

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

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

«До захисту в ЕК»

Декан факультету

_____ Форсюк А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» лютого 2021 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Ельперін І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» лютого 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 технологічного процесу пастеризації молока

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗАК-5-1

_____ Бондар Іван Костянтинович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Іващук В'ячеслав Віталійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент _____ Бойко Р. О
(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

« 9 » листопада 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Бондар Іван Костянтинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації технологічного процесу пастеризації молока

керівник роботи д.т.н., доцент Іващук В'ячеслав Віталійович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 9 » листопада 2020 р. № 932-к

2. Строк подання здобувачем роботи «8» лютого 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. Характеристика об'єкта автоматизації. 1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Опис системи автоматизації. 2.1. Схема автоматизації. 2.2. Специфікація засобів автоматизації 2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів. 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера. 3.2. Загальна схема підключення. 3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів. 4. Опис встановлення технічних засобів. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного 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.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації. 2. Схеми підключення датчиків до ПЛК. 3. Схеми підключення виконачих механізмів до ПЛК 4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

6. Дата видачі завдання 9 листопада 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Бондар І. К.

(підпис)

Керівник роботи Іващук В. В.

(підпис)

Анотація

У кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації технологічного процесу пастеризації молока.

У роботі представлений опис технологічного процесу пастеризації молока, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, схема складання технічних засобів автоматики - датчика температури TR10-C, схема підключення датчиків і виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення.

Розроблено алгоритм та програму управління процесом пастеризації молока. Програма розроблена для ПЛК M580. Інтерфейс мнемо-дисплею процесу пастеризації молока був розроблений в програмному забезпеченні Zenon Scada від COPA-DATA, а його зовнішній вигляд представлений у примітці.

Також була складена блок-схема коефіцієнта питомого поглинання для установки для пастеризації, проведено дослідження стійкості об'єкта за критерієм Михайлова та встановлено запас стійкості за допомогою критерію частоти Найквіста в середовищі Matlab.

Ключові слова: молоко, M580, пастеризатор, SCADA.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Annotation

In qualification work development of the system of automation of the technological process of pasteurization of milk is considered.

The paper presents a description of the technological process of milk pasteurization, tasks for automation system, automation scheme, specification of technical means of automation, assembly diagram of technical means of automation - temperature sensor TR10-C, connection diagram of sensors and actuators to PLC and extended connection schemes.

An algorithm and a program for controlling the process of milk pasteurization have been developed. The program is designed for PLC M580. The interface of the display mnemonic of the milk pasteurization process was developed in the Zenon Scada software from COPA-DATA and its appearance is presented in the note.

A block diagram of the SAR for the pasteurization plant was also drawn up, a study on the stability of the object according to Mikhailov's criterion was carried out and a margin of stability was found using the Nyquist frequency criterion in the Matlab environment.

Keywords: milk, M580, pasteurizer, SCADA.

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

Зміст

Вступ.....	6
Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації.....	8
1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	13
Розділ 2. Опис системи автоматизації.....	16
2.1. Схема автоматизації	16
2.2. Специфікація засобів автоматизації	19
2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів.....	20
Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	30
3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера.....	30
3.2. Загальна схема підключення.....	38
3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів.....	44
Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів.....	49
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	57
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	66
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	68
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	71
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання... 	75
Висновки.....	82
Список використаної літератури.....	83

Вступ

Передові технології забезпечують високий ступінь використання корисної фракції сировини, можливість отримання високоякісного продукту, мінімальне питоме споживання енергії та мінімальну тривалість технологічних операцій. Для забезпечення цих показників використовується автоматизація виробництва харчових продуктів.

В автоматизованому режимі роботи установки або лінії роль людини здебільшого зводиться до включення об'єкта або виконання певних ручних функцій.

Основними перевагами автоматизації є можливість забезпечити:

- підвищення продуктивності праці та поліпшення умов праці;
- виконання робіт у важкодоступних або недоступних для людини сферах;
- підвищення точності, якості технологічних процесів та супутніх продуктів.

Сучасний розвиток промислового виробництва пастеризованого молока супроводжується все більшим використанням систем автоматичного управління процесом.

Широке використання АСУ зумовлене забезпеченням заданої якості продукції, яка виробляється незалежно від суб'єктивних факторів, зниженням вартості цінної продукції, зниженням витрат на оплату праці та підвищенням культури виробництва.

Характерними рисами сучасного виробництва пастеризованого молока є якісне забезпечення технологічних процесів, що дозволяють збільшити термін придатності, зменшити відходи або мінімізувати використання консервантів. Тому зі збільшенням рівня автоматизації технологічних процесів завдання управління ними ускладнюється.

Термічна обробка має велике значення у виробництві пастеризованого молока. Якість продукту багато в чому залежить від збереження встановлених режимів теплової обробки молока. Це не тільки зменшує загальну кількість мікроорганізмів, але і надає продуктам відповідні властивості (смак, запах).

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

Автоматичне управління лінією для пастеризації молока дозволяє зменшити витрати молока при прийомі молока, запуску та зупинці розливу, краще провести промивання обладнання.

Використання мікропроцесорної технології може значно покращити якість управління процесом та надає більше інформації про процес, а також звільняє оператора, що призводить до зниження виробничих витрат. [1]

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

Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації

1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації

Молоко, яке надходить безпосередньо в роздріб і для виробництва молочних продуктів, має бути пастеризоване.

Пастеризація - це нагрівання молока до температури 63 ... 90 ° С з метою знищення мікроорганізмів та підвищення його стійкості під час зберігання. Залежно від температури нагрівання розрізняють три режими пастеризації: тривалий (30 ... 40 хв.) До температури 63 - 65 ° С, короткочасний (20 ... 30 с) - до 71-76 ° С і миттєве (2 ... 3с) - до 85-90 ° С.

При пастеризації повністю зберігаються всі якості незбираного молока. Не потрібно нагрівати молоко вище 90 ° С, оскільки це призводить до втрати частини білка.

Тривала пастеризація використовується для переробки невеликої кількості молока.

Миттєва та короткочасна пастеризація застосовується як у промисловому виробництві, так і в умовах тваринницьких ферм. Ці режими пастеризації забезпечують високу якість обробленого продукту. Миттєва і короткочасна пастеризація проводиться в спеціальних пристроях - пастеризаторах. Тривала пастеризація проводиться в ящиках з гарячою водою та ваннах для тривалої пастеризації.

Існуюче обладнання для пастеризації молока:

Одним з найпростіших видів приладів для нагрівання та пастеризації молока є ванни тривалої пастеризації.

Нагрівання молока у ваннах тривалої пастеризації здійснюється гарячою водою, яка нагрівається за допомогою пари безпосередньо в так званий «сорочці», а охолоджуюча - крижаною водою, яка потім проходить через цю «сорочку».

					Кваліфікаційна робота						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації технологічного процесу пастеризації молока				Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Бондар І.К.									
Перевір.		Іващук В.В.								8	8
									НУХТ ЗАК-5-1		
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.									
Зав.кафедри		Ельперін І.В.									

Ванна тривалої пастеризації складається з вертикального циліндричного бака, виготовленого з кислотостійкої нержавіючої сталі і виконаного у формі двостінного зовнішнього корпусу, повітряний шар якого виконує роль теплоізоляції. Міжстінний простір між молочним баком і корпусом служить водяною сорочкою. Для подачі пари в нього під дном внутрішнього резервуара розміщений парозбірник (барботер).

Міжстінний простір спорожняється через клапан, а охолоджена вода зливається через трубу.

В процесі нагрівання, охолодження та зберігання молоко змішують з гвинтовою мішалкою. З ванни зливається краном. Змішувач має привід, що складається з електродвигуна та передачі тертя, закріплених на основній пластині. Температуру виробу контролюють за допомогою термометра.

Ванна кімната обладнана кришкою та трьома опорами. Ванна встановлюється в горизонтальному положенні на рівні, обертаючи регульовальні болти в опорах ванни.

Тривала пастеризаційна ванна працює наступним чином. Пар через колектор (барботер) потрапляє у воду, яка заповнює простір між стінками, і нагріває його до 96°C . Конденсат пари змішується з водою, надлишок якої стікає через переливну трубу.

Гаряча вода через стінку внутрішнього резервуара нагріває молоко. Коли досягається задана температура, паровий клапан частково закривається, а молоко витримується при температурі пастеризації. Потім паровий клапан повністю закривається і відкривається клапан холодної води, який поступово витісняє гарячу воду з простору між стінками і охолоджує молоко. В кінці технологічного циклу молоко зливається з ванни, а внутрішній резервуар ванни та всі частини, що контактують з молоком, промиваються миючим розчином і споліскуються теплою водою.

Витрата пари на пастеризацію 1000 кг молока у ваннах тривалої пастеризації становить 100 ... 140 кг, що в 4,5 ... 5 разів більше, ніж у сучасних плитних установках. Останнє свідчить про низьку ефективність ванн для

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

тривалої пастеризації та пояснюється тим, що тепло, витрачене на попереднє нагрівання води в сорочці для ванни використовується нераціонально. Крім того, у ваннах тривалої пастеризації не використовується рекуперація тепла, яка широко застосовується в пластинчастих апаратах.

Універсальний бак - це більш продуктивна конструкція теплообмінника резервуара для теплової обробки молока та інших рідких харчових продуктів. Його можна використовувати для охолодження молока від 35 до 5 ... 6 ° С та його зберігання; для нагрівання та пастеризації молока в діапазоні температур 75 ... 90 ° С; для термічної обробки вершків та їх витримки при низькій температурі в процесі дозрівання та нагрівання перед збиванням; для охолодження молока та інших рідких молочних продуктів від 90 до 20 ° С.

У порівнянні з ваннами тривалої пастеризації універсальні резервуари оснащені більш сучасною та ефективною системою обігріву та охолодження, а також приладами контролю технологічних параметрів.

Універсальний бак складається з внутрішнього бака, розміщеного в корпусі. Простір між цими баками і корпусом служить водяною сорочкою, в якій для збільшення інтенсивності руху робочої рідини (холодної та гарячої води) встановлена труба - водопровід. Через нього вода насоса знизу водяної сорочки подається під тиском у бічний кільцевий простір.

Між корпусом резервуара та оболонкою є повітряний шар, який виконує роль теплоізоляції, яка захищає шкіру резервуара від нагрівання чи охолодження, а також зменшує втрати тепла та холоду в навколишнє середовище.

Між дном внутрішнього бака і дном корпусу встановлений трубчастий теплообмінник, який підключається до розподільної лінії або холодильної установки для зберігання води. Під теплообмінником встановлений барботер для нагрівання води парою. У нижній частині внутрішнього бака вбудований датчик дистанційного термометра, патрубок зливного крана і лопатева мішалка, яка приводиться в обертання від вала двигуна.

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

Універсальний бак працює таким чином. Перед пастеризацією міжстінний простір резервуара заповнюється водою, поки вона не з'явиться з переливної труби.

Потім наповніть ємність молоком, увімкніть мішалку та насос для циркуляції води. Після цього в барботер пускають пару і температуру води доводять до 90 ... 96 ° С. Надлишок води (від конденсації пари) стікає по переливній трубці.

Після нагрівання до заданої температури, контрольованої за допомогою дистанційного термометра, молоко підтримують протягом певного часу, а потім припиняють подачу пари і запускають холодну воду. Циркуляційний насос вимкнено. Вичавивши гарячу воду через переливний трубопровід, знову увімкніть насос та охолодіть молоко до температури 2-3 ° С вище водопровідної води. Для охолодження молока до нижчої температури водопровідну воду відключають, а в котушку подають крижану воду або розсіл.

Змішувач і циркуляційний насос, змішуючи молоко і проміжний холодоагент, прискорює процес охолодження молока.

Щоб запобігти нагріванню охолодженого молока під час тривалого зберігання, змішувач та циркуляційний насос включаються в роботу кожні 1,5 ... 2 год.

До недоліків універсальних теплообмінних баків, а також тривалих пастеризаційних ванн можна віднести: відсутність рекуперації тепла і постійний контакт продукту з повітрям.

Для пастеризації молока безперервним потоком, в основному, використовують пристрої для пастеризації з пластинчастим охолодженням. Системи автоматичного управління такими пристроями повинні забезпечувати дотримання заданих режимів нагрівання та охолодження молока, час його витримки при постійній температурі, а також запобігати випуску неопалюваного продукту з пристрою. Основними функціями системи управління тут є контроль, реєстрація та регулювання температур нагрівання та охолодження молока, стабілізація його витрат, автоматичний контроль повернення неопаленого

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

продукту, пуск, зупинка та циркуляційне промивання пристрою після використання.

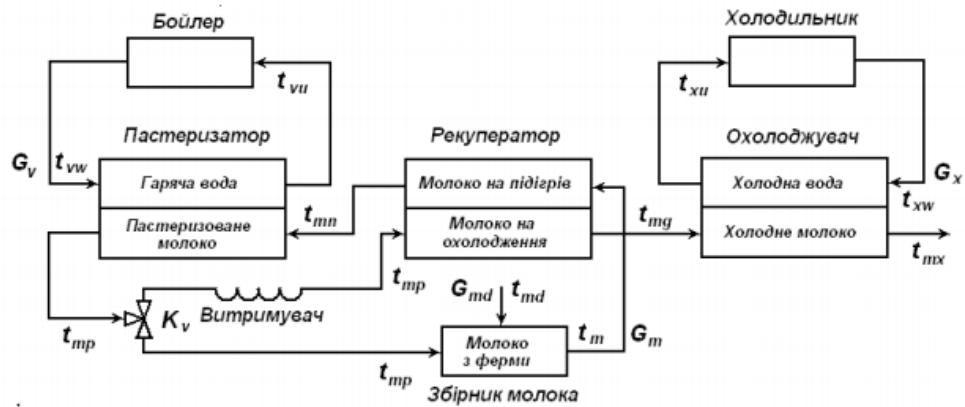


Рис.1.1. Структурна схема пастеризатора молока

де t_m , t_{mn} , t_{mg} , t_{mx} , t_{mr} - температура на вході в рекуператор, нагріта на виході з рекуператора, охолоджена після рекуператора, холодне і пастеризоване молоко; t_{xw} , t_{xu} - температура холодної води на вході та виході з охолоджувача; t_{vw} , t_{vu} - температура гарячої води на виході та вході в котел, t_{md} - температура молока з ферми, ° С; V_{md} , V_m , V_v , V_x - об'ємне споживання молока з ферми та холоду на рекуператорі, витрата гарячої води та води в охолоджувачі, м³ / с; G_{md} , G_m , G_v , G_x - масова витрата молока, кг / с, ρ_{mr} - середня щільність молока та води, кг / м³; C_m , C_v - теплоємність молока та води, Дж / (кг · ° С); F_p , F_{np} , F_x - поверхні теплообміну в пастеризаторі, в рекуператорі та в охолоджувачі, м²; V_{vp} , V_{mp} - обсяги води та молока в пастеризаторі; V_{n1} , V_{n2} - холодне та гаряче молоко в рекуператорі, V_{vx} , V_{mx} - холодна вода та молоко в охолоджувачі, м³.

Основними причинами коливань температури пастеризації молока t_{mr} є невідповідність споживання молока на вході G_{md} , зміна температури молока, що надходить з ферми t_{md} , зміна споживання гарячої води від котла t_{vw} , зміна коефіцієнтів тепловіддачі k_r , k_p , k_x внаслідок забруднення поверхнею теплопередачі пастеризаторами коагульованого молочного білка. Через конструктивні особливості пастеризатора прийнято таке: $V_{vp} = V_{mp}$, $V_{n1} = V_{n2}$, $V_{vx} = V_{mx}$.

Для стабілізації температури пастеризованого молока t_{mr} в якості

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

контрольної дії приймають витрати енергії на нагрівання гарячої води, що призводить до зміни температури води на виході з котла t_{vw} та вартості гарячої води G_v . Для процесу відновлення молока нагрівання холодного молока гарячим з одночасним охолодженням пастеризованого молока та стабілізації температури молока на виході з рекуператора t_{mn} , який переходить у пастеризатор.

Контролюючими діями можуть бути коефіцієнт рециркуляції молока K_v , а порушення - температура молока з ферми t_{md} та вартість молока на пастеризацію G_{md} .

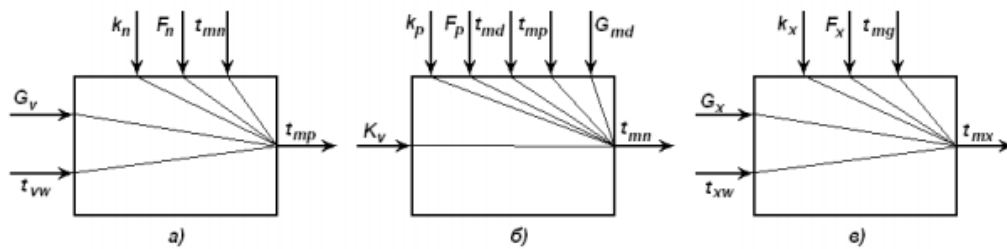


Рис.1.2. Параметрична схема секцій пастеризатора молока: а) об'єкт керування пастеризатором; б) об'єкт керування рекуператором; в) об'єкт керування охолоджувачем

Основним джерелом коливань температури молока на виході з охолоджувача t_{mx} є зміна температури холодної води t_{xw} та її витрати G_x , на що може впливати тиск холодоагенту у водяному холодильнику, потік молока, що надходить у охолодження. В якості контрольної дії в ланцюзі для стабілізації температури холодного молока ви можете взяти витрати на холодну воду для охолодження молока G_x . Інформаційно-параметричні схеми секцій пастеризатора як об'єктів управління за пастеризатором - рекуператором та охолоджувачем представлені на рис. 1.2, де параметр управління показаний зліва, входні параметри та дії збурень - зверху, а параметри управління - праворуч. [2]

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1.

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	Зона охолодження пасторизатора	Температура	$5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату холодоносія	Ручне управління зі АРМ оператора
2	Зона рекуперації пасторизатора	Температура	$45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
3	Зона пастеризації пасторизатора	Температура	$92^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату теплоносія	Ручне управління зі АРМ оператора
4	Резервуар	Рівень	$90\% \pm 2\%$	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на насос подачі молока із прийомки	Ручне управління зі АРМ оператора
5	Зрівняльний бачок	Рівень	$90\% \pm 2\%$	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на насос подачі молока із резервуара	Ручне управління зі АРМ оператора

7	Трубопр овід подачі молока у пастери затор	Витрата	7м3\год ± 0.5м3\го д	Контроль	Відображенн я Реєстрація	АРМ оператора	
				Регулюва- ння	Стабілізація	Вплив на витрату молока	Ручне управлі ння зі АРМ операт ора
8	Трубопр овід відводу сливок на подаль шу перероб ку	Витрата	7м3\год ± 0.5м3\го д	Контроль	Відображенн я Реєстрація	АРМ оператора	
				Регулюва- ння	Стабілізація	Вплив на витрату сливок	Ручне управлі ння зі АРМ операт ора

Розділ 2. Опис системи автоматизації

2.1. Схема автоматизації

На основі параметричних діаграм секцій пастеризатора секції 1 молока розроблена функціональна схема автоматизації блоку пастеризації та охолодження (рис. 1).

Блок пастеризації та охолодження пластинчастого типу включає пластинчастий теплообмінник, вирівнюючий бак з поплавковим регулятором рівня молока в резервуарі, відцентровий насос, сепаратор молока, тримач, блок підготовки теплоносія, пульт управління з управлінням процесом та регулювальні пристрої.

Пластинчастий теплообмінник має секції, в яких проводяться такі процеси: пастеризація (нагрівання продукту до температури пастеризації), охолодження (вода, охолодження розсолом або крижаною водою), відновлення теплообміну між гарячими і холодними продуктами.

На двох стійках (передній і задній) приладу зміцнені два стрижні, які є опорами теплообмінних пластин, кутові отвори пластин оточені прокладками. По периферії пластини розміщена прокладка.

При складанні пристрою та стисканні пластин утворюються дві ізольовані системи герметичних каналів. В одному каналі рухається гаряче середовище, а в іншому - холодне. Зібрані плити поєднуються в секції. У середині секцій пластини згруповані в упаковки, в каналах яких паралельно рухається виріб. Вирівнююча ємність являє собою ємність з насадками для впуску та випуску продукту. У середині резервуара є регулюючий клапан, який підтримує постійний рівень продукту в резервуарі.

Відцентровий насос призначений для збору молока з бака і подачі його в пластинчастий теплообмінник. У сепараторі - очищувачі молока нагріте в пристрої молоко очищається від механічних домішок.

					Кваліфікаційна робота				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації технологічного процесу пастеризації молока	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Бондар І.К.							
Перевір.		Іващук В.В.					16	14	
						НУХТ ЗАК-5-1			
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.							
Зав.кафедри		Ельперін І.В.							

Пастеризація питного молока, кисломолочних продуктів, вершків для пиття та морозива проводиться в різних установках пастеризації та охолодження.

У блоці пастеризації та охолодження питного молока сире молоко потрапляє в вирівнювальний бак, в якому за допомогою поплавкового регулятора підтримується постійний рівень продукту. Відцентровий насос забирає продукт з резервуара і подає його в секцію рекуперації теплообмінника, де молоко нагрівається до 40-45 ° С, встановлений за регулятором потоку відцентрового насоса, забезпечує постійний потік молока, що надходить у теплообмінник .

Нагріте молоко надходить у сепаратор - очищувач молока, де його очищають від механічних домішок, а потім подають у другу секцію пастеризації, де нагрівають водою до 76-78 ° С. Молоко витримують при температурі пастеризації та направляється для охолодження в охолоджувальну секцію. Охолоджене до 4-6 ° С молоко проходить через поворотний клапан, який направляє потік молока або в ємність для зберігання (при дотриманні режимів переробки), або при багаторазовій пастеризації в вирівнюючому резервуарі (при порушенні режимів пастеризації).

Схема автоматизації процесу пастеризації молока складається з вимірювання, сигналізації та контролю ланцюгів, температури, рівня та витрати.

Схема вимірювання та управління температурою:

Вимірювання та регулювання температури відбувається в пастеризаторі (зона охолодження та пастеризації). Вимірюємо термометрами опору pt100, сигнали від датчиків передаються на вторинні перетворювачі TR10-C (1б, 3б), потім сигнали передаються з перетворювачів на модуль аналогових входів МПК, де сигнали обробляються в програмі, і якщо є невідповідність встановленому значенню, тоді на вихід МПК подаються контрольні сигнали 4-20 мА, які подаються на електропневматичні перетворювачі Fisher i2P-100 (1в, 3в), сигнали 4-20 mА перетворюються в пропорційні уніфіковані пневматичні сигнали 20-100 кПа, які в свою чергу подаються на пневматичні клапани Fisher 2052 (1г, 3г), регулюючи подачу гарячої та холодної води до пастеризатора.

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

Схема вимірювання температури:

Вимірювання температури відбувається в пастеризаторі (зона відновлення температури). Вимірюємо за допомогою термометрів опору pt100, сигнал від датчика передається на вторинний перетворювач TR10-C (2б), потім сигнал перетворюється з перетворювача на аналоговий вхідний модуль МПК, де сигнал обробляється і служить додатковою інформацією для системи автоматизації.

Схема вимірювання та контролю рівня:

Рівень вимірюється та регулюється у резервуарі для всмоктування молока та резервуарі для вирівнювання. Виміряний за допомогою рівнемірів радарного типу GRLM-70 (4б, 5б), сигнал від перетворювачів вторинного рівня передається в модуль аналогових входів МПК, де сигнали обробляються в програмі, і при наявності невідповідності із заданим значенням, вихід сигналів керування МПК 4-20 мА, які подаються на перетворювачі частоти SINAMICS G120 (4в, 5в), які управляють двигунами насосів М1, М2 і закачують молоко в бак і вирівнювальний бак.

Схема вимірювання та управління витратою:

Вимірювання витрати виконується за допомогою витратомірів EFM-115 (6б, 7б), сигнал від вторинних перетворювачів потоку передається в модуль аналогових входів МПК, де сигнали обробляються в програмі, і при наявності розбіжностей з заданого значення, вихідні сигнали управління МПК 4 -20 мА, які подаються на електропневматичні перетворювачі Fisher i2P-100 (6в, 7в), сигнали 4-20 мА перетворюються на пропорційні уніфіковані пневматичні сигнали 20-100 кПа, які в свою чергу подаються на пневматичні клапани Fisher 2052 (6г, 7г), регулюючи витрату рідини в баку.

Двигунами насосів М3, М4, М5 та двигуном сепаратора М6 керують за допомогою перетворювачів частоти SINAMICS G120 (8а, 9а, 10а, 11а).

Поворотний клапан KPR-TZ (12б) управляється за допомогою електропневматичного перетворювача Fisher i2P-100 (12а).

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

2.2. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1.

№ п. п.	№ Поз-иції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
1	16,26, 36	Діапазон застосування від -200 ... +600 ° С (-328 ... +1,112 ° F); Складова захисна гільза модель TW35 включена; Підпружинена вимірювальна вставка (змінна); Вибухозахищені виконання	TR10-C	С	3	WKA, Україна
2	1а,2а, 3а	ПВП вимірювання температури. Термометр опору. Тип: МКн (Спеціалізація - низькі температури, вакуум, інертні і відновні атмосфери, окислювальні - частково) Позначення: Т (Cu-CuNi) Робочий діапазон: -200 ... 260 С (Pt100)	Pt100		3	ОАО «Тера», Україна
3	1в,3в, 6в,7в, 12а	Вибухозахищеність, іскробезпечність, незаймистість, загальне призначення, вибухозбезпечність Протокол передачі даних: 4-20 мА, аналоговий сигнал; Інтерфейс даних: Провідний; Максимальний вихідний тиск : 2,3 бар (33 фунт / кв. Дюйм); Тип монтажу: віддалений монтаж, монтаж на приводі;	Fisher i2P-100		5	Emerson Electric, США
4	1г,3г, 6г,7г, 12б	Спрацювання: Повернення під дією пружини, чверть оборотний, поворотний; Тип управління: Відкривання / закривання, дроселювання; Джерело живлення: Пневматичне ; Тип клапана: Кульовий клапан, дросельний клапан, ексцентриковий корковий клапан, трьох ексцентриковий дисковий затвор	Fisher 20 52		5	Emerson Electric, США
5	46,5б	Рівнемір радарний універсального застосування, прямий монтаж в ємності, силоси, на басейни і т.д., Принцип TDR Швидкий перегляд вимірюваних значень на дисплеї; Діапазон вимірювання до 40 м; Лінійне вимір теж в непровідних судинах і судинах різної форми; Вихід по току або виведення даних 4 ... 20 мА, протокол HART®, RS-485 Modbus / RTU.	GRLM- 70	%, м	2	Dinel, Чехія

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

№ п. п.	№ Поз-иції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
6	6б,7б	Електромагнітний витратомір для двонаправленого вимірювання витрати рідини. Діаметр: DN 15-200 мм; Легкий перехід від компактних до окремого виконання; Міцний і довговічний корпус датчика і перетворювача; Індикація напрямку потоку; Живлення: 24 В або 230 В.	EFM-115	л/год м ³ /год	2	Dinel, Чехія
7	4в,5в, 8а,9а, 10а, 11а	Перетворювач частоти Аналоговий вхід (0-10В, 0-20мА, 4-20мА); Напруга живлення: 180...380 В АС; Діапазон вихідної частоти: 0...240 Гц; Робоча температура: 0..55 °С;	SINAMI CS G120		6	Siemens, Німеччина

2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів

Температура:

У якості приладів для вимірювання температури у нашому дипломному проєкті були обрані перетворювачі температури TR10-С.



Рис.2.1. Зовнішній вигляд датчика температури TR10-С.

Датчик RTD модель TR10-С призначений для монтажу в процес, в основному, в ємностях і трубопроводах.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Датчик RTD має в складі платинові чутливі елементи Pt100 і Pt1000, призначені для вимірювання температур в різних галузях промисловості. WİKA пропонує модель TR10-C в різних виконаннях, що дозволяють вирішувати безліч технологічних завдань виробничих процесів. Також даний прилад підходить для безперервного вимірювання температур.

Датчик RTD модель TR10-C підходить для рідких і газоподібних середовищ в умовах помірного механічного навантаження і неагресивних хімічних середовищ. Гільза модель TW35 зварна зроблена з нержавіючої сталі і угвинчується прямо в сполучну головку.

Розташування приєднання до процесу визначається необхідною споживачеві довжиною занурення в процес. При замовленні кращі стандартні довжини занурення. Можливість вибору стандартних довжин зменшує терміни поставки і спрощує зберігання запасних частин на складі.

Датчик RTD модель TR10-C має високу точність вимірювання і стабільність. Класи точності AA, A, B.

Змінна вимірювальна вставка може бути видалена, не виймаючи повністю зонд з процесу. Це дозволяє проводити огляд, заміну, перевірку вимірювального ланцюга і виконувати необхідне обслуговування без зупинки процесу.

Вимірювальна вставка має вібростійку конструкцію, вона складається з мінеральноізовованого дроту (МІ-проводу) і чутливого елемента. Має підпружинену конструкцію, забезпечуючи щільний контакт з дном гільзи. Матеріал оболонки вимірювальної вставки нержавіюча сталь, інші матеріали за запитом.

Довжина занурення, тип приєднання до процесу, дизайн захисних гільз, сполучних головок, тип і кількість сенсорів, похибка і метод з'єднання можуть вибиратися в залежності від застосування.

Датчик має широкий діапазон робочих температур. Згідно з оновленим свідченням про затвердження типу засобів вимірів має розширений міжповірочний інтервал: 5 років для термоперетворювачів опору класу А, В з діапазоном вимірювань температур $-50 \dots + 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 4 роки для

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

термоперетворювачів опору класів А, В з діапазоном вимірювань поза діапазону вимірювань температур $-50 \dots + 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$. [3]

Рівень:

У якості приладів для вимірювання рівня були обрані рівнеміри радарного типу GRLM-70.



Рис.2.2. Зовнішній вигляд датчика рівня GRLM-70.

Рівнеміри радарного типу з спрямованою хвилею GRLM - це компактні вимірювальні пристрої, що складаються з двох основних частин – рівнеміра (корпусу) і зображувального модуля (дисплея). електроніка рівнеміра збуджує дуже короткий електричний імпульс (близько 0,5 нс), який пов'язаний з однопровідниковою проводкою (вимірювальним електродом). Вимірювальний електрод може мати вигляд стрижня або каната. За допомогою електрода імпульс поширюється у вигляді електромагнітної хвилі по напрямку до поверхні, від якої він частково відбивається, а відбита складова повертається назад до приймаючого модулю електроніки рівнеміра. Електроніка вимірює час польоту електромагнітної хвилі і розраховує поточну відстань до рівня поверхні. В залежності від рівня поверхні, налаштовується вихід рівнеміра по току 4 ... 20 мА

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

зі зв'язком HART або виробнича лінія RS-485 зі зв'язком Modbus RTU, і яка вимірювальна величина зображується на дисплеї.

Рівнеміри радарного типу з спрямованою хвилею, завдяки своєму принципу вимірювання, призначені для безперервного вимірювання висоти рівня найрізноманітніших рідин, сипучих матеріалів, кашоподібну і пастоподібних мас. Рівнеміри стійки як до змін в атмосфері (тиск, температура, пил, пар), так і по відношенню до змін параметрів середовища (зміни діелектричної проникності, електропровідності). [4]

Витрата:

У якості приладів для вимірювання витрати були обрані електромагнітні витратоміри EFM-115.



Рис.2.3. Зовнішній вигляд датчика витрати EFM-115.

Електромагнітний витратомір EFM-115 - прилад точного вимірювання, призначений для потоку електропровідних рідин. Пристрій може використовуватися для замірів, індикації, дозування, змішування і т. д. [5]

- Безперервне вимірювання потоку;
- Діаметр: 15-200 мм (фланець);
- Легкий перехід від компактних моделей до віддаленого виконання;
- Міцний і довговічний корпус датчика і перетворювача;
- Індикація напрямку потоку;
- Живлення: 24 В або 230 В.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Принцип дії витратоміра:

Принцип дії витратоміра заснований на явищі електромагнітної індукції (рис 2.4.).

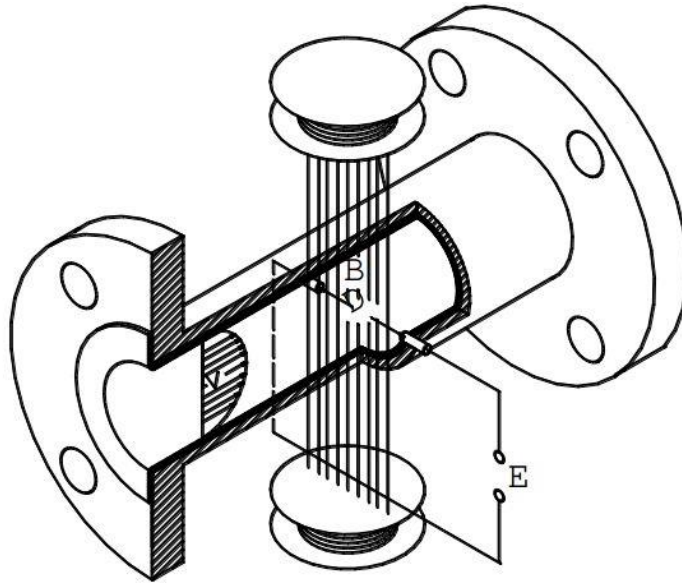


Рис.2.4. Принципова схема електромагнітного витратоміра.

Коли електропровідна рідина рухається в магнітному полі, створюваному електромагнітною системою ППР, між електродами виникає ЕРС (E):

$$E = B \cdot V \cdot D,$$

де B - індукція магнітного поля, генерованого електромагнітним полем

Система ППР; V - середня швидкість потоку рідини; D - відстань між електродами.

Для даного розміру витратоміри B і D є постійними, тому ЕРС E залежить лише від середньої швидкості потоку рідини. Керована ЕРС передається в ППМ, де обчислюється об'ємна швидкість потоку рідини.

Частотний перетворювач:

Для керування двигунами у системі автоматизації використовуються частотні перетворювачі SINAMICS G120.



Рис.2.5. Зовнішній вигляд частотного перетворювача SINAMICS G120.

Перетворювач частоти Sinamics G120C має компактні розміри та моноблочну конструкцію, що виробляється потужністю від 0,55 до 18,5 кВт.

Вони використовуються в основному для тих виробників обладнання, які цінують компактні розміри приводів та широкі функціональні можливості.

Клієнтам доступні лише три розміри перетворювачів G120C.

Електричний привід Siemens G120C підтримує базові інтерфейси для обміну даними. Якщо вам потрібно швидко скопіювати налаштування, ви можете легко це зробити за допомогою панелей оператора BOP та IOP або за допомогою карти пам'яті MMC. Використовуйте програми Sizer і Starter, щоб налаштувати параметри приводу за допомогою ПК. Конвертер G120C підключається до ПК через USB. При установці декількох перетворювачів допускається їх установка стінка до стіни. Привод частоти має векторне управління без датчика ОС, автоматичне зменшення витрати за допомогою ECO U / f. [6]

Область застосування:

Можливе універсальне використання в стрічкових конвеєрах, змішувачах, екструдерах, насосах, вентиляторах, компресорах або просто вантажно-

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розвантажувальні пристрої.

Переваги перетворювачів Siemens Sinamics G120C:

- компактний дизайн;
- установка поруч;
- займає невелику площу;
- роз'ємні клеми;
- функція "клонування" через BOP-2 або SD-карту;
- висока питома потужність, малий обсяг;
- проста установка в обмеженому просторі;
- використання в невеликих електричних шафах, в безпосередній близькості від обладнання;
- проста і швидка параметризація програмного забезпечення;
- просте зручне управління при введенні в експлуатацію та поточній роботі;
- мінімально необхідна підготовка, використання існуючих ноу-хау SINAMICS;
- оптимальний набір параметрів;
- оптимізований процес введення в експлуатацію;
- можливість використання панелей операторів BOP-2 або IOP;
- вбудований USB-роз'єм;
- висока надійність, просте ТО;
- лічильник годин роботи на "Драйв вкл." та "Двигун увімкнено";
- швидкий механічний монтаж;
- вбудовані комунікаційні інтерфейси (DP, CAN, USS, Modbus RTU);
- експлуатація до температури навколишнього середовища 60 ° C.
- інтуїтивне послідовне введення в експлуатацію;
- енергоефективне векторне управління без датчика;
- автоматичне зменшення витрати за допомогою U / f ECO;
- вбудований калькулятор енергозбереження;

Технічні параметри:

Діапазон потужностей: 0,55 - 132 кВт / 0,75 - 150 к.с;

Напруга / частота: 3 AC 380 - 480 В -20% + 10%, 47/63 Гц +/- 5%;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустиме перевантаження:

- Для ILO _out (LO¹): 150% на 3 з плюс 110% на 57 з при навантажувальні циклі в 300 з
- Для IHO _out (HO²): 200% на 3 з плюс 150% на 57 з при навантажувальні циклі в 300 с3;

Ступінь захисту: IP20 / UL відкритого типу;

Зв'язок: FSAA до FSC: PROFINET, PROFIBUS, EtherNet / IP, USS / Modbus RTU. Від FSD до FSF: PROFINET.

Температура навколишнього середовища: -10 ° до 40 ° С без погіршення параметрів / до 60 ° С з погіршенням параметрів;

Входи / виходи сигналів: 6 DI / 2 DO / 1 AI / 1 AO;

Функції: Постійне значення постійної швидкості, ПД-регулятор, управління стояночним гальмом двигуна, вільні функціональні блоки;

Гальмування: Вбудований гальмівний вимикач;

Безпека SIL 2 згідно EN 61508, PL d відповідно до EN ISO 13849, клас 3 згідно EN 60204;

Режими управління: Vector, U / f, U / f ECO;

Електро-пневматичний перетворювач:

Для керування пневматичними клапанами у кваліфікаційній роботі використовуються електропневматичні перетворювачі Fisher i2P-100.



Рис.2.6. Зовнішній вигляд електропневматичного перетворювача Fisher i2P-100.

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

Електропневматичний перетворювач Fisher i2P-100 - прилад, який перетворює вхідний сигнал в міліамперах до пропорційного вихідного тиску. Обидва поточні діапазони вхідного та вихідного тиску можна налаштувати користувачем в польових умовах. Модуль перетворювача використовує невеликі частини мінімальної маси, які збалансовані симетрично навколо точки повороту в центрі маси. Це збалансоване розташування призводить до високої продуктивності інструменту, що зменшує чутливість до вібрацій. Цілісне пневматичне реле забезпечує високу потужність необхідну для приводу пневматичного регулюючого клапана / приводу збірки без додаткових підсилювачів або позиціонерів.

Перетворювач також забезпечує стабільність, а також точність операції. Знижена чутливість до вібрацій в поєднанні з високою ємністю і першим порядком характеристики відставання, роблять датчик i2P-100 підходящим для безпосереднього монтажу на регулюючий клапан / комбінованого приводу. [7]

Особливості:

- i2P-100 схвалений для використання з природним газом.
- Низьке споживання пневматичної подачі - датчик має низьку витрату пневматичної подачі що знижує експлуатаційні витрати.
- Однозапечатаний пристрій - i2P-100 протестовано відповідно до стандарту ANSI / ISA 12.27.01 (вимоги до ущільнення процесу між електричними системами та легкозаймистими або горючим технологічними рідинами) як єдиний герметичний пристрій.
- Висока вихідна здатність та діапазон. Налаштована користувачем настройка поглинаючого перемикача, що налаштовується полем для діапазону потужності від 0,14 до 2,3 бар (2 до 33 фунтів на квадратний дюйм).
- Розділений діапазон - вибирається користувачем, що налаштовується в полі двостороннього діленого діапазону, використовуючи будь-яку половину стандартного вхідного сигналу.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Корозійно стійкий - окремі відсіки корпусу ізолюють електроніку від пневматичного процесу. Електронний модуль є укладеним у міцну пластикову оболонку, яка допомагає запобіганню пошкодження електроніки. Друкована плата електропроводки та поглинальні вимикачі мають конформне покриття для запобігання корозії. Котушки модуля перетворювача мають антикорозійне покриття і всі вигини є позолоченими для забезпечення захисту від ворожих середовищ.

Технічні характеристики:

- Вхідний сигнал: 4-20 мА.
- Вихідний сигнал: від 0,2 до 1,0 бар (3 до 15 фунтів на квадратний дюйм), 0,4-2,0 бар (6-30 фунтів на квадратний дюйм) або 0,14-2,3 бар (Від 2 до 33 фунтів на квадратний дюйм).
- Точність: $\pm 1,0\%$ від повномасштабного діапазону виходу;
- включає поєднані ефекти гістерезису, лінійності;
- Незалежна лінійність: $\pm 0,5\%$ від повної шкали виходу;
- Гістерезис: 0,4% від повномасштабного діапазону виходу;
- Частотна характеристика: Посилення послаблюється на 3 дБ при 3 Гц з вихідним сигналом перетворювача;
- Вплив температури: 0,14% на градуси Цельсія (0,075 за градуси Фаренгейта);
- Вплив тиску на подачу: 0,2% від повномасштабного діапазону виходу за зміну тиску подачі на фунт / кв. дюйм);
- Ефект вібрації: менше 1% від повномасштабного діапазону виходу при тестуванні на ISA S75.13;
- Викиди - клас А;
- Рейтинг обладнання ISM: Група 1, клас А.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК

3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера

Modicon M580:



Рис.3.1. Зовнішній вигляд мікропроцесорного контролера Modicon M580.

Програмовані Ethernet-контролери автоматизації (ePAC – Ethernet programmable automation controllers) Modicon M580 забезпечують відкритість, гнучкість, надійність і стійкість в експлуатації. Вони оснащені магістраллю Ethernet (Ethernet backbone), що дозволяє оптимізувати можливості встановлення з'єднань і зв'язку. Ці пристрої підтримують стандартні модулі вводу / виводу X80, які можна легко інтегрувати в їх архітектуру. Мають потужні процесори, що забезпечують високу ефективність обчислень для комплексних мережевих додатків зв'язку, відображення і управління. [8]

Кібербезпека:

- Система кібербезпеки, підтверджена сертифікатом Achilles рівня 2 (Achilles Level 2), з розширеними вбудованими функціями кібербезпеки;
- Вбудовані функції забезпечення безпеки відповідно до вимог стандарту IEC 62443;
- Апаратна платформа M580:
 - Можливість блокування невикористовуваних послуг;
 - Можливість управління віддаленим доступом до ПЛК;

					Кваліфікаційна робота						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Бондар І.К.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу пастеризації молока			Літ.	Арк.	Акрушіє	
Перевір.		Іващук В.В.								30	19
								НУХТ ЗАК-5-1			
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.									
Зав.кафедри		Ельперін І.В.									

- Захищена передача даних між мережею управління і ПЛК / пристроями за рахунок реалізації стандартного протоколу IPSEC;
- ПО для програмування M580 з перевіркою цілісності виконуваних файлів EcoStruxure Control Expert;
- Відстеження подій безпеки:
 - ПЛК та EcoStruxure Control Expert забезпечують реалізацію SYSLOG-клієнта.

Передові технології:

- Високопродуктивний двоядерний процесор (типу ARM®);
- Високошвидкісний обмін даними, ефективні програми і виконання прикладних задач;
- Інноваційні конструктивні рішення для механічних і електронних компонентів, що забезпечують високий рівень стійкості до електромагнітних перешкод і інших зовнішніх впливів, що перевершує вимоги стандартів IEC;
- Підтримка роботи в розширеному діапазоні температур від -25 до +70 ° C / від -13 до +158 ° F.

Висока точність:

- Власна детермінована мережа Ethernet;
- Забезпечення введення / виведення з дозволом 1 мс за допомогою власної функції установки тимчасових міток в джерелі з використанням спеціальних модулів установки міток часу через OPC-сервер;
- Програми включають в себе такі функції, як:
 - Запис послідовності подій (SER - sequence of events recording);
 - Автоматизація електричних підстанцій;
 - Генерація передісторії спрацьовування захисних реле;
 - Журнали аварійних сигналів / подій;
 - Установка міток часу в журналах даних моніторингу споживаної потужності;
 - Установка міток часу для внутрішніх даних гнучкість проектування;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гнучкість проектування:

- Гнучка топологія забезпечує просту інтеграцію пристроїв;
- Можливість комбінованого застосування віддаленого обладнання, розподіленого обладнання та інших пристроїв в одній і тій же мережі Ethernet польового рівня з повною інтеграцією програмного забезпечення;
- Прозорий доступ до даних по магістралі Ethernet;
- Проста інтеграція людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ) через третій порт в головному модулі віддаленого вводу / виводу;
- Інтерфейс з іншими популярними польовими шинами і мережами, включаючи AS-Interface, Modbus, Profibus і HART;

Проста діагностика:

- Ethernet забезпечує доставку інформації в будь-яку точку системи;
- Проста, дистанційна і мобільна діагностика (смартфон, планшет і т. Д.);
- Вбудований веб-сервер для отримання веб-доступу;
- Управління екранами диспетчерського контролю в людинно-машинному інтерфейсі (ЛМІ) і доступ до екранів ЛМІ;

Конфігурування МПК Modicon M580:

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	7
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	11
Кількість дискретних виходів 0-30 В	12

Вибір процесорного модуля:

Враховуючи кількість каналів вводу-виводу, обсяг пам'яті для користувацької програми та доступність комунікацій, ми обираємо модуль процесора BME P58 2020.

Вибір модулів вводу/виводу:

8 BA 4-20 mA – BMX AMI 0800;

8 AB 4-20 mA – BMX AMO 0802;

16 DB 9-30V – BMX DDO 0802.

Таблиця 3.1. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу.

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Найменування	Кількість	
BMX XBP 0800 Шасі		Шасі для встановлення блоку живлення, процесора та модулів розширення
BMX CPS 2000 Блок живлення	1	Напруга живлення 100... 240 В змінного струму Загальна корисна потужність (PPS) 20 Вт Вихідна потужність шасі 3V3_BAC 8,3 Вт (2,5 A) Вихідна потужність 24V_BAC шасі 16,5 Вт (0,7 A) Максимальна загальна потужність на виходах 3V3_BAC та 24V_BAC (P3V3_24V) 16,5 Вт Загальне корисне споживання енергії для зовнішніх датчиків (0,45 A)
BME P58 2020 Центральний процесор	1	Макс. номер шасі: 2 дискретний вхід + вихід. 512 аналоговий вхід + вихід 128 підрахунок каналів 20 Оперативна пам'ять: загальний розмір 2048 КБ Макс. кількість об'єктів: локалізовані внутрішні біти% Mi 16250 локалізований інтегрований Слова% MWi та 32464

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Найменування	Кількість	
BMX AMI 0800 Модуль аналогових вхідів	1	Діапазон сигналу ± 10 В, 0... 10 В, 0... 5 В,... 20 мА, 4... 20 мА Характеристика каналу 16-бітна, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс Підключення 20-контактної роз'ємної розетки
BMX AMO 0802 Модуль аналогових виходів	2	Діапазон сигналу ± 10 В, 0... 20 мА, 4... 20 мА Характеристики каналів 16-бітні, ізоляція між каналами Підключення 20-конт. з'ємна кол.
BMX DDO 1602 Модуль дискретних виходів	1	Діапазон сигналу 9-30 В Характеристики каналів 16-бітні, ізоляція між каналами Підключення 20-конт. з'ємна кол.
BMX FTB 2010	4	20 контактна з'ємна клемна колодка з гвинтовими зажимами
BMX AMI 810	1	28-конт. з'ємна кол. з'ємна клемна колодка BMX FTB 2820

Вибір шасі, додаткових модулів та аксесуарів для шасі:

Загальна кількість модулів з процесором: 1 CPU + 1 AI + 2 AO + 1 DO + 1БЖ = 6. Тож мені потрібно лише одне шасі на 8 місць (BMX ХВР 0800).

Аналогові виходи:

Сигнал з виходу модуля BMX AMO 0802 подається на клемний блок. Модуль BMX AMO 0802 перетворює сигнал з цифрового в аналоговий у вигляді струму від 4 до 20 мА. Цей сигнал надходить до електропневматичних перетворювачів, де він перетворюється на пневматичний і управляє пневматичними клапанами.



Рис.3.2. Зовнішній вигляд модуля аналогових виходів BMX АМО 0802.

Технічні характеристики:

Придушення несиметричної перешкоди між каналами:

- ≥ 80 дБ;

Похибка вимірювання:

- 0,1% повної шкали 25 ° С;
- $\leq 0,25\%$ повної шкали 0 ... 60 ° С;

Активний опір навантаження:

- ≤ 350 Ом 0 ... 20 mA;
- ≤ 350 Ом 4 ... 20 mA;

Тип помилки:

- Розімкнутий ланцюг 4 ... 20 mA;
- Коротке замикання 0 ... 20 mA;

8 аналогових входів:

- Струм 4 ... 20 mA;
- Струм 0 ... 20 mA.

Аналогові входи:

У цьому проекті використовуються датчики та перетворювачі з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА послідовно проходить через клемник і надходить в аналого-цифровий перетворювач BMX АМІ 0800.

За допомогою письмової програми складається сигнал керування в залежності від тих значень сигналу, які надійшли до модуля BMX АМІ 0800.

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



Рис.3.3. Зовнішній вигляд модуля аналогових входів BMX AMI 0800.

Технічні характеристики:

Модуль аналогового введення:

- Ізоляція між каналами без розв'язки;
- 8 аналогових входів;
- Електричне з'єднання;
- 1 роз'єм 28 позицій;

Тип підключення:

- Напруга 0 ... 10 V;
- Напруга 0 ... 5 V;
- Напруга 1 ... 5 V;
- Напруга +/- 10 V;
- Напруга +/- 5 V;
- Струм +/- 20 mA;
- Струм 0 ... 20 mA;
- Струм 4 ... 20 mA;

Допустиме перевантаження на входах:

- +/- 30 mA 0 ... 20 mA;
- +/- 30 mA 4 ... 20 mA;
- +/- 30 V +/- 10 V;
- +/- 30 V +/- 5 V;
- +/- 30 V 0 ... 10 V.

Дискретні виходи:

Модуль BMX DDO 1602 перетворює сигнал з цифрового в дискретний, який надходить на клеми джерела живлення.



Рис.3.4. Зовнішній вигляд модуля дискретних виходів BMX DDO 1602.

Технічні характеристики:

- Сумісність з виходом IEC 61131-2 тип 3 вхід DC;
- Не вхідний сигнал IEC 61131-2 DC;
- Дискретна вихідна напруга 24 В 19 ... 30 В постійного струму;
- Дискретний вихідний струм 0,5 А;
- [Ures] залишкової напруги 1,2 В при стані 1;
- Опір ізоляції > 10 МОм 500 В постійного струму;
- Паралельні виходи Так: 2 максимум
- Струм на канал 0.625 А;
- Струм на модуль <= 10 А;
- Струм витоку <= 0,5 мА при стані 0;
- Час відгуку на виході 1,2 мс.
- Розсіювання потужності в W <= 4 Вт;

3.2. Загальна схема підключення

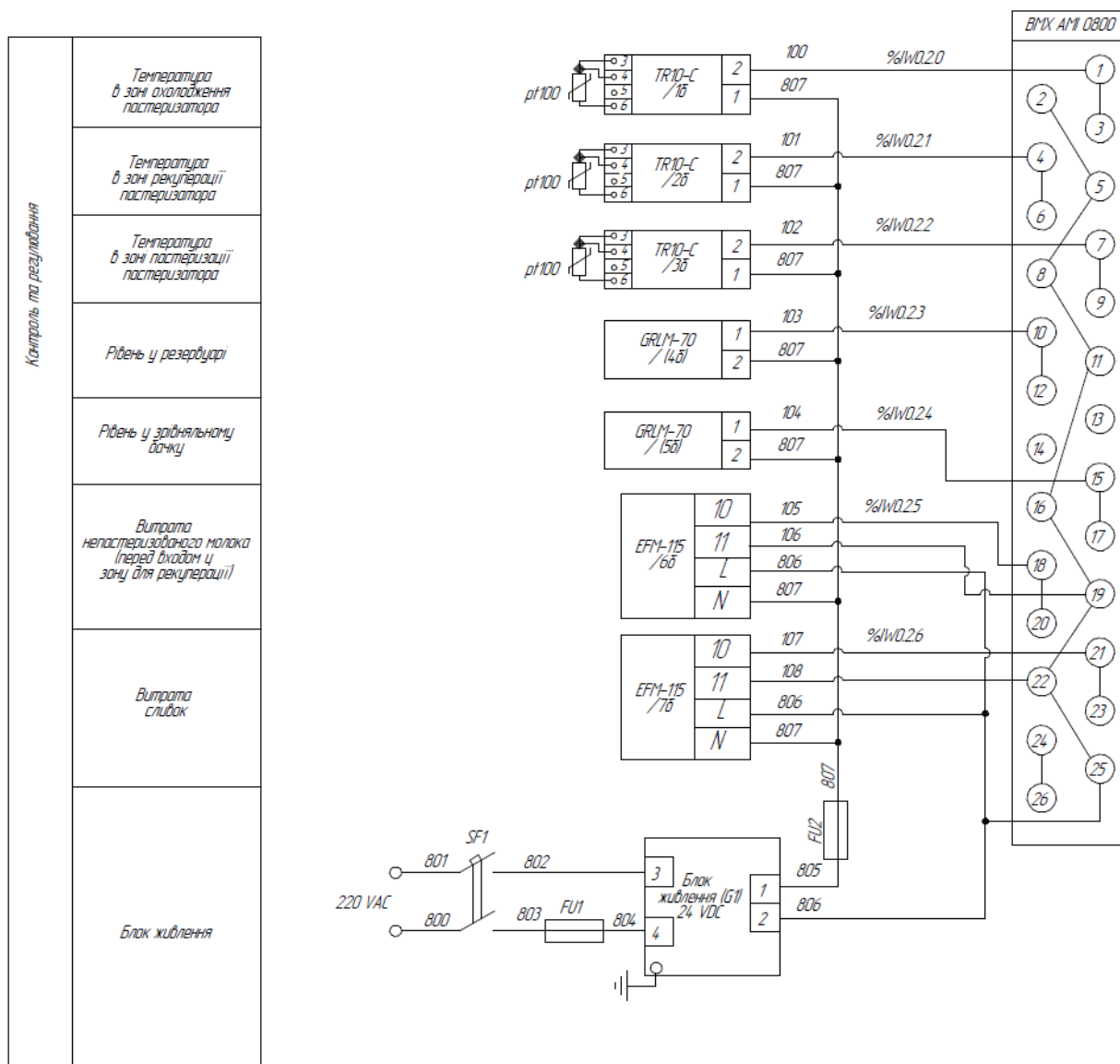


Рис.3. 5. Підключення датчиків до модуля аналогових входів

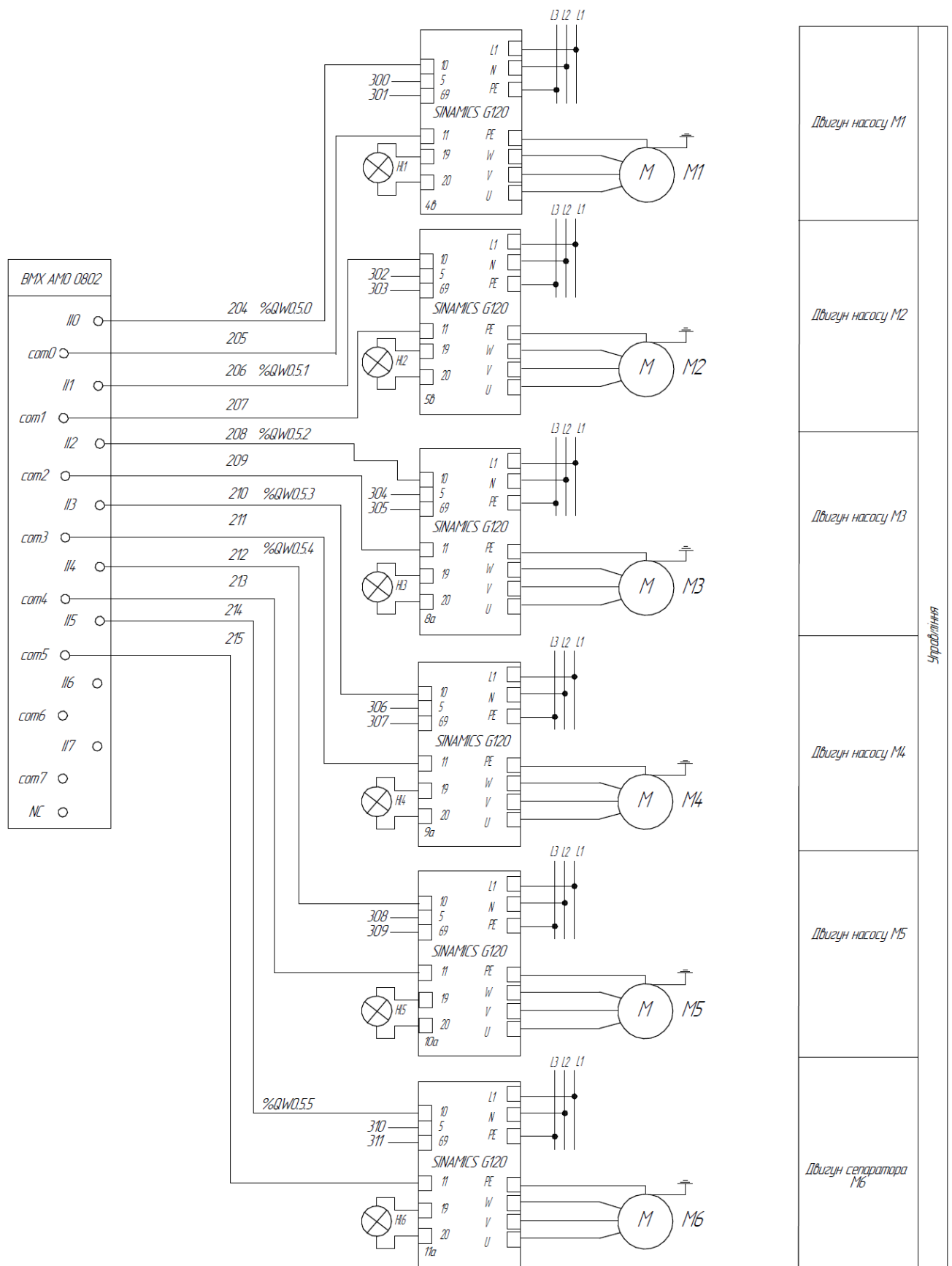


Рис.3.6. Підключення частотних перетворювачів до другого модуля аналогових виходів.

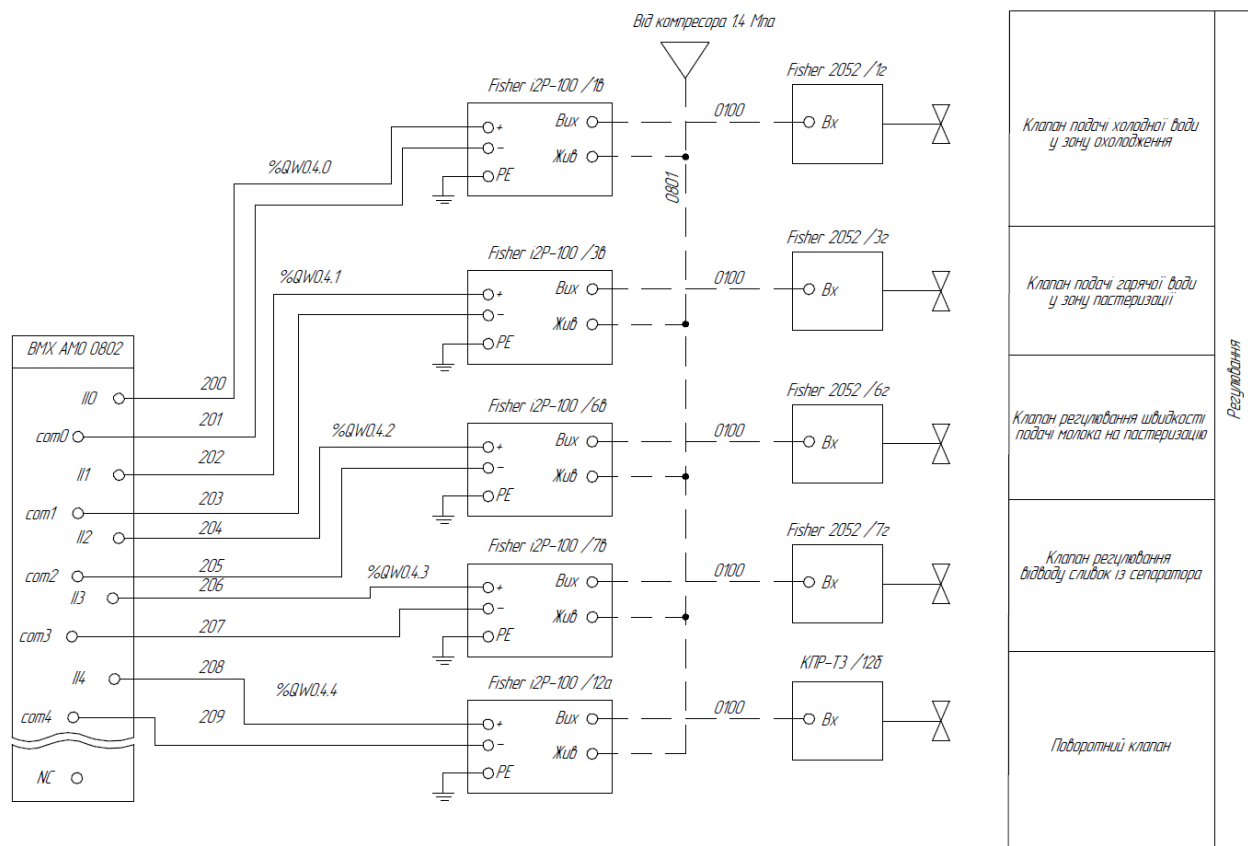


Рис.3.7. Підключення датчиків до першого модуля аналогових виходів.

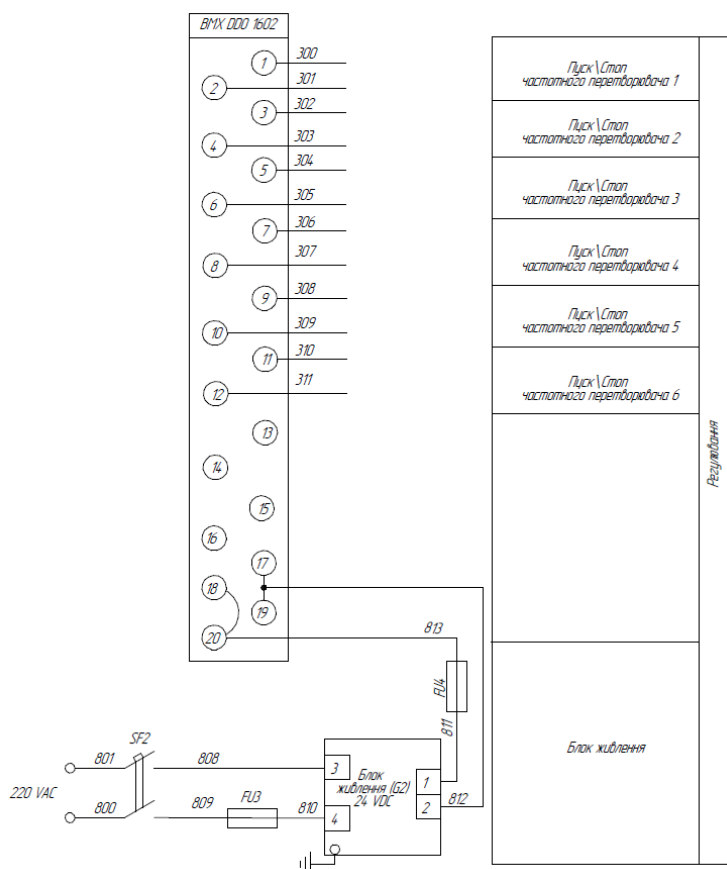


Рис.3.8. Підключення частотних перетворювачів до модуля дискретних виходів.

Вторинний перетворювач температури ТТ (1б) підключений до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на 1 і 2 клеммах. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика температури інформація передається на контролер ВМЕ Р58 2020, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та генерується і передається на перший модуль аналогового виводу ВМХ АМО 0802. Де електропневматичний перетворювач (1в) підключений до нього на клеммах П0 і СОМ0, який управляє пневматичним клапаном (1г), який регулює подачу холодної води в зону охолодження блоку пастеризації.

Вторинний перетворювач температури ТТ (2б) підключений до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 на 4 і 5 клеммах. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика температури інформація передається на контролер ВМЕ Р58 2020, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вона обробляється, реєструється та служить додатковою інформацією для системи автоматизації.

Вторинний перетворювач температури ТТ (3б) підключений до модуля аналогового вводу ВМХ АМІ 0800 на клеммах 7 і 8. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика температури інформація передається на ВМЕ контролер Р58 2020, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та генерується та передається на перший модуль аналогового виводу ВМХ АМО 0802. Де електропневматичний перетворювач (3в) підключений до нього на клеммах П2 і СОМ2, який управляє пневматичним клапаном (3г), який регулює подачу теплоносія в зону пастеризації блоку пастеризації.

Датчик рівня LT (4б) підключений до модуля аналогового входу ВМХ АМІ 0800 на клеммах 10 і 11. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика рівня, інформація передається на ВМЕ Р58 2020 контролер, де в залежності від отриманої інформації та прописаної програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та генерується та

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

передається на другий аналоговий модуль виводу BMX АМО 0802. Куди йому на клемі ІІ0 і СОМ0 і до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602 на терміналах 1 і 2 підключений перетворювач частоти (4в), який управляє двигуном насоса М1.

Датчик рівня LT (5б) підключений до модуля аналогового вводу BMX АМІ 0800 на клемі 15 і 16. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX АМІ 0800 від датчика рівня інформація передається на ВМЕ Р58 2020 контролер, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та формується та передається на другий аналоговий модуль виводу BMX АМО 0802. Куди йому на терміналах ІІ1 та СОМ1 та до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602 на 3 та 4 терміналах підключений перетворювач частоти (5в), який управляє двигуном насоса М2.

Датчик витрати FT (6б) підключений до другого модуля аналогових входів BMX АМІ 0800 на 18 і 19 клемі. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX АМІ 0800 від датчика витрати інформація передається на контролер BMX Р34 2010, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та генерується і передається на перший модуль аналогового виводу BMX АМО 0802. Де електропневматичний перетворювач (6в) підключений до нього на клемі ІІ2 та СОМ2, який управляє пневматичним клапаном (6г), який регулює подачу молока до блоку пастеризації.

Датчик витрати FT (7б) підключений до другого модуля аналогових входів BMX АМІ 0800 на клемі 21 і 22. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX АМІ 0800 від датчика витрати інформація передається до контролер BMX Р34 2010, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та генерується та передається на перший модуль аналогового виводу BMX АМО 0802. Де електропневматичний перетворювач (7в) підключений до нього на клемі ІІ3 і СОМ3, який управляє пневматичним клапаном (7г), який регулює видалення

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

вершків для подальшої обробки.

Перетворювач частоти (9а) підключений до другого модуля аналогових виходів BMX АМО 0802 на терміналах П2 і COM2 та до модуля цифрових виходів BMX DDO 1602 на 9-му та 10-му терміналах і управляє двигуном насоса (М3) .

Перетворювач частоти (8а) підключений до другого модуля аналогових виходів BMX АМО 0802 на терміналах П3 та COM3 та до модуля цифрових виходів BMX DDO 1602 на 11-му та 12-му терміналах і управляє двигуном насоса (М4) .

Перетворювач частоти (10а) підключений до другого модуля аналогових виходів BMX АМО 0802 на терміналах П4 та COM4 та до модуля цифрових виходів BMX DDO 1602 на 13-му та 14-му терміналах і управляє двигуном насоса (М5) .

Перетворювач частоти (11а) підключений до другого модуля аналогових виходів BMX АМО 0802 на терміналах П5 та COM5 та до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602 на 15 та 16 терміналах, і управляє двигуном сепаратора (М6).

Дискретний клапан (12б) управляється електропневматичним перетворювачем (12а), підключеним до першого модуля аналогових виходів на BMX АМО 0802 на клеммах П4 і COM4.

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

3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

Розширений контур контролю та регулювання температури:

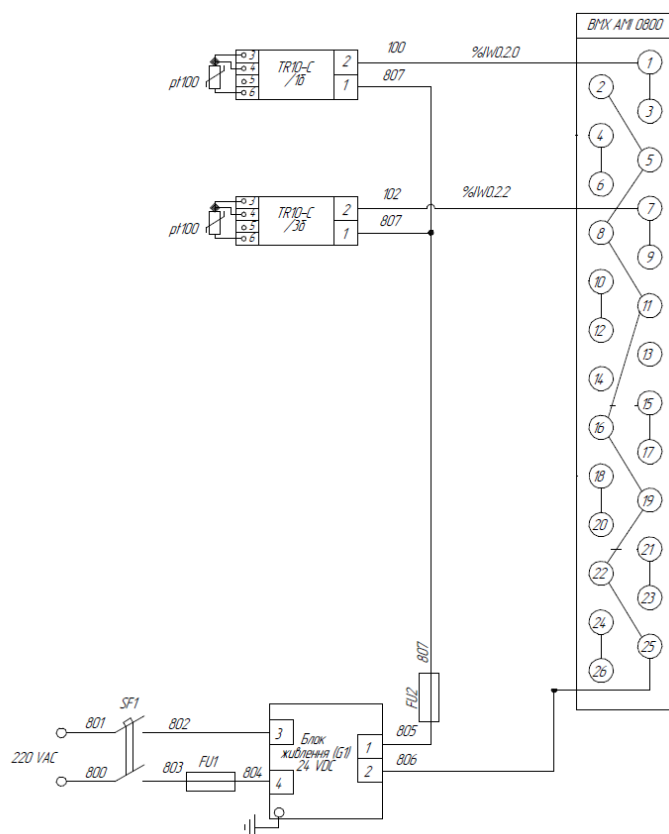


Рис.3.9. Підключення датчиків температури до модуля аналогових входів.

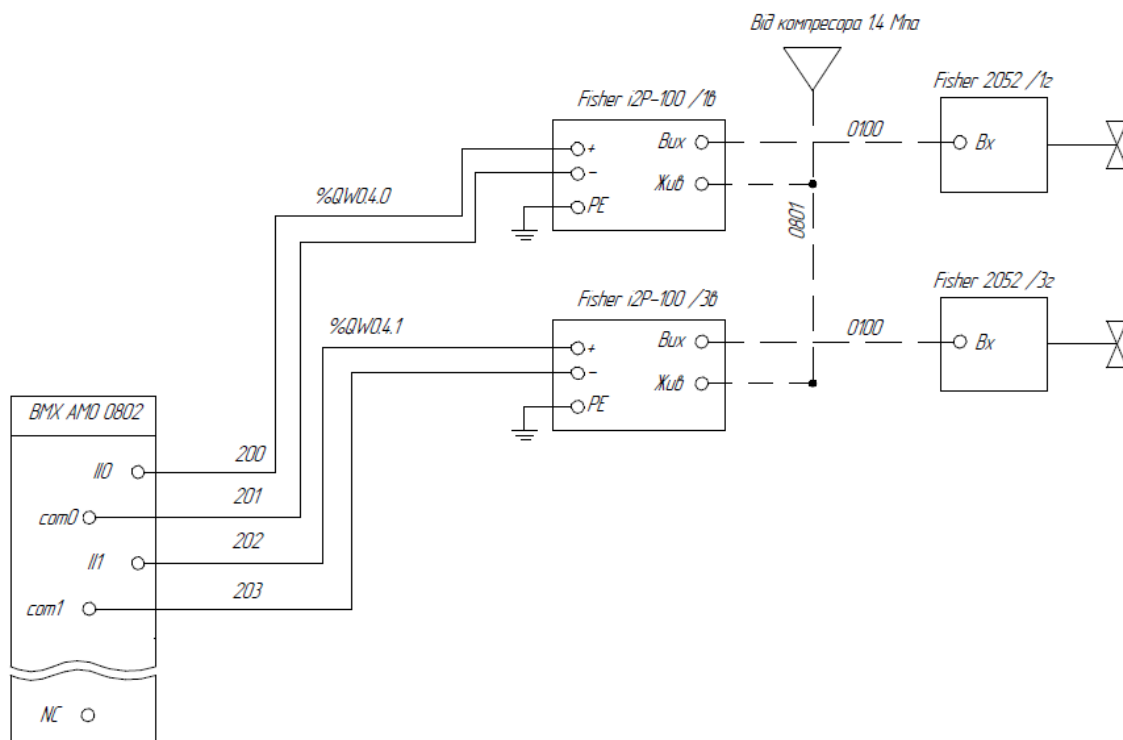


Рис.3.10. Підключення ЕП до модуля аналогових виходів.

виводу ВМХ АМО 0802. Де електропневматичний перетворювач (Зв) підключений до нього на клемі ІІ2 і СОМ2, який управляє пневматичним клапаном (Зг), який регулює подачу теплоносія в зону пастеризації блоку пастеризації.

Розширений контур контролю та регулювання рівня:

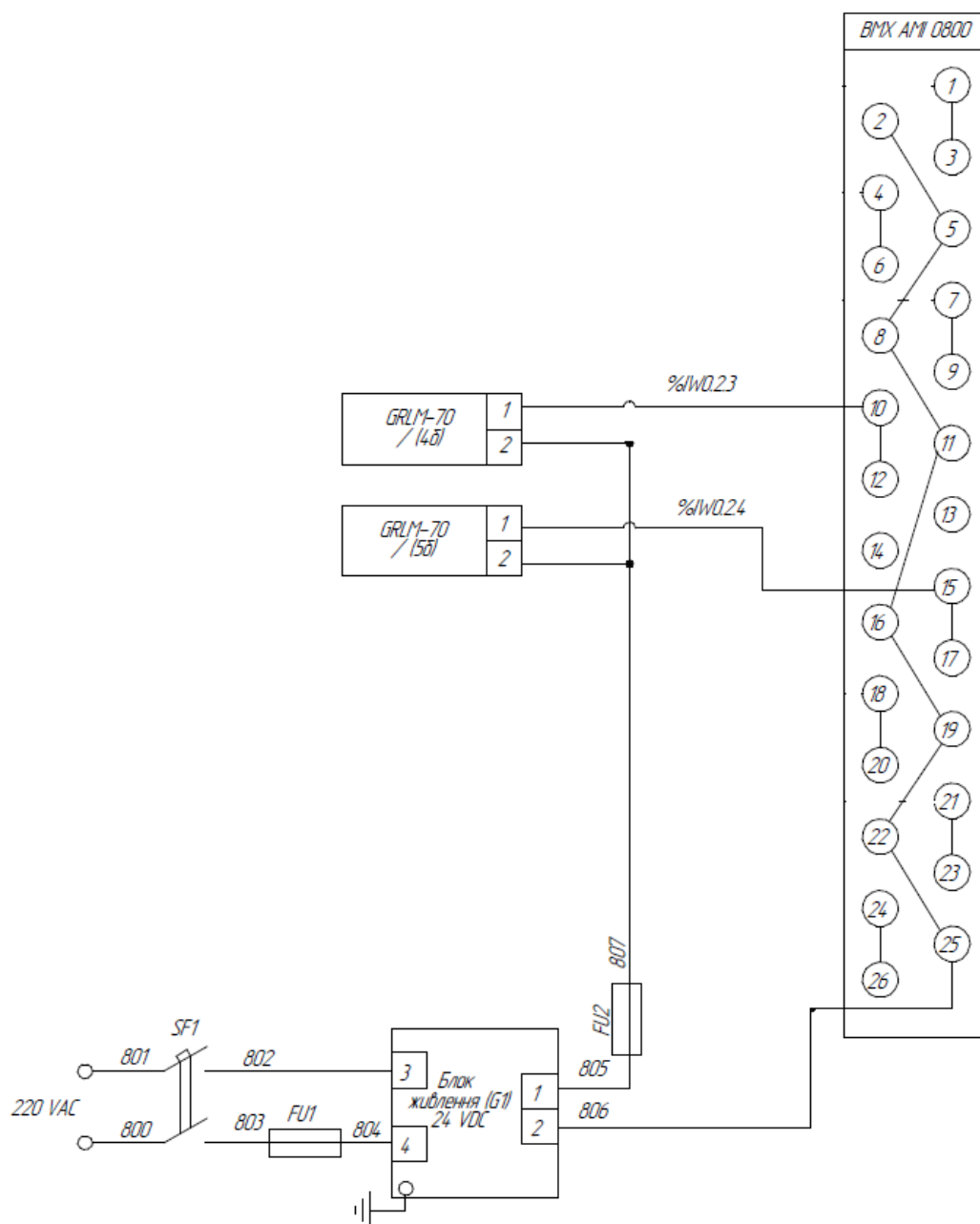


Рис.3.12. Підключення датчиків рівня до модулів аналогових входів.

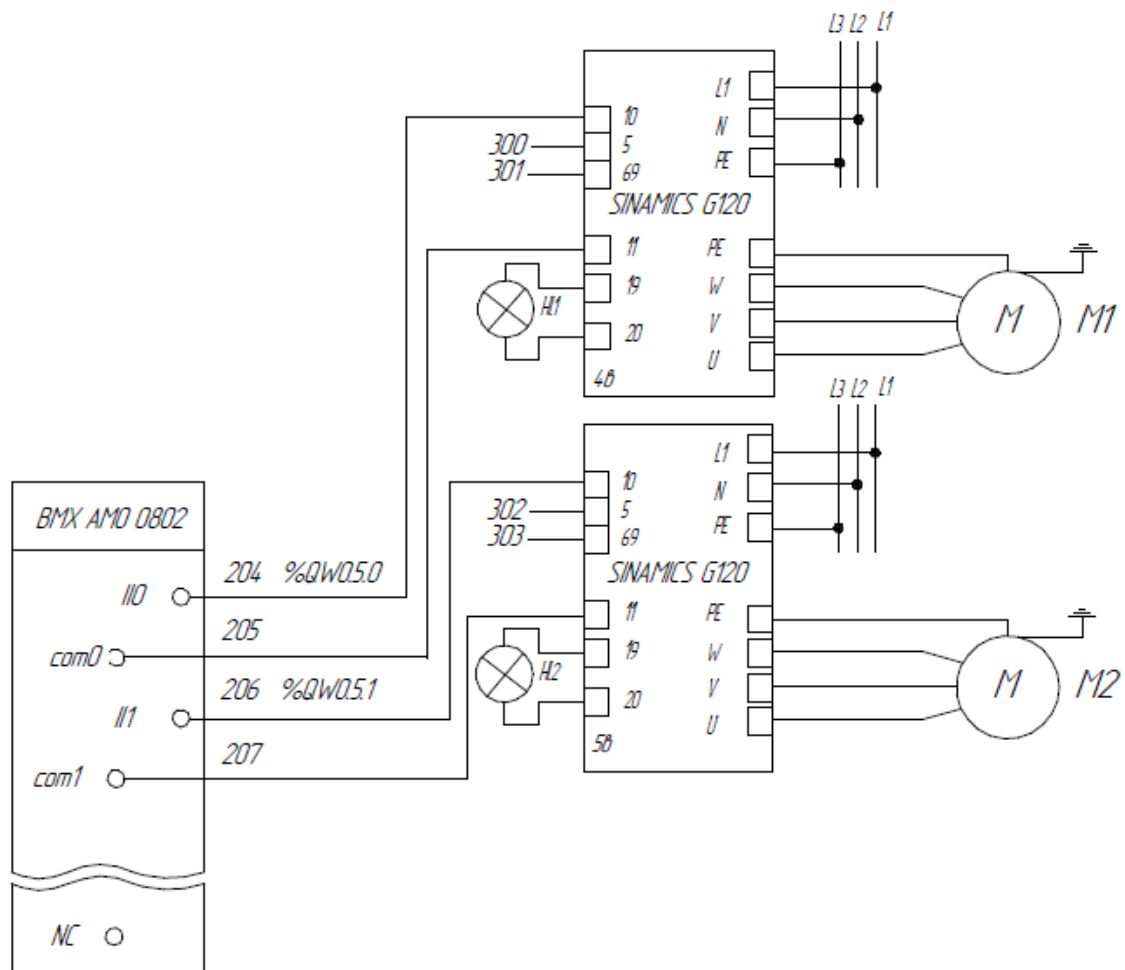


Рис.3.13. Підключення частотних перетворювачів до другого модуля аналогових виходів.

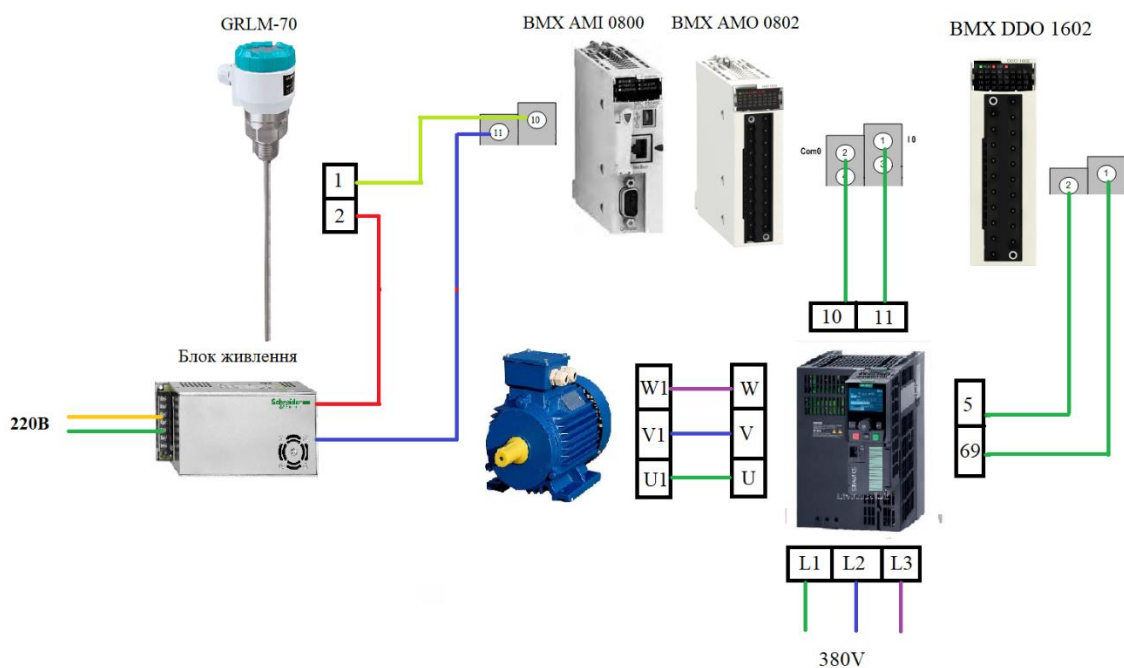


Рис.3.14. Графічне зображення підключення засобів автоматизації контуру контролю та регулювання рівня.

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

Опис схеми підключення:

Датчик рівня LT (4б) підключений до модуля аналогового входу BMX AMI 0800 на клеммах 10 і 11. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика рівня, інформація передається на ВМЕ Р58 2020 контролер, де в залежності від отриманої інформації та письмової програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та генерується та передається на другий аналоговий модуль виводу BMX АМО 0802. Куди йому на клеммах П0 і СОМ0 і до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602 на терміналах 1 і 2 підключений перетворювач частоти (4в), який управляє двигуном насоса М1.

Датчик рівня LT (5б) підключений до модуля аналогового вводу BMX AMI 0800 на клеммах 15 і 16. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика рівня інформація передається на ВМЕ Р58 2020 контролер, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та формується та передається на другий аналоговий модуль виводу BMX АМО 0802. Куди йому на терміналах П1 та СОМ1 та до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602 на 3 та 4 терміналах підключений перетворювач частоти (5в), який управляє двигуном насоса М2.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів

Датчик температури TR10-C:



Рис.4.1. Зовнішній вигляд датчика температури TR10-C.

Термометри опору даної серії призначені для безпосереднього монтажу в процес за допомогою нарізного фітинга і переважно використовуються для вимірювання температури в трубопроводах і резервуарах. Дані термометри застосовуються для вимірювання температури рідких і газоподібних хімічно неагресивних середовищ в умовах помірних механічних навантажень.

Захисна гільза має повністю зварену конструкцію з нержавіючої сталі і вкручується безпосередньо в сполучну головку. Знімну вимірювальну вставку можна замінити на нову, без демонтажу датчика з процесу. Це дозволяє проводити огляд, моніторинг приладу або його заміну, якщо це необхідно в рамках проведення технічного обслуговування, без зупинки технологічного процесу. Наявність стандартних довжин скорочує терміни поставки і оптимізує складські запаси. Додатково в сполучну головку термометра моделі TR10-C можлива установка аналогового або цифрового перетворювача WIKA. [3]

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації технологічного процесу пастеризації молока	Лім.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Бондар І.К.					49	8
Перевір.		Іващук В.В.						
Секр.	Е.К.	Проскурка Є.С.				НУХТ ЗАК-5-1		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

Принцип дії термометра опору:

Принцип його дії заснований на зміні електричного опору металів від температури. Це означає, що матеріал, з якого виготовляється датчик, зі зміною температури змінює свій опір. Коефіцієнт, що описує цю залежність, називається температурним коефіцієнтом опору.

Для кожної температури існує єдине значення опору. Цю чітку залежність можна описати математичною формулою. Для діапазону температур $-200 \dots 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ незалежно від конструкції резистора застосовується наступна формула:

$$R_t = R_0 [1 + A t + B t^2 + C (t - 100 \text{ }^{\circ}\text{C}) \cdot t^3];$$

Для діапазону температур $0 \dots 600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ може бути застосована інша формула:

$$R_t = R_0 [1 + A t + B t^2];$$

Умовні позначення:

t = Температура в $^{\circ}\text{C}$;

R_t = Опір в Омах при температурі вимірювання;

R_0 = Опір в Омах при $t = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (наприклад, 100 Ом).

Механічний монтаж:

Багатозонні збірки. Зазвичай вони обладнані корпусом, в якому встановлені перетворювачі або клемні блоки. Перетворювачі / цифрові дисплеї кріпляться механічними засобами (наприклад, при допомоги DIN рейок в корпусі або за допомогою утримувача в сполучній головці).

Кабельний зонд. Зазвичай вони не поміщені в корпус. Однак вони можуть бути з'єднані з додатковим корпусом, в якому встановлений перетворювач або клемні блоки.

Циліндричні різьблення. Якщо термометр має циліндричні різьблення на сполучній головці, подовжувальної шийці, захисній гільзі або в якості приєднання до процесу ($G \frac{1}{2}$, $M20 \times 1,5 \dots$), ці нарізні сполучення повинні бути ущільнені за допомогою прокладок для запобігання проникнення вологи в термометр. Як стандарт WKA використовує мідні кільця ущільнювачів в місці з'єднання подовжувальної шийки і захисної гільзи, а також плоскі картонні

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прокладки в місці з'єднання головки з подовжувальною шийкою або захисної гільзою. Якщо термометр поставляється в зборі з захисною гільзою, то всі необхідні ущільнення вже встановлені (якщо це зазначено в замовленні). Оператор установки повинен перевірити, чи відповідають ущільнення умовам експлуатації та при необхідності замінити їх відповідними ущільнювачами.

Конічні різьблення. При використанні різьблення NPT або інших конічних різьб необхідно перевірити необхідність їх додаткової герметизації за допомогою ФУМ-стрічки або клоччя. Перед установкою необхідно змастити різьблення відповідним змащуючим матеріалом.

Керівництво по монтажу електричних термометрів з керамічної захисної гільзою:

Керамічні матеріали, використовувані в захисних гільзах, витримують зміни температури тільки до певної межі. Тому температурний удар може легко привести до тріщин в результаті напруги, а отже до пошкодження захисної гільзи. Тому попередньо прогрійте термопари з керамічними або сапфірним захисними гільзами перед установкою, а потім повільно занурте їх в гарячий процес. Рекомендована швидкість занурення захисних гільз діаметром 24/26 мм згідно DIN 43724 становить 1 см / хв. Для гільз меншого діаметра 10/15 мм швидкість може бути збільшена до 50 см / хв.

Головний принцип - чим вище температура технологічного процесу, тим нижче повинна бути швидкість занурення. Крім температурного напруження керамічні захисні гільзи повинні бути також захищені від механічних навантажень. Причиною цієї шкідливої навантаження є згинальні сили при використанні горизонтального монтажного положення. Тому при використанні горизонтального монтажного положення необхідна додаткова підтримка в залежності від діаметра, збільшеної номінальної довжини і конструкції. В принципі, проблема згинання актуальна і для металевих захисних гільз, зокрема, для погрузної довжини > 500 мм. При температурі технологічного процесу > 1. 200 ° С перевага повинна бути віддана вертикальному монтажу.

Через високі теплові, хімічні і механічні навантаження, яким піддаються

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

керамічні і сапфірові захисні гільзи під час експлуатації, можна дати лише приблизну інформацію щодо їх терміну служби. Це особливо відноситься до застосувань в процесах з високим навантаженням, наприклад, в реакторах газифікації. Відповідно з цим, технологічні деталі термопар є зношуваними деталями, на які не поширюється гарантія.

Електромонтаж:

Використання перетворювача / цифрового дисплея (опція): дотримуйтесь інструкцій з експлуатації перетворювача / цифрового дисплея (див. комплект поставки). Вказівки щодо забезпечення захисту IP:

- Використовуйте кабельні вводи відповідно до номінального діаметру кабелю, для якого вони призначені;
- Не використовуйте для підключення дуже м'які дроти;
- Використовуйте лише кабелі (при необхідності з трохи овальним поперечним перерізом);
- Не перекручуйте кабель;
- Неодноразове відкручування / закручування можливо. Однак це слід робити тільки в разі потреби, т. к. це може негативно позначитися на ступенях захисту.
- Для кабелю, що має яскраво виражену тенденцію до деформації при знижених температурах, кабельний ввід повинен бути повністю затягнутим.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Перетворювач:

Установка на вимірювальну вставку:

При установці на вимірювальну вставку перетворювач замінює клемний блок і кріпиться безпосередньо на клемній пластині вимірювальної вставки.

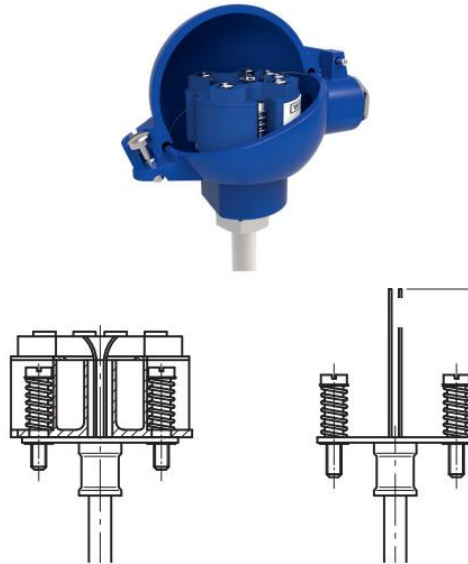


Рис.4.2. Вимірювальна вставка з встановленим перетворювачем (тут: модель Т32).

Монтаж в кришку сполучної головки:

Монтаж перетворювача в кришку сполучної головки є кращим у порівнянні з установкою на вимірювальну вставку. Даний варіант монтажу забезпечує кращу теплоізоляцію, а також значно спрощує процес заміни і установки для проведення технічного обслуговування.



Рис.4.3. Вимірювальна вставка з підготовкою для установки перетворювача у вимірювальну вставку.

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

У термометрі TR10-С встановлена вимірювальна вставка моделі TR10-А. Змінна вимірювальна вставка виготовлена з вібростійкого захищеного кабелю з мінеральною ізоляцією (МІ-кабель).



Рис.4.4. Вимірювальна вставка у Стандартному виконанні (зліва) та варіант з утопленими монтажними пелюстками (справа).

Тільки правильний вибір довжини і діаметру вимірювальної вставки забезпечує достатній теплообмін між захисною гільзою і вимірювальною вставкою. Діаметр отвору захисної гільзи повинен бути максимум на 1 мм більше діаметра вимірювальної вставки. Зазори більше 0,5 мм між захисною гільзою і вимірювальною вставкою перешкоджатимуть теплопередачі, що буде причиною неправильного режиму роботи термометра.

При установці вимірювальної вставки в захисну гільзу дуже важливо визначити правильну занурювальну довжину (= довжина захисної гільзи з товщиною дна $\leq 5,5$ мм). Для забезпечення щільного притиснення вимірювальної вставки на дно захисної гільзи вставка повинна бути з пружинним піджаттям (хід пружини 10 мм максимум).

Способи підключення чутливого елемента:

2-провідна схема з'єднання:

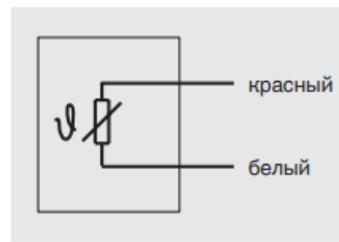


Рис.4.5. 2-провідна схема з'єднання чутливого елемента.

Опір з'єднувального виведення чутливого елемента реєструється в результат вимірювання як похибка. З цієї причини даний тип з'єднання застосовувати не рекомендується, коли використовуються вимірювальні резистори Pt100 в класі допусків А і АА, так як електричний опір сполучних кабелів і їх власна температурна залежність повністю відбивається на результаті вимірювання, таким чином спотворюючи його.

3-провідна схема з'єднання (стандартне виконання):

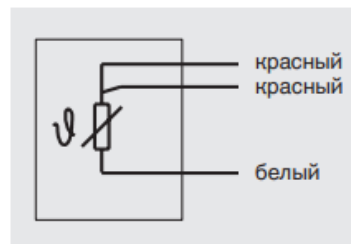


Рис.4.6. 3-провідна схема з'єднання чутливого елемента.

Вплив опору виводів по можливості максимально компенсується. Максимальна довжина кабелю залежить від площі поперечного перерізу провідника і компенсаційних опцій електронного модуля (перетворювача, індикатора, контролера або системи управління процесом).

4-провідна схема з'єднання:

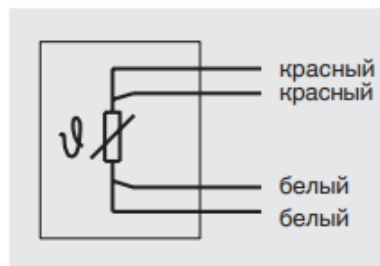


Рис.4.7. 4-провідна схема з'єднання чутливого елемента.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вплив з'єднувального кабелю на результат виміру повністю виключається, так як будь-які можливі порушення симетрії опору провідників з'єднувального кабелю також компенсуються. Максимальна довжина кабелю залежить від площі поперечного перерізу провідника і компенсаційних опцій електронного модуля (перетворювача, індикатора, контролера або системи управління процесом). 4-дротова схема з'єднання може також використовуватися як 2-дротова або 3-дротова схема з'єднання шляхом відключення непотрібних провідників.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

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

Програма для роботи системи автоматизації розроблена в програмі Unity Pro від Schneider Electric.



Рис.5.1. Логотип програмного забезпечення Unity Pro.

UNITY PRO - це програмне середовище для налаштування, програмування, налагодження та діагностики виконавчої системи промислових контролерів Modicon від Schneider Electric: Modicon M580 TSX Premium (включаючи Atrium) та Quantum. Місце UNITY PRO в інфраструктурі системи управління. UNITY PRO - це результат розробки та інтеграції двох програмних середовищ:

- PL7 PRO, який використовувався для програмування контролерів TSX Micro та TSX Premium;
- Концепція, яка використовувалася для програмування контролерів Modicon Momentum та Modicon Quantum.

Середовище UNITY PRO може бути використане тільки для роботи з ПЛК, в яких функціонує операційна система UNITY (OS UNITY). Тобто TSX Premium з операційною системою PL7 або Quantum з операційною системою Concept запрограмувати з використанням UNITY PRO неможливо. Винятком можуть бути деякі з цих ПЛК, в які попередньо треба завантажити OS UNITY з використанням OS Loader.

					Кваліфікаційна робота				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Бондар І.К.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу пастеризації молока	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Іващук В.В.					57	11	
						НУХТ ЗАК-5-1			
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.							
Зав.кафедри		Ельперін І.В.							

Слід розділяти поняття "середовище розробки UNITY PRO" та "виконавча система UNITY". Виконавча система UNITY – це програмне забезпечення, яке виконується в контролері. Виконавча система базується на операційній системі UNITY(OS UNITY), яка вже знаходиться ("прошита") в загрузчику ПЛК, і приймає участь в усіх операціях контролера. Тому навіть якщо ПЛК не запрограмований або знаходиться в режимі Stop (зупинка), операційна система UNITY функціонує, і забезпечує діагностику та діалог через комунікаційні порти вводу/виводу. У режимі RUN (виконання) виконавча система виконує програму користувача (ПРК), яка являється частиною виконавчого проекту, що якраз і створюється в середовищі UNITY PRO. Іншими словами основна задача UNITY PRO - розробка виконавчого проекту, який виконується в контролері.

Слід також розуміти, що середовище UNITY PRO не приймає участь в управлінні, тому підключається до системи тільки при необхідності використання однієї з його функцій. [9]

Основні функції UNITY PRO:

- конфігурація апаратної частини виконавчого проекту ПЛК;
- конфігурація апаратної частини розподіленої периферії, яка є функціональною частиною ПЛК (лише для ряду засобів розподіленої периферії Schneider Electric);
- створення виконавчих програм користувача (ПРК);
- завантаження проекту в ПЛК;
- вивантаження / завантаження даних проекту (Upload Information);
- управління режимом роботи ПЛК: запуск, зупинка, ініціалізація;
- налагодження програми в ПЛК: перегляд і зміна змінних, зміна частини програми в режимі онлайн тощо;
- діагностика роботи ПЛК;
- моделювання роботи ПЛК для можливості створення виконавчого проекту без наявного обладнання.

Алгоритм програми:

1. Натискається кнопка ПУСК.
 2. Включаємо двигун насосу 1 (M1);
 3. Коли рівень у резервуарі з молоком більше\дорівнює заданому значенню вимикаємо двигун 1 (M1) та включаємо регулятор рівня , що керує двигуном 2 (M2) та підтримує необхідний рівень молока у зрівняльному бачку;
 4. Як тільки рівень у зрівняльному бачку буде у заданих межах включаємо регулятори витрат FE1, FE2 котрі регулюють швидкість подачі молока у пастеризаційну установку та відвід сливок на подальшу переробку із сепаратора. Також включаємо двигуни насосів M3, M4, M5, M6 на задані потужності. Відкриваємо клапан 12б, та включаємо регулятори температури TE1 і TE2, що регулюють подачу холодної на гарячої води у зони пастеризаційної установки.
 5. Якщо рівень у зрівняльному бачку впав до нуля, означає, що молоко для пастеризації закінчилось. Вимикаємо всі двигуни та регулятори, закриваємо всі клапани та завершуємо програму / переходимо на початок циклу виконання програми ;
- Блок-схема алгоритму роботи програми наведена на Рис.5.2.

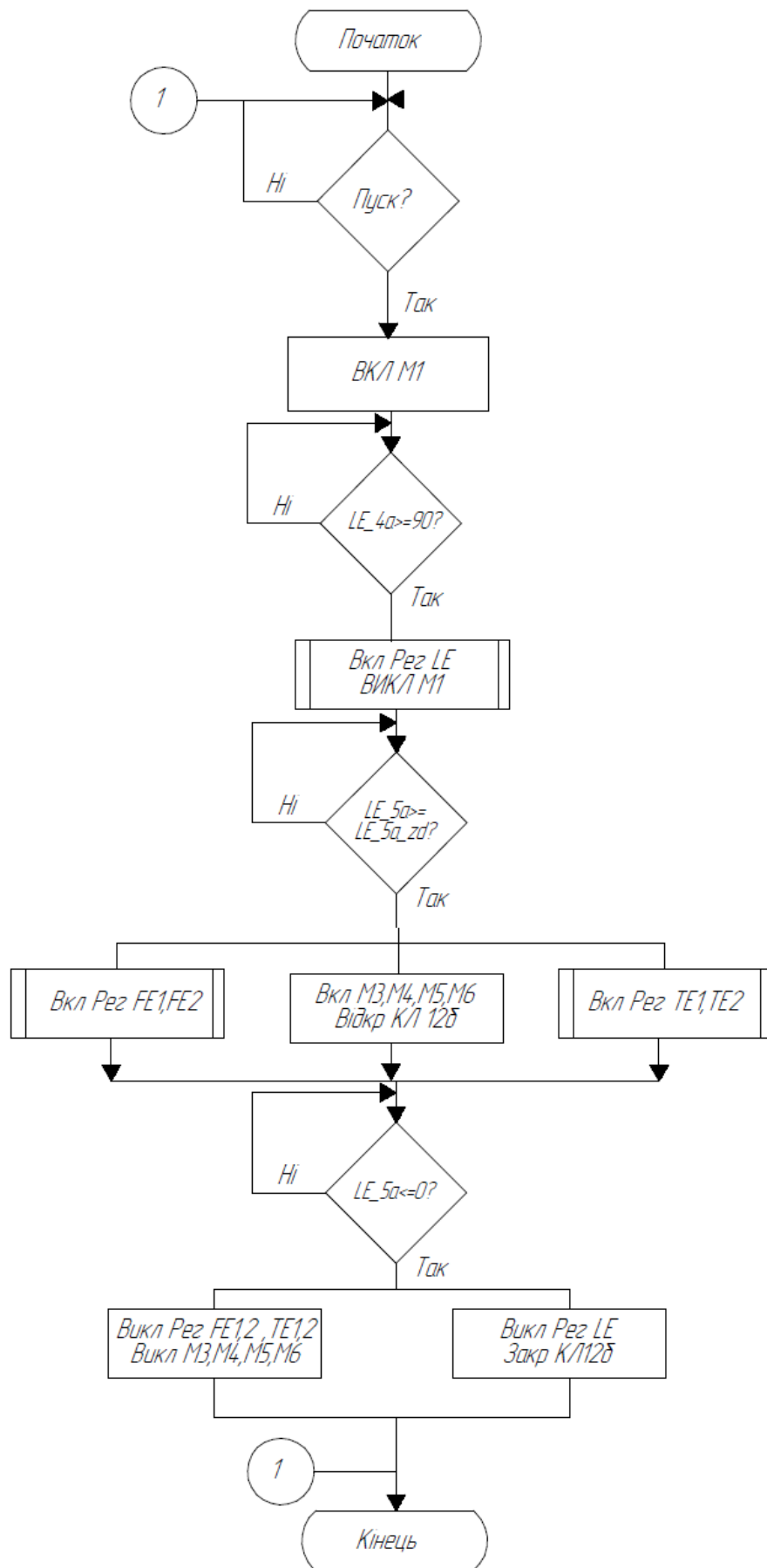


Рис.5.2. Блок-схема алгоритму процесу пастеризації молока.

Фрагмент програми на мові ST:

Структурований текст (ST) - це мова програмування стандарту ІЕС 61131-3, яка призначена для програмування промислових контролерів та станцій оператора. За структурою та синтаксисом він найближчий до мови програмування Паскаль. Мова зручна для написання великих програм та роботи з аналоговими сигналами та числами з плаваючою комою.

```
IF Pusk OR (restart AND Pusk) THEN
    M1:=3000.0;
    restart:=FALSE;
    Pusk:=FALSE;
    Step1:=TRUE;
END_IF;

IF Step1 AND LE_4a>=90.0 THEN
    Reg_Level:=TRUE;
    M1:=0.0;
    Step1:=FALSE;
    Step2:=TRUE;
END_IF;

IF Step2 AND LE_5a>=LE_5a_ZD THEN
    Reg_FE1:=TRUE;
    Reg_FE2:=TRUE;
    Reg_TE1:=TRUE;
    Reg_TE2:=TRUE;
    M3:=1500.0;
    M4:=1000.0;
    M5:=1800.0;
    M6:=2000.0;
    KL_12b:=100.0;
    Step2:=FALSE;
    Step3:=TRUE;
END_IF;

IF Step3 AND LE_5a<=0.0 THEN
    Reg_Level:=FALSE;
    Reg_FE1:=FALSE;
    Reg_FE2:=FALSE;
    Reg_TE1:=FALSE;
    Reg_TE2:=FALSE;
    M1:=0.0;
    M2:=0.0;
    M3:=0.0;
    M4:=0.0;
    M5:=0.0;
    M6:=0.0;
    KL_12b:=0.0;
    Step3:=FALSE;
    restart:=TRUE;
END_IF;

IF Stop THEN
    Reg_Level:=FALSE;
    Reg_FE1:=FALSE;
    Reg_FE2:=FALSE;
    Reg_TE1:=FALSE;
    Reg_TE2:=FALSE;
    M1:=0.0;
    M2:=0.0;
    M3:=0.0;
    M4:=0.0;
    M5:=0.0;
    M6:=0.0;
    KL_1g:=0.0;
    KL_3g:=0.0;
    KL_6g:=0.0;
    KL_7g:=0.0;
    KL_12b:=0.0;
    Step1:=FALSE;
    Step2:=FALSE;
    Step3:=FALSE;
    restart:=TRUE;
END_IF;
```

Рис.5.3. Фрагменти програми на мові ST.

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

Блоки регуляторів на мові FBD:

FBD - це графічна мова програмування. Мова стандартизована міжнародним стандартом ІЕС 61131-3. Програма формується з так званих ланцюжків, які виконуються послідовно зверху вниз. Ланцюги можуть мати ярлики. Інструкція переходу мітки дозволяє змінити послідовність схем для умов програмування та циклів.

Вхід "EN" підключений до змінної, яка запускає блок контролера, "PV" - змінна, яка вказує поточне значення регульованого параметра, "SP" - встановлене значення параметра, "Man_Auto" - автоматичний \ ручний режим (має два значення: 1 \ 0 або TRUE \ FALSE), " PARA "- блок керування налаштуваннями," OUT "(вхід і вихід, також званий In-Out) - значення, яке ми регулюємо (% відкриття клапана, частота обертання двигуна).

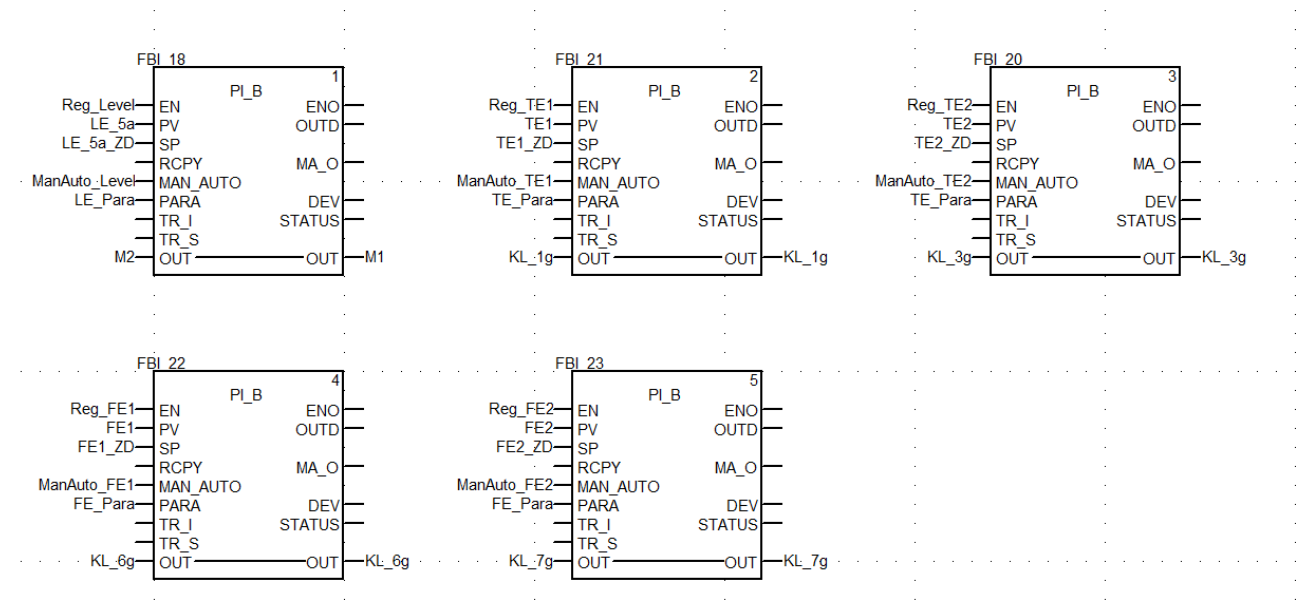


Рис.5.4. Блоки регуляторів на мові FBD

Змінні, що використовуються у програмі:

Variables DDT Types Function Blocks DFB Types				
Filter   Name = *				
Name	Type	A...	V...	Comment
FE1	REAL			Значення витрати 1 (шкальоване значення)
FE1_IN	INT	%IW0.2.2		Значення витрати 1 (не шкальоване значення)
FE1_ZD	REAL			Задане значення витрати 1
FE2	REAL			Значення витрати 2 (шкальоване значення)
FE2_IN	INT	%IW0.2.3		Значення витрати 2 (не шкальоване значення)
FE2_ZD	REAL			Задане значення витрати 2
FE_Para	Para_PI_B			Настройки регуляторів витрати
fe_scal_para	Para_SCALING			Настройки блоку шкалювання витрати
KL_1g	REAL			Значення клапану 1г (шкальоване значення)
KL_1g_0	INT			Значення клапану 1г (не шкальоване значення)
KL_3g	REAL			Значення клапану 5г (шкальоване значення)
KL_3g_0	INT			Значення клапану 5г (не шкальоване значення)
KL_6g	REAL			Значення клапану 6г (шкальоване значення)
KL_6g_0	INT			Значення клапану 6г (не шкальоване значення)
KL_7g	REAL			Значення клапану 7г (шкальоване значення)
KL_7g_0	INT			Значення клапану 7г (не шкальоване значення)
KL_12b	REAL			Значення клапану 12б (шкальоване значення)
KL_12b_0	INT			Значення клапану 12б (не шкальоване значення)
LE_4a	REAL			Значення рівня 1 (шкальоване значення)
LE_4a_IN	INT	%IW0.3.0		Значення рівня 1 (не шкальоване значення)
LE_5a	REAL			Значення рівня 2 (шкальоване значення)
LE_5a_IN	INT	%IW0.3.0		Значення рівня 1 (не шкальоване значення)
LE_5a_ZD	REAL			Задане значення рівня 2
LE_Para	Para_PI_B			Настройки регулятора рівня
level_scal_p...	Para_SCALING			Настройки блоку шкалювання рівня
M1	REAL			Значення обертів двигуна M1 (шкальоване значення)
M1_0	INT			Значення обертів двигуна M1 (не шкальоване значення)
M2	REAL			Значення обертів двигуна M2 (шкальоване значення)
M2_0	INT			Значення обертів двигуна M2 (не шкальоване значення)
M3	REAL			Значення обертів двигуна M3 (шкальоване значення)
M3_0	INT			Значення обертів двигуна M3 (не шкальоване значення)
M4	REAL			Значення обертів двигуна M4 (шкальоване значення)
M4_0	INT			Значення обертів двигуна M4 (не шкальоване значення)
M5	REAL			Значення обертів двигуна M5 (шкальоване значення)
M5_0	INT			Значення обертів двигуна M5 (не шкальоване значення)
M6	REAL			Значення обертів двигуна M6 (шкальоване значення)
M6_0	INT			Значення обертів двигуна M6 (не шкальоване значення)
ManAuto_FE1	BOOL			Ручний/автоматичний режим регулятора витрати 1
ManAuto_FE2	BOOL			Ручний/автоматичний режим регулятора витрати 2
ManAuto_Le...	BOOL			Ручний/автоматичний режим регулятора рівня 1
ManAuto_TE1	BOOL			Ручний/автоматичний режим регулятора температури 1
ManAuto_TE2	BOOL			Ручний/автоматичний режим регулятора температури 2
Pusk	BOOL			Кнопка ПУСК

Рис.5.5. Таблиця змінних (1).

Pusk_0	BOOL		Кнопка ПУСК
Reg_FE1	BOOL		Змінна запуску регулятора витрати 1
Reg_FE2	BOOL		Змінна запуску регулятора витрати 2
Reg_Level	BOOL		Змінна запуску регулятора рівня 1
Reg_TE1	BOOL		Змінна запуску регулятора температури 1
Reg_TE2	BOOL		Змінна запуску регулятора температури 2
restart	BOOL		Змінна перезапуску циклу
Step1	BOOL		Внутрішня змінна-крок
Step2	BOOL		Внутрішня змінна-крок
Step3	BOOL		Внутрішня змінна-крок
Stop	BOOL		Кнопка СТОП
Stop_0	BOOL		Кнопка СТОП
TE1	REAL		Значення температури 1 (шкальоване значення)
TE1_IN	INT	%IW0.2.0	Значення температури 1 (не шкальоване значення)
TE1_ZD	REAL		Задане значення температури 1
TE2	REAL		Значення температури 2 (шкальоване значення)
TE2_IN	INT	%IW0.2.1	Значення температури 2 (не шкальоване значення)
TE2_ZD	REAL		Задане значення температури 2
TE3	REAL		Значення температури 3 (шкальоване значення)
TE3_IN	INT	%IW0.3.0	Значення температури 3 (не шкальоване значення)
TE_Para	Para_PI_B		Настройки регуляторів температури
temp_scal_p...	Para_SCALING		Настройки блоку шкалювання температури

Рис.5.6. Таблиця змінних (2 - продовження).

Шкалювання змінних:

Вхід IN (блоки Int_to_Real) підключений до сигналу від датчиків в діапазоні 0..10000. На виході Out (блок Масштабування) ми отримуємо масштабоване значення параметра, відповідно до налаштувань, що містяться у змінній PARA (підключається до вхідного блоку PARA Масштабування).

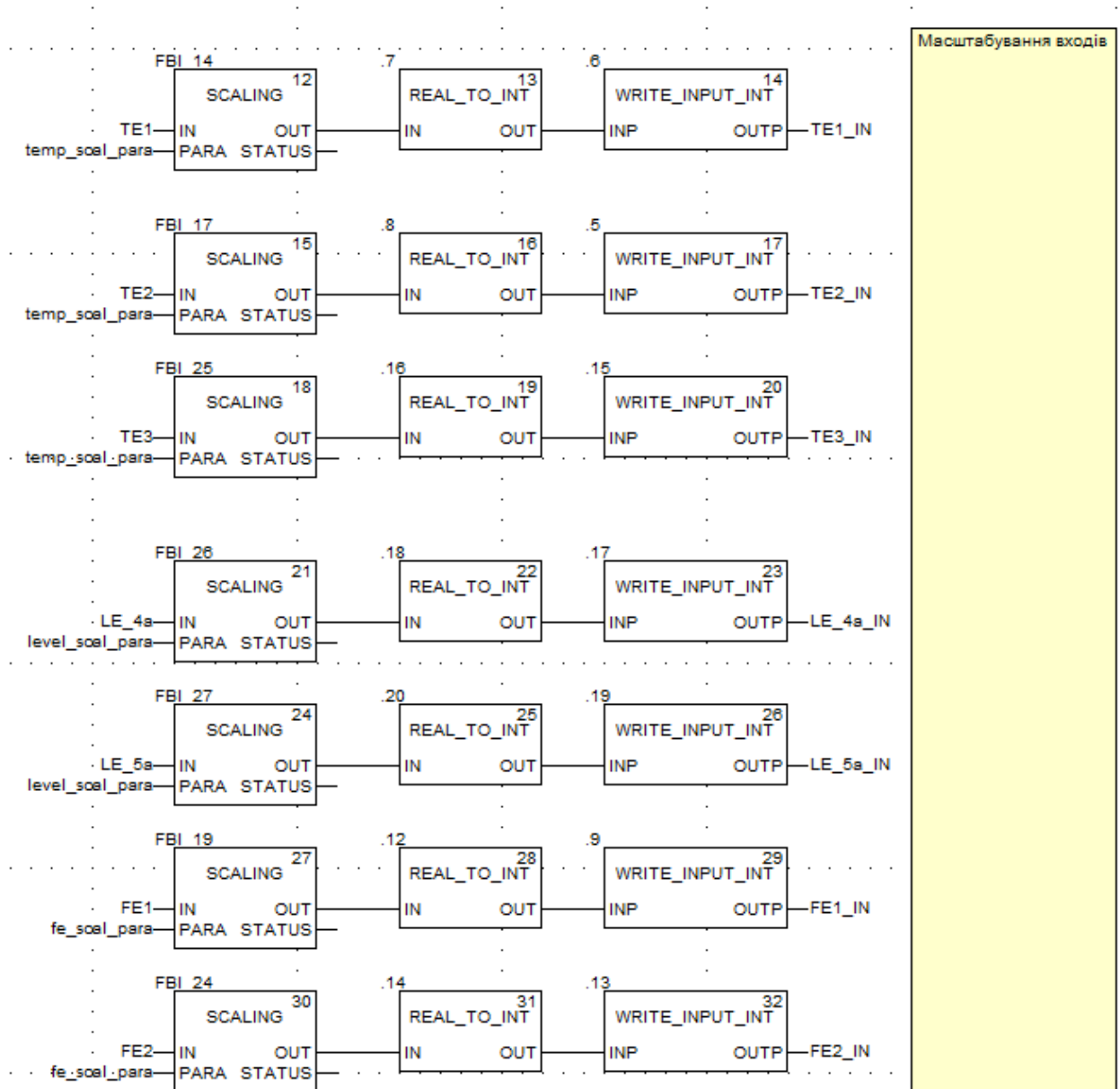


Рис.5.7. Блоки масштабування входів

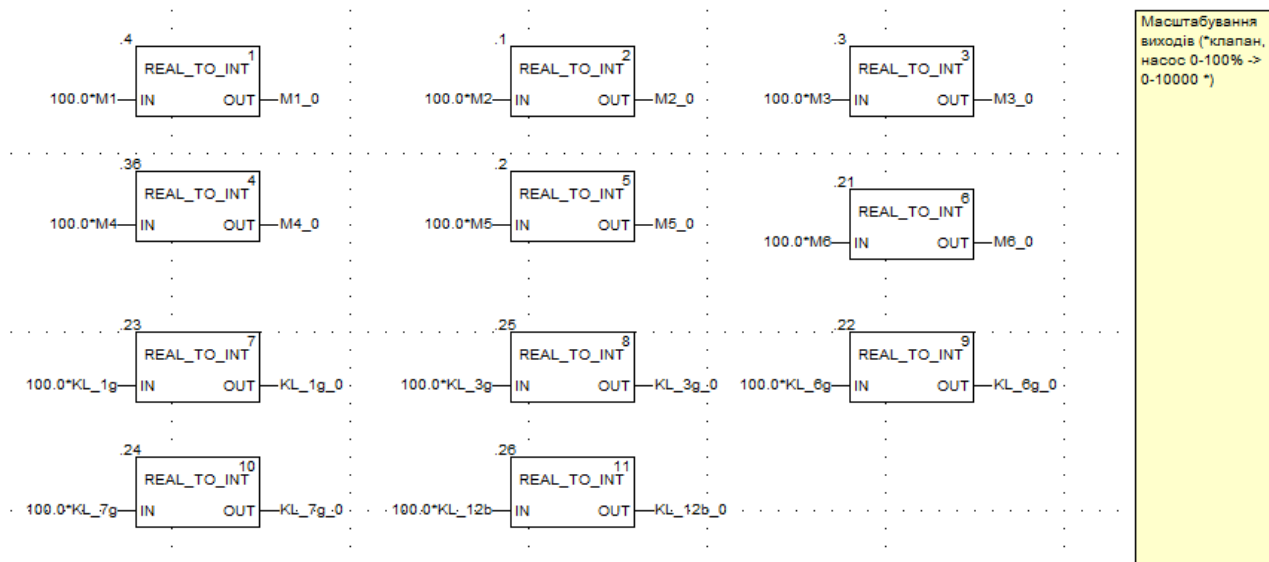


Рис.5.8. Блоки масштабування виходів

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

Інтерфейс ЛМІ 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. Система Zenon 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, Zenon займає лідируючі позиції на ринку систем HMI / SCADA. Zenon 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. Він заснований на стандартних зовнішніх технологіях і пропонує величезний набір простих у використанні графічних функцій для побудови систем візуалізації. [10]

Переваги Zenon:

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

					Кваліфікаційна робота				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації технологічного процесу пастеризації молока	Літ.	Арк.	Акрушіє	
Розроб.		Бондар І.К.							
Перевір.		Іващук В.В.					66	9	
						НУХТ ЗАК-5-1			
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.							
Зав.кафедри		Ельперін І.В.							

Багатокористувацька розробка:

Система дозволяє розподілену розробку, тому немає жорстких прив'язок 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.

Широкі можливості спілкування:

Маючи понад 300 розроблених драйверів, Zenop може легко підключатися до найпоширенішого обладнання. Редактор системи підтримує велику кількість інтерфейсів та комунікаційних протоколів. За допомогою спеціальної технології можна передавати файли, що виконуються по мережі на віддалену цільову станцію.

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.

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.

Автоматичний дизайн:

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

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

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

Таблиця аналогових входів:

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Температура у зоні охолодження пастеризатора	TE 1a	%IW0.2.0
Температура у зоні рекуперації пастеризатора	TE 2a	%IW0.2.1
Температура у зоні пастеризації пастеризатора	TE 3a	%IW0.2.2
Рівень у резервуарі з молоком	LE 4a	%IW0.2.3
Рівень у зрівнювальному баці	LE 5a	%IW0.2.4
Витрата молока при подачу у зону рекуперації	FE 6a	%IW0.2.5
Витрата сливків на виході із сепаратора	FE 7a	%IW0.2.6

Таблиця аналогових виходів:

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Керування клапаном подачі холодної води у зону охолодження пастеризатора	1г	%QW0.4.0
Керування клапаном подачі гарячої води у зону охолодження пастеризатора	3г	%QW0.4.1

Керування клапаном подачі молока у зону рекуперації пастеризатора	6Г	%QW0.4.2
Керування клапаном відводу сливков	7Г	%QW0.4.3
Керування клапаном 3-х ходовим клапаном повернення молока	126	%QW0.4.4
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M1	%QW0.5.0
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M2	%QW0.5.1
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M3	%QW0.5.2
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M4	%QW0.5.3
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M5	%QW0.5.4
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M6	%QW0.5.5

Таблиця змінних Zenon SCADA:

Name	Identification	Measur...
Filter text	Filter text	Filter...
FE 6a		м3/год
FE 5a		м3/год
LE 4a		%
LE 5a		%
TE 1a		*C
TE 2a		*C
TE 3a		*C
Клапан 1г		%
Клапан 1г А-Р		
Клапан 3г		%
Клапан 3г А-Р		
Клапан 6г		%
Клапан 6г А-Р		
Клапан 7г		%
Клапан 7г А-Р		
Клапан 126		%
Клапан 126 А-Р_1		
Клапан 126 А-Р_2		
M1		об/хв
M1 А-Р		
M2		об/хв
M2 А-Р		
M3		об/хв
M3 А-Р		
M4		об/хв
M4 А-Р		
M5		об/хв
M5 А-Р		
M6		об/хв
M6 А-Р		

Рис.6.1. Таблиця змінних SCADA/HMI з програмного середовища Zenon SCADA.

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора:

Нормальний стан системи автоматизації. Всі параметри в межах норми.

Робочий вид для оператора:

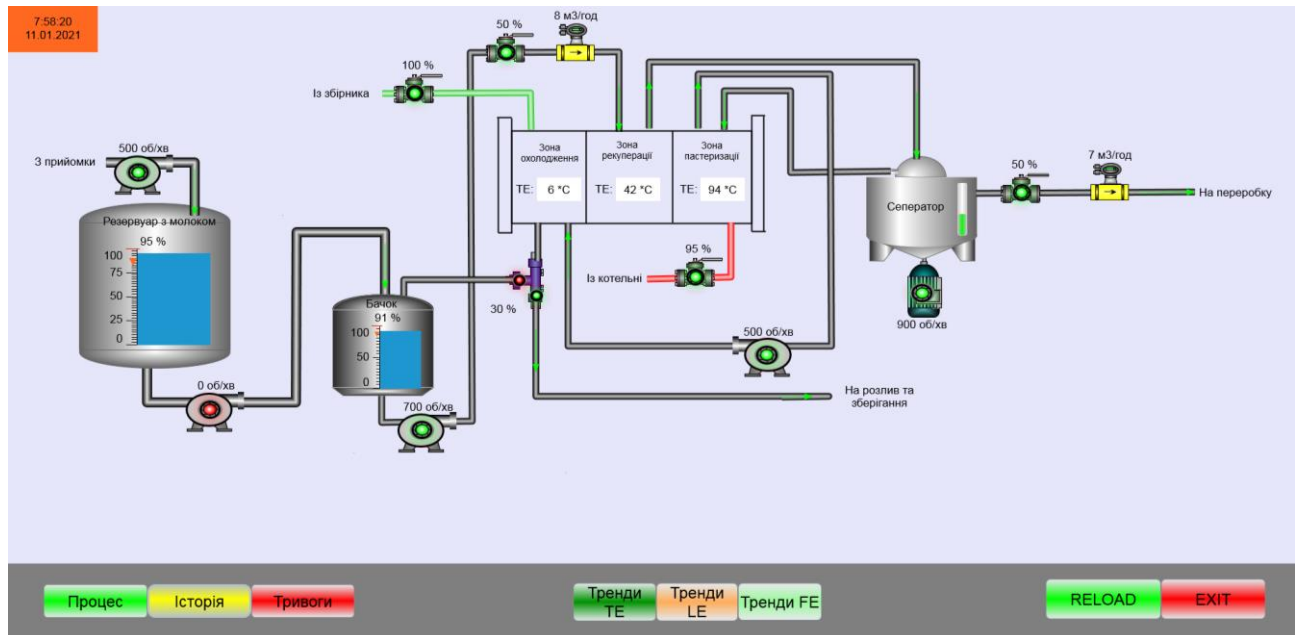


Рис.6.2. Головний екран оператора. Нормальний стан системи автоматизації.

У системі автоматизації виникло відхилення від норми, SCADA показує повідомлення про відхилення в верхній частині екрану оператора, та вказує який саме параметр вийшов з норми:

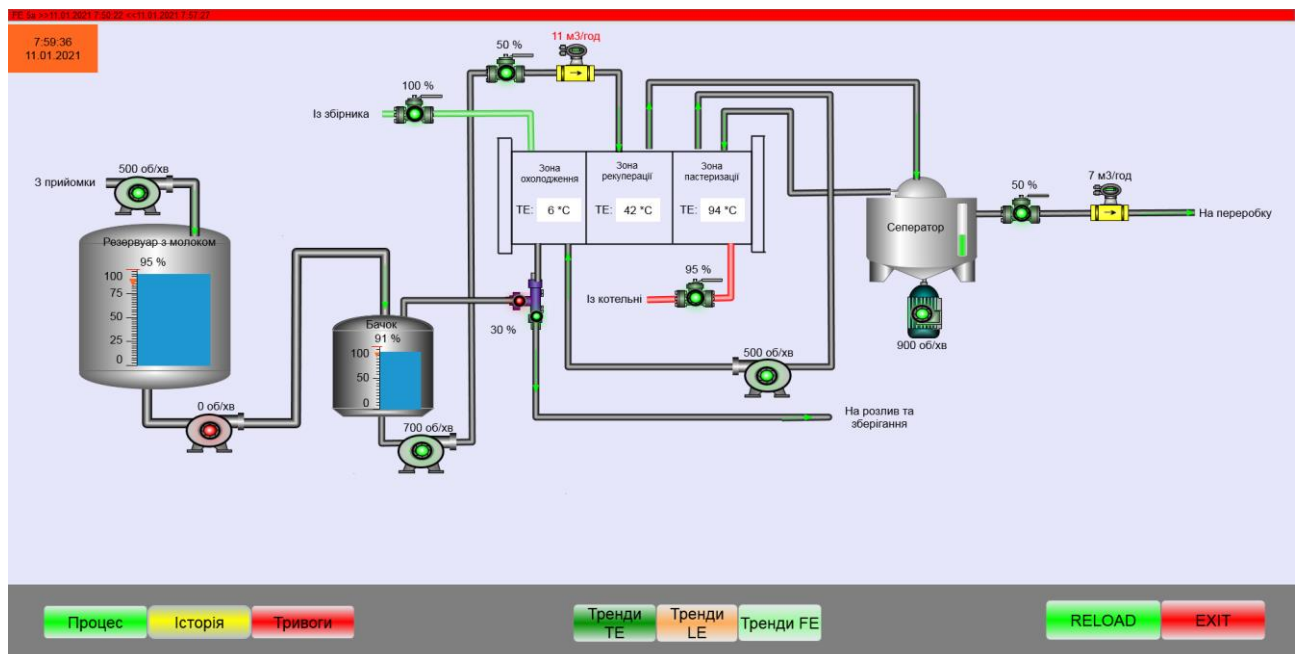


Рис.6.3. Головний екран оператора. Відхилення параметру від норми.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Вікно вкладки історії системи автоматизації. Тут відображаються всі події в хронологічному порядку (наприклад зміни параметрів чи дії оператора):

FE 5a>>11.01.2021 7:50:22<<11.01.2021 7:57:27							
Filter [T][F][T:Rel 0d, 1h, 0m, 0s]		Filter profiles		Save	Import	Export	Delete
Time received	Text	Variable name	Value	Mea...	User - full name	Computer name	Comment
11.01.2021 7:50:23	System was started				SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:50:29	System was stopped				SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:56:40	System was started				SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:56:52	Modify spontaneous value: (6 °C)	TE 1a	6	°C	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:56:55	Modify spontaneous value: (42 °C)	TE 2a	42	°C	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:56:58	Modify spontaneous value: (84 °C)	TE 3a	84	°C	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:01	Modify spontaneous value: (95 %)	LE 4a	95	%	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:04	Modify spontaneous value: (91 %)	LE 5a	91	%	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:07	Modify spontaneous value: (1)	M4 A-P	1		SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:10	Modify spontaneous value: (700 об/хв)	M4	700	об/хв	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:15	Modify spontaneous value: (1)	Khanav 1r A-P	1		SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:17	Modify spontaneous value: (100 %)	Khanav 1r	100	%	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:21	Modify spontaneous value: (1)	Khanav 6r A-P	1		SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:24	Modify spontaneous value: (8 м3/год)	FE 6a	8	м3/г.	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:27	Modify spontaneous value: (7 м3/год)	FE 5a	7	м3/г.	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:30	Modify spontaneous value: (1)	Khanav 7r A-P	1		SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:31	Modify spontaneous value: (1)	M6 A-P	1		SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:33	Modify spontaneous value: (800 об/хв)	M6	800	об/хв	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:36	Modify spontaneous value: (1)	M5 A-P	1		SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:38	Modify spontaneous value: (1)	Khanav 3r A-P	1		SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:39	Modify spontaneous value: (95 %)	Khanav 3r	95	%	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:48	Modify spontaneous value: (1)	M1 A-P	1		SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:51	Modify spontaneous value: (0 об/хв)	M2	0	об/хв	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:57:59	Modify spontaneous value: (0 %)	Khanav 125	0	%	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:58:11	Modify spontaneous value: (00 %)	Khanav 125	20	%	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:58:13	Modify spontaneous value: (1)	Khanav 125 A-P_1	1		SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:59:27	Modify spontaneous value: (11 м3/год)	FE 6a	11	м3/г.	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 7:59:27	Modify spontaneous value: (11 м3/год)	FE 6a	11	м3/г.	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 8:00:02	Modify spontaneous value: (77 °C)	TE 3a	77	°C	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 8:00:02	Modify spontaneous value: (77 °C)	TE 3a	77	°C	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 8:00:05	Modify spontaneous value: (55 %)	LE 5a	55	%	SYSTEM	IEWIN7	
11.01.2021 8:00:05	Modify spontaneous value: (55 %)	LE 5a	55	%	SYSTEM	IEWIN7	

Рис.6.4. Вкладка історії.

Вікно вкладки тривоги системи автоматизації(ALARM). Тут відображаються всі тривоги які виникли, який параметр, коли усунутий чи є дійсним:

FE 5a>>11.01.2021 7:50:22<<11.01.2021 7:57:27							
Filter [T][F][T:Rel 0d, 1h, 0m, 0s]		Filter profiles		Save	Import	Export	Delete
Со...	Время появления	Время исчезновения	Время подтвержд...	Имя переменной	Знач...	Едм...	Текст
>>11.01.2021 7:50:22	<<11.01.2021 7:57:27			FE 5a	50	м3/г.	
>>11.01.2021 7:50:22	<<11.01.2021 7:57:04			LE 5a	50	%	
>>11.01.2021 7:50:22	<<11.01.2021 7:56:58			TE 3a	100	°C	
>>11.01.2021 7:50:22	<<11.01.2021 7:57:24			FE 6a	50	м3/г.	
>>11.01.2021 7:50:22	<<11.01.2021 7:56:52			TE 1a	100	°C	
>>11.01.2021 7:50:22	<<11.01.2021 7:56:55			LE 5a	100	%	
>>11.01.2021 7:50:22	<<11.01.2021 7:57:01			LE 4a	50	%	
>>11.01.2021 7:59:27				FE 6a	11	м3/г.	
>>11.01.2021 8:00:02				TE 3a	77	°C	
>>11.01.2021 8:00:05				LE 5a	55	%	

Рис.6.5. Вкладка тривог.

Спрацювання тривоги і відображення в інформаційному списку тривог визначається індивідуально для кожної змінної в лімітах (вкладка «Ліміти»).

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коли рівень верхнього граничного значення буде досягнутий (у діапазоні, визначеному нами для певної змінної), спрацюватиме сигнал тривоги, який відобразатиметься 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 відповідною кнопкою.

Вікна вкладок трендів системи автоматизації. Тут представленні у вигляді графіків всі зміни контролюючих параметрів (можна побачити навіть миттєві зміни):

Тренди температури:



Рис.6.6. Вкладка трендів температури.

Тренди рівня:

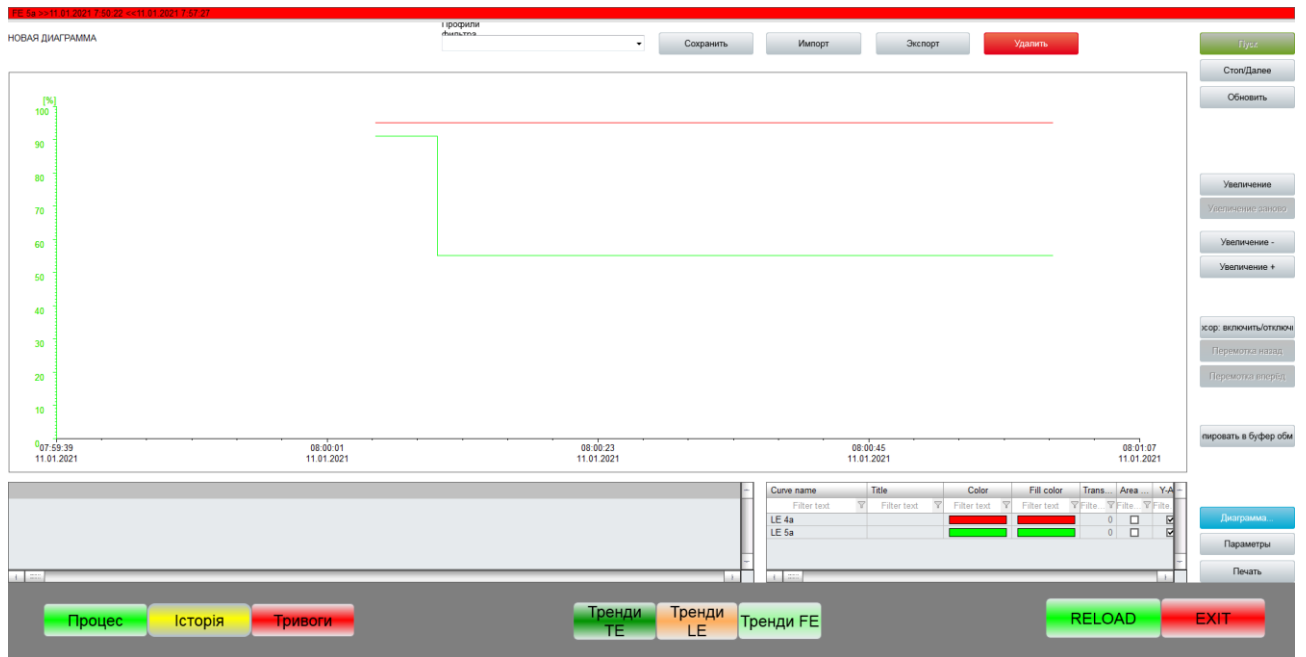


Рис.6.7. Вкладка трендів рівня.

Тренди витрати:

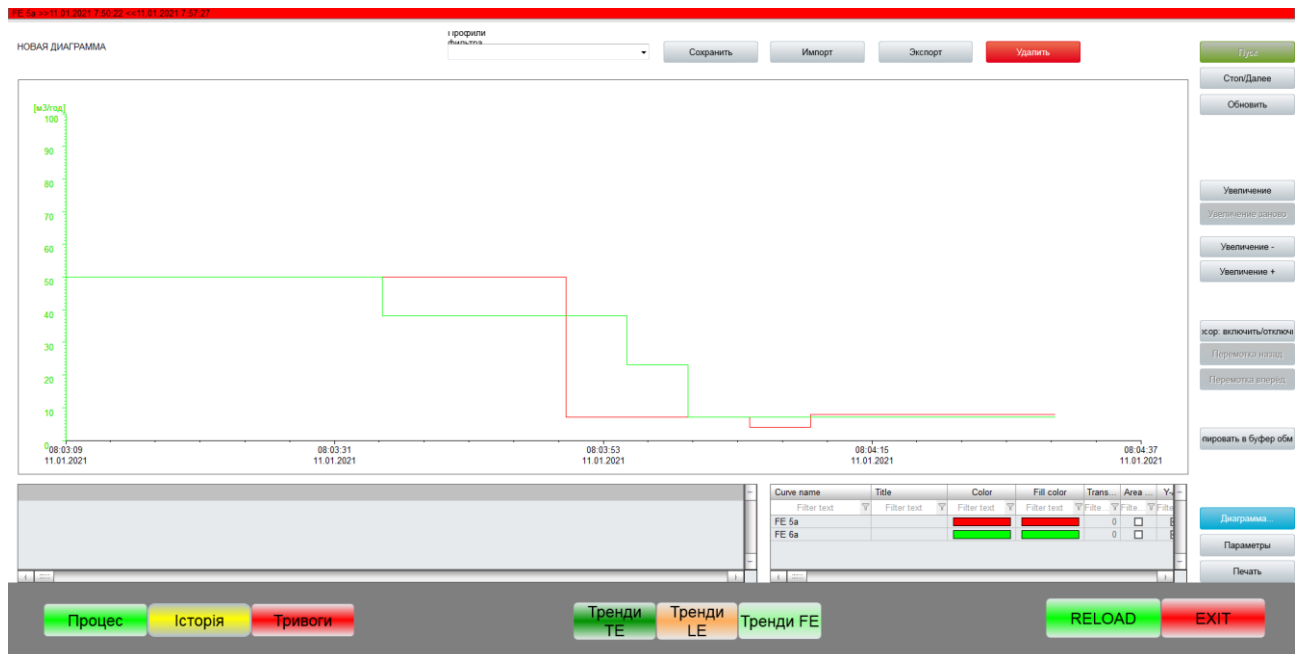


Рис.6.8. Вкладка трендів витрати.

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.

7.1. Постановка задачі дослідження.

Комп'ютерне моделювання – метод розв'язування задачі аналізу або синтезу складної системи, що ґрунтується на використанні її комп'ютерної моделі. Сутність комп'ютерного моделювання полягає у відшукуванні кількісних і якісних результатів із залученням наявної моделі. Якісні висновки, зроблені на підставі такого дослідження, дають змогу розкривати невідомі досі властивості складної системи: її структуру, динаміку розвитку, стійкість, цілісність тощо. Кількісні висновки мають переважно характер прогнозу майбутніх чи пояснення минулих значень змінних, що характеризують систему.

У кваліфікаційній роботі комп'ютерне моделювання можна виконувати для підсистеми регулювання технологічної змінної для наступних задач:

- визначення оптимальної структури та/або параметрів САР;
- дослідження властивостей САР (стійкість, якість, енерговитрати);
- дослідження САР технологічними об'єктами, що функціонують в умовах не-стаціонарності/нелінійності/невизначеності і т.п.[11]

Постановка задачі: Для системи автоматизації процесу пастеризації молока провести розрахунки перевірки системи на стійкість за допомогою методу Михайлова та визначити запас стійкості.

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

Для виконання вищезазначеного аналізу потрібно вивести передавальні функції для об'єкта за каналами різних дій, скласти блок-схему об'єкта. (передавальні функції, їх параметри та структурна схема були взяті з каталогу об'єктів автоматизації). [12] При необхідності виконують структурні перетворення (перенесення суматорів, точок), в результаті чого структурна схема зводиться до еквівалентної однопілляної.

					Кваліфікаційна робота				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації технологічного процесу пастеризації молока	Лім.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Бондар І.К.							
Перевір.		Іващук В.В.					75	7	
						НУХТ ЗАК-5-1			
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.							
Зав.кафедри		Ельперін І.В.							

Запишемо систему рівнянь в операторному вигляді, враховуючи нульові початкові умови та підстановивши числові значення коефіцієнтів та сталих часу.

Система набуває вигляду:

$$(20p+1) \Delta X_1(p) = 0,5 \Delta U_1(p) + 0,2 \Delta Z_1(p) + 0,1 \Delta X_2(p);$$

$$(30p+1) \Delta X_2(p) = 0,8 \Delta X_1(p);$$

$$(20p+1) \Delta X_3(p) = 0,3 \Delta U_3(p) + 0,1 \Delta Z_3(p) + 0,1 \Delta X_2(p);$$

Визначимо передаточні функції:

$$W_{1U}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{0,5}{20p+1}; W_{1Z}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta Z_1(p)} = \frac{0,2}{20p+1}; W_{21}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0,1}{20p+1};$$

$$W_{2U}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta U_2(p)} = \frac{0,8}{30p+1};$$

$$W_{3U}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta U_3(p)} = \frac{0,3}{20p+1}; W_{23}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0,1}{20p+1}, W_{3Z}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta Z_3(p)} = \frac{0,1}{20p+1},$$

Складаємо структурну схему об'єкта:

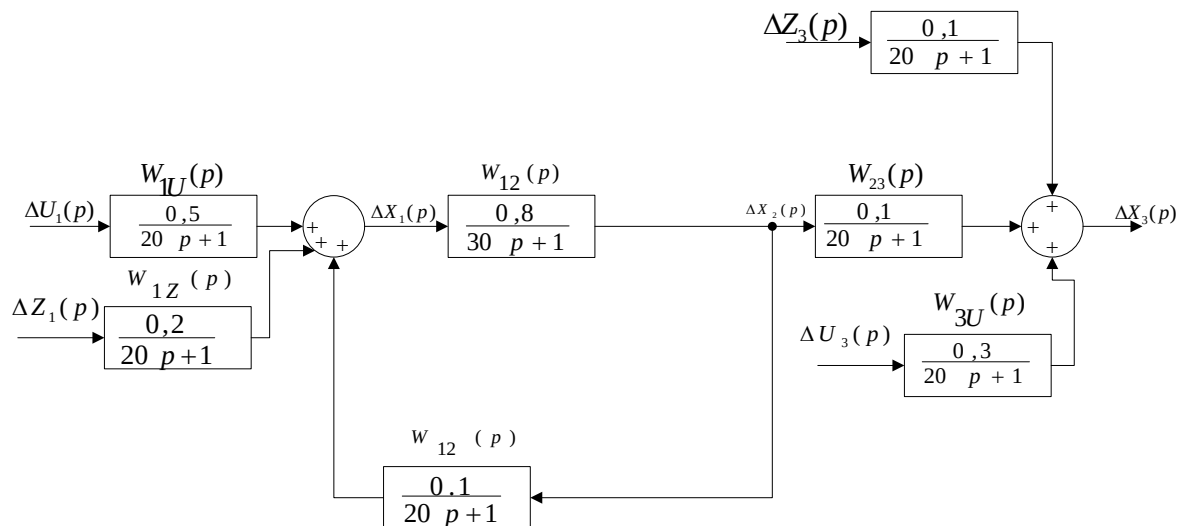


Рис.7.1. Структурна схема об'єкта.

7.3. Моделювання САР

Аналіз стійкості системи:

Розроблена САР в першу чергу має бути перевіреною на стійкість. Перевірка на стійкість у нашому дипломному проекті виконується за допомогою критерію Михайлова.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно критерію Михайлова, для того щоб система була стійкою, необхідно, щоб повний приріст аргументу $\psi(\omega)$ при зміні частоти ω від 0 до ∞ дорівнював $n \frac{\pi}{2}$, де n це порядок полінома $D(p)$ [2, 6]. Характеристичний поліном нашої системи, має вигляд:

$$W_{зам}(p) = \frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} = \frac{\frac{20.23 \cdot 0,0434}{13043,4p^3 + 1739,1p^2 + 74,3p + 1}}{1 + \frac{20.23 \cdot 0,0434}{13043,4p^3 + 1739,1p^2 + 74,3p + 1}} = \frac{0.87}{13043,4p^3 + 1739,1p^2 + 74,3p + 1.87}$$

$$D(p) = 13043,4p^3 + 1739,1p^2 + 74,3p + 1,87 = 0.$$

Підставимо замість $p - (j\omega)$. Отримаємо:

$$D(p) = -13043,4j\omega^3 - 1739,1\omega^2 + 74,3j\omega + 1,87$$

Для того, щоб побудувати годограф Михайлова, виділимо дійсну та уявну частини характеристичного поліному $D(p)$:

Дійсна:

$$X(\omega) = -1739,1\omega^2 + 1,87;$$

Уявна:

$$Y(\omega) = -13043,4j\omega^3 + 74,3j\omega;$$

Та побудуємо їх залежність за допомогою Excel (ω підставляємо в рівняння дійсної та уявної частини, звідки отримуємо координати годографа).

Таблиця 7.1. Дані для побудови годографа Михайлова.

ω	$X(\omega)$	$Y(\omega)$
0,00	1,87	0,00
0,01	1,70	0,73
0,02	1,17	1,38
0,03	0,30	1,88
0,04	-0,91	2,14
0,05	-2,48	2,08
0,06	-4,39	1,64
0,07	-6,65	0,73
0,08	-9,26	-0,73
0,10	-15,52	-5,61

За отриманими даними будуюмо годограф Михайлова за допомогою програмного середовища Excel.

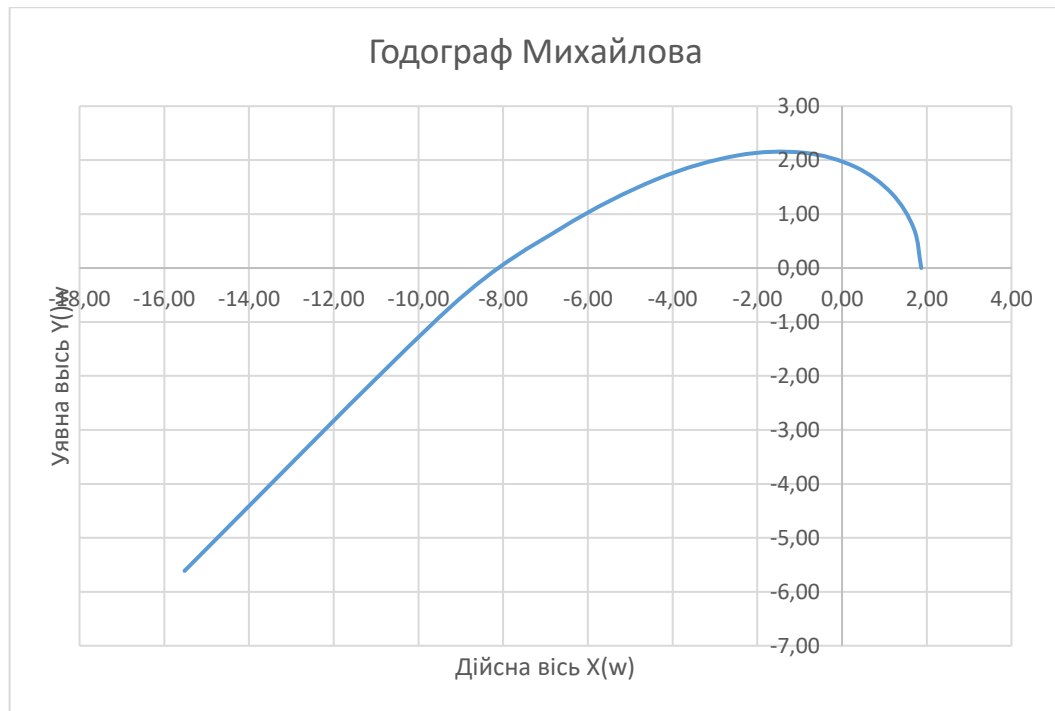


Рис.7.2. Графік залежності $Y(\omega)$ від $X(\omega)$.

Оскільки характеристичний поліном нашої системи є поліномом третього порядку ($n=3$) і годограф Михайлова проходить три чверті комплексної площини, та має плавний, без сачків, графік, то система є стійкою.

Запас стійкості системи:

Запас стійкості - це кількісна оцінка відстані між значеннями параметрів системи або її характеристиками від зони, небезпечної з точки зору стабільності. Границя стійкості з точки зору параметрів характеризує відстань граничної кривої, яка визначає площу вирішених значень параметрів, від межі області стійкості.

Для визначення межі стійкості ми використовуємо програмне середовище MatLab та будуюмо амплітудно-фазову частотну характеристику (амплітудно-фазова характеристика, АФХ) - годограф функції передачі частоти. Годограф комплексної функції побудований на комплексній площині. Будь-яке значення аргументу на комплексній площині відповідає точці. Сукупність точок, що відповідає плавній зміні аргументу від $-\infty$ до ∞ , утворює криву, яка називається годографом.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Складаємо структурну схему САР з використанням Simulink:

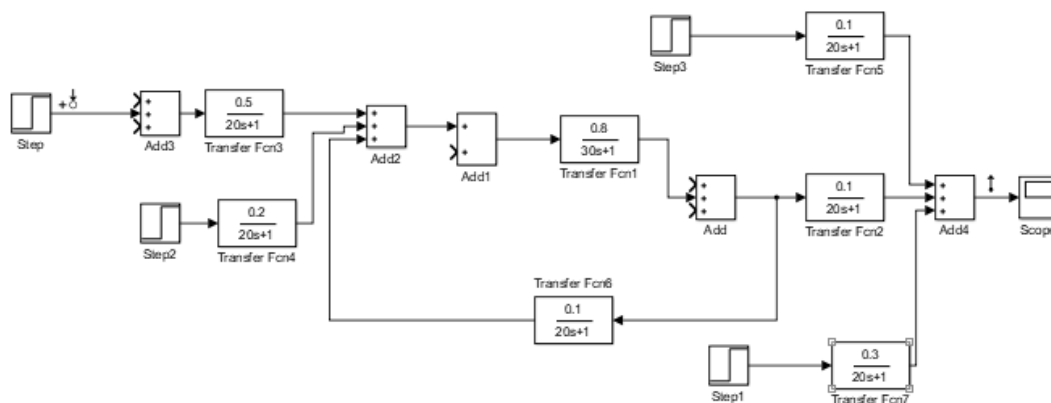


Рис.7.3. Структурна схема САР створена з допомогою інструменту Simulink.

Будуємо амплітудно-фазову частотну характеристику:

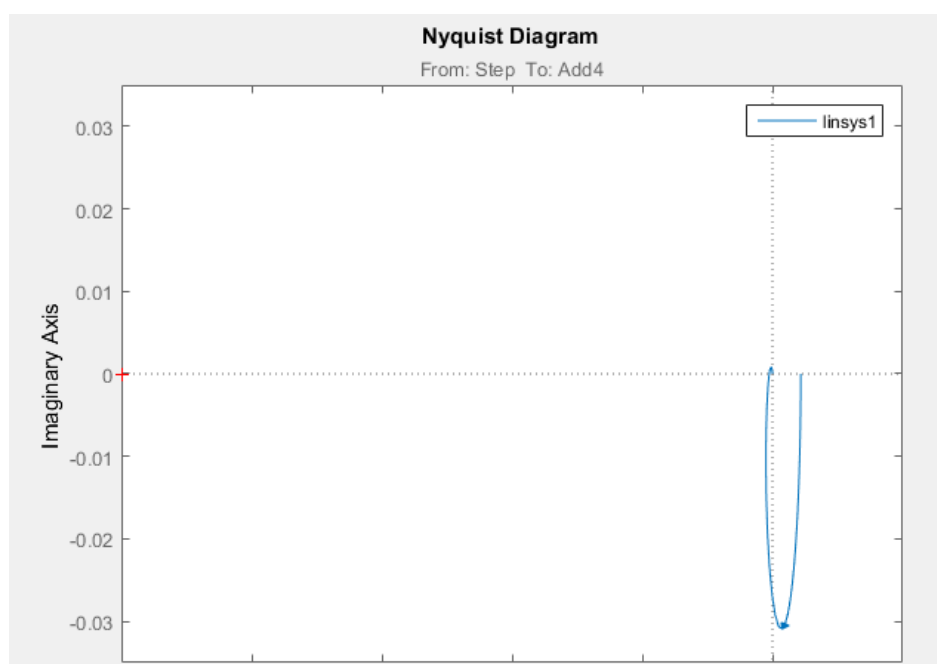


Рис.7.4. Амплітудно-фазова частотна характеристика.

На основі отриманих характеристик (годографа) визначають запас стійкості за модулем (характеризує видалення годографа АФЧХ відкритою САУ з критичної точки в напрямку справжньої осі і визначається відстанню h від критичної точки до точки перетину осі абсцис годографа) і запасу стійкості критичної точки вздовж дуги кола одиничного радіуса і визначається кутом між негативним напрямком реальної піввісі та промінням, проведеним від початку координат до точки перетин годографа з одиничним колом).

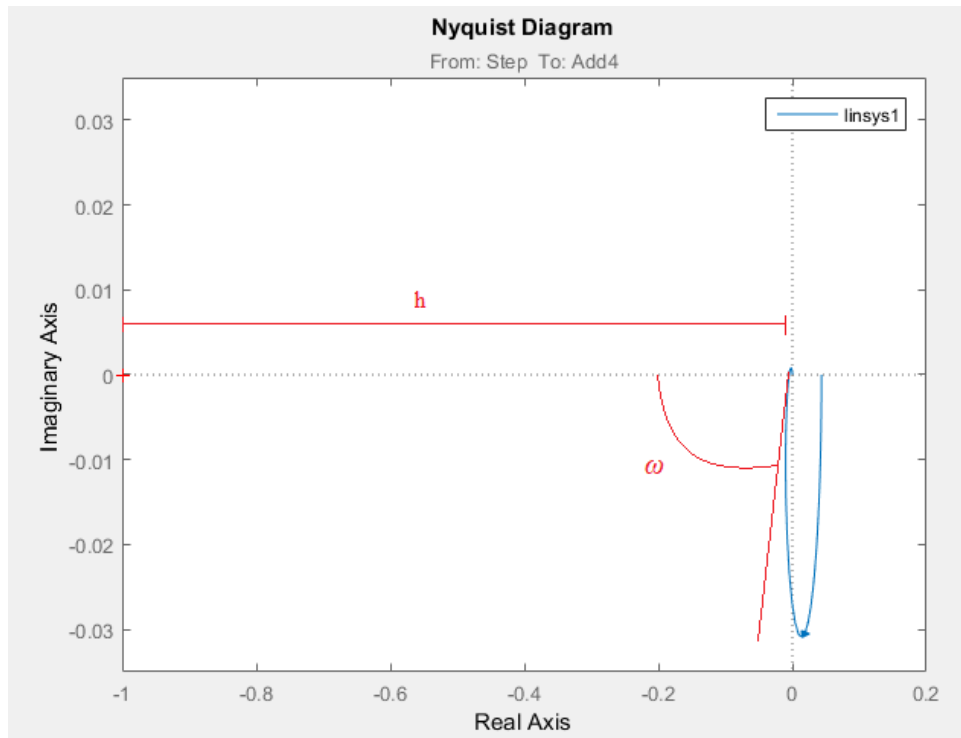


Рис.7.5. Діаграма Найквіста.

Звідки отримуємо:

Запас стійкості по модулю (амплітуді) – $h = 0,99$;

Запас стійкості по фазі – $\omega = 81^\circ$;

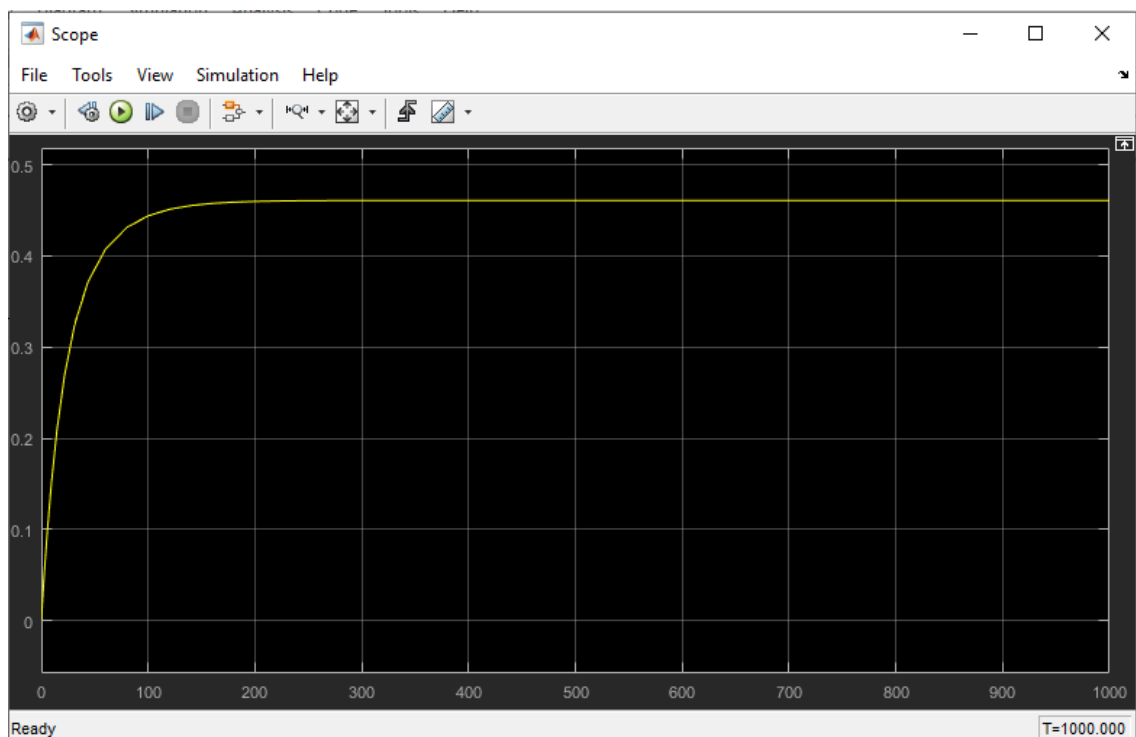


Рис.7.6. Перехідний процес розімкненої системи без регулятора.

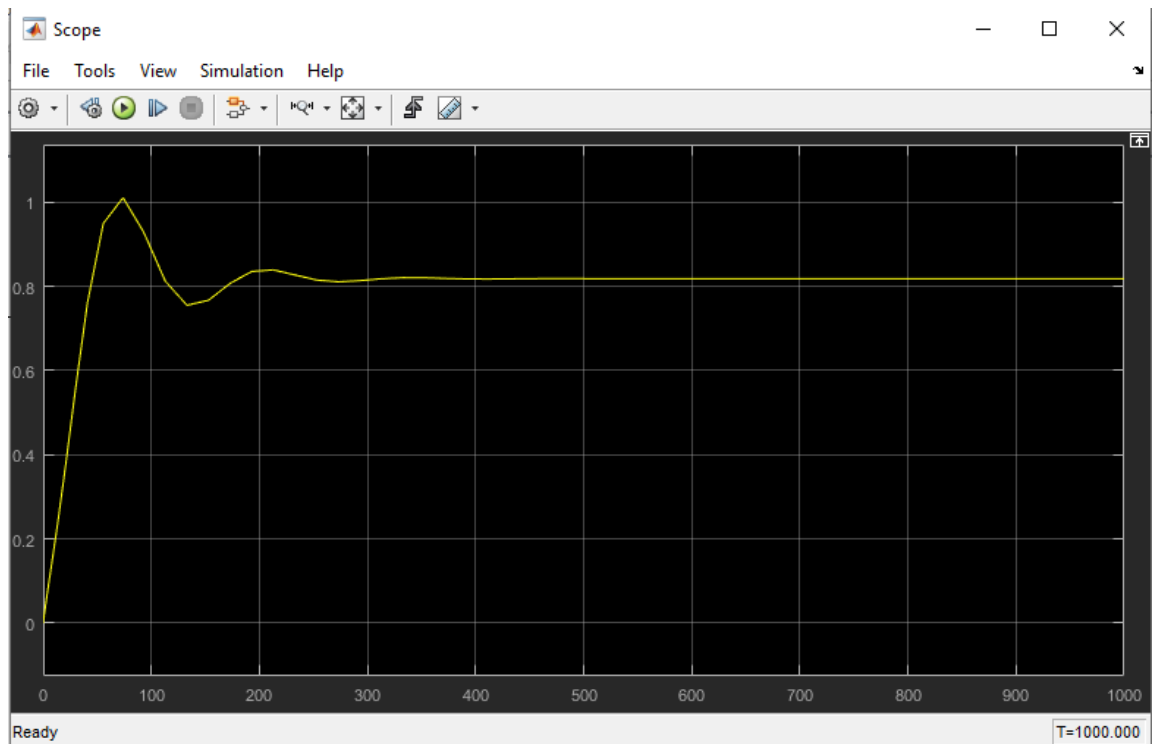


Рис.7.7. Перехідний процес замкнутої системи з П-регулятором ($K_p=50,9$).

Висновок: У цьому розділі була складена структурна схема АСР процесу пастеризації молока. При дослідженні коефіцієнта питомого поглинання на стабільність за частотним критерієм стабільності Михайлова були використані ресурси програмної оболонки Excel, що значно скоротило час та підвищило точність дослідження системи автоматичного управління стабільністю. Система виявилася стабільною.

Для визначення запасу стійкості було використано програмне середовище MatLab, за допомогою якого побудовано АФЧХ, який визначав запас стійкості за модулем (амплітудою) - $h = 0,99$ і запас стійкості за фазою - $\omega = 81^\circ$.

Висновок

У цій кваліфікаційній роботі було розглянуто систему автоматизації технологічного процесу пастеризації молока. Я розробив САУ на базі контролера Modicon M580 від Schneider Electric, для цього об'єкта були використані 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 змодельював роботу об'єкта, вибрав пристрої для підключення до контролера, надав схеми підключення, склав специфікацію пристроїв, відповідно розробив та впровадив SCADA / HMI для оператора .

При подальшому використанні цього обладнання воно 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 об'єкта і збільшити прибуток.

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

Список використаної літератури

1. Ельперін І.В. Промислові контролери. Частина 2 / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2012. – 106 с.
2. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
3. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін // Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К. – 2013. – 340с.
4. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
5. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
6. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
7. Мірошник, В. О. Пастеризатор як об'єкт керування за каналами нагрівання і охолодження молока. / В. О. Мірошник, Т. І. Лендел // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2017. Вип. 261. – С. 79-88.
8. Брусиловский Л.П. Автоматизация технологических процессов в молочной промышленности / Л.П. Брусиловский, А.Я. Вайнберг. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 344 с.
9. Кук Г.А. Пастеризация молока/ Г. А. Кук. – М.: Пищепромиздат, 1951. – 240 с. 4. Єресько Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв / Г.О. Єресько, М.М. Шинкарик, В.Я. Ворошук. – К.: Фірма „ІНКОС”, центр навчальної літератури, 2007. – 344 с.
10. Атраментов А.Г. Совершенствование первичной обработки молока. — М.: Колос, 1993. — 64 с.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

11. Бабкин В.П. Механизация доения коров и первичной обработки молока. — М.: Агропромиздат, 1986. — 271 с.
12. Барабанщиков Н.В. Молочное дело. — М.: Колос, 1983. — 414 с.
13. Богданов В.М. Микробиология молока и молочных продуктов. — М.: Пищевая пром-сть, 1969, — 364 с.
14. Богданова Е.А., Богданова Г.И. Производство цельномолочных продуктов. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. — 200 с.
15. Босин И.Н. Охлаждение молока на комплексах и фермах. — М.: Колос, 1993. — 46 с.
16. Бредихин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В.Н. Технология и техника переработки молока. — М.: Колос, 2001. — 400 с.
17. Вессер Р. Технология получения и переработки молока. — М.: Колос, 1971. — 480 с.
18. Вышемирский Ф.А. Производство сливочного масла. — М.: Агропромиздат, 1987. — 272 с. Галат Б.Ф., Машкин Н.И., Козача Л.Г. Справочник по технологии молока. — К.: Урожай, 1990. — 192 с.
19. Гисин И.Б. Технология молока и молочных продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 374 с.
20. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов. — 3-е изд., перераб. и доп. — СПб.: ГИОРД, 2003. — 320 с.
21. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. — 344 с.
22. Горбатова К.К. Химия и физика молока: Учебник для вузов. — СПб.: ГИОРД, 2004. — 288 с.
23. Грищенко А.Д. Сливочное масло. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 296 с.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84