МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*
Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Декан факультету	Завідувач кафедри
_____ __Форсюк А.В.__	_____ __Ельперін І.В.__
(підпис) (прізвище та ініціали)	(підпис) (прізвище та ініціали)
«_2_» червень 2021 р.	«_2_» червень 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності *151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми *«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*
на тему: Розробка системи автоматизації процесу бродіння на пивзаводі

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-2

Ханенко Дмитро Ігорович _____
(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 М'якшило О.М _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач_____
(підпис)

Київ – 2021 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

_____І.В.Ельперін

« 29 » квітня 2021р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ханенку Дмитру Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу бродіння на пивзаводі

керівник роботи Клименко Олег Миколайович, доцент, к.т.н.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 29 » квітня 2021 р. № 248-кс

2. Строк подання здобувачем роботи « 2 » червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6.

Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу
1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.
3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 29 квітня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Видача та затвердження завдання*	*Перед переддипло-мною практикою*	
2	*Розділ 1*	*Захист переддип-ломної практики*	
3	*Розділ 2*	*1 тиждень*	
4	*Розділ 3*	*2 тиждень*	
5	*Розділ 4 та 5*	*3 тиждень*	
6	*Розділ 6 та 7*	*4 тиждень*	
7	*Підготовка матеріалів до захисту*	*5 тиждень*	
8	*Захист кваліфікаційної роботи*	*6 тиждень*	

Здобувач Ханенко Д.І. _____
(підпис)

Керівник роботи Клименко О.М. _____
(підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі розглянута розробка системи автоматизації управління бродильним відділенням пивзаводу.

В роботі представлено опис процесу управління бродильним відділенням пивзаводу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу а втоматизації – датчика тиску IFM PA3020, схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічних засобів.

Розроблено алгоритм та програму для управління бродильним відділенням пивзаводу. Програма розроблена для ПЛК Siemens S7-1500. Інтерфейс дисплейної мнемосхеми управління бродильним відділенням пивзаводу розроблено в програмному забезпечені Zenon Scada від фірми COPA-DATA та її вигляд представлено в записці.

Ключові слова: пиво, автоматизація, Siemens S7-1500, Zenon Scada.

Annotation

The qualification work considers the development of a control system for the management of the fermentation department of the brewery.

The paper presents a description of the fermentation department of the brewery, tasks for the automation system, automation scheme, specification of automation hardware, circuit diagram of technical means of automation - pressure sensor IFM PA3020, connection diagram of sensors and actuators to the PLC and extended connection diagrams.

An algorithm and a program for controlling the fermentation department of the brewery have been developed. The program is designed for Siemens S7-1500 PLC. The interface of the display mnemonic of the brewery's fermentation department was developed in the Zenon Scada software from COPA-DATA and its appearance is presented in the note.

Keywords: beer, automation, Siemens S7-1500, Zenon Scada.

Зміст

Вступ……..…7

Розділ 1. Характеристика об’єкта автоматизації…..……...…9

1.1. Аналіз технологічної дільниці як об’єкта автоматизації…….....….9

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації……10

Розділ 2. Опис системи автоматизації…….…...…...12

2.1. Схема автоматизації ……..…....12

2.2. Специфікація засобів автоматизації ……..…...13

2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів…….....15

Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК……..…….....28

3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера……..……..28

3.2. Загальна схема підключення…….....41

3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів……..……48

Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів……..……..…54

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)…….....….57

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога…….....…..63

6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI…….....65

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора…….....…68

Розділ 7. Комп’ютерне моделювання системи автоматичного регулювання…72

7.1. Постановка задачі дослідження……...72

7.2. Вибір об’єкта керування та його математичної моделі…….72

7.3. Моделювання САР……73

Висновки…….77

Список використаної літератури…….…..78

Вступ

На сучасному етапі розвитку цивілізації людське життя неможливо уявити без автоматизації. Автоматизація - одна з основних і найбільш прогресивних сфер технологічного розвитку. Сьогодні основною частиною технологічних процесів є створення автоматизованих цехів і фабрик, прискорене впровадження автоматизованих методів і засобів контролю якості та випробування продукції. Завдяки автоматизації знижується трудомісткість виробництва, створюються відповідні умови праці, усуваються шкідливі для людини технологічні операції.

При автоматизації бродильних апаратів автоматизуються всі основні та допоміжні технологічні процеси. Це призводить до звільнення сервісника. персоналу від необхідності коригувати ці процеси вручну.

Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безперебійній роботі обладнання, виключає випадки травм, зменшує забруднення атмосферного повітря.

Лише завдяки впровадженню автоматизації можна досягти високого рівня продуктивності праці та охорони праці, а також якості продукції або параметра виробництва.

У зв'язку з цим актуальним є питання монтажу, введення в експлуатацію та експлуатації обладнання. Адже нормальна, безперебійна робота пристроїв та систем автоматики залежить як від технічного рівня проектів, так і від якості монтажу та кваліфікованої експлуатації цих пристроїв та систем.

Можна зробити висновок, що процеси автоматизації та встановлення засобів виробництва йдуть паралельно і взаємопов’язані. Розглядаючи проблему підвищення ефективності виробництва, перше, про що вони говорять, це автоматизація. У той же час не слід забувати про важливість правильної установки інструментів, що автоматизують процес. Зрештою, неправильна установка засобів автоматизації може призвести до зниження продуктивності, терміну служби обладнання або врешті-решт збою якщо не одного вузла, то цілого ланки.

Наближення до вдосконалення виробництво має бути чітко визначене з тим, що процеси автоматизації та монтажу засобів виробництва слід розглядати комплексно і в першу чергу потрібно налаштувати на кінцевий ефект від роботи.

Виходячи з вищесказаного, стає зрозумілим прагнення великої кількості підприємств (різних галузей) впроваджувати досягнення вчених у їх виробничий процес за допомогою автоматизації. Тому виробники ретельно вивчають сучасні автоматичні лінії та способи монтажу.

Розділ 1. Характеристика об’єкта автоматизації

1.1. Аналіз технологічної дільниці як об’єкта автоматизації

Апарати для бродіння (креслення 1) являють собою циліндричні посудини з конічним дном, сферичною кришкою, герметично закритим люком та опорами.

Для регулювання температури сусла пристрої оснащені сорочками. У нижній конічній частині є дріжджовіддільники із засувкою.

Для змішування сусла під час бродіння та змішування існують гвинти мішалки. Прилади також оснащені фітингами для витяжки повітря з приладів та сорочок, фітингами для входу та виходу охолоджуючої води, гарячої води, подачі сусла, термометрів, манометрів, компенсатора, кран для тестування, зливного штуцера та штуцера для автоматичного датчика рівня рідини.

Спочатку пивне сусло та екстракт дріжджів подають у ферментаційний апарат (комбіновану закваску з чистих культур дріжджів та молочнокислих бактерій (2-4 об.% Сусла), які змішують у змішувачі.

Бродіння проводять при температурі 6-12 ° С, щоб зменшити вміст сухої речовини в суслі на 1% маси і досягти кислотності не менше 2 см3 розчину лугу з концентрацією 1 моль / дм3 на 100 см3 квасу. Під час бродіння регулюється температура, не допускаючи її підвищення. Для більш повного оцукрювання вуглеводів і, як наслідок, для прискорення бродіння, після введення цукрового сиропу додайте більше меленого ячмінного солоду (5 г на 1 дм3 сусла).

Солод повинен мати низьку тривалість зацукрювання - не більше 10 хвилин. Для підвищення стійкості ферментованого сусла після бродіння ретельно відокремлюють від дріжджів, для чого його охолоджують у ферментаційному апараті до 3-6 ° С. Дріжджі товстим шаром осідають у дріжджовому сепараторі, а пиво обережно, не впливаючи на дріжджовий мул.

Тиск повинен бути надмірним. Одночасно з бродінням відбувається насичення пива вуглекислим газом, освітлення та дозрівання пива. (завдяки фізико-хімічним та біохімічним процесам). Тривалість бродіння і дозрівання 4-8 тижнів. Потім пиво направляють на фільтрацію, освітлення та подальше розлив у пляшки.[1]

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додатково і умови
1	Бродильний апарат №1	Температура	25^0C ± 2^0C	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату теплоносія і холодоносія	Ручне управління зі АРМ оператора
2	Бродильний апарат №2	Температура	25^0C ± 2^0C	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату теплоносія і холодоносія	Ручне управління зі АРМ оператора
3	Бродильний апарат №1	Тиск	0.12МПа ± 0.01МПа	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан стравлювання надлишкового тиску	Ручне управління зі АРМ оператора
4	Бродильний апарат	Тиск	0.12МПа ± 0.01МПа	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	

	№2			Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан стравлювання надлишкового тиску	Ручне управління зі АРМ оператора
5	Бродильний апарат №1	Рівень	90% ±1%	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пивного сусла та зливу дріжжевого остатку	Ручне управління зі АРМ оператора
6	Бродильний апарат №2	Рівень	90% ±1%	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пивного сусла та зливу дріжжевого остатку	Ручне управління зі АРМ оператора
7	Трубопровід відводу зброженого сусла	Витрата	300л/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
8	Бродильний апарат №1	Мутність	12% ±1%	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
9	Бродильний апарат №2	Мутність	12% ±1%	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	

2. Опис системи автоматизації

2.1. Схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації (ФСА) призначена для визначення основних контурів контролю та регулювання основних технологічних параметрів. Схема автоматизації відділу бродіння пива складається з вимірювальних, сигнальних та контрольних ланцюгів, температури, тиску потоку, рівня та каламутності.

Схема вимірювання та управління температурою:

Вимірювання та регулювання температури відбувається у ферментаторах. Вимірюємо за допомогою чутливого елементу pt100, сигнали від сигнал перетворюється вторинним перетворювачем ТА2812 (1b, 2b), сигнали від перетворювачів на модуль аналогових входів IPC, сигнал обробляється в програмі, і якщо є невідповідність встановленому значенню. керуючий сигнал 4-20 мА, який подається на електропневматичні перетворювачі Siemens-771-16STF1 (1v, 1g, 2v, 2g), сигнал 4-20 mA перетворюється на пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 KPa, який, у свою чергу, надходить на пневматичні клапани № 375 (1d, 1e, 2d, 2e), які контролюють подачу гарячої та холодної води.

Схема вимірювання та контролю тиску:

Вимірюється за допомогою датчиків тиску PA3020 (3a, 4a), сигнал від датчиків подається в модуль аналогових входів IPC, сигнал обробляється в програмі, і якщо є розбіжність із заданим значенням, вихід IPC становить керуючий сигнал 4-20 мА на електропневматичних перетворювачах Siemens-771-16STF1 (3b, 4b), сигнал 4-20 мА перетворюється на пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, який в свою чергу подається на п. 375 пневматичні клапани (3b, 4b), які видаляють надлишковий атмосферний тиск.

Схема вимірювання та контролю рівня:

Регулювання рівня відбувається у апаратах для бродіння. Вимірюйте за допомогою радіолокаторів рівня LR3300 (5b, 6b). Сигнали від датчиків подаються на модуль аналогових входів МПК, сигнал обробляється в програмі, і якщо є розбіжність із заданим значенням, на виході МПК виходить сигнал управління 4-20 мА, 6d), сигнал 4-20 мА перетворюється на пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, який, у свою чергу, надходить у пневматичний клапан № 375 (5d, 6d), який контролює кількість компонента, що надходить в апарат.

Схема вимірювання витрати:

Сигнал від датчика SM0510 (7b), який перетворює рух рідини у вихідний сигнал 4 ... 20 мА, подається на МПК, значення відображається на екрані оператора. Служить додатковою інформацією для виробництва пива.

Схема вимірювання каламутності:

Сигнал від датчиків Kemtrak TC007 (8b, 9b), які виробляють вихідний сигнал 4 ... 20 мА, подається на IPC, значення відображається на екрані оператора. Залежно від каламутності пивного сусла оператор вирішує, чи подавати готове сусло в наступний відсік для бродіння, або зливати у каналізацію як невідповідну.

Двигунами насосів М1, М2, М5 керують за допомогою перетворювачів частоти FR-F740-00250-EC (5v, 6v, 10a).

Двигуни змішувачів М3, М4 за допомогою магнітних пускачів.

2.2. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1.

№ п. п.	№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
1	1б,2б	Вторинний перетворювач температури Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50…180 °С, Клас точності-0,25.	ТА2812	С	2	IFM, Німеччина

№ п. п.	№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
2	1а,2а	ПВП вимірювання температури. Термометр опору. Тип: МКн (Спеціалізація - низькі температури, вакуум, інертні і відновні атмосфери, окислювальні - частково) Позначення: Т (Cu-CuNi) Найменування: Мідь-константан Робочий діапазон: -200 ... 260 С	Pt100		2	ОАО «Тера», Україна
3	3а,4а	Перетворювачі тиску, надлишкового та абсолютного тиску. Межі вимірювань: від -0,1 до 100 МПа [Мінімальна ширина діапазону 2,5 кПа [Вихідний сигнал: (4 ÷ 20) мА або (0 ÷ 10) В [Вибухобезпечне виконання Ga / GbExia IICT4 / T5 / T6 X	PA3020	Па	2	IFM, Німеччина
4	1в,1г, 2в,2г, 3в,4в, 5д,6д	Елект.-пневмат. перетворювач. Вх.сиг. 4-20 мА Вих. сиг. 20-100 кПа. Номінальний тиск повітря живлення: 140 КПа	Siemens-771-16STF1		8	Siemens, Німеччина
5	1д,1е, 2д,2е, 3г,4г, 5е,6е	Пневматичний клапан. Вх. Сиг: 20-100 кПа. Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного проходу: 160 мм. Тиск умовний: 2 ... 5 МПа	Item 375		8	Omal, Італія
6	5б,6б	Радарний рівнемір ВИХІДНІ СИГНАЛИ: безперервний струмовий 4 ... 20 мА два цифрових виходу RS-485 УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ: температура навколишнього середовища -40 ° С ... +50 ° С рівень температури контрольованого середовища -40 ° С ... + 100 ° С тиск в об'єкті контролю до 1,6 МПа відносна вологість до 95% вібраційні навантаження 5 ... 80 Гц, 1 g	LR3300	%	2	IFM, Німеччина

7	5в,6в, 10а	Перетворювач частоти Аналоговий вхід (0-10В, 0-20mA, 4-20mA); Напруга живлення: 180…264 V AC; Діапазон вихідної частоти: 0…240 Гц; Робоча температура: 0..55 ° C;	FR-F740-00250-EC		3	Mitsubishi Electric, Японія
8	8б,9б	Мутномір призначений для визначення мутності пива.	Kemtrak TC007	%	2	"АкваАналітікс Техніка
9	КМ1, КМ2	Магнітний пускач. 3-х і 4-х полюсний виконання; струмові номінали від 9 до 630А (4 ... 330кВт); котушки управління на різну напругу від 24 до 415В змінного струму і від 24 до 110 В постійного струму .	SCM/SCG	Шт.	2	«SIGMA», Турція

2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів

Температура:

Для вимірювання температури були обрані перетворювачі температури TA2812.

Електронний датчик температури, зонд Ø6 × 50 мм Pt1000 (нержавіюча сталь), діапазон -50 ... + 200 ° C (налаштування 0 ... + 200 ° C), підключення до технологічного фланця 1,5 "(ISO 2 852), 2 виходи (4 ... 20 мА + IO-Link), джерело живлення 18 ... 32 В постійного струму, роз'єм IP69K, M12. [2]

- Високий ступінь захисту для задоволення вимог харчової та напойної промисловості;
- Дуже хороша динаміка роботи та дуже коротка затримка включення;
- Висока точність у будь-якому температурному діапазоні;
- Точний аналоговий вихід та зручний зв'язок через IO-Link;

• Міцний корпус з нержавіючої сталі зі ступенем захисту та високою стійкістю до тиску.

Технічні характеристики:

- *Бренд (виробник): IFM Electronic;*
- *Тип: датчик температури;*
- *Принцип дії: терморезистивний;*
- *Позначення: TA-050CLEC01- - / US.*

Вимірювальні характеристики:

- довкілля: гази, рідини;
- Середній тиск: 100 бар;
- Температура навколишнього середовища: -50 ... + 200 ° C;
- Заводські налаштування: 0 ... + 200 ° C;
- Початкова затримка ввімкнення: 2 с.

Виходи:

- Кількість виходів: 2;
- типи виходів: 4 ... 20 мА, IO-Link;
- Схема підключення: 2-провідна, 3-провідна;
- Захист на виході: захист від струму та короткого замикання.

Інтерфейси зв'язку:

- Інтерфейс зв'язку: IO-Link, блок живлення;
- Тип напруги: постійний;
- Напруга живлення: 18 ... 32 В постійного струму.

Конструктивне виконання:

- Матеріал корпусу: нержавіюча сталь;
- Зонд: Ø6 × 50 мм;
- Матеріал зонда: нержавіюча сталь;
- Підключення до процесу: Затискач 1,5 ";
- З'єднання: роз'єм M12.

Умови роботи:

- Робоча температура: -25 ... + 80 ° C;
- Захист від пилки / вологи: IP69K.

Тиск:

Для вимірювання тиску були обрані перетворювачі тиску PA3020.

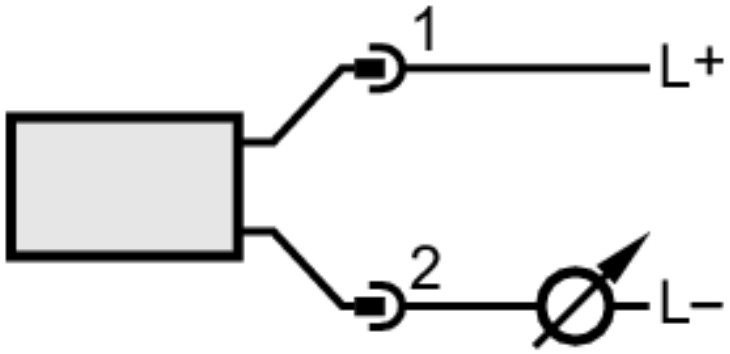
PA3020 - Датчик тиску керамічною вимірюючою ячейкою.[3]

Технічні характеристики:

- Вихідний сигнал: аналоговий сигнал;
- Діапазон вимірювання:
  - 0 ... 400 бар 0 ... 5800 psi 0 ... 40 МПа
- Підключення до технологічного різьбового з'єднання G 1/4 внутрішня різьба;
- Умовно придатний для використання в газовому середовищі при тиску> 25 бар лише за запитом;
- Температура вимірюваного середовища [° C] -25 ... 90; (За запитом: -40 ... 90 ° C);
- Сила тиску:
  - 600 бар 8700 psi 60 МПа
- Хв. тиск, що розривається
  - 1000 бар 14500 psi 100 МПа;
- Робоча напруга [В] 9,6 ... 32 постійного струму;
- Хв. опір ізоляції [МОм] 100; (500 В постійного струму);
- клас захисту III;
- Загальна кількість виходів 1;

- Вихідний сигнал - це аналоговий сигнал;
- Кількість аналогових виходів 1;
- Аналоговий вихід струму [мА] 4 ... 20;
- Naib.load [[] 720; (Ub = 24 В; (Ub - 9,6 В) / 20 мА);
- Захист від струмових перевантажень;
- Діапазон вимірювання: 0 ... 400 бар 0 ... 5800 psi 0 ... 40 МПа;
- Відхилення від характеристики [% діапазону] <± 0,25 (BFSL) / <± 0,5 (LS); (BFSL = пряма лінія максимальної відповідності; LS = Встановити граничне значення);
- довготривала стабільність [% від діапазону] <± 0,05; (Протягом 6 місяців);
- Температурний коефіцієнт нульової точки [% від діапазону вимірювання / 10 К] 0,1; (0 ... 80 ° С);
- Температурний коефіцієнт діапазону [% від діапазону вимірювання / 10 К] 0,2; (0 ... 80 ° С);
- Умови роботи:
    - Температура навколишнього середовища [° С] -25 ... 80;
    - Температура зберігання [° С] -40 ... 100;
- Ступінь захисту IP 68; IP 69K.

Схема підключення:



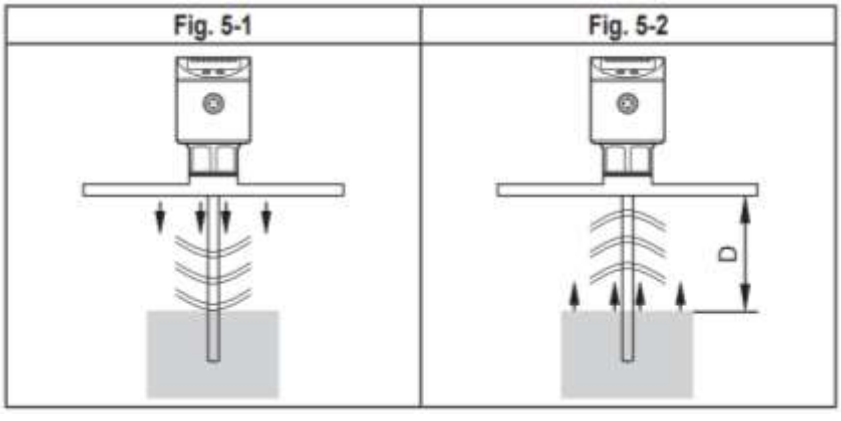
Рівень:

Для вимірювання рівня в нашому дипломному проекті були обрані датчики рівня LR 3300.

Датчик підходить для надійного контролю рівня ємностей та контейнерів, а також для води. Він має чітко видимий 4-значний світлодіодний дисплей. Модульна система складається з контрольної електроніки та зондів.[4]

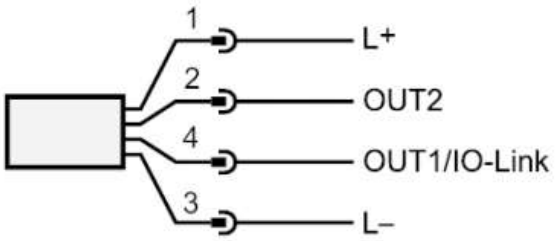
Принцип дії:

Пристрій працює за принципом радіолокатора з керованою хвилею. Він вимірює рівень за допомогою електромагнітних імпульсів в наносекундному діапазоні. Імпульси передаються головкою датчика і спрямовуються вздовж штока (рис. 5-1).



Коли вони потрапляють на виявлений носій, вони відбиваються і направляються назад до датчика (рис. 5-2). Час між передачею та прийомом імпульсу безпосередньо залежить від пройденої відстані (D) та поточного рівня. Орієнтиром для вимірювання відстані є нижній край технологічного з'єднання.

Підключення:



Технічні характеристики:

- Застосування: мастила та охолоджуючі рідини на водній основі, водяні / водоподібні середовища;
- Довжина зонда L: 100 ... 1600 мм;
- Активний діапазон A: L-40;
- Неактивна площа I1 / I2: 30/10 мм;
- Температура нанесення: 0 ... 80 ° C (короткочасно до 90 ° C);
- Робоча напруга: 18 ... 30 В постійного струму PNP;
- Падіння напруги: <2,5 В;
- Споживання струму: <80 мА;
- Номінальний струм: 200 мА;
- Виходи: програмування NO / NC; 4 ... 20 мА або 0 ... 10 В;
- Інтерфейс: IO-Link-Device;
- Захист від короткого замикання: температурний, синхронний;
- Ступінь захисту: IP67;
- Матеріал корпусу: 1.4301 (V2A / 304); FKM; PBT; ПК; PEI; TPE / V; PTFE; при контакті з навколишнім середовищем - 1,4305 (V2A / 303); 1,4435 (V4A / 316L); PTFE; FKM;
- Індикація: так;
- Сертифікати: cULus;
- Підключення до мережі: роз'єм M12 (згідно з EN 61076-2-101);
- Підключення до процесу: 3/4 "NPT;

Витрати:

У якості приладів для вимірювання витрати були обрані витратоміри SM0510.

SM0510 - електромагнітний витратомір для води та рідин з електропровідністю> 20 мкСм / см, в'язкість: <70 мм ² / с при 40 ° С призначений для контролю та вимірювання в діапазоні до 900 л / хв. Два незалежних виходи. Перший призначений для дискретного регулювання витрати або імпульсу, вимірювання частоти потоку, другий - для дискретного контролю витрати, температури вимірюваного середовища або аналога для вимірювання витрати або температури. Функція виявлення порожньої труби. Корпус з високоякісної нержавіючої сталі. Корпус електромагнітного витратоміра SM0510 має дисплей, а також кнопки для управління та регулювання. Інтерфейс IO-Link.[5]

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання:
  - 5 ... 900 л / хв 0,3 ... 54 м³ / год;
- Підключення до технологічного різьбового з'єднання G 2 DN50 плоске ущільнення;
- Функція підсумовування додатків; виявлення порожньої труби; для загальнопромислового використання;
- Установка підключення до труби за допомогою адаптера;
- Примітка щодо довкілля:

- Температура вимірюваного середовища [° C] -10 ... 70;
- Сила тиску [бар] 16;
- Робоча напруга [В] 18 ... 32 постійного струму; (Відповідно до EN 50178 SELV / PELV);
- Споживання струму [мА] <150;
- клас захисту III;
- Час затримки включення [с] 5;
- Кількість цифрових виходів: 2;
- Кількість аналогових виходів: 1
- сигнал перемикання вихідного сигналу; аналоговий сигнал; імпульсний сигнал; частотний сигнал; IO-Link; (Настроюється);
- Електричне виконання PNP / NPN;
- Кількість цифрових виходів 2;
- Макс. падіння напруги комутаційного виходу постійного струму [В] 2;
- постійне навантаження комутаційного виходу постійного струму [мА] 250; (Для кожного виходу);
- Кількість аналогових виходів 1;
- Аналоговий вихід струму [мА] 4 ... 20; (Масштабована);
- Naib.load [[] 500;
- Аналогова вихідна напруга [В] 0 ... 10; (Масштабована);
- Хв. опір навантаження [[] 2000;
- Захист від короткого замикання;
- Захист від струмових перевантажень;
- Частота на виході [Гц] 0,1 ... 10000;
- Діапазон вимірювання: 5 ... 900 л / хв 0,3 ... 54 м³ / год;
- Діапазон відображення: -920 ... 920 л / хв -55,2 ... 55,2 м³ / год;
- Точка спрацьовування SP 10 ... 900 л / хв 0,55 ... 54 м³ / год;
- Точка скидання rP 5 ... 896 л / хв 0,3 ... 53,75 м³ / год;
- Початкова точка аналогового сигналу, ASP 0 ... 720 л / хв 0 ... 43,2 м³ / год;

- Кінцева точка аналогового сигналу, AER 180 ... 900 л / хв 10,8 ... 54 м³ / год;
- Низьке граничне значення LFC: <15 л / хв <0,9 м³ / год
- Ширина ступеня: 1 л / хв 0,05 м³ / год;
- Динаміка вимірювання 1: 180;
- Миттєвий контроль потоку;
- Значення імпульсу 0,1 л ... 600 x 10³ м³;
- З кроком 0,1 л;
- Тривалість імпульсу [с] 0,003 ... 2;
- Контроль температури:
  - Діапазон вимірювання [° C] -20 ... 80;
  - Діапазон відображення [° C] -40 ... 100;
- Точність / помилка;
- контроль витрати;
- Точність (в діапазоні вимірювань) ± (0,8% МВт + 0,5% MEW); (Q> 15 л / хв; температура навколишнього середовища та робоча температура: 22 ° C ± 4 K);
- Повторюваність ± 0,2% MEW;
- Температурний дрейф ± 0,0333 ° C / K;
- Точність [K] ± 1 (при 25 ° C, Q> 15 л / хв).

Мутність:

Для вимірювання мутності у системі автоматизації були обратні мутноміри Kemtrak TC007, так як вони задовільняли всім параметрам і умовам.

Kemtrak TC007 - це простий у використанні промисловий волоконно-оптичний турбідиметр, призначений для точного вимірювання концентрації компонентів, що розсіюють світло. Вимірювання в режимі реального часу та реального часу.

Міцні світлодіодні лампи та високоточна волоконна оптика використовуються для вимірювання дрейфу та шуму без дуже високої точності.

Kemtrak TC007 може бути налаштований на використання нефелометричного методу вимірювання каламутності відповідно до міжнародного стандарту ISO7027: 1999 (E). У цьому режимі запатентований алгоритм математично поєднує співвідношення ослабленого та розсіяного світла для точного контролю каламутності зразка. Автоматична компенсація кольору зразка та засмічення оптичних вікон забезпечує безперебійну роботу.

Необхідні вимірювальні комірки з сапфіровими вікнами, стійкими до подряпин, не мають електроніки та рухомих частин, що робить пристрій придатним для використання в небезпечних зонах.[6]

Принцип роботи:

Каламутність - це показник відсутності прозорості або "каламутності" рідини, спричиненої нерозчиненими частинками. Помутніння - це оптична властивість, яка змушує світло розсіюватися і поглинатися, а не проходити через зразок по прямій.

Коли світло проходить через зразок, що містить зважені тверді речовини, частинки поглинають енергію світла і повторно випромінюють енергію у всіх напрямках. Форма, розмір, колір та показник заломлення частинки визначають просторовий розподіл розсіяного світла частинкою. Частинки, менші за довжину хвилі світла (наприклад, бактерії), розсіюють світло з однаковою інтенсивністю у всіх напрямках, тоді як частинки, більші за довжину хвилі світла, призводять до більшого розсіювання вперед.

Оскільки світло, розсіяне в прямому напрямку, є змінним залежно від розміру частинок, вимірювання світла, яке пройшло через зразок, дасть змінні результати. Ця проблема вирішується, коли каламутність вимірюється під прямим кутом до падаючого променя світла - кута, який вважається дуже чутливим до розсіювання світла частинками в зразку. Як міжнародний стандарт (ISO7027: 1999 (E)) та північноамериканський метод EPA (1801.1), який визначає вимірювання каламутності, що вимагає вимірювання розсіяного світла при 90 °. Оскільки світло, розсіяне в прямому напрямку, є змінним залежно від розміру частинок, вимірювання світла, яке пройшло через зразок, дасть змінні результати. Ця проблема вирішується, коли каламутність вимірюється під прямим кутом до падаючого променя світла - кута, який вважається дуже чутливим до розсіювання світла частинками в зразку. Як міжнародний стандарт (ISO7027: 1999 (E)), так і північноамериканський метод EPA (1801.1), який визначає вимірювання каламутності, що вимагає вимірювання розсіяного світла при 90 °.

Сучасна турбідиметрія використовує техніку, звану нефелометрією, яка вимірює кількість світла, розсіяного під прямим кутом до падаючого променя світла. Турбідиметр Kemtrak TC007 відповідає міжнародному стандарту ISO7027: 1999 (E), європейському стандарту, в основному визначає допустиму каламутність у питній воді.

Вимірюється як передане світло, так і розсіяне світло при 90 ° і математично поєднується за допомогою алгоритму взаємозв'язку для обчислення каламутності зразка. Система подвійного виявлення та алгоритм взаємозв'язку забезпечують вимірювання каламутності, що має набагато кращі характеристики для кольорових та / або світлопоглинаючих зразків.

Технічні характеристики:

Корпус Склопластик, посилений поліестером + передня панель з поліефірних гвинтових гвинтів + зовнішня монтажна стійка з нержавіючої сталі 220 x 120 x 90 мм (довжина x ширина x глибина) IP 65 / EN 60529

РК-екран 16 х 2 з буквено-цифровою матрицею Світлодіодне підсвічування Оновлюйте екран кожні 0,5 секунди Світлодіод 1 (зелений): Світлодіод 2 (червоний): Світлодіод тривоги 3 (червоний): очищення.

Властивості програмного забезпечення:

• Автоматичне оновлення: автоматичне, локальне або віддалене;

• Калібрування: помутніння помутніння мА;

• Поглинання: від 0 до 9999 с за допомогою фільтра;

• Пам'ять: нестабільна - конфігурація та дані зберігаються у випадку відключення електроживлення.

Частотний перетворювач:

Для керування двигунами були обрані частотні перетворювачі FR-F740-00250-EC.

Перетворювач частоти Mitsubishi Electric FR-F740-00250-EC призначений для плавного пуску та регулювання частоти обертання асинхронних двигунів. Перетворювачі цієї серії - це поєднання надійних технологій та інноваційних функцій, що забезпечують потужність, гнучкість та економію. Вони підходять для використання з насосами, вентиляторами, конвеєрами, системами кондиціонування та вентиляції. Перетворювач оснащений послідовним інтерфейсом RS-485, є також підтримка протоколу Modbus RTU.[7]

Розшифровка символу перетворювача частоти FR-F740-00250-EC:

- FR-F740 - серія перетворювачів частоти;
- 00250 - номінальний струм перетворювача при перевантаженні 120%, А (25 А);

Функції та властивості перетворювачів FR-F:

- автоматичне налаштування параметрів та автоматичний перезапуск у разі втрати напруги живлення;
- Можливість підключення додаткових панелей з їх установкою на відстані до 15 м від пульта управління;
- Можливість підключення до протоколів LonWorks, DeviceNet, Profibus / DP, CC-Link;

- Простота введення в експлуатацію та простота використання;
- Довговічність - деталі конструкції перетворювачів розраховані на 10 років служби.
- Клас захисту перетворювачів частоти - IP00 / IP20. Діапазон навколишніх температур - -10- + 50 ° С.

Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК

3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера

Siemens S7-1500:

Рис 3.1. Зовнішній вигляд мікропроцесорного контролера S7-1500

Універсальна масштабована система модульного типу зі ступенем захисту IP20. Ефективне рішення для систем автоматизації циклічного виробництва. Контролер характеризується високою продуктивністю та максимальною простотою використання. Високий попит на обладнання представленої серії пояснюється ефективністю виконання команд, наявністю нових розширень мови, оптимальними процесами генерації програмних кодів та використанням нових типів даних. Потужні комунікаційні можливості SIMATIC S7-1500 включають PROFINET IO (додатково)
додатковий інтерфейс PROFINET, а також можливість ефективного розширення комунікаційних модулів для підключення до промислових мереж або з метою обміну даними через підключення.[8]

Характеристики:

Область застосування контролера s7-1500:

Завдяки своїй модульній конструкції SIMATIC S7-1500 може використовуватися для автоматизації різних циклічних процесів у ряді промислових секторів. Прибутковість рішень досягається за рахунок модульності конструкцій, природного охолодження та підтримки систем локального та розподіленого вводу-виводу.

Програмований контролер SIMATIC S7-1500 є ефективним рішенням у наступних системах автоматизації:

- Обладнання спеціального призначення;
- Текстильні та пакувальні машини;
- машинобудівні комплекси;
- Монтажні системи та виробництво інструментів;
- Автомобільна промисловість;
- Об’єкти водопостачання та водовідведення;
- Підприємства харчової промисловості та виробництва напоїв.

Перший етап доставки включає три типи процесорів з різним рівнем продуктивності. Він також включає модулі різного призначення. Апаратне забезпечення модуля гнучко адаптоване до різних вимог вирішуваних завдань. При необхідності контролер доповнюється набором модулів. Обладнання характеризується високою стійкістю до електромагнітних та механічних впливів.

Процесор: на першому етапі обладнання може використовувати один із трьох процесорів із вбудованим інтерфейсом PROFINET, PROFINET та PROFIBUS.

Сигнальні модулі вводу / виводу дискретних / аналогових сигналів:

Технологічні модулі, які можуть бути використані, наприклад, для розрахунку швидкості, виявлення конкретного встановленого положення або надійного вимірювання Модулі зв'язку та процесори для отримання інтерфейсів

зв'язку додаткового порядку. При необхідності simatic S7-1500 доповнюється системними джерелами живлення (PS), що використовуються в поєднанні з електронікою модулів контролера за допомогою внутрішньої шини S7-1500. Оптимальне рішення для ситуацій, коли потужність блоку живлення, вбудованого в процесор, недостатня

Навантажте блоки живлення (ПМ) для перетворення вхідної напруги ~ 120/230 В у вихідну = 24 В, необхідної для живлення зовнішніх ланцюгів

Інтерфейсні модулі ET 200MP - побудова розподілених систем вводу-виводу з використанням сигнальних, комунікаційних та технологічних модулів контролера S7-1500.

Конструкція SIMATIC S7-1500:

Внутрішня шина: секції внутрішньої шини пристрою інтегровані в кожен модуль. Їх інтеграція в загальну систему здійснюється за допомогою П-подібних роз'ємів шини, які встановлені на задній панелі корпусу.

Профільні шини S7-1500 мають різну довжину і використовуються для монтажу модулів контролера та ряду додаткових компонентів, конструкція яких оптимізована для установки на стандартну профільну шину DIN 35 мм.

Зручне підключення зовнішніх ланцюгів: ці елементи підключаються за допомогою знімних 40-полюсних фронтальних роз’ємів. Через механічне кодування виключається ризик помилок та збоїв при заміні модулів. При монтажі передній роз'єм може знаходитись у проміжному положенні. У цьому випадку елемент закріплений на корпусі, але не має електричних з'єднань з модулем. Передні роз'єми мають гвинтові контакти, за допомогою яких можна з'єднати провідники перетином від 0,25 мм ² до 1,5 мм ² (AWG24 ... AWG16). Також для підключення зовнішніх схем дискретних сигнальних модулів застосовуються роз'єми типу TOP Connect, що дозволяють здійснити оперативну і точну установку зовнішніх ланцюгів сигнальних модулів всередині IE (шафи керування).

Маркування: для цього нанесіть спеціальну наклейку, яка була на аркушах формату DIN A4 з перфорацією. Певний напис наноситься лазерним

принтером. Друк здійснюється з порталу TIA і не вимагає повторного введення символів адреси або імен.

Конфігурація апаратного забезпечення: таке обладнання, як модулі зв'язку та модулі управління контролером, за потреби можна встановити у будь-якій комбінації. Але максимальна конфігурація забезпечує один модуль процесора та до 31 модуля пристрою S7-1500.

Модулі введення-виведення:

У складі SIMATIC S7-1500, а також станцій ET 200MP може використовуватися такий склад периферійних модулів:

- 16 і 32-канальні модулі для введення дискретних сигналів = 24 В або ~ 230 В при високому / низькому рівні активного вхідного сигналу;
- 8, 16 або 32-канальний дискретний вихідний модуль сигналу = 24 В або ~ 230 В з номінальним значенням струмів навантаження на канал 0,5 А, 2 А або 5 А;
- 8-канальні модулі для введення аналогових сигналів, які використовуються для надійного вимірювання сигналів струму, опору, напруги, а також для отримання температурних даних за допомогою термометрів опору або сучасних термопар;
- 4 або 8-канальні модулі для виведення аналогових сигналів струму / напруги, включаючи швидкісні модулі з часом перетворення 125 мкс на 8 каналів;
- ряд технологічних модулів, що використовуються для виконання задач підрахунку швидкості та позиціонування;
- Модулі зв'язку, які обмінюються даними через з'єднання точка-точка.

Модулі F готуються і будуть оптимізовані для побудови систем аварійного захисту та забезпечення високого рівня безпеки.

- периферійні модулі зі схожим функціональним потенціалом поділяються на класи:
    - BA (Basic): прості модулі, які мають низьку ціну і не забезпечують підтримку діагностичних функцій

- ST (Standard): модулі, що підтримують функції діагностики як на рівні модуля, так і на групі каналів. Реалізована можливість передачі налаштувань. Прилади мають клас точності для аналогових модулів 0,3%;
- HF (High Feature): модулі, що підтримують діагностичні можливості на рівні окремих каналів. Клас точності - 0,1%. Існує можливість перенесення налаштувань. Стійкість до перешкод, висока міцність ізоляції
- HS (High Speed): модулі, які характеризуються низьким часом фільтрації сигналу та мінімальним часом перетворення.

Комунікаційні можливості:

Мініатюрний контролер S7-1500 має кілька комунікаційних інтерфейсів:

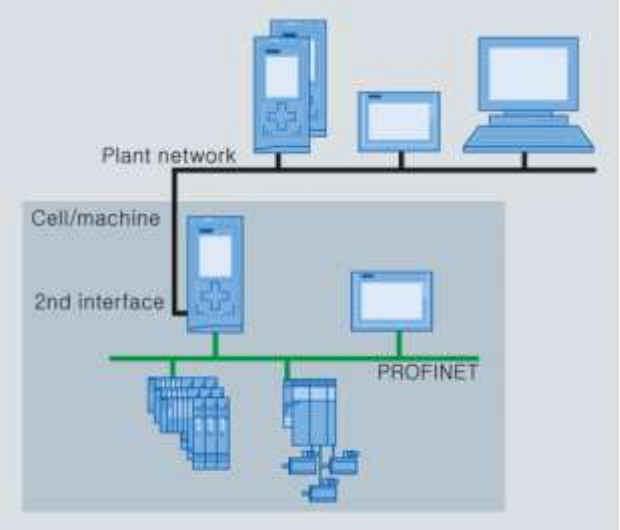


Рис 3.2.Схема комунікаційних інтерфейсів

- PROFINET IO IRT, вбудований в кожен процесор, необхідний для обміну даними в режимі реального часу
- Модулі для підключення контролера до таких мереж, як PROFIBUS та Industrial Ethernet
- Модулі для обміну даними через з'єднання точка-точка
- Система розподілу вводу / виводу на основі PROFINET IO.

Функції контролерів PROFINET IO можуть здійснювати:

– Центральні процесори SIMATIC S7-1500;

– Центральні процесори SIMATIC S7-1200;

– Контролери SIMATIC S7-300 з PN-CPU або PROFINET;
– Контролери SIMATIC S7-400 з PN-CPU або PROFINET;
– Станції SIMATIC ET 200 з IM-CPU для PROFINET.

В режимі приладів введення-виведення можуть бути задіяні:

- Процесори SIMATIC S7-1500;

- ЦП SIMATIC S7-1200 (FW версії 4.0 або новішої);

- SIMATIC S7-400 з процесорами PN-CPU або PROFINET;

Станції ET ET 200S з процесором IM151-8 PN / DP, а також станції ET 200pro з процесором IM154-8 PN / DP;

- SIMATIC S7-300 з процесорами PN-CPU або PROFINET;

- Станції ET 200, оснащені інтерфейсними модулями для підключення до PROFINET;

- Пристрої та обладнання інтерфейсу людина-машина, що включають механізми прямого доступу до клавіатури;

- Обладнання польового рівня;

-Система розподілу вводу / виводу на базі PROFIBUS DP.

Програмований контролер SIMATIC S7-1500 підключається до мережі PROFIBUS DP через вбудований інтерфейс CPU 1516-3 PN / DP або за допомогою модуля зв'язку. Ці інтерфейси обслуговують розподілені системи вводу-виводу на базі мережі PROFIBUS DP. Локальні та розподілені системи вводу-виводу на базі PROFIBUS DP забезпечують використання однакових методів адресації, конфігурації, програмування.

Функції провідних DP пристроїв можуть здійснювати:

– SIMATIC S7-1500 - програмовані контролери, що використовують інтерфейс PROFIBUS DP PN / DP-CPU або комунікаційний модуль PROFIBUS DP;
– SIMATIC S7-1200 - програмовані контролери, що використовують інтерфейс PROFIBUS DP або комунікаційний модуль CM 1243-5;

– SIMATIC S7-300 - програмовані контролери, що використовують PROFIBUS DP PN / DP-CPU, інтерфейс DP-CPU або за допомогою

комунікаційного модуля PROFIBUS DP;

– SIMATIC S7-400 - програмовані контролери, що використовують інтерфейс PROFIBUS DP PN / DP-CPU, DP-CPU або PROFIBUS DP модуль зв'язку;
– SIMATIC S5-115U / H, S5-135U та S5-155U / H - контролери, з інтерфейсним модулем типу IM 308;
– Контролери SIMATIC 505;

Як ведені DP пристрою застосовуються:

– Equipment Периферійне обладнання вводу-виводу (прикладом можуть бути станції ET 200)
– Пристрої рівня поля
– Контролери типів SIMATIC S7-200, S7-1200, S7-300, а також C7-633 / P DP, C7-633 DP, C7-634 / P DP, C7-634 DP, C7-626 DP
– Контролери SIMATIC S7-400 (можна підключити через CP 443-5)
– Різні програмісти та ПК із встановленим STEP 7, панелі операторів також використовують варіанти зв'язку для обміну даними в мережах PROFIBUS DP PG та OP.

Обмін даними через Ethernet:

– Контролер S7-1500 підтримує функцію підключення до промислового Ethernet через вбудований інтерфейс PROFINET ЦП або через процесор зв'язку CP 1543-1. Як результат, підтримується обмін даними:
– З SIMATIC S7-1200;
– З SIMATIC S7-300;
– З SIMATIC S7-400;
– З SIMATIC S5-115U / H, S5-135U, S5-155U / H;
– З програмістами та офісними / промисловими ПК;

– З системами, пристосованими для управління приводами та роботами;
– З вузлами числового програмного управління;
– За допомогою рішень інших виробників;

До можливостей комунікаційного процесора CP 1543-1 відносяться наведені нижче додаткові показники:

– Підтримка IPv6;
– Інтерфейс 1 Гбіт / с;
– FTP (клієнт / сервер), функції e-mail, SNMPv1 / v3;
– Обмін інформацією з S5 на базі транспортного протоколу ISO;
– Захист даних, куди відноситься: захищений доступ на базі ідентифікації обладнання, перелік дозволених IP / MAC адрес, VPN тунелі (V12 SP1 і вище), а також міжмережевий екран (firewall).

Обмін даними з допомогою profibus:

– SIMATIC S7-1500 підключений до мережі PROFIBUS DP через інтерфейс процесора або через модуль зв'язку. Як результат, обмін даними підтримується такими елементами обладнання:
– SIMATIC S7-1200;
– SIMATIC S7-300;
– SIMATIC S7-400;
– SIMATIC S5-115U / H, S5-135U, S5-155U / H;
– Програмісти, а також промислові та офісні ПК;
– Devices пристрої та системи оперативного управління / моніторингу SIMATIC HMI;
– Комплекси автоматизованого управління приводами та роботами;
– Числові системи управління;
– Пристрої та системи, вироблені іншими виробниками.

Обмін даними через point-to-point:

– Установка таких з'єднань здійснюється через PtP модулі, які також ще називають безпосередніми. З'єднання встановлюються з:
    - Принтерами, сканерами, системами ідентифікації, зчитувачами коду;
    - Системами автоматизації SIMATIC S7, SIMATIC S5 і рішеннями інших виробників;
    - Системами управління роботами;
– Підтримка наступних протоколів:
    - Пристрій ведучого типу Modbus RTU;
    - Пристрій веденого типу Modbus RTU;
    - 3964 (R) і USS;
    - Вільно програмований порт з можливістю вільного визначення користувачем формату телеграм.

Параметри інтерфейсів:

- RS 232 з опцією підтримки додаткових сигналів;
- RS 422 - обмін даними на основі дуплексного принципу;
- RS 485 - обмін даними на основі полудуплексного принципу і підтримкою багатоточкових з'єднань;

Функції simatic s7-1500:

– Висока продуктивність, що виражається у здатності швидко виконувати команди, також забезпечує нові розширення мови та типи даних.
– Скорочений час відгуку за рахунок раціонально оптимізованої генерації програмних кодів;
– Простота та ефективність програмування послідовностей управління конкретним рухом із використанням PLCopen Motion блоків стандартного типу;
– прості у використанні інструменти для діагностики та введення в експлуатацію;
– Формування аварійних повідомлень в автоматичному режимі та їх подальше проектування на інтерфейсі людина-машина;

- Ізохронний режим: оперативна синхронізація процесів збору даних у розподіленій системі, їх подальша передача та реалізація програми в PROFIBUS або PROFINET з постійним часом циклу шини, тобто збір, обробка та вихід вхідних сигналів через рівні проміжки часу;
- Здатність збільшувати обсяг продукції при збереженні її високої якості досягається завдяки здатності SIMATIC S7-1500 виконувати високошвидкісну обробку даних та отримувати максимальну точність / відтворюваність сигналів;
- Повний набір компонентів та компонентів програм, оптимізованих для вирішення проблем управління рухом, контролю швидкості тощо;
- Надійний захист ноу-хау паролем від ризику несанкціонованого читання;
- Захист від несанкціонованого копіювання;
- Успішно реалізовано концепцію 4-рівневої ідентифікації користувачів;
- Вбудована діагностика системи;
- конфігурація в SIMATIC STEP 7 Professional V12;
- Висока сумісність;
- Card карта пам'яті SIMATIC;
- Відповідність вимогам міжнародних та національних стандартів, які включають: cULus, cULus для зон високого ризику, FM, ATEX для 24 В, CE, C-TICK, KCC.

Конфігурування МПК Siemens S7-1500:

Для управління об’єктом необхідно сконфігурувати МПК який забезпечує підключення:

Таблиця 3.1. Конфігурування МПК

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	9
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	11
Кількість дискретних виходів 0-10В	2

Вибір процесорного модуля:

Враховуючи кількість каналів вводу-виводу, обсяг пам'яті для користувальницької програми та доступність комунікацій, ми вибираємо модуль процесора 6ES7511-1AK01-0AB0

Таблиця 3.2. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
6ES7511-1AK01-0AB0	1	ПЛК Siemens CPU 1215C
6ES7231-1KF00-0AB0	2	Модуль аналогових входів (8 входів)
6ES7232-5HF00-0AB0	2	Модуль аналогових виходів (4 виходи)
6ES7222-1AD30-0XB0	1	Модуль дискретних виходів (4 виходи)

Аналогові входи:

В системі використовуються модулі аналогових входів 6ES7231-7KF00-0XB0.

Рис 3.3.Зовнішній вигляд модуля аналогових входів 6ES7231-7KF00-0XB0

Загальна інформація:

- Позначення типу товару SM 1231, AI 8 x 13 категорії;
- Напруга живлення: номінальне значення (постійного струму) 24 В;
- Вхідний струм: споживання струму, тип. 45 мА, від шини на задній стійці 5 В пост. струм, тип. 90 мА;
- Потужність, що розсіюється: Звичайна розсіяна потужність 1,5 Вт;
- Аналогові входи: Кількість аналогових входів 8; Диференціальні входи струму або напруги;
- Макс. допустима вхідна напруга для входу: напруга (межа пробою) 35 В;
- Макс. допустимий вхідний струм для вхідного струму (Межа руйнування) 40 мА;
- Макс. час циклу (усі канали) 625 мкс: діапазони вхідних напруг Так; ± 10 В, ± 5 В, ± 2,5 В.

Аналогові виходи:

В системі використовуються модулі аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0XB0.

Рис 3.4.Зовнішній вигляд модуля аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0XB0

Загальна інформація:

- Напруга живлення: номінальне значення (постійного струму) 24 В постійного струму. струм;
- Вхідний струм: споживання струму, тип. 45 мА, від шини на задній стійці 5 В пост. струм, тип. 80 мА;
- Потужність, що розсіюється: Нормальна розсіюється 1,5 Вт
- Аналогові виходи: Кількість аналогових виходів 4;

- Струм або напруга: діапазони вихідних параметрів, напруга від -10 до + 10В;
- Діапазони вихідних параметрів: струм від 0 до 20 мА;
- Опір навантаженню: (в номінальному діапазоні потужності) при вихідних напругах хв. 1000, при вихідних струмах, макс. 600;
- Придушення шуму для частоти перешкод f1 в Гц 40 дБ, пост. струм до 60 В для частоти перешкод 50/60 Гц;
- Помилки / точність: похибка температури (відносно діапазону вихідних параметрів) (+/-) Повний діапазон вимірювань від 25 ± 0,3% до 55 ± 0,6%.

Дискретні виходи:

В системі використовуються модулі дискретних виходів 6ES7222-1AD30-0XB0.

Рис 3.5.Зовнішній вигляд модуля дискретних виходів 6ES7222-1AD30-0XB0

Загальна інформація:

- Вхідний струм: від шини на задній стійці 5 В постійного струму. струм, тип. 35 мА;
- Потужність, що розсіюється: Звичайна розсіяна потужність 0,5 Вт;
- Цифрові виходи: тип виходів 4; польовий MOSFET, електронний (з поточним / поточним струмом) у групах;
- Захист від короткого замикання: немає;
- Комутаційна здатність виходів: при омічному навантаженні, макс. 0,1 А;

3.2. Загальна схема підключення

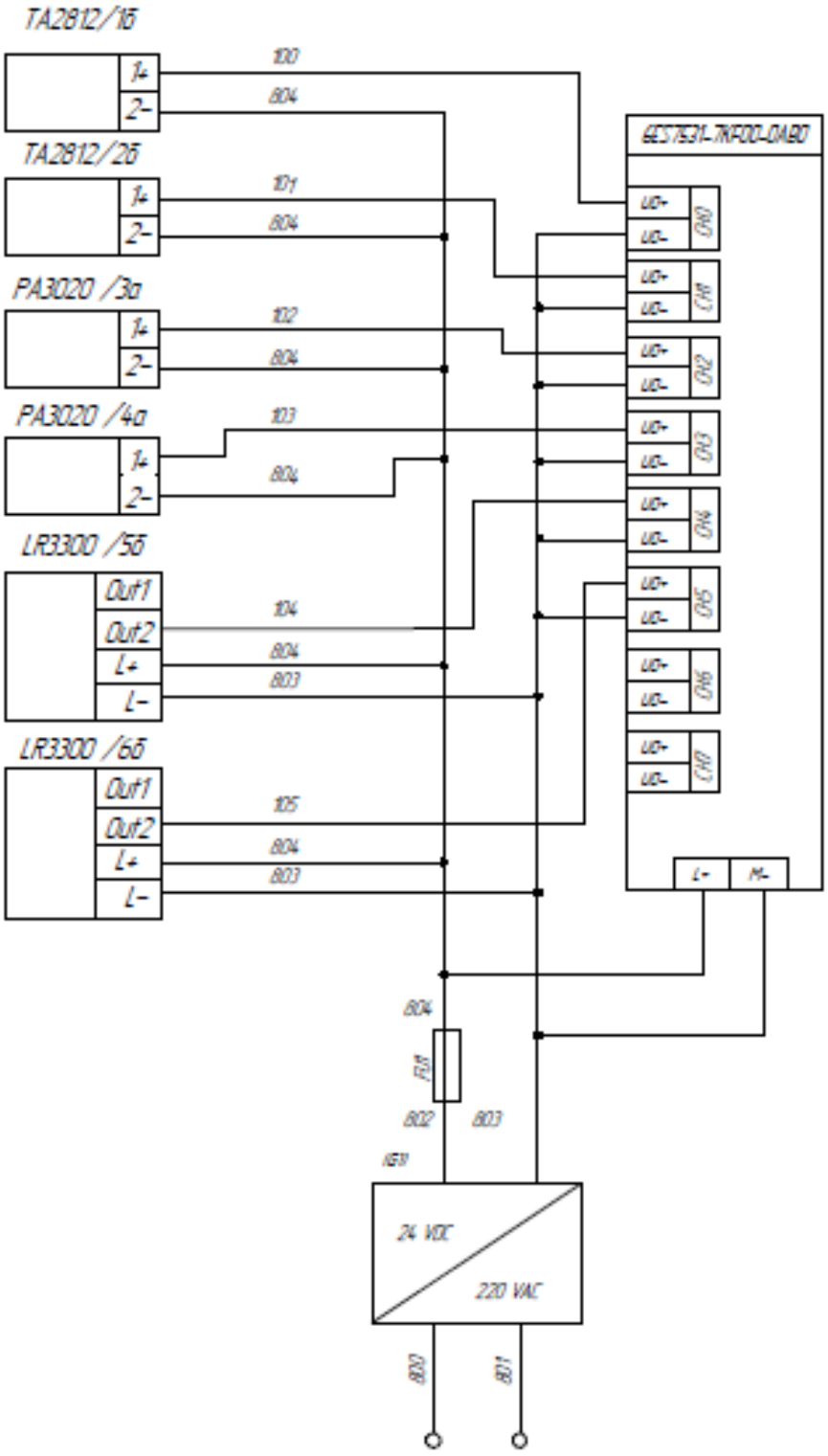


Рис.3.6. Підключення датчиків до першого модуля аналогових входів

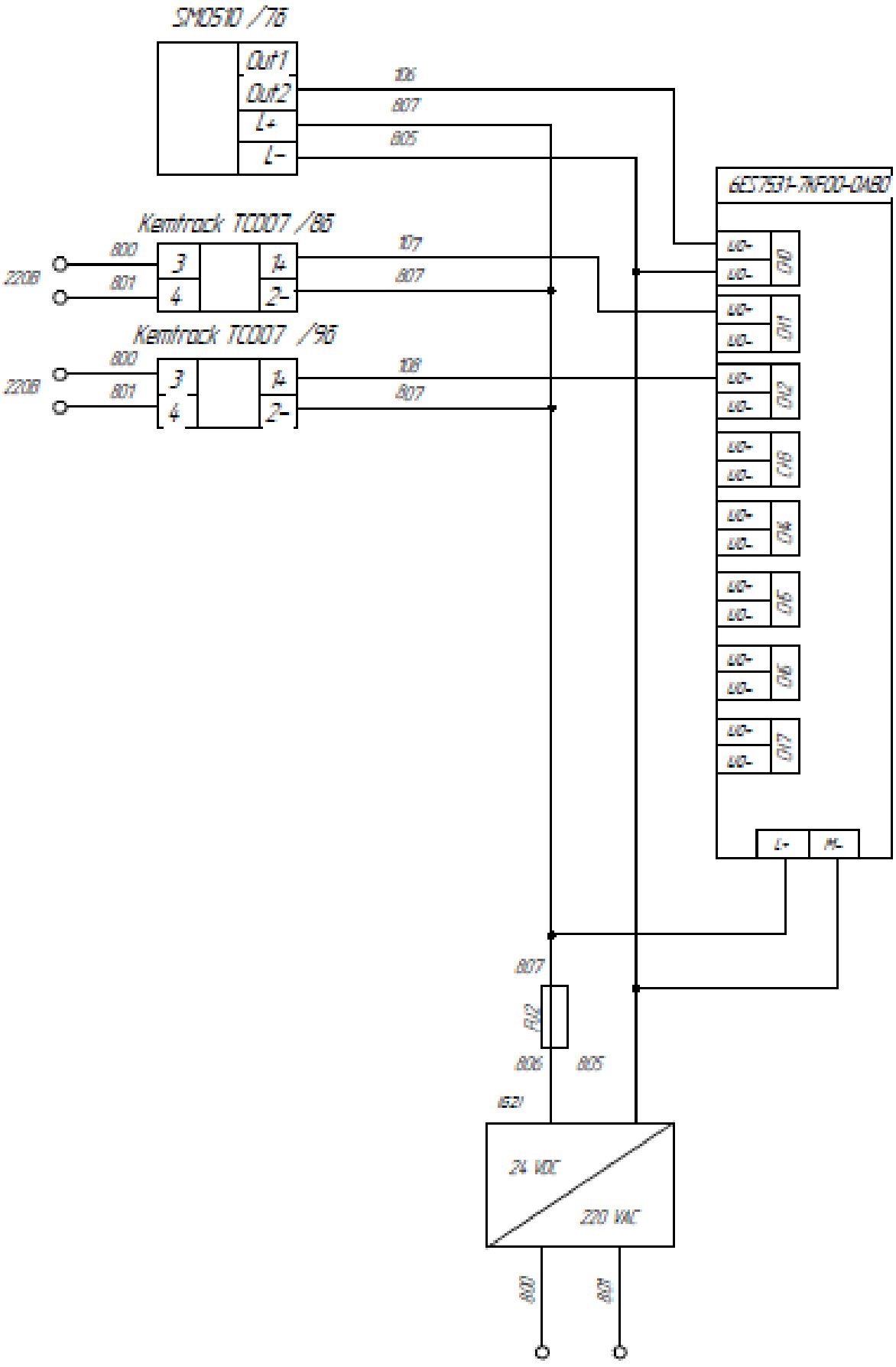


Рис.3.7. Підключення датчиків до другого модуля аналогових входів

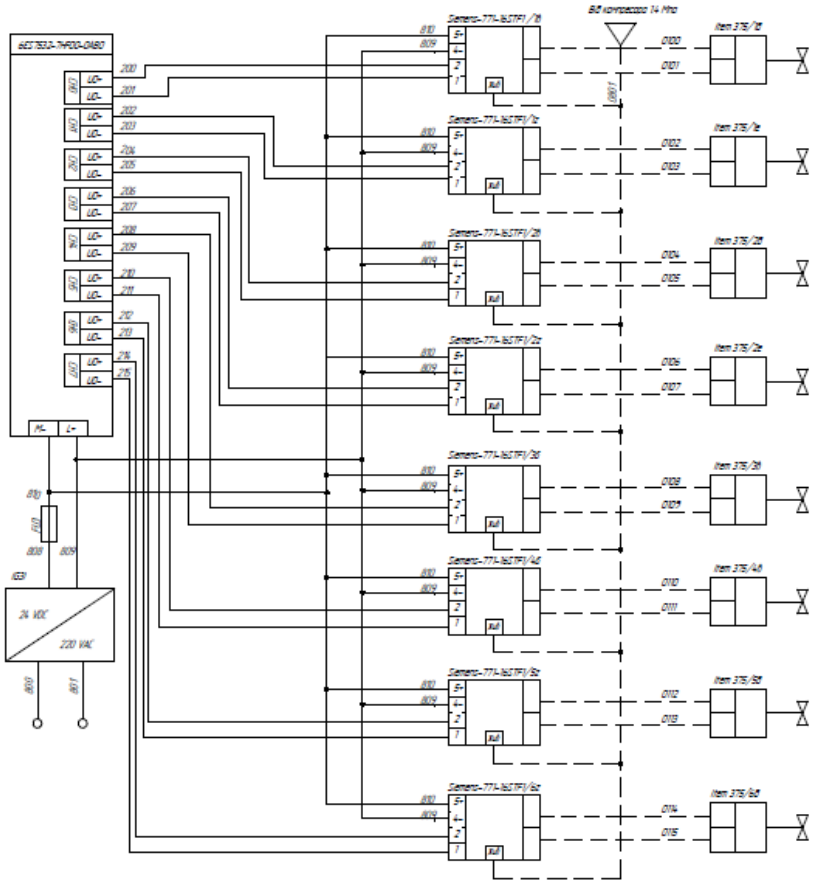


Рис.3.8. Підключення датчиків до першого модуля аналогових виходів

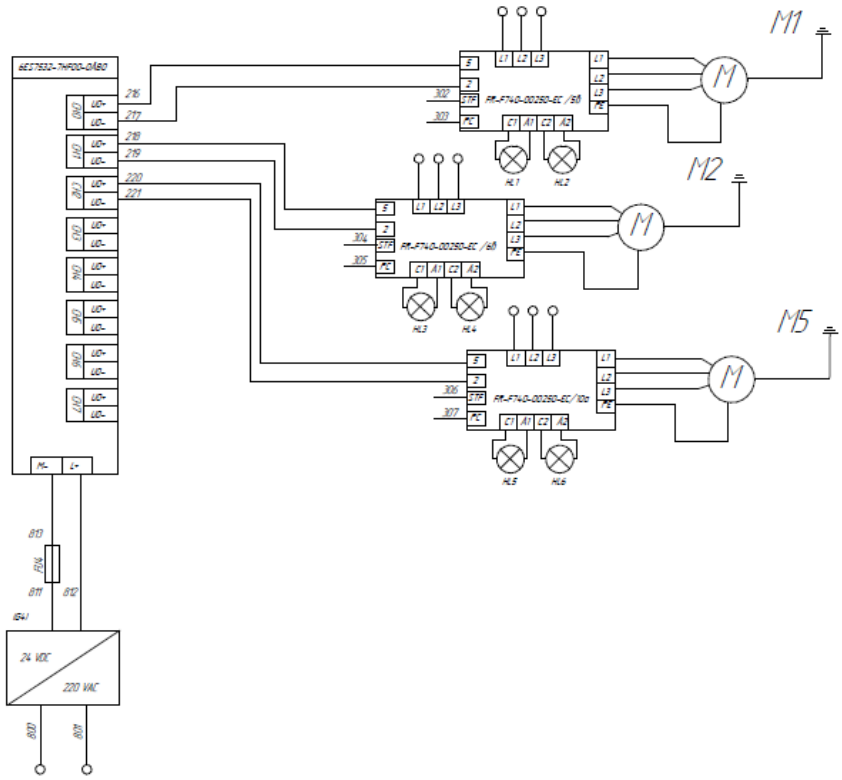


Рис 3.9. Підключення датчиків до другого модуля аналогових виходів

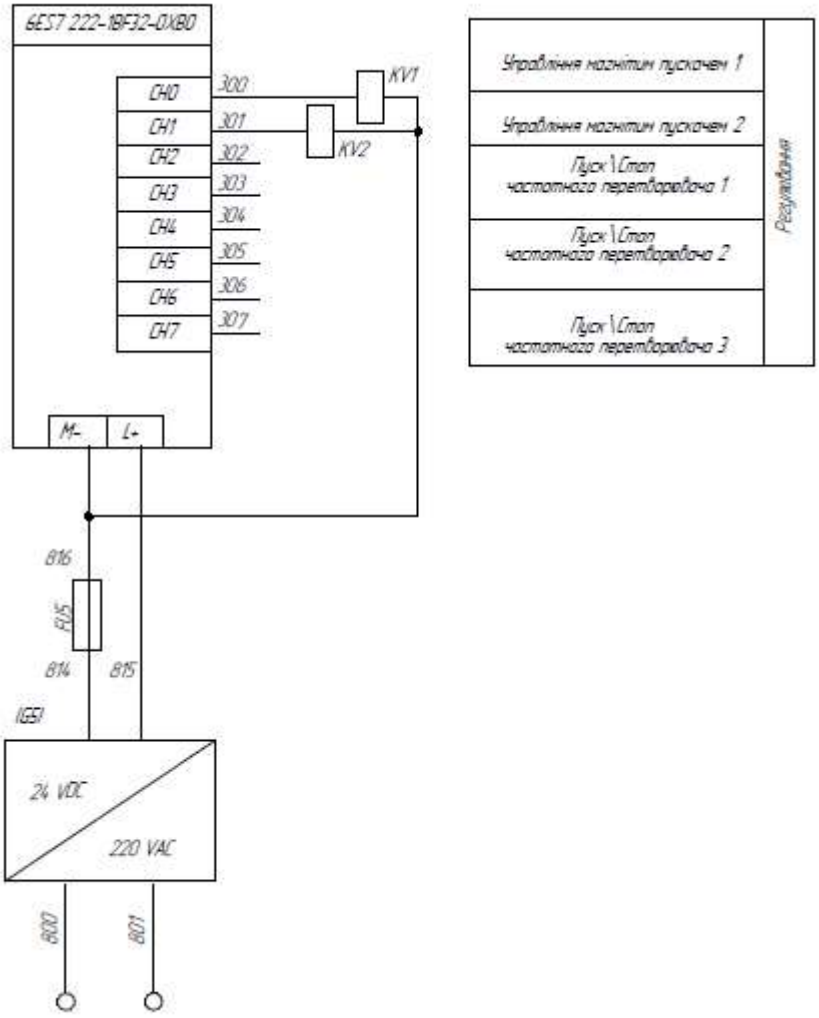


Рис.3.10. Підключення датчиків до модуля дискретних виходів

Вторинний перетворювач температури ТТ (1б) підключений до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на клемах U0 + і U0- каналу CH0. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика температури інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, вихідний сигнал управління обробляється, реєструється і генерується та передається на перший модуль аналогового виводу 6ES7232-5HF00-0AB0. Де електропневматичні перетворювачі (1в, 1г) підключені до нього на U0 + і U0- клемах каналу CH0 і на U0 + і U0- клемах каналу CH1, які керують пневматичними клапанами (1д, 1е), які регулюють подачу теплоносія і охолоджуючої рідини.

Вторинний перетворювач температури ТТ (2б) підключений до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на клемах U0 + і U0- каналу CH1. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика температури інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, вихідний сигнал управління обробляється, реєструється і генерується та передається на перший модуль аналогового виводу 6ES7232-5HF00-0AB0. Там, де до нього підключені електропневматичні перетворювачі (2в, 2г) на U0 + і U0- клемах каналу CH2, а на U0 + і U0- клемах каналу CH3, які керують пневматичними клапанами (2д, 2е), які регулюють подачу тепла носій та охолоджуюча рідина.

Перетворювач тиску РТ (3а) підключений до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на клемах U0 + і U0- каналу CH2. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика тиску інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління оброблено, зареєстровано та сформовано та передано на перший аналоговий вихідний модуль 6ES7232-5HF00-0AB0. Де електропневматичний перетворювач (3б) підключений до нього на клемах U0 + та U0- каналу CH4, який управляє пневматичним клапаном (3в), який випускає надлишковий тиск в атмосферу.

Перетворювач тиску РТ (4а) підключений до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на клемах U0 + та U0- каналу CH3. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика тиску інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління оброблено, зареєстровано та сформовано та передано на перший модуль аналогового виводу 6ES7232-5HF00-0AB0. Там, де до нього підключений електропневматичний перетворювач (4б) на клемах U0 + і U0- каналу CH5, які керують пневматичним клапаном (4в).

Датчик рівня LT (5б) підключений до першого модуля аналогового входу 6ES7531-7KF00-0AB0 на терміналах U0 + і U0- каналу CH4. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика рівня інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, вихідний сигнал управління оброблено, зареєстровано та сформовано та передано на перший аналоговий вихідний модуль 6ES7232-5HF00-0AB0. Там, де до нього підключений електропневматичний перетворювач (5в) на клемах U0 + і U0- каналу CH6, які керують пневматичним клапаном (5г), який регулює подачу сусла до ферментера 1 і нагнітання залишки дріжджів у каналізацію. А керуючим сигналом є перетворювач частоти (5д), який підключений до другого модуля аналогових виходів 6ES7232-4HD32-0XB0 на U0 + і U0- терміналах CH0-каналу, куди надходить вихідний сигнал управління і керує двигуном насос M2 для зливу залишків дріжджів у каналізацію.

Датчик рівня LT (6б) підключений до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на клемах U0 + і U0 каналу CH5. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика рівня інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми обробляється вихідний сигнал управління , зареєстрований та сформований та переданий на перший модуль аналогового виходу 6ES7232-5HF00-0AB0. Там, де він підключений до клем U0 + та U0- електропневматичного перетворювача (6в) каналу CH7, який управляє пневматичним клапаном (6г), який регулює подачу сусла до ферментера 2. Окрім того, сигнал управління є перетворювач частоти (6д), підключений до другого модуля аналогових виходів 6ES7232-4HD32-0XB0 на клемах U0 + і U0-каналу CH1, куди надходить вихідний сигнал управління та керує двигуном насоса M1 для зливу залишків дріжджів в каналізацію.

Датчик витрати FT (7б) підключений до другого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на клемах U0 + і U0- каналу CH0. Після отримання інформації з аналогового входу модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від

датчика витрати інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежно від отриманої інформації та письмової програми, обробляється, реєструється і служить додатковою інформацією для роботи системи автоматизації.

Датчик помутніння QT (8б) підключений до другого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на клемах U0 + і U0 каналу CH1. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика помутніння інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми обробляється, реєструється і служить як додаткова інформація для системи автоматизації.

Датчик помутніння QT (9б) підключений до другого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на клемах U0 + і U0- каналу CH2. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика помутніння інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми обробляється, реєструється і служить як додаткова інформація для системи автоматизації.

Перетворювач частоти (10а) підключений до другого модуля аналогових виходів 6ES7232-4HD32-0XB0 на клемах U0 + та U0- каналу CH2, куди надходить вихідний керуючий сигнал та керує двигуном насоса M5.

Магнітний пускач (KM1) підключений до модуля цифрового виводу 6ES7 222-1BF32-0XB0 на клему 0. І керує двигуном сепаратора M3.

Магнітний пускач (KM2) підключений до модуля цифрового виводу 6ES7 222-1BF32-0XB0 на клему 1. І керує двигуном мішалки M4.

3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

Розширений контур контролю та регулювання температури:

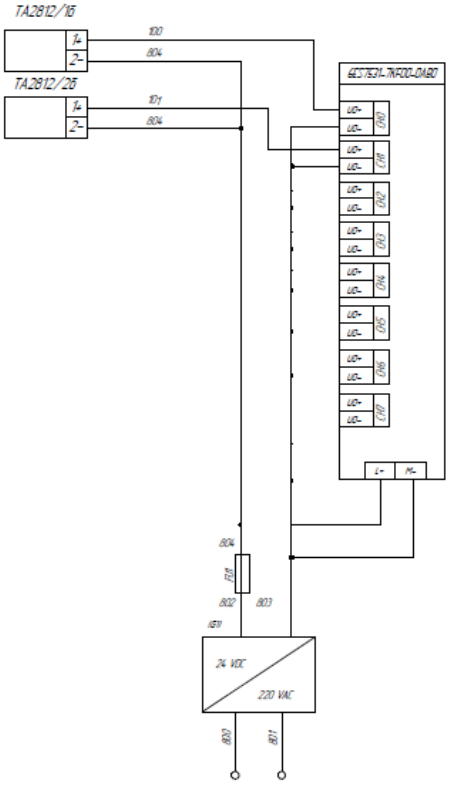


Рис. 3.11. Підключення датчиків температури до модуля аналогових входів

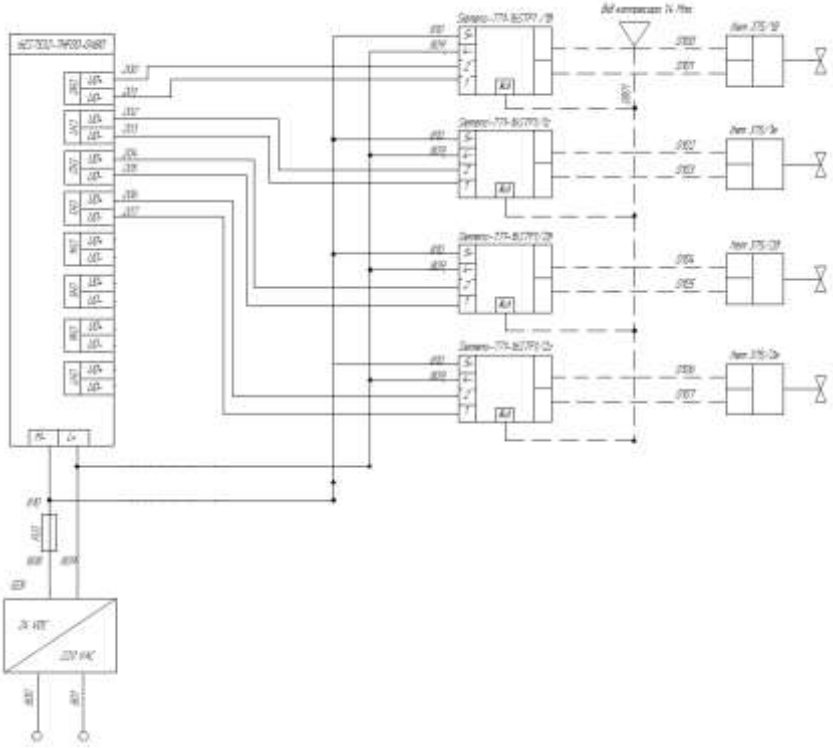


Рис. 3.12. Підключення електропневматичних перетворювачів до модуля аналогових виходів

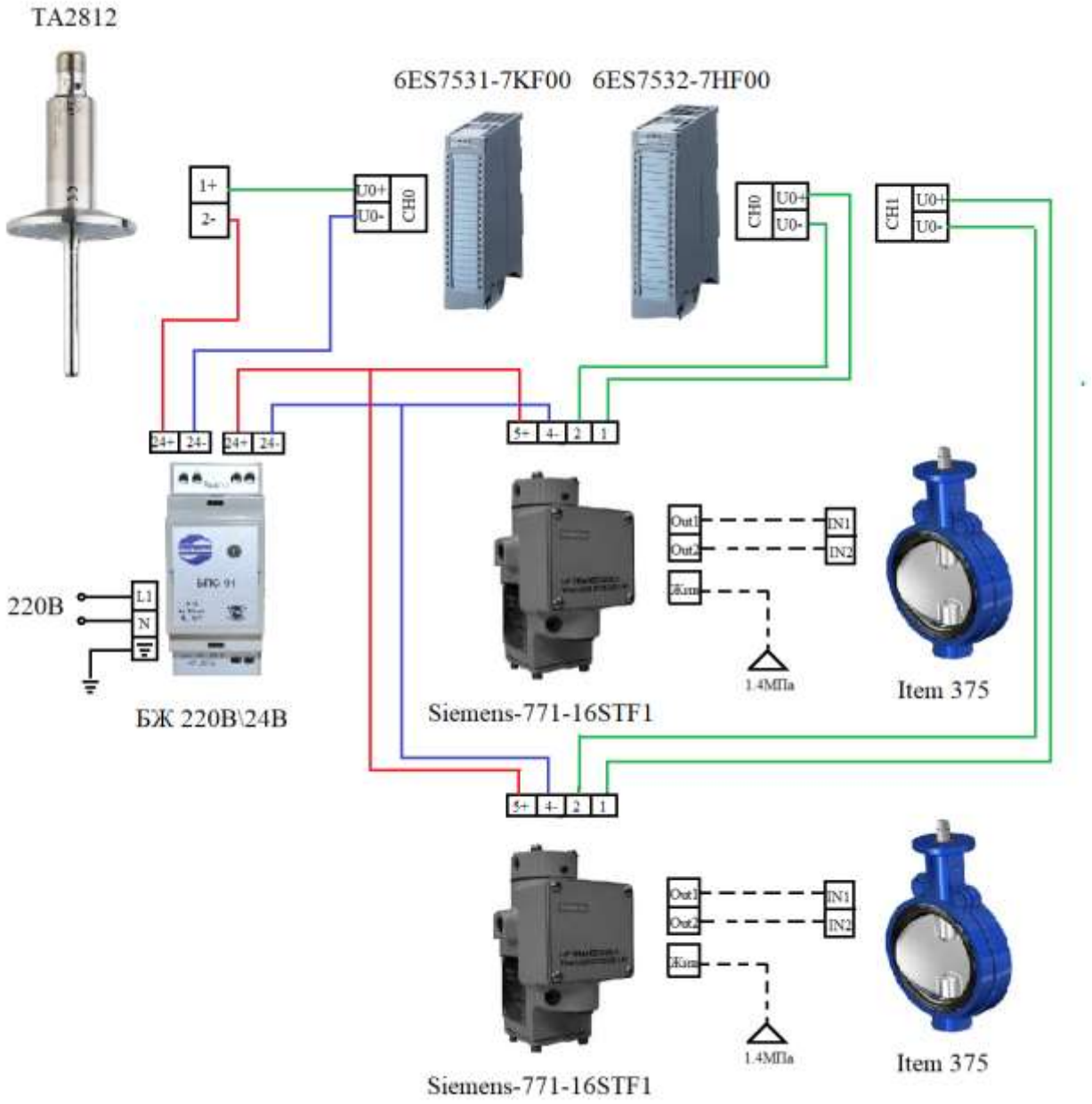


Рис. 3.13. Графічне зображення підключення засобів автоматизації контуру контролю та регулювання температури

Опис схеми з'єднання:

Вторинний перетворювач температури ТТ (1б) підключений до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на клемах U0 + і U0- каналу CH0. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика температури інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, вихідний сигнал управління обробляється, реєструється і генерується та передається на перший модуль аналогового виводу 6ES7232-5HF00-0AB0. Де

електропневматичні перетворювачі (1в, 1г) підключені до нього на U0 + і U0- клемах каналу CH0 і на U0 + і U0- клемах каналу CH1, які керують пневматичними клапанами (1д, 1е), які регулюють подачу теплоносія і охолоджуючої рідини.

Вторинний перетворювач температури ТТ (2б) підключений до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на клемах U0 + і U0- каналу CH1. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика температури інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, вихідний сигнал управління обробляється, реєструється і генерується та передається на перший модуль аналогового виводу 6ES7232-5HF00-0AB0. Там, де до нього підключені електропневматичні перетворювачі (2в, 2г) на U0 + і U0- клемах каналу CH2, а на U0 + і U0- клемах каналу CH3, які керують пневматичними клапанами (2д, 2е), які регулюють подачу тепла носій та охолоджуюча рідина.

Розширений контур контролю та регулювання рівня:

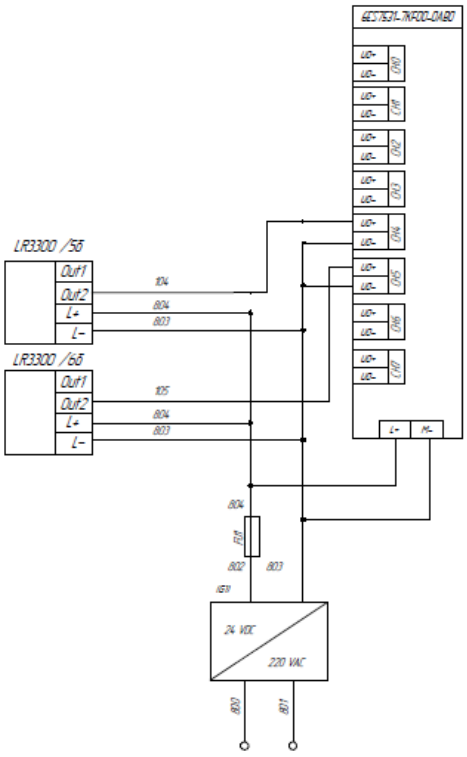


Рис. 3.14. Підключення датчиків рівня до модуля аналогових входів

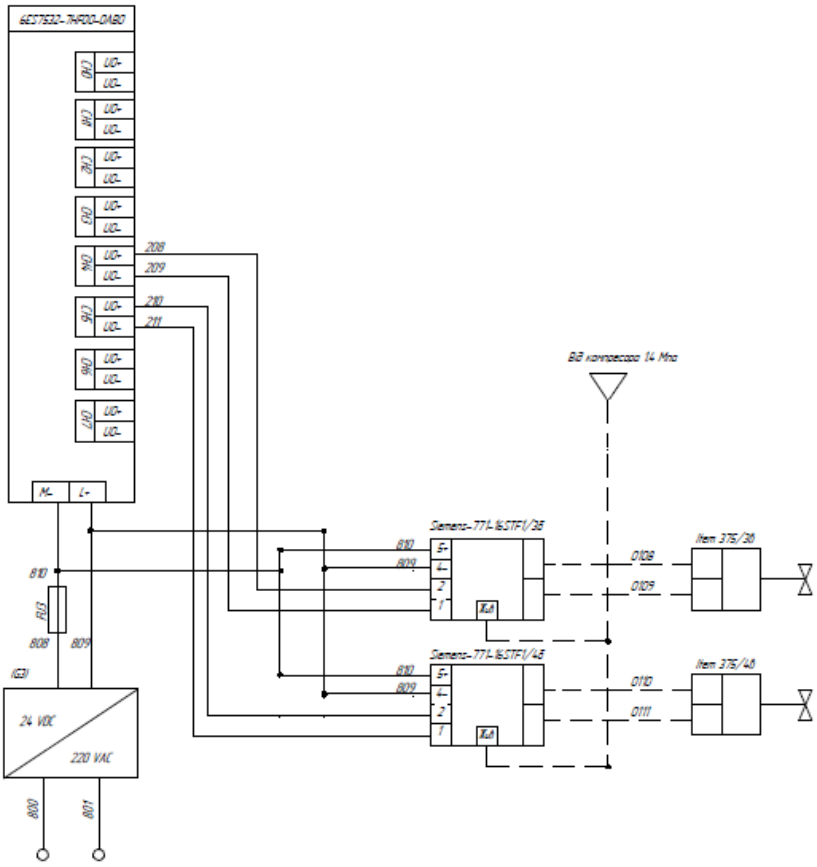


Рис. 3.15. Підключення електропневматичних перетворювачів до модуля аналогових виходів

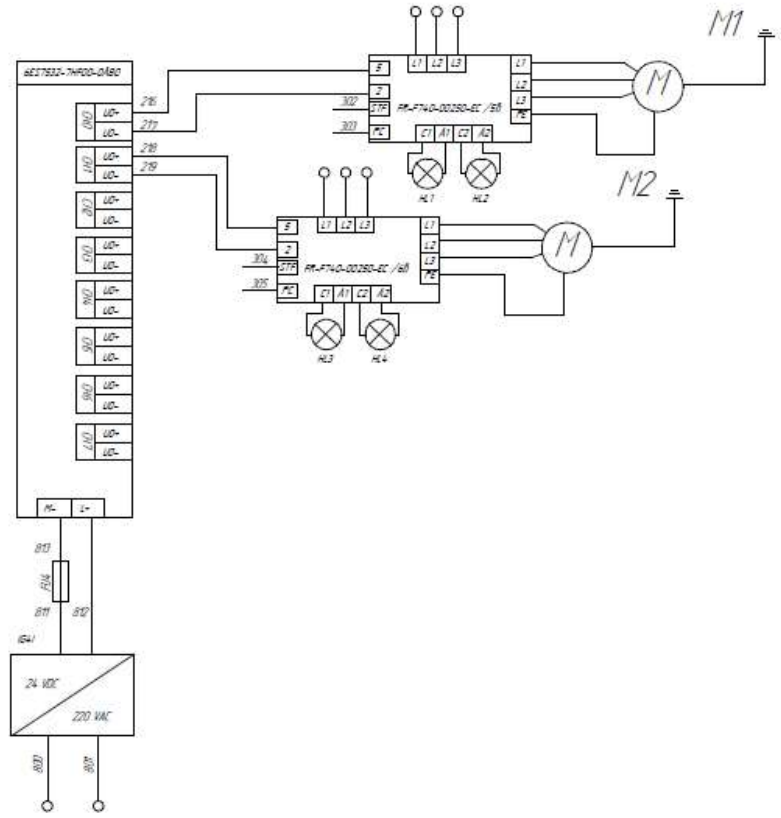


Рис.3.16. Підключення частотних перетворювачів до модуля аналогових виходів

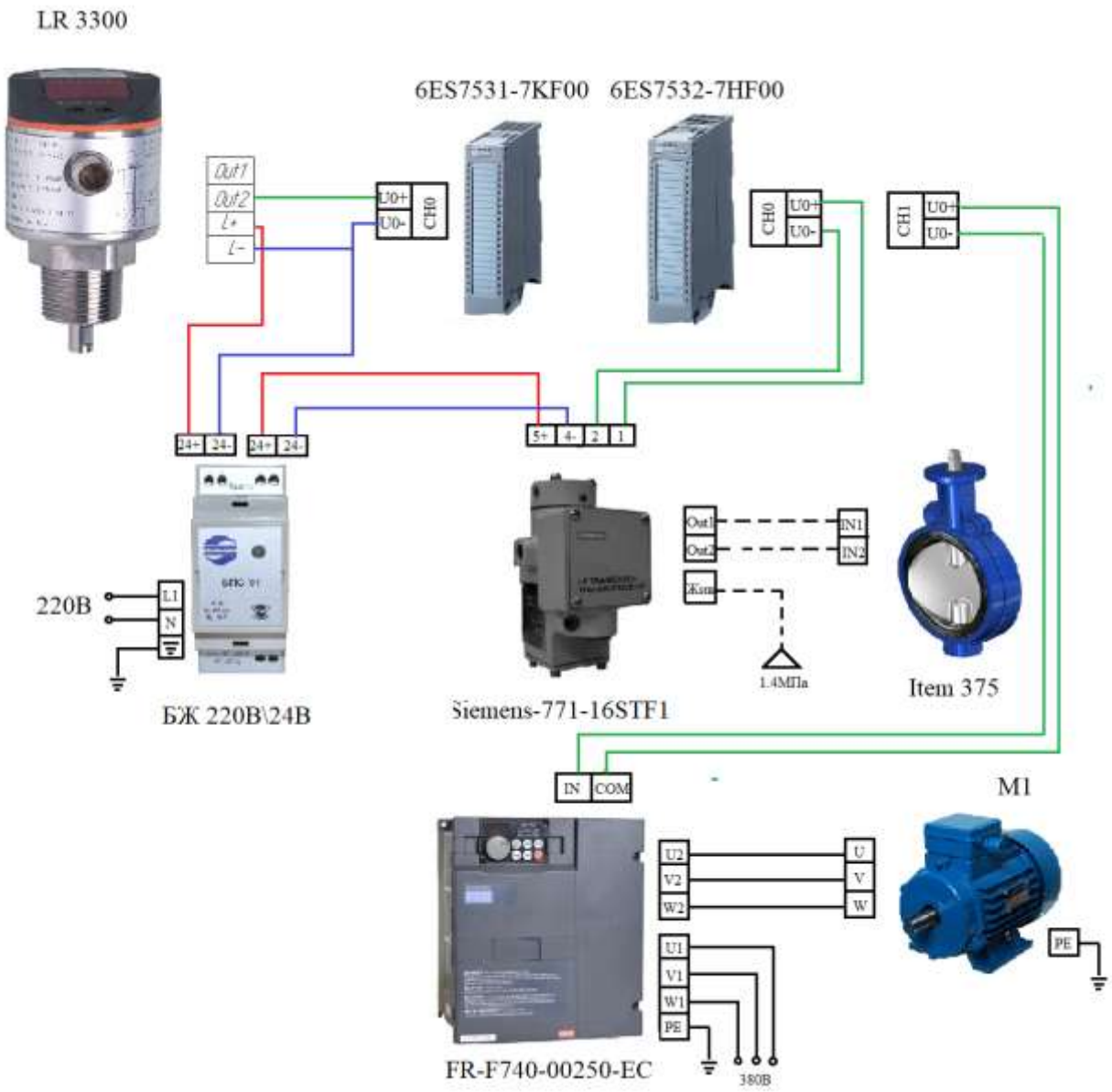


Рис.3.17. Графічне зображення підключення засобів автоматизації контуру контролю та регулювання рівня

Опис схеми з'єднання:

Датчик рівня LT (5б) підключений до першого модуля аналогового входу 6ES7531-7KF00-0AB0 на терміналах U0 + і U0- каналу CH4. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика рівня інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, вихідний сигнал управління оброблено, зареєстровано та сформовано та передано на перший аналоговий вихідний модуль 6ES7232-5HF00-0AB0. Там, де до нього підключений електропневматичний перетворювач (5в) на клемах U0 + і U0- каналу CH6, які

керують пневматичним клапаном (5г), який регулює подачу сусла до ферментера 1 і нагнітання залишки дріжджів у каналізацію. А керуючим сигналом є перетворювач частоти (5д), який підключений до другого модуля аналогових виходів 6ES7232-4HD32-0XB0 на U0 + і U0- терміналах CH0-каналу, куди надходить вихідний сигнал управління і керує двигуном насос M2 для зливу залишків дріжджів у каналізацію.

Датчик рівня LT (6б) підключений до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на клемах U0 + і U0 каналу CH5. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика рівня інформація передається на контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми обробляється вихідний сигнал управління , зареєстрований та сформований та переданий на перший модуль аналогового виходу 6ES7232-5HF00-0AB0. Там, де він підключений до клем U0 + та U0- електропневматичного перетворювача (6в) каналу CH7, який управляє пневматичним клапаном (6г), який регулює подачу сусла до ферментера 2. Окрім того, сигнал управління є перетворювач частоти (6д), підключений до другого модуля аналогових виходів 6ES7232-4HD32-0XB0 на клемах U0 + і U0-каналу CH1, куди надходить вихідний сигнал управління та керує двигуном насоса M1 для зливу залишків дріжджів в каналізацію.

Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів

Датчик тиску IFM PA3020:

Рис.4.1. Зовнішній вигляд датчику тиску PA3020

Датчик тиску IFM Electronic PA3020 з аналоговим виходом 4-20 мА призначений для регулювання тиску в діапазоні від 0 до 400 бар. Підходить для використання на мобільних транспортних засобах. Підвищена стійкість до зовнішніх впливів. Керамічна мембрана. Датчик тиску PA3020 підключений через стандартний 4-контактний роз'єм M12.

Підключення до процесу: G ¼ (внутрішній). Діапазон вимірювання: 0 ... 400 бар. Вихідний сигнал: 4 ... 20 мА. Температура навколишнього середовища: -25 ... + 90 ° C.Блок живлення: 9,6 ... 32 В постійного струму. Застосування: відносний тиск, рідини та гази. Підвищена ударостійкість, вібростійкість та стійкість до перешкод.

Інструкції з безпечної експлуатації:

- Описаний пристрій є підкомпонентом для інтеграції в систему;

- Виробник системи відповідає за безпеку системи;

- Виробник системи зобов'язується провести оцінку ризиків та створити документацію відповідно до законодавчих та нормативних вимог, які повинні бути надані оператору та користувачеві системи.

Ця документація повинна містити всю необхідну інформацію та інструкції з техніки безпеки для оператора, користувача та, за необхідності, для будь-якого обслуговуючого персоналу,

- пристрій повинен бути придатним для відповідного застосування та умов навколишнього середовища без будь-яких обмежень;

- Використовуйте датчик лише за призначенням;

- Використовуйте датчик лише в прийнятних умовах;

- Недотримання інструкцій з експлуатації або технічних параметрів може призвести до травмування людей або пошкодження обладнання;

- Виробник не несе відповідальності або гарантує будь-які наслідки у разі недотримання інструкцій, неправильного використання пристрою або втручання в роботу пристрою;

- Усі роботи з монтажу, налаштування, підключення, введення в експлуатацію та обслуговування повинні виконуватися кваліфікованим персоналом, який отримав дозвіл на роботу на цьому технологічному обладнанні;

- Захистіть прилади та кабелі від пошкоджень.

Установка:

Перш ніж встановлювати або знімати датчик, переконайтеся, що в системі немає тиску.

- Вставте прилад у робоче з'єднання G¼.
- Щільно затягніть.

Якщо демпфуючий пристрій потрібно зняти, переконайтесь що він не пошкоджений. Не використовуйте пошкоджені повторно демпфуючий пристрій. З усіх технічних питань будь ласка, зв’яжіться з електронним офісом продажів ifm.

Підключення до електромережі:

Для проведення монтажних та пусконалагоджувальних робіт дозволяються лише роботи кваліфіковані спеціалісти - електрики. При монтажі електрообладнання необхідно дотримуватися вимог державних та міжнародних норм.

Напруга живлення відповідає EN50178, SELV, PELV.

- Вимкніть електроживлення.
- Підключити прилад відповідно до даної схеми:

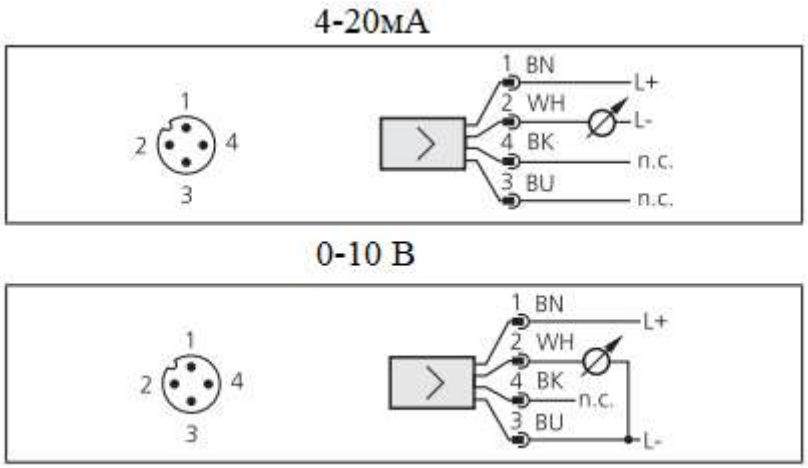


Рис.4.2. Варіанти підключення датчика

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

У нашому дипломному проекті програма для роботи системи автоматизації була розроблена з використанням програмного середовища SIMATIC STEP 7 Professional V13 (TIA Portal V13) від Siemens.

SIMATIC STEP 7 Professional V13 - це система дизайну для програмованих контролерів SIMATIC серії S7-1200, S7-300, S7-400, WinAC, VIPA та забезпечує оптимальну підтримку нових програмованих контролерів серії SIMATIC S7-1500.

STEP 7 V13 заснований на функціональності єдиного дизайнерського середовища Повністю інтегрований портал автоматизації (TIA Portal), що дозволяє виконувати рівномірну, ефективну та інтуїтивно зрозумілу розробку рішень для всіх завдань автоматизації.[9]

Функції:

- Відмінне інтернування нових контролерів SIMATIC S7-1500;

- Багато нововведень, що використовуються в програмованих контролерах S7-1500, встановлюють нові стандарти продуктивності систем автоматизації. Ідеальна інтеграція в STEP 7 Professional V13 забезпечує максимальну ефективність при виконанні дизайнерських робіт. Подальше розширення функціональних можливостей забезпечує використання PROFINET як стандартного інтерфейсу для всіх процесорів.

- Ефективний дизайн з використанням потужних редакторів програм

- STEP 7 V13 підтримує потужні редактори програм контролера S7, оснащені оптимізованими компіляторами.

Захист доступу:

Захист паролем від несанкціонованого читання та зміни вмісту програмних блоків.

Захист від несанкціонованого копіювання програмних блоків. Блоки програм можна прив'язати до номера карти пам'яті і запускати, лише якщо ця карта знаходиться в центральному процесорі.

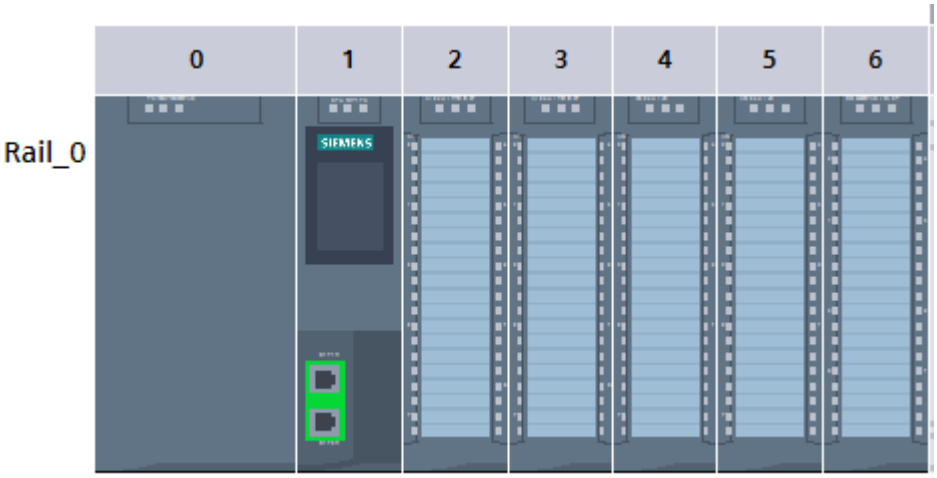
Використовуйте до чотирьох рівнів ідентифікації користувачів з різними правами для виконання роботи в системі автоматизації.

Захист від несанкціонованого зміни даних, переданих між КРОКОМ 7 та контролером.

Особливості:

- Ефективний дизайн з використанням потужних редакторів програм.
- Наскрізна функціональність із використанням усіх ліній контролерів.
- Організація ефективної взаємодії між контролерами, пристроями та системами інтерфейсу людина-машина та приводами в межах єдиного робочого середовища.
- Загальний менеджер управління даними та однорідна система символічних назв.
- Діагностика системи як вбудованого компонента.
- Відстеження змінних для ефективного виконання пусконалагоджувальних робіт.
- Гнучкий масштабований набір функцій управління рухом.
- Всебічна концепція використання бібліотек.
- Захист доступу до виробничих та проектних даних.
- Підтримка функцій міграції існуючих програмних та апаратних продуктів.
- Сумісність з іншими продуктами SIMATIC та VIPA.

Зовнішній вид компановки модулів контролера на монтажній рейці:



Для процесу управління відділом бродіння був розроблений алгоритм роботи системи автоматизації та розроблена програма в середовищі TIA Portal з використанням мов програмування ST (Structured Text) та FBD (Function Block Diagram).

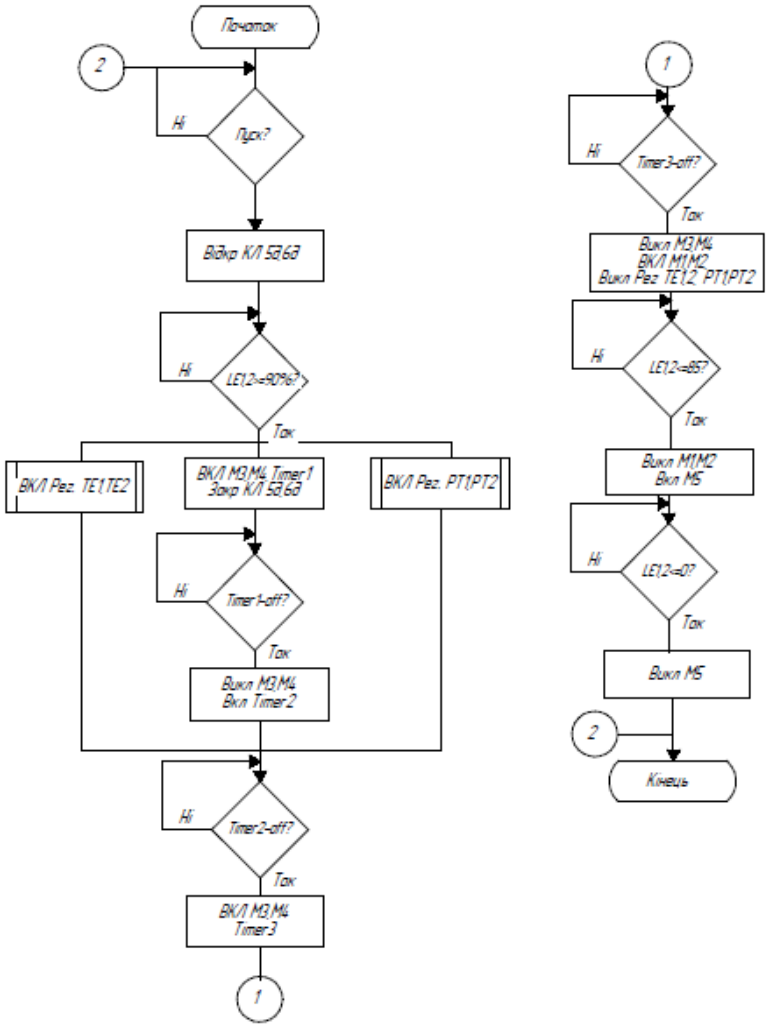


Рис.5.1. Алгоритм програми

Фрагменти тексту програми на мові ST:

```
IF "Pusk" OR "Restart" THEN
    "Restart" := FALSE;
    "Step1" := TRUE;
    "KL_5g" := 100.0;
    "KL_6g" := 100.0;
END_IF;
IF "Step1" AND "Level2">=90.0 AND "Level1">=90.0 THEN
    "Step1" := FALSE;
    "Step2" := TRUE;
    "M3" := TRUE;
    "M4" := TRUE;
    "Reg_TE1" := TRUE;
    "Reg_TE2" := TRUE;
    "Reg_PT1" := TRUE;
    "Reg_PT2" := TRUE;
    "KL_5g" := 0.0;
    "KL_6g" := 0.0;
    "Timer1" := TRUE;
    "IEC_Timer_0_DB".TON(IN := "Timer1",
                         PT := t#100s);
END_IF;

IF "IEC_Timer_0_DB".Q AND "Step2" THEN
    "Step2" := FALSE;
    "Step3" := TRUE;
    "M3" := FALSE;
    "M4" := FALSE;
    "Timer2" := TRUE;
    "IEC_Timer_0_DB_1".TON(IN := "Timer2",
                           PT := t#200s);
END_IF;
IF "IEC_Timer_0_DB_1".Q AND "Step3" THEN
    "Step3" := FALSE;
    "Step4" := TRUE;
    "M3" := TRUE;
    "M4" := TRUE;
    "Timer3" := TRUE;
   "IEC_Timer_0_DB_3".TON(IN:="Timer3",
                          PT:=t#100s);
END_IF;

IF "IEC_Timer_0_DB_3".Q AND "Step4" THEN
    "Step4" := FALSE;
    "Step5" := TRUE;
    "M4" := FALSE;
    "M3" := TRUE;
    "M1" := 100.0;
    "M2" := 100.0;
    "Reg_TE1" := FALSE;
    "Reg_TE2" := FALSE;
    "Reg_PT1" := FALSE;
    "Reg_PT2" := FALSE;
END_IF;

IF "Level1"<=85.0 AND "Level2"<=85.0 AND "Step5" THEN
    "Step5" := FALSE;
    "Step6" := TRUE;
    "M1" := 0.0;
    "M2" := 0.0;
    "M5" := 100.0;
END_IF;
```

```
IF "Step6" AND "Level1"<=0 AND "Level2"<=0 THEN
    "M5" := 0.0;
    "Step6" := FALSE;
    "Restart" := TRUE;
    "Timer1" := FALSE;
    "Timer2" := FALSE;
    "Timer3" := FALSE;
END_IF;
```

Блоки регуляторів температури та тиску на мові FBD:

На вхід EN подається змінна яка запускає у роботу блок регулятору, на вхід IN сигнал із датчку , на вхід Setpoint змінна у якій установлене задане значення параметру , На виході Output ВМ, яким здійснюється керування регулятором.

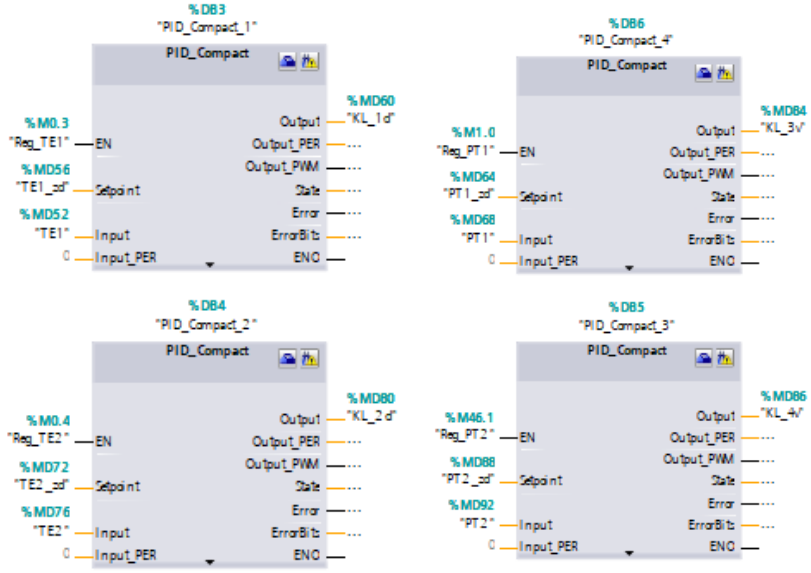


Рис. 5.2. Блоки регуляторів

Перелік змінних, що використовуються у програмі:

	Name	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...	Comment
1	KL_1d	Real	%MD60		☑	☑	Клапан 1д
2	KL_2d	Real	%MD80		☑	☑	Клапан 2д
3	KL_3v	Real	%MD84		☑	☑	Клапан 3в
4	KL_4v	Real	%MD86		☑	☑	Клапан 4в
5	KL_5g	Real	%MD6		☑	☑	Клапан 6г
6	KL_6g	Real	%MD10		☑	☑	Клапан 5г
7	Level1	Real	%MD26		☑	☑	Значення рівня 4в
8	Level1_zd	Real	%MD30		☑	☑	Задане значення рівня 4в
9	Level2	Real	%MD34		☑	☑	Значення рівня 3в
10	Level2_zd	Real	%MD38		☑	☑	Задане значення рівня 3в
11	M1	Real	%MD2		☑	☑	Двигун М1
12	M2	Real	%MD14		☑	☑	Двигун М2
13	M3	Bool	%M0.5		☑	☑	Двигун М3
14	M4	Bool	%M1.1		☑	☑	Двигун М4
15	M5	Real	%MD18		☑	☑	Двигун М5
16	M6	Real	%MD48		☑	☑	Двигун М6
17	PT1	Real	%MD68		☑	☑	Значення тиску з датчика
18	PT1_zd	Real	%MD64		☑	☑	Задане значення тиску
19	PT2	Real	%MD92		☑	☑	Значення тиску з датчика
20	PT2_zd	Real	%MD88		☑	☑	Задане значення тиску
21	Puck	Bool	%M0.0		☑	☑	Кнопка ПУСК
22	Reg_PT1	Bool	%M1.0		☑	☑	Змінна запуску регулятора тиску 1
23	Reg_PT2	Bool	%M46.1		☑	☑	Змінна запуску регулятора тиску 2
24	Reg_TE1	Bool	%M0.3		☑	☑	Змінна запуску регулятора температур...
25	Reg_TE2	Bool	%M0.4		☑	☑	Змінна запуску регулятора температур...

26	Restart	Bool	%M0.1	☐	☑	☑	Змінна перезапуску циклу
27	Step1	Bool	%M0.2	☐	☑	☑	Внутрішня змінна-крок
28	Step2	Bool	%M0.6	☐	☑	☑	Внутрішня змінна-крок
29	Step3	Bool	%M0.7	☐	☑	☑	Внутрішня змінна-крок
30	Step4	Bool	%M1.3	☐	☑	☑	Внутрішня змінна-крок
31	Step5	Bool	%M1.4	☐	☑	☑	Внутрішня змінна-крок
32	Step6	Bool	%M1.7	☐	☑	☑	Внутрішня змінна-крок
33	Stop	Bool	%M46.0	☐	☑	☑	Кнопка СТОП
34	TE1	Real	%MD52	☐	☑	☑	Значення температури датчика 1
35	TE1_zd	Real	%MD56	☐	☑	☑	Задане значення температури 1 для рег...
36	TE2	Real	%MD76	☐	☑	☑	Значення температури датчика 2
37	TE2_zd	Real	%MD72	☐	☑	☑	Задане значення температури 2 для рег...
38	Timer1	Bool	%M1.2	☐	☑	☑	Змінна запуску таймера 1
39	Timer2	Bool	%M1.6	☐	☑	☑	Змінна запуску таймера 1
40	Timer3	Bool	%M1.5	☐	☑	☑	Змінна запуску таймеру 3

Рис. 5.3. Перелік змінних у середовищі TIA Portal

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

Інтерфейс LMI для нашої системи автоматизації розроблений із використанням програмного забезпечення Zenon Scada від COPA-DATA.

Zenon - це програмне забезпечення для візуалізації, управління, збору та аналізу даних. Зенонова система SCADA є основним продуктом австрійської компанії COPA-DATA GmbH. Розроблене в середині 80-х років, це перше комплексне рішення графічної візуалізації для систем Windows. Завдяки постійній модернізації, вдосконаленню та впровадженню новітніх технологій, ценон займає лідируючі позиції на ринку систем HMI / SCADA. Зенон повністю вирішує всі можливі завдання, що стоять перед системами HMI / SCADA. Дозволяє здійснювати зручне та візуальне управління, точну взаємодію всіх інженерних комплексів, автоматичну адаптацію, інтелектуалізацію режимів роботи підсистем. Базується на стандартній зовнішній технології та пропонує величезний набір простих у використанні графічних функцій для побудови систем візуалізації.[10]

Переваги Zenon:

- Висока надійність;
- Велика гнучкість;
- Можливість децентралізованої розробки;
- Високу швидкодію;
- Ефективність і масштабованість;
- Використовується в сфері автоматизації наступних галузей:
    - Промислове виробництво;
    - Енергетика;
    - Транспорт;
    - Нафтогазовий комплекс;
    - Споруди.

Автоматичне проектування:

Завдяки великій кількості заздалегідь визначених шаблонів стандартних зображень (сигналів тривоги, подій, тенденцій тощо) та спеціальних форм - майстрів, дизайн може бути виконаний автоматично.

Відкрита архітектура:

Можливість використання при розробці незалежних зовнішніх програм, створення макросів VBA, збереження в Інтернеті та заархівованих даних у базі даних MS SQL Server, використання технології ActiveX.

Широкі комунікаційні можливості:

Маючи понад 300 розроблених драйверів, zenon може легко підключатися до найпоширенішого обладнання. Системний редактор підтримує велику кількість інтерфейсів та комунікаційних протоколів. За допомогою спеціальної технології можна передавати файли часу виконання по мережі на віддалену цільову станцію.

Розрахована на багато користувачів розробка:

Система дозволяє розподілену розробку, тому немає жорсткого прив'язки до одного робочого місця. Дизайнери, які створюють проект, можуть розподілити обсяг роботи між собою та вирішити конкретно свою частину проекту. Це значно прискорює час розробки.

Гнучкість:

Технологія XML дозволяє імпортувати / експортувати в систему управління як окремі частини проекту, так і весь проект. Система розширюється без необхідності модифікувати або переробляти існуючий проект.

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

Таблиця аналогових входів:

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Температура в бродильному апараті 1	ТЕ 1а	%MW0
Температура в бродильному апараті 2	ТЕ 2а	%MW2
Тиск в бродильному апараті 1	РТ 3б	%MW4
Тиск в бродильному апараті 2	РТ 4б	%MW6
Рівень в бродильному апараті 1	LE 5a	%MW8
Рівень в бродильному апараті 2	LE 6a	%MW10
Витрата зброженого сусла	FE 7a	%MW12
Мутність пива у бродильному апараті 1	QE 8a	%MW14
Мутність пива у бродильному апараті 1	QE 9a	%MW16

Таблиця аналогових виходів:

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Клапан регулювання витрати холодної води	1е	%MW20
Клапан регулювання витрати гарячої води	1д	%MW22
Клапан регулювання витрати холодної води	2е	%MW24

Клапан регулювання витрати гарячої води	2д	%MW26
Клапан стравлювання надлишкового тиску в атмосферу	3в	%MW28
Клапан стравлювання надлишкового тиску в атмосферу	4в	%MW30
Клапан регулювання подачі не броженого сусла у бродильний апарат 1	5д	%MW32
Клапан регулювання подачі не броженого сусла у бродильний апарат 2	6д	%MW34
Керування двигуном насосу 1	М1	%MW36
Керування двигуном насосу 2	М2	%MW38
Керування двигуном насосу 2	М3	%MW40

Таблиця даних SCADA/HMI:

Name	Measur...	Identi...
Filter text	Filter...	Filt...
FE 7a	м3/год	
LE 5a	%	
LE 6a	%	
PT 3a	КПа	
PT 4a	КПа	
QE 8a	%	
QE 9a	%	
TE 1a	*C	
TE 2a	*C	
Клапан 1д	%	
Клапан 1д A-P		
Клапан 1е	%	
Клапан 1е A-P		
Клапан 2д	%	
Клапан 2д A-P		
Клапан 2е	%	
Клапан 2е A-P		
Клапан 3в	%	
Клапан 3в A-P		
Клапан 4в	%	
Клапан 4в A-P		
Клапан 5д	%	
Клапан 5д A-P		
Клапан 6д	%	
Клапан 6д A-P		
M1	об/хв	
M1 A-P		
M2	об/хв	
M2 A-P		
M3 A-P		
M4 A-P		
M5	об/хв	
M5 A-P		

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора:

Нормальний стан системи автоматизації. Всі параметри в межах норми.

Робочий вид для оператора.

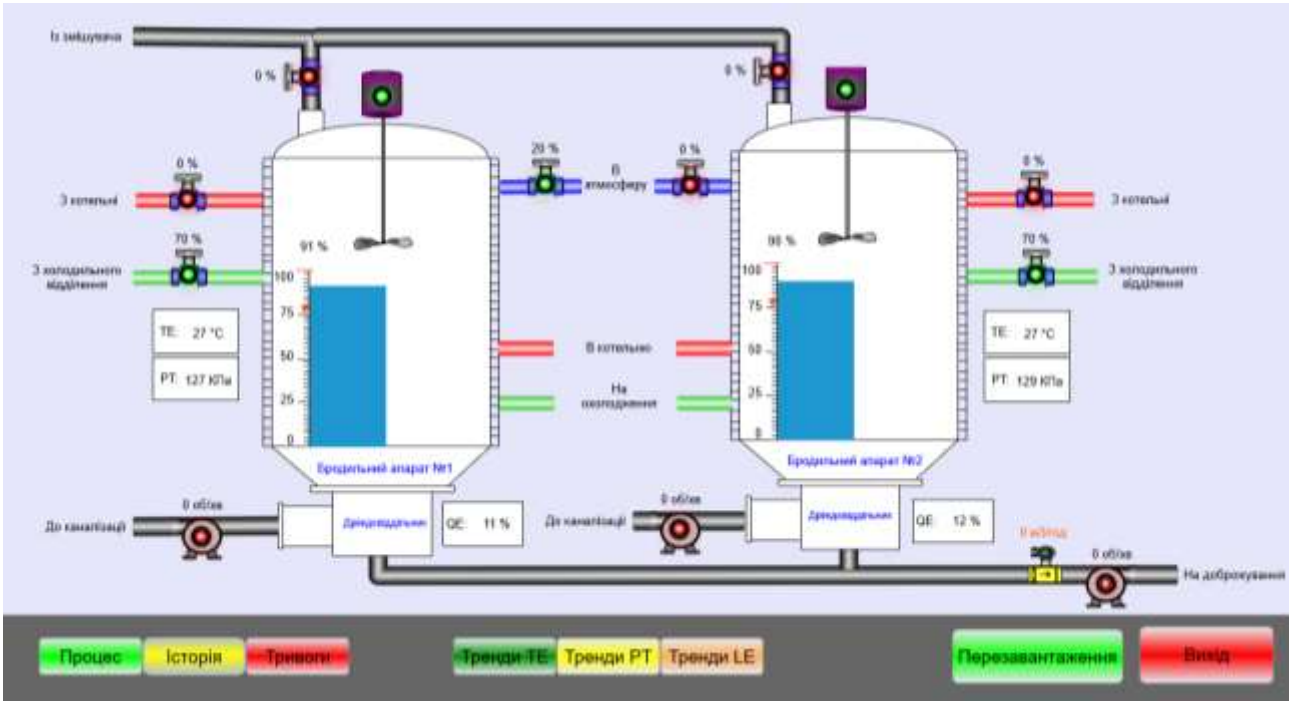


Рис.6.1. Головний екран контролю процесу

У системі автоматизації є відхилення від норми, SCADA показує повідомлення про відхилення у верхній частині екрана оператора та вказує, який параметр виходить за межі норми.

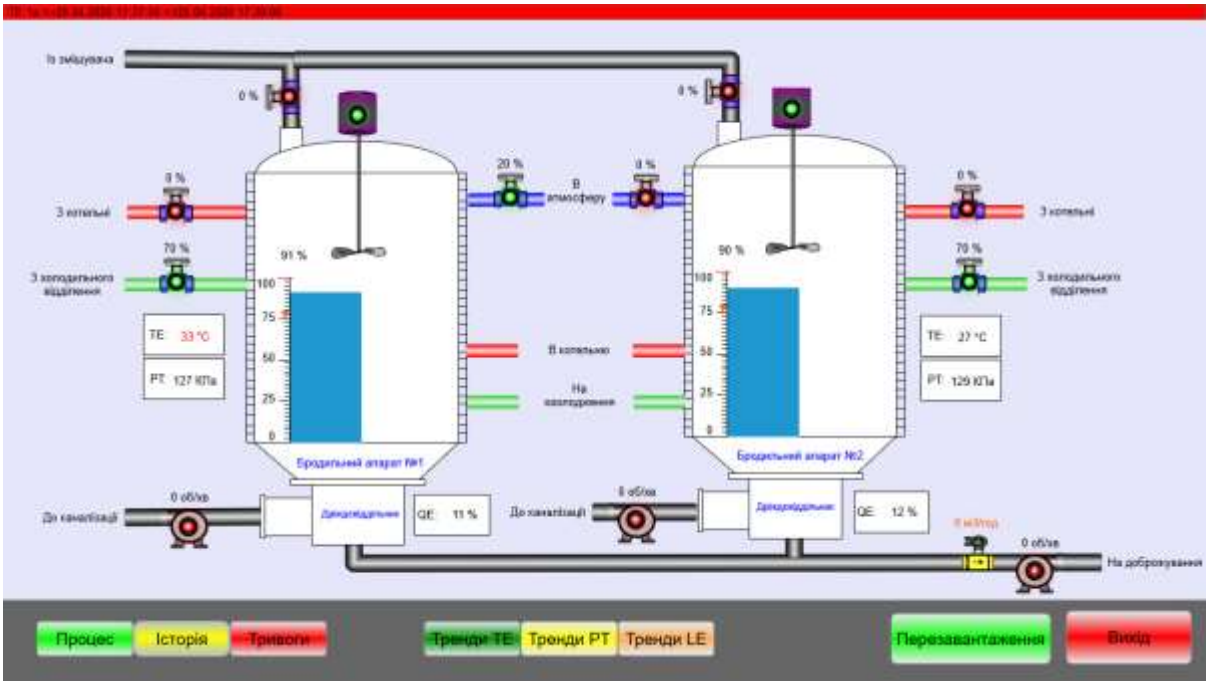


Рис.6.2. Головний екран контролю процесу (виникла похибка)

Вікно вкладки історії (хронології). Усі події відображаються в хронологічному порядку (наприклад, зміна параметрів або дії оператора).

Рис.6.3. Вікно вкладки хронологія

Вікно вкладки сигналізації (алармів) системи автоматизації. Він відображає всі спрацьовані тривоги, який параметр, коли він усунутий або дійсний.

Рис.6.4. Вікно вкладки алармів

Робота сигналізації та відображення в інформаційному списку тривог визначається індивідуально для кожної змінної в межах (вкладка "Межі").

Коли рівень верхнього граничного значення буде досягнутий (у діапазоні, визначеному нами для певної змінної), спрацьовуватиме сигнал тривоги, який відображатиметься в журналі тривоги. Він матиме статус "Активний" (червоне коло).

Якщо рівень опуститься нижче граничного значення, він змінить свій статус на "Неактивний" (зелене коло). Крім того, будильник може змінити свій статус на "Підтверджено" (синє коло), якщо оператор натисне кнопку "Підтвердити". Оскільки ми активували опцію Видалити, цей запис зникне зі списку, лише якщо ми вручну видалимо його за допомогою відповідної кнопки.

Вкладка трендів. Тут всі зміни контрольних параметрів представлені у вигляді діаграм (можна побачити навіть миттєві зміни).

Рис.6.5. Вікно вкладки трендів температури

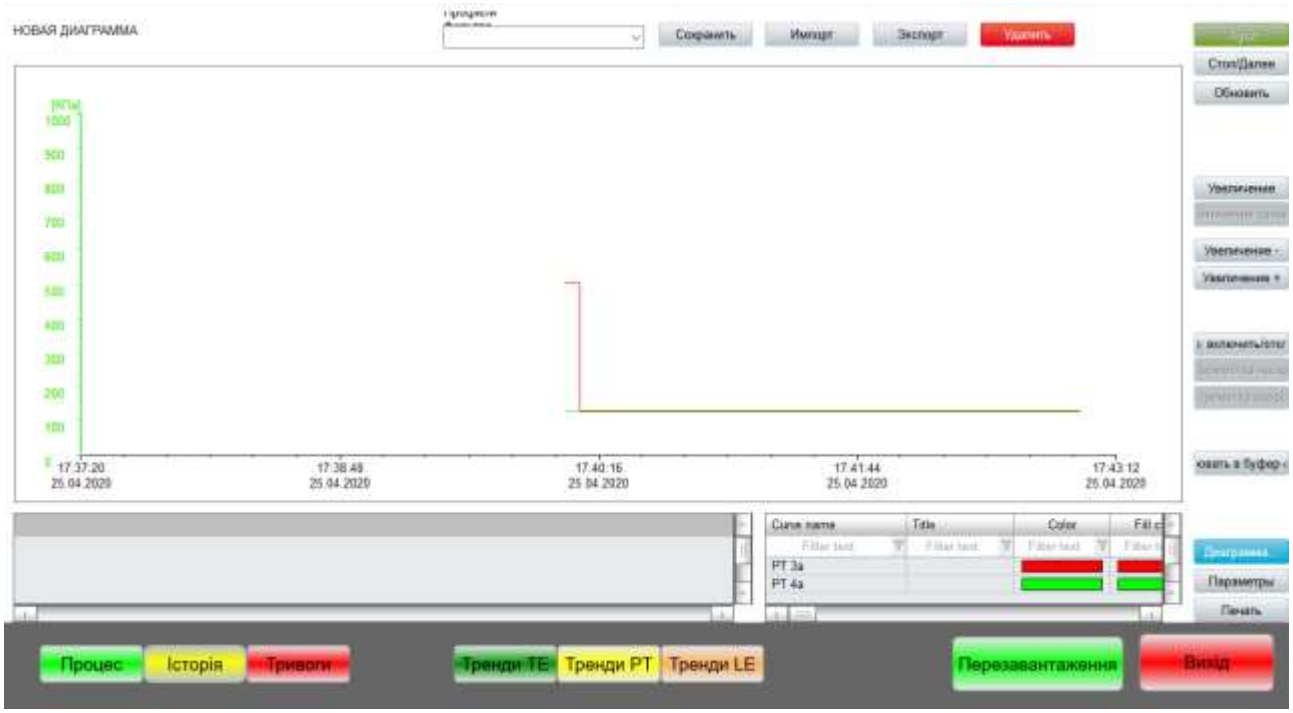


Рис.6. 6. Вікно вкладки трендів тиску

Рис.6.7. Вікно вкладки трендів рівня

7. Комп’ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.

7.1. Постановка задачі дослідження.

Комп’ютерне моделювання - це інструмент математичного моделювання, що використовується для вивчення складних систем. Комп’ютерні моделі використовуються для отримання нових знань про об’єкт або для наближення поведінки систем, занадто складних для аналітичних чи польових досліджень.

У дипломному проекті виконується комп'ютерне моделювання для підсистеми управління технологічною змінною для наступних завдань:

- визначення оптимальної структури та / або параметрів SAR;

- вивчення властивостей ПАР (стабільність, якість, енергоспоживання);

- дослідження SAR технологічними об'єктами, що працюють в умовах нестаціонарності / нелінійності / невизначеності тощо.

Комп’ютерне моделювання виконується в програмному середовищі Matlab, використовуючи зовнішні функції Toolbox та Simulink. [11]

Постановка проблеми: Для ферментера №1 в системі автоматизації визначити оптимальні налаштування ПІД-регулятора.

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

У кваліфікаційній роботі в якості об'єкта контролю температури сусла була взята математична модель ферментаційного апарату №1. Температуру в пристрої слід підтримувати на рівні 25 градусів. Різниця. рівняння пристрою для контролю температури:

$$30\ [\ d(\Delta t)/dt] + \Delta t = 1{,}8 * \Delta Q_X + 0{,}3 * \Delta W1$$

де Δt – зміна температури всередині барабана ,°C; $\Delta Q_Г$ – зміна витати гарячої води, л/год; ΔQ_X – зміна витрати холодної води при охолодженні, л/год; $\Delta W1$ – кількість сусла, що випаровується за одиницю часу.

Ефектом контролю, який ми маємо, буде зміна споживання холодоагенту,

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ханенко Д.І.			Розробка системи автоматизації процесу бродіння на пивзаводі	Літ.	Арк. 72 / Акрушів 5
Перевір.		Клименко О.М.					
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ АК-4-2	
Зав.кафедри		Ельперін І.В.					

порушення - кількість сусла, яке випаровується за одиницю часу.

Запишемо рівняння в операторній формі:

$$(30p+1)^*\Delta X_1(p)= 1{,}8^*\Delta U_1(p)+0{,}3^* Z_1(p);$$

Визначимо передаточні функції для різних ємностей:

$$W_{1U}(p)=\frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)}=\frac{1{,}8}{30p+1};\ W_{1Z}(p)=\frac{\Delta X_1(p)}{\Delta Z_1(p)}=\frac{0{,}3}{30p+1};W_{2U}(p)$$

Складаємо структурну схему об'єкта.

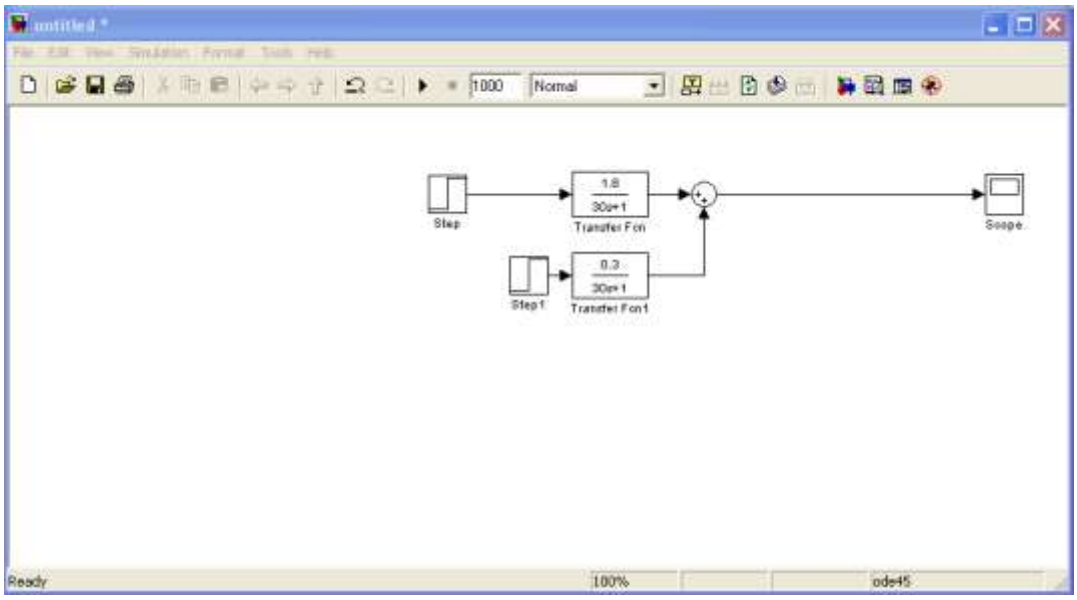


Рис.7.1. Структурна схема АСР

7.3. Моделювання САР

Настройка ПІД- регулятора

Налаштування ПІД-регулятора визначаються за допомогою Ziegler-Nichols. Для цього ми знаходимо критичний Кр, при якому система знаходиться на межі стійкості .

Кр крит = 1,8. Тп = 80 (с).

Приблизним методом розрахунку налаштувань регуляторів є метод не згасаючих коливань (у технічній літературі він називається методом Циглера-Нікольса). Закрита система автоматичного управління з Р-регулятором перемикається в режим автоколивань за допомогою збільшення $К_{рег}$. Якщо в системі працює ПІ-регулятор, то $Т_і \to \infty$, при ПІД-регуляторі $Т_і \to \infty$, $Т_д \to 0$. Для отримання автоколивань визначають критичні значення $К_{рег}^{крит}$ і період $Т_п^{крит}$. Тоді наближеними параметрами настройки ПІД-регулятора будуть :

Кп= Кп(крит)*0,6;

Кі=(1,2*(крит))/Тп;

Кд=0,075* Кп(крит)*Тп;

Зменшення передавального числа контролера дозволяє забезпечити необхідний запас міцності, хоча загалом отримані налаштування не гарантують досягнення крайності показника якості, наприклад, інтегрованого критерію.

Кп= Кп(крит)*0,6=0,6*1,8=1,08;

Кі=(1,2* Кп (крит))/Тп=(1,2*1,8)/80=0,027;

Кд=0,075* Кп(крит)*Тп=0,075*1,8*80=10,8;

Встановлюємо коеф. Настройки ПІД-регулятора в структурну схему і отримуємо перехідний процес, який має такі якісні показники: ф=0,83, А1=2,3. Порівнюючи це з переходом. У процесі роботи з ПІ-контролером можна сказати, що час регулювання ПІД-регулятора менше, але не набагато, ступінь загасання більший, а динамічна похибка також менша. Тобто ми робимо висновок, що використання ПІД-регулятора в цьому випадку є доцільним.

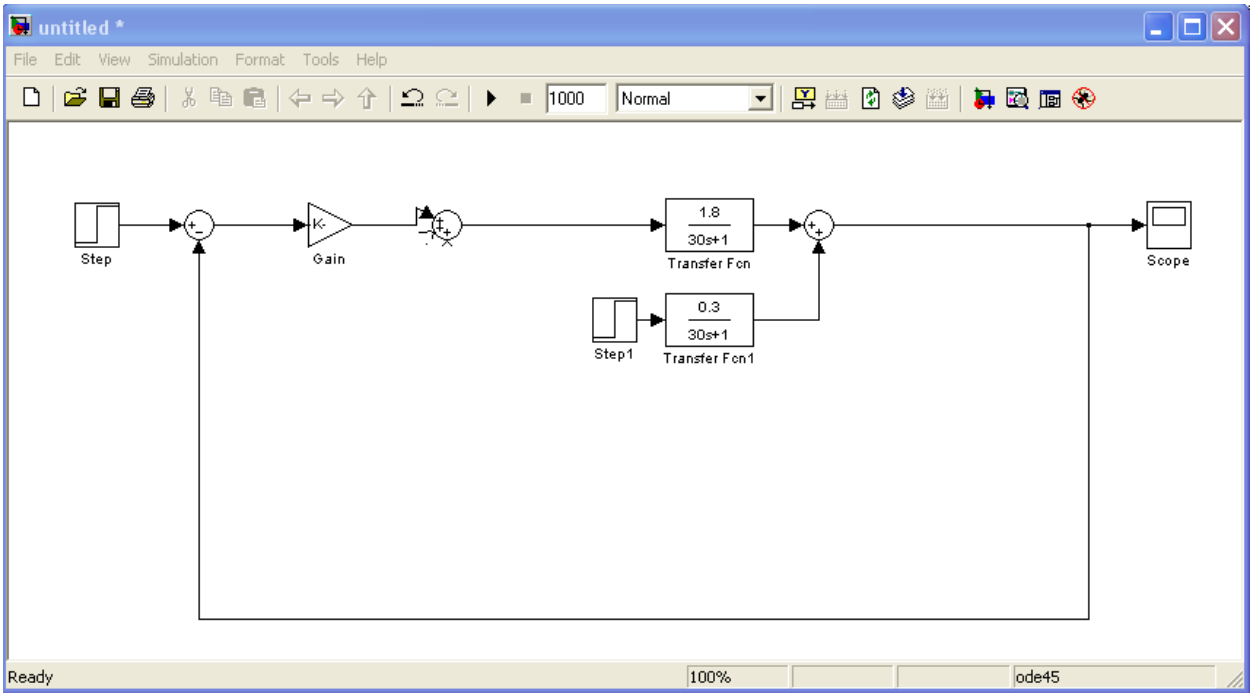


Рис.7.2. Структурна схема АСР з П-регулятором

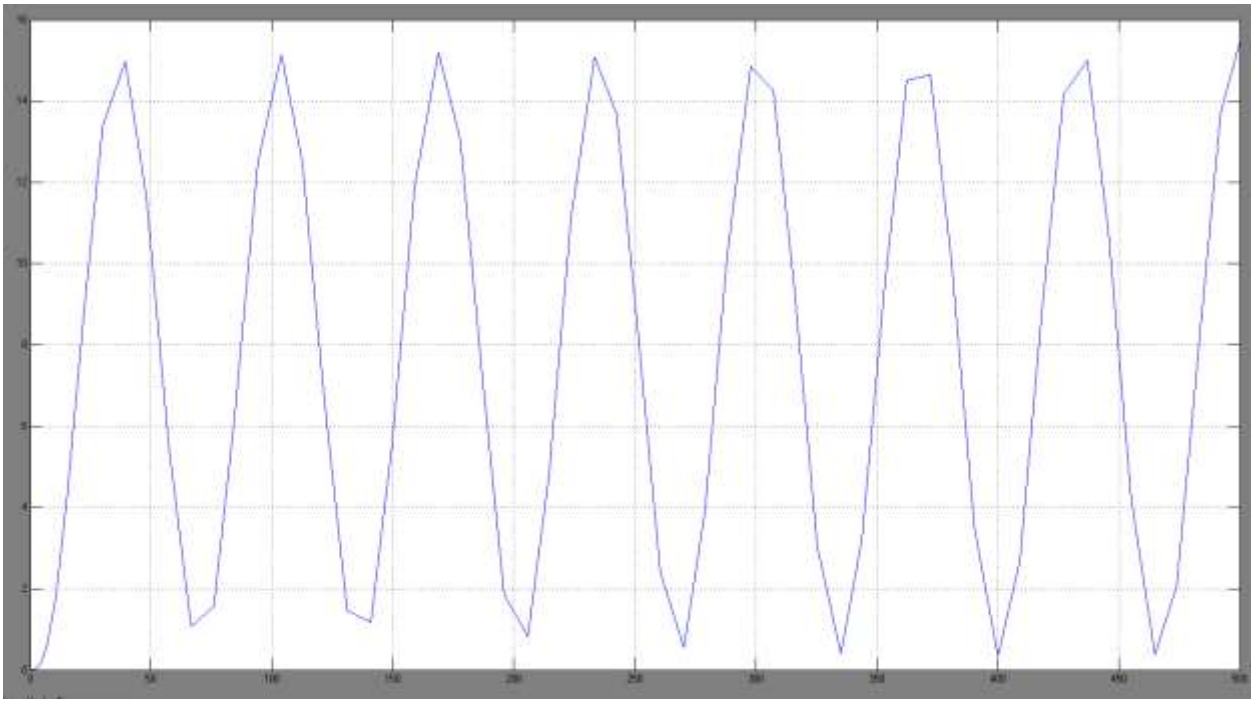


Рис.7.3. Перехідний процес АСР з П-регулятором на межі стійкості (Кп(крит.)=1,8)

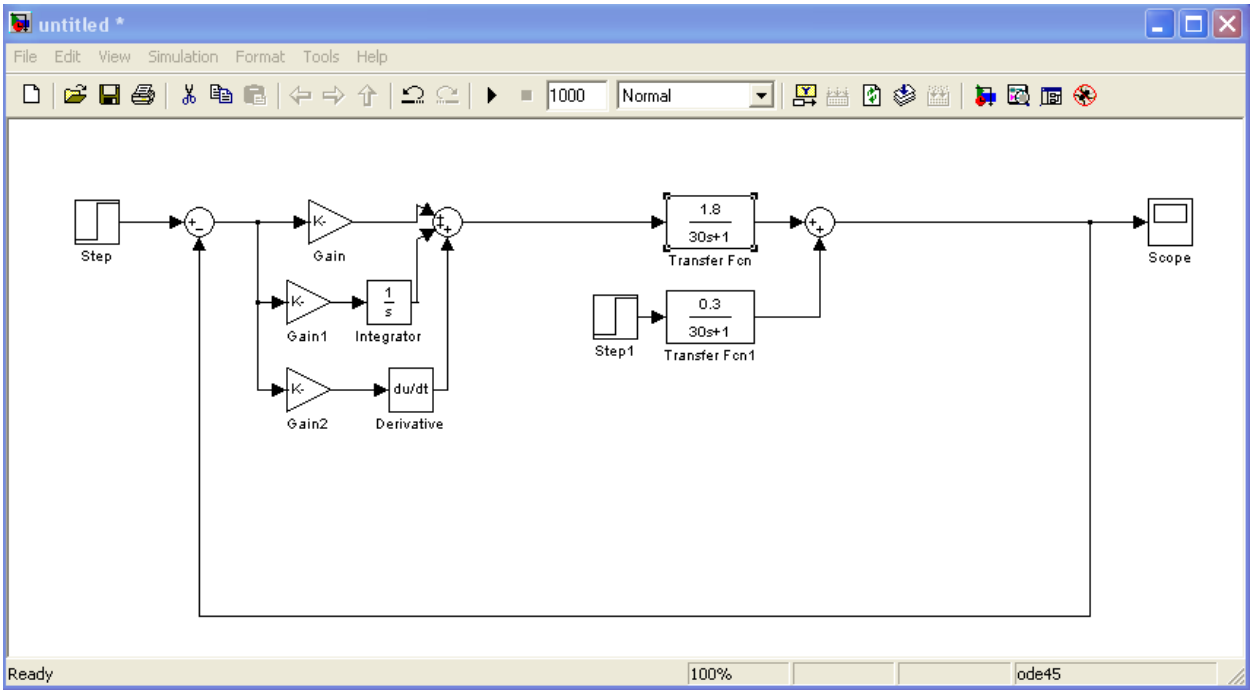


Рис.7.4. Структурна схема АСР з ПІД-регулятором

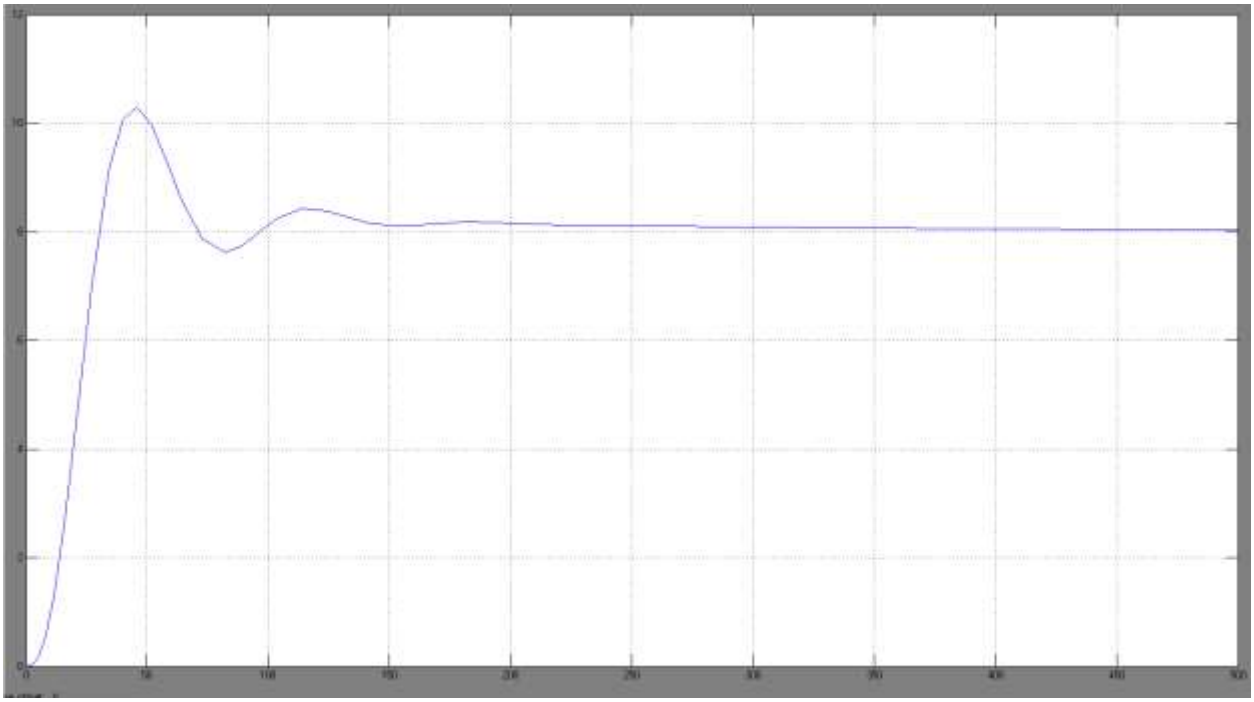


Рис.7.5. Перехідний процес АСР з ПІД-регулятором.

ψ =(A1-A3)/A1=(2,3-0,4)/2,3=0,83; A1= $X1_{\max}$ =2,3 °C; ΔX_{cm} =0 °C;

Висновок: У цьому розділі була складена структурна діаграма АСР та розраховані оптимальні налаштування ПІД-регулятора методом Ціглера-Ніколсона. Ступінь загасання ф = 0,83, що характеризує систему з найкращого боку

Висновки

У цій кваліфікаційній роботі розглядалася система автоматизації управління ферментаційним відділом пивоварні. Я розробив систему управління на базі контролера Siemens S7-1500 від Siemens, для цього об’єкта тут використовували прилади для вимірювання температури, прилади для вимірювання рівня, витратоміри. Всі пристрої сумісні з роботою в парі з контролером, що дозволило реалізувати роботу всього об'єкта на робочій станції оператора. Я розробив алгоритм роботи об'єкта, впровадив програму та змоделював роботу об'єкта, вибрав пристрої для підключення до контролера, надав схеми підключення, розробив специфікацію на замовлення пристроїв, відповідно розробив та впровадив SCADA / HMI для оператора.

У майбутньому використання цього обладнання буде застарілим і втратить прибуток компанії порівняно з новітніми технологіями, які будуть розроблені, тому рекомендується модернізувати САУ після досягнення певного прибутку після окупності для підвищення ефективності роботи заперечують і збільшують прибуток.

Список використаної літератури

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Ліра-К, 2015. — 378 с.

2. Трегуб, В.Г. Проєктування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. — Київ: Ліра-К, 2014. — 344 с.

3. Ельперін, І.В. Програмування промислових контролерів у середовищі UnityPro: навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. — Київ: Ліра-К, 2013. — 340 с.

4. Сідлецький, В.М. Основи автоматизації теплоенергетичних процесів та установок: навч. посібник / О.І. Левченко, В.М. Сідлецький. – Київ: НУХТ, 2014. – 227 с.

5. Ладанюк, А.П. Системний аналіз складних систем управління: навч. посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко. – Київ: НУХТ, 2013. – 274 с.

6. Трегуб, В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – Київ: НУХТ, 2006 – 139 с.

7. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – Київ: Ліра-К, 2011. – 552 с.

[1] – Бродильне відділення пивзаводу. URL: https://www.czechminibreweries.com/uk/production/technology-fermentation-maturation-process/

[2] – TA2812. URL: https://www.ifm.com/ru/ru/product/TA2812

[3] – PA3020. URL: https://www.ifm.com/ru/ru/product/PA3020

[4] – LR3300. URL: https://www.ifm.com/ua/ru/product/LR3300

[5] – SM0510. URL: https://www.ifm.com/ru/ru/product/SM0510

[6] – Kemtrak TC007. URL: https://www.kemtrak.com/product/tc007/

[7] - FR-F740-00250-EC. URL: https://www.rivkora.ru/fr-f740-00250-ec.html

[8] – Siemens S7-1500. URL: https://www.siemens-pro.ru/components/s7-1500.htm

[9] – TIA Portal. URL: https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html

[10] – Zenon Scada. URL: https://www.copa-data.com.ua/zenon-v-ukraine/znakomstvo-s-zenon

[11] - МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» - НУХТ, 2020 , Укладачі: І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка.