250	WORD
PE.Фільтр		0	1000	0	250	WORD
PE.Розлив		0	1000	0	250	WORD
PE.Закупорка		0	1000	0	250	WORD
PE.Пара		0	1000	0	250	WORD
TE.Пастеризатор		0	1000	-50	200	INT
TE.Охолоджувач		0	1000	-50	200	INT
LE.Танк		0	1000	0	100	USINT
LE.Збірник		0	1000	0	100	USINT
FE.Пара		0	1000	0	1000	WORD

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації лінії розливу пива на базі ПЛК Modicon M241	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Ковтун В.О.					58	68
Перевір.		Клименко О.М.				НУХТ АК-4-3ск		
Зав. каф.		Ельперін І.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Продовження таблиці 6.1.

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
FE.Повітря		0	1000	0	1000	WORD
FE.Пиво		0	1000	0	10000	WORD
Насос.М4		0	1000	0	4000	WORD
Насос.М5		0	1000	0	4000	WORD
Клапан.11в		0	1000	0	100	USINT
Клапан.9в		0	1000	0	100	USINT
Клапан.8в		0	1000	0	100	USINT
Клапан.7в		0	1000	0	100	USINT
Клапан.5в		0	1000	0	100	USINT
Клапан.4в		0	1000	0	100	USINT

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

На дисплейних мнемосхемах відображенні всі важливі елементи для керування: дані з датчиків, зворотній зв'язок від виконавчих механізмів та регулюючих органів, дані про помилки та аварії. В SCADA-програмі передбачений режим ручного керування для оператора. При необхідності оператор має змогу переглянути історію всіх подій та аварій, а також переглянути тенденцію перебігу технологічних параметрів.

На рисунках 6.1–6.4 представлено вигляд дисплейних мнемосхем SCADA-програми розробленої системи автоматизації лінії розливу

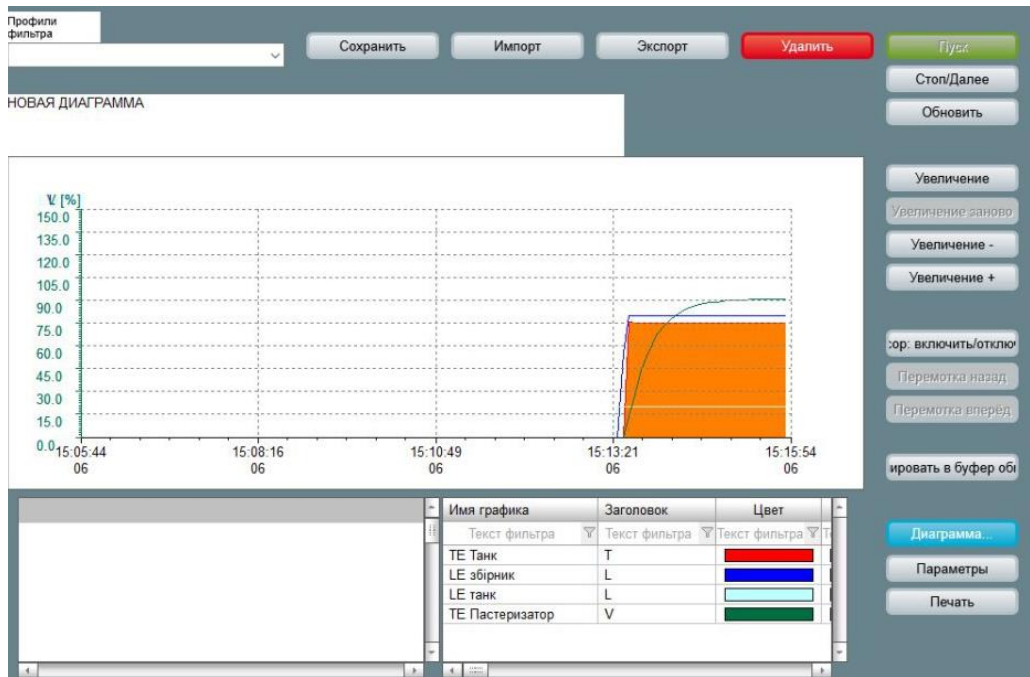


Рисунок 6.3 – Вікно трендів

Filter [T]-[T].[Rel:0d,1h,0m,0s] Filter... Stop

Filter profiles Save Import Export Delete Number 100

Time received	Text	Variable name	Value	Mea...	User - full na
02.06.2020 19:24:50	Modify spontaneous value: (48 %)	ЛЕ.Танк	48	%	SYSTEM
02.06.2020 19:24:53	Modify spontaneous value: (26 %)	ЛЕ.Збірник	26	%	SYSTEM
02.06.2020 19:24:55	Modify spontaneous value: (-18 °C)	ТЕ.Пастеризатор	-18	°C	SYSTEM
02.06.2020 19:24:57	Modify spontaneous value: (-5 °C)	ТЕ.Пастеризатор	-5	°C	SYSTEM
02.06.2020 19:24:58	Modify spontaneous value: (82 °C)	ТЕ.Охолоджувач	82	°C	SYSTEM
02.06.2020 19:24:59	Modify spontaneous value: (2 °C)	ТЕ.Пастеризатор	2	°C	SYSTEM
02.06.2020 19:25:02	Modify spontaneous value: (31 %)	ЛЕ.Збірник	31	%	SYSTEM
02.06.2020 19:25:03	Modify spontaneous value: (56 %)	ЛЕ.Танк	56	%	SYSTEM
02.06.2020 19:25:05	Modify spontaneous value: (105 °C)	ТЕ.Охолоджувач	105	°C	SYSTEM
02.06.2020 19:25:06	Modify spontaneous value: (86 °C)	ТЕ.Охолоджувач	86	°C	SYSTEM
02.06.2020 19:25:07	Modify spontaneous value: (19 °C)	ТЕ.Пастеризатор	19	°C	SYSTEM
02.06.2020 19:25:11	Modify spontaneous value: (64 %)	ЛЕ.Танк	64	%	SYSTEM
02.06.2020 19:25:12	Modify spontaneous value: (38 %)	ЛЕ.Збірник	38	%	SYSTEM
02.06.2020 19:29:01	Start import for file ""				SYSTEM
02.06.2020 19:29:01	XML import error (3): no file selected.				SYSTEM
02.06.2020 19:29:01	Import for file "" closed. Error (1)				SYSTEM
02.06.2020 19:34:13	Project 'PROJ' reloaded				SYSTEM

Comment Print

Рисунок 6.4 – Вікно подій

	№ докум.	Підпис	

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

Постановка задачі: дослідження стійкості САР за критерієм Рауса-Гурвіца.

В якості об'єкта керування було обрано контур керування температури в пастеризаційній установці.

Обираємо вхідні, вихідні канали та збурення (рисунок 7.1).

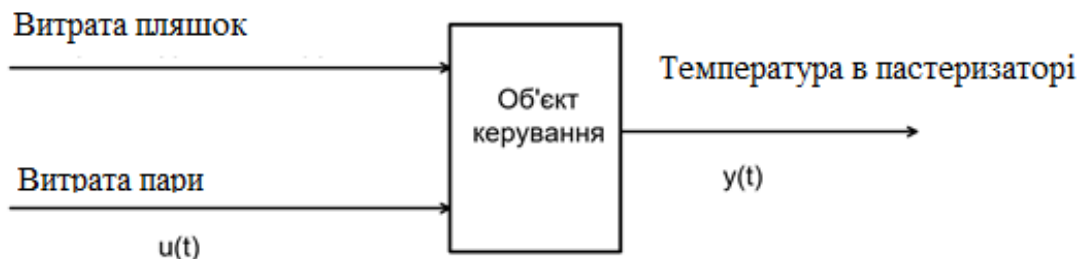


Рисунок 7.1 – Об'єкт керування

Обираємо наступну математичну модель: $W_1(s) W_1(s) W_1(s)$ з такими параметрами: K, T_1, T_2, T_3 , оскільки представлений об'єкт керування має позитивне самовирівнювання.

Коефіцієнти математичної моделі були взяті з опису технологічного процесу розливу пива, що представлено в літературі.

Визначаємо передавальну функцію за каналом керування:

$$W_{yu}(s) = \frac{1.7}{(15.3s+1)(7.2s+1)(3.1s+1)};$$

Визначаємо передавальну функцію за каналом збурення:

$$W_{zy}(s) = \frac{0.1}{15.3s+1};$$

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ковтун В.О.			Розробка системи автоматизації лінії розливу пива на базі ПЛК Modicon M241	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Клименко О.М.					62	68
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Визначемо передаточну функцію об'єкта:

$$W(p) = \frac{1.7}{(15.3s + 1)(7.2s + 1)(3.1s + 1)} + \frac{0.1}{15.3s + 1} = \frac{1.7 + 0.1(7.2s + 1)(3.1s + 1)}{(15.3s + 1)(7.2s + 1)(3.1s + 1)}$$

$$= \frac{2.232s^2 + 1.03s + 1.8}{341.496s^3 + 179.91s^2 + 25.6s + 1};$$

Для дослідження САР на стійкість треба використовується характеристичний поліном замкненої системи $D(p)$, що знаходиться шляхом прирівнювання знаменника передаточної функції замкнутої системи до нуля.

$$D(p) = 341.496s^3 + 179.91s^2 + 25.6s + 1 = 0$$

Для визначення стійкості був обраний критерій Рауса-Гурвіца, суть якого полягає в тому, що необхідно побудувати матрицю таким чином, щоб по головній діагоналі були розташовані коефіцієнти $D(p)$ починаючи з a_1 по a_n , вище головної діагоналі розташовують коефіцієнти з індексами вищими коефіцієнтів, що знаходяться на головній діагоналі, нижче головної діагоналі відповідно коефіцієнти з індексами нижче, при недостатці коефіцієнтів ставлять нулі. Система стійка за умови, що всі визначники більше нуля, якщо хоча б один визначник менше, то система не стійка, якщо хоча б один визначник рівний нулю, то система знаходиться на межі стійкості.

$$\Delta_1 = a_1 = 341.496 > 0;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}; \Delta_2 = 4.2642e+03 > 0;$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}; \Delta_3 = 4.2643e+03 > 0.$$

Висновок: всі визначники більше нуля, що свідчить про стійкість системи.

Перевіримо стійкість системи в середовищі Matlab. Для контуру регулювання температури обираємо ПІ-регулятор, який має досить високу швидкість та гарну якість регулювання.

Визначимо налаштування ПІ – регулятора методом Циглера-Нікольса. Знайдемо критичні значення налаштувань регулятора $K_{кр}$ та $T_{i,кр}$.

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

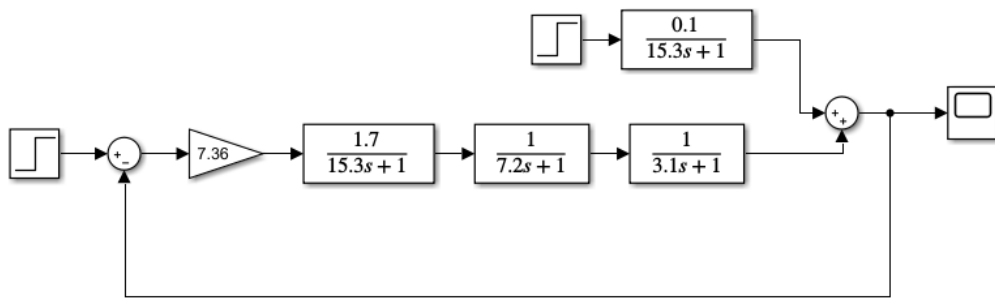


Рисунок 7.2 – Структурна схема об'єкта на межі стійкості

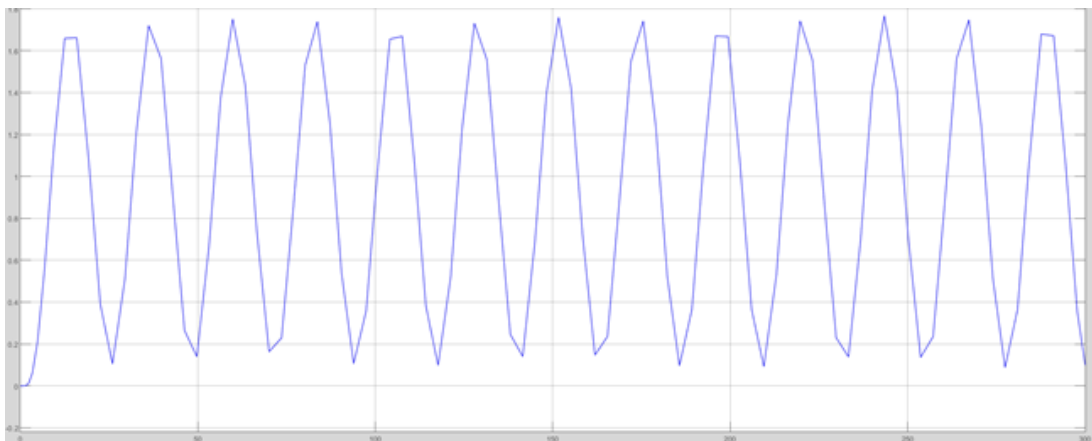


Рисунок 7.3 – Перехідний процес при $K_{кр}$

Система на межі стійкості при наступних коефіцієнтах: $K_{кр}=7,36$;
 $T_{i \cdot кр}=20$ с.

За допомогою формул (7.1)-(7.2) визначаємо оптимальні налаштування
 ПІ-регулятора:

$$K_p = 0,45 * K_{кр}; \quad (7.1)$$

$$T_i = T_{i \cdot кр} / 1,2 \quad (7.2)$$

$$K_p = 0,45 * 7,36 = 3,312;$$

$$T_i = 20 / 1,2 = 16,67.$$

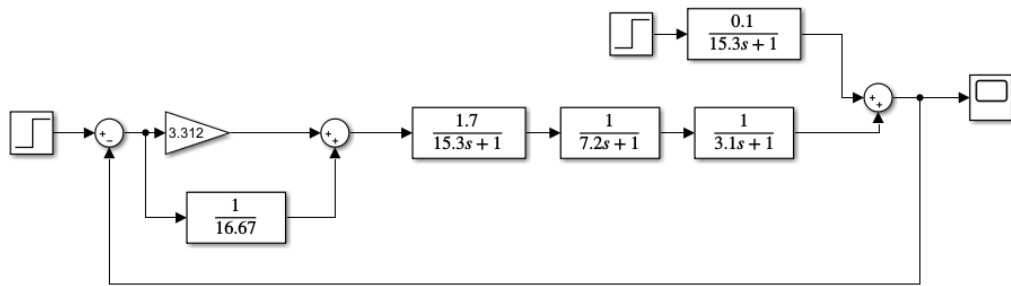


Рисунок 7.4 – Структурна схема об'єкта з ПІ-регулятором

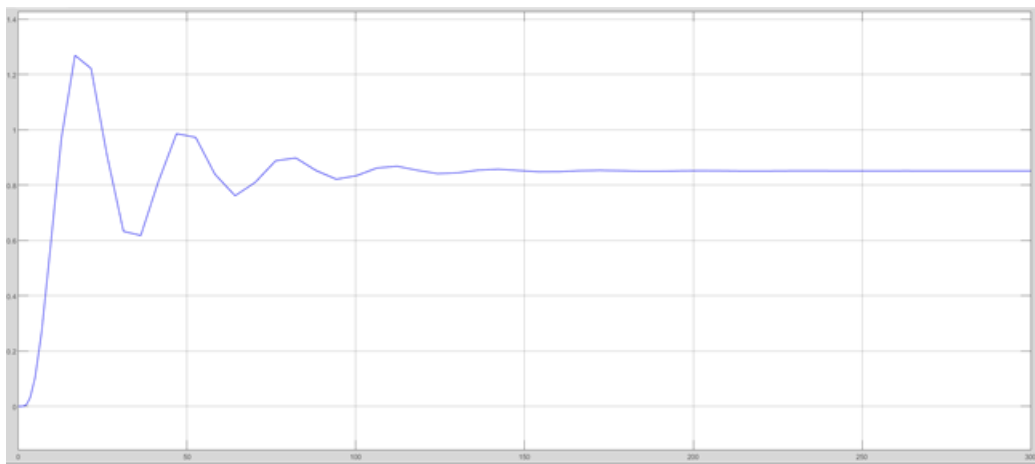


Рисунок 7.5 – Перехідний процес з ПІ-регулятором

Перехідний процес вказує на те, що розраховані налаштування ПІ-регулятора є оптимальними для даного об'єкта.

Висновок: система являється стійкою, що було перевірено за допомогою критерію Рауса-Гурвіца та програмного середовища Matlab. Оптимальні налаштування були підібрані методом Циглера-Нікольса.

Висновок

В даній кваліфікаційній роботі було розроблено систему автоматизації лінії розливу пива.

Особливістю розробленої системи являється є використання сучасних приладів вимірювання, виконуючих механізмів та регулюючих органів. Керування за допомогою потужних мікропроцесорних пристроїв дає змогу для розширення функціоналу та впровадження нових проєктних рішень.

Була розроблена SCADA-програма, що дає можливість більш ефективного керування та моніторингу всіх процесів виробництва.

При розробці описаної системи автоматизації були дотримані вимоги, що ставляться до сучасних систем автоматизації та виробництва.

Впровадження та використання даної системи в майбутньому принесе додатковий прибуток, за рахунок збільшення випуску продукції, а також підвищення її якості.

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

Список використаної літератури

1. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання / Уклад.: І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. [Електронний ресурс]. – К. : НУХТ, 2020. – 73 с.
2. Вольфган Кунце Технологія солода і пива. URL: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/tehnolsoldipivo.pdf>
3. SITRANS P Z, ZD и P COMPACT. URL: http://www.eleten.com.ua/SITRANS_P_Z,_ZD_P_COMPACT.html
4. Приборы для измерения температуры SITRANS T. URL: http://www.eleten.com.ua/tf2_series.pdf
5. SITRANS F M MAGFLO® Электромагнитные расходомеры Датчики MAG 1100, MAG 3100, MAG5100W Преобразователи сигналов MAG 5000, MAG 6000. URL: http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/MAGFLO_S.pdf
6. Расходомеры SITRANS F. URL: http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/f_x.pdf
7. Применение ЭПП ASCO Sentronic LP для управления регулирующими клапанами с МИМ. URL: https://totalkip.ru/articles/Sentronic_LP#viv
8. Клапан регулирующий с пневмоприводом PV25 (EN). URL: http://energoalyans.su/sites/default/files/product-files/3_10_r_pv25-en.pdf
9. LENZE инструкция по эксплуатации. URL: http://www.lenze.org.ua/pdf/manual_8200smd_rus.pdf
10. Базовый блок M241-24вх./вых. реле. URL: <https://www.se.com/ru/ru/product/TM241C24R/%D0%B1%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9-%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%BA-m241-24%D0%B2%D1%85.-%D0%B2%D1%8B%D1%85.-%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%B5/>

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						67
		№ докум.	Підпис			

11. Аналог Модуль расширения ТМЗ- 8 аналоговых входа. URL:
<https://www.se.com/ru/ru/product/TM3AI8/%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3-%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C-%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%88%D0%B8%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D1%82%D0%BC3--8-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85-%D0%B2%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0/>

12. Аналог модуля расширения ТМЗ- 4 аналог выхода. URL:
<https://www.se.com/ru/ru/product/TM3AQ4/%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3-%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8F-%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%88%D0%B8%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D1%82%D0%BC3--4-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3-%D0%B2%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0/>

13. В. О. Ковтун «ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ТА НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ МЕДИЧНИХ ВІДХОДІВ», на The 19 th International scientific and practical conference « SCIENTIFIC BASES OF SOLVING OF THE MODERN TASKS» (1-2 June, 2020). Frankfurt am Main, Germany 2020, с. 236-237.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						68
		№ докум.	Підпис			