

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Декан факультету

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)                      Форсюк А.В.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)                      Ельперін І.В.  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » червня 2020 р.

« \_\_\_\_ » червня 2020 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 сепарування  
молока

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 1

Габрик Михайло Вікторович  
(прізвище та ініціали)

Керівник Беляєв Юрій Борисович  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультанти

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент Грибков Сергій Віталійович  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

*Габрик Михайло Вікторович*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації технологічного процесу сепарування молока*

керівник роботи \_\_\_\_\_ професор, доктор технічних наук *Беляєв Юрій Борисович*  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

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

3. Вихідні дані до роботи

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

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

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

програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3. Алгоритм та програма для ПЛК 4. Креслення встановлення технічних засобів 5. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора 6. Розширені схеми підключення 7. Комп'ютерне моделювання

6. Дата видачі завдання 27.04.2020 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 Габрик М.В.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Беляєв Ю.Б.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації технологічного процесу сепарування молока.

В роботі розроблена система автоматизації, в склад якої входить : опис технологічного об'єкту управління, схема автоматизації, схема монтажу датчика, принципові схеми управління і сигналізації.

Розроблене програмне забезпечення для всієї функціональної схеми автоматизації . Програма розроблена в програмному забезпеченні TIA Portal від Siemens. Роботоспроможність програми було перевірено на реальному контролері.

Також для проекту був розроблений SCADA-інтерфейс в програмному забезпеченні Zenon від фірми COPA-DATA , складена структурна схема САР , та знайдені оптимальні налаштування ПД-регулятора.

**Ключові слова:** ПЛК, SCADA, система керування, сепарування, молочне виробництво, автоматизація.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Annotation

This qualification work is devoted to the development of a system for automation of the technological process of milk separation.

The work develops an automation system, which includes: a description of the technological object of control, the scheme of automation, the scheme of installation of the sensor, the basic schemes of control and alarm.

Developed software for the entire functional scheme of automation. The program is developed in the TIA Portal software from Siemens. The program's performance was tested on a real controller.

Also for the project the SCADA-interface in the Zenon software from COPA-DATA firm was developed, the structural scheme of SAR was made, and optimum settings of the PID-regulator were found.

**Keywords:** PLC, SCADA, control system, separation, dairy production, automation.

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

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	6
<b>Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації</b> .....	8
1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	10
<b>Розділ 2. Опис системи автоматизації</b> .....	12
2.1. Схема автоматизації .....	12
2.2. Специфікація засобів автоматизації .....	13
2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів.....	15
<b>Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК</b> .....	22
3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера.....	22
3.2. Загальна схема підключення.....	36
3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів.....	43
<b>Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів</b> .....	49
<b>Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)</b> .....	51
<b>Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога</b> .....	57
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	57
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	61
<b>Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання</b> ...	66
<b>Висновки</b> .....	71
<b>Список використаних джерел</b> .....	72

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

## Вступ

Переробка молока - важлива галузь харчової промисловості. Можна виділити кілька основних етапів цього процесу. Це, перш за все, так звана первинна обробка молока. При первинній обробці проводиться первинна очистка від можливих забруднень і далі пастеризація або стерилізація. Ці процеси покликані забезпечити безпеку молока і дати можливість зберігати його протягом часу необхідного для доставки споживачеві або ж для завершення інших процесів. Також до цього первинного етапу можна віднести нормалізацію молока і його гомогенізацію. Перший процес має на увазі приведення молока до вимог стандартів за змістом різних речовин. Другий має на увазі видалення з нього можливих згустків жиру або інших речовин. Далі, якщо не передбачається виробництво будь-якого продукту на основі молока, воно може пакуватися в тару або відправлятися іншому замовнику. Якщо все ж передбачається виробництво будь-яких молочних продуктів, наступним етапом зазвичай є сепарація. При сепарації в широкому сенсі не відбувається зміни хімічного складу сепарованого речовин. Так як молоко є суспензією різних речовин, сепарація молока - це поділ цих речовин і приміщення їх в роздільні ємності, а конкретно - отримання вершків і знежиреного молока.

Сепаратори призначені для поділу незбираного молока на дві фракції - сльівки і знежирене молоко. Ці машини використовують і для очищення молока від забруднення. До винаходу сепаратора. Вершки отримували шляхом відстоювання молока. Спливання жиру, а отже, і утворення вершків відбуваються повільно, в знежиреному молоці залишається багато жиру.

В середині минулого століття були запропоновані центрифуги, в яких молоко піддавалося обертанню. Після центрифугування більш жирну верхню частину молока (вершки) зливали. У 1875 р в Німеччині був створений сепаратор, барабан якого не мав тарілок. У 1877 р шведський вчений Карл Густав Патрік де Лаваль винаходить більш досконалий сепаратор. Через два роки їм же запропонований сепаратор безперервної дії.

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

Сепаратор, що зробив переворот у молочній промисловості, а потім і в ряді інших галузей народного господарства. Машина поставила виробництво незалежно від температури повітря, збільшила вихід масла з молока на 10%, підвищила якість продукту, здешевила вироблення масла (при машині потрібно менше роботи, менше приміщення, посуду, льоду), викликала концентрацію виробництва ".

Застосування сепаратора мало велике значення для розвитку молочного тваринництва. Виділення жиру за допомогою сепаратора відбувається в 4-5 тис. раз швидше, ніж при відстоюванні.

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

## Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації

### 1.1. Аналіз технологічної дільниці як об'єкта автоматизації

Сепарування - один з основних технологічних процесів в молочній промисловості. Сепаруванням безальтернативно отримують з молока вершки. До процесів сепарування відноситься відцентрове очищення молока, включаючи Бактофугування. Сепарування вершків дозволяє отримувати вершкове масло методом перетворення високожирних вершків. Знежирення молочної сироватки можливість додаткового використання компонентів молока, в першу чергу молочного жиру. Відцентрове поділ суспензій "з коагульованої білок-плазма" використовується при виробництві сиру і освітленні молочної сироватки, наприклад, при виробництві молочного цукру. Можливо і додаткове витяг жиру з сколотин шляхом сепарування (знежирення) цього продукту.

Сепаратор-сливко відділювач призначений для поділу теплового незбираного молока на вершки і знежирене молоко з одночасним очищенням їх від забруднень і молочної слизу. Використовується на малих і середніх підприємствах молочної промисловості. Сепаратор може бути застосований для поділу аналогічних продуктів в інших галузях промисловості.

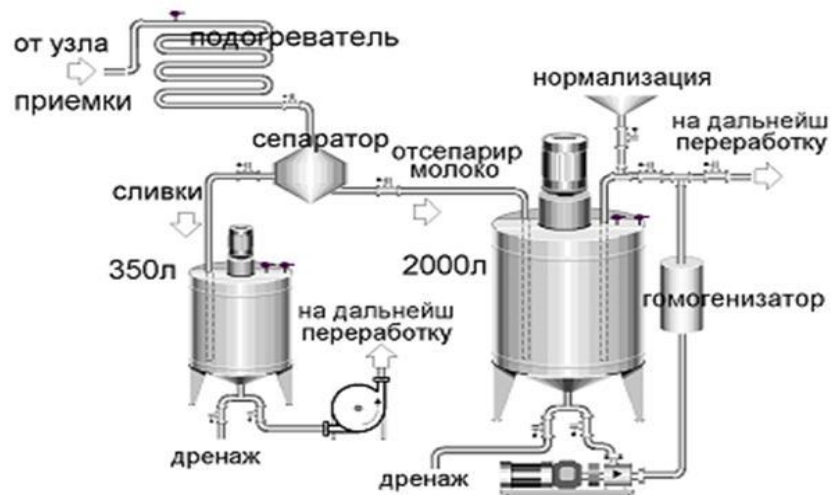


Рис.1.1. Вузол сепарації молока

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Габрик М.В.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу сепарування молока	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Беляєв Ю.Б.					8	73
Секр.	Е.К.	Проскурка Є.С.				НУХТ АК-4-1		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

Сепаратор – сливковідділювач розділяє молоко на вершки і знежирене молоко, він може мати пристрій для нормалізації молока. Ефективність сепарування залежить від вмісту жиру в молоці і його температури, яку рекомендовано близько 35 - 45 °С. При сепарування молока нагрівання знижує його в'язкісні властивості, що позитивно позначається на відділенні жирових кульок від плазми молока і освіті вершків. З цією метою молоко, яке надходить з вузла приймання на сепаратор попередньо підігрівається. Для очищення молока від найдрібніших частинок забруднень, в основному, біологічного походження, і частково - мікроорганізмів, можлива установка фільтра тонкої очистки перед підігрівачем. Молоко жирністю вище 4% сепарують з додатковим підігрівом і зменшенням подачі його в сепаратор. Але при дуже високій температурі сепарування утворюється велика кількість молочної слизу, різко підвищується вспенивание молока.

Утворені вершки надходять в накопичувальну ємність, після пастеризації насосом перекачуються на подальшу переробку. Відсепароване молоко подається в іншу ємність, де воно нормалізується. Нормалізація проводиться для встановлення необхідної масової частки жиру, наповнювачів і добавок. Нормалізоване по жиру молоко підігрівають, (очищають) і гомогенізують. Після гомогенізації нормалізоване молоко пастеризують. Пастеризоване молоко охолоджують і направляють на розлив і пакування (закупорювання) або для тимчасового зберігання в проміжну ємність.[1]

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

## 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	Теплообмінник	Температура	40 <sup>0</sup> С ± 5 <sup>0</sup> С	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату теплоносія	Ручне управління зі АРМ оператора
2	Ємність зі сливками	Температура	27 <sup>0</sup> С ± 3 <sup>0</sup> С	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату теплоносія	Ручне управління зі АРМ оператора
3	Ємність зі сливками	Рівень	90% ± 2%	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі молока	Ручне управління зі АРМ оператора
4	Ємність для нормалізації	Рівень	90% ± 2%	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі молока і сливок	Ручне управління зі АРМ оператора

5	Трубопровід відводу сливок на переробку	Витрата	700л\год ± 20л/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
6	Трубопровід подачі молока	Витрата	700л\год ± 20л/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі молока	Ручне управління зі АРМ оператора
7	Трубопровід відводу сливок на нормалізацію	Витрата	700л\год ± 20л/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан відводу сливок на нормалізацію	Ручне управління зі АРМ оператора
8	Трубопровід подачі молока з прийомки	Витрата	700л\год ± 20л/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі молока з прийомки	Ручне управління зі АРМ оператора
9	Трубопровід відводу молока на пастеризацію	Витрата	700л\год ± 20л/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	

## Розділ 2. Опис системи автоматизації

### 2.1. Схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації (ФСА) призначена для визначення основних контурів контролю і регулювання основних технологічних параметрів. Схема автоматизації технологічного процесу сепарування молока складається з контурів вимірювання та сигналізації, температури, рівня та витрати молока.

#### *Контур вимірювання та регулювання температури:*

Регулювання та вимірювання температури відбувається в ємності зі сливками та теплообміннику. Вимірювання відбувається за допомогою ПВП термометра опору pt100, сигнал із датчика передається на вторинний перетворювач МТМ201 (1б, 2б). Сигнал із датчиків надходить на модуль аналогових входів МПК, сигнал опрацьовується в програмі, і якщо є розузгодження із заданим значенням, то на виході з МПК подається управляючий сигнал 4-20 мА, який надходить електро-пневматичні перетворювачі РС-28 G/A (1в,2в), в якому сигнал 4-20 мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа, який в свою чергу надходить на пневмоклапани EL15 (1г,2г), що регулюють подачу гарячої води.

#### *Контур вимірювання та регулювання рівня:*

Регулювання рівня відбувається в ємності зі сливками та ємності кормалізації. Вимірюємо за допомогою радарних рівнемірів NivoCap C-400 (3б,4б). Сигнал із датчика на модуль аналогових входів МПК, сигнал опрацьовується в програмі, і якщо є розузгодження із заданим значенням, то на виході з МПК подається управляючий сигнал 4-20 мА, який надходить на електро-пневно перетворювачі РС-28 G/A (3в,3г,4в,4г), сигнал 4-20 мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Габрик М.В.</i>			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу сепарування молока</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Беляєв Ю.Б.</i>					12	73
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Ельперін І.В.</i>						

КПа, який в свою чергу надходить на пневмоклапани EL15 (3д,3е,4д,4е), які регулюють подачі рідин у ємності.

*Контур вимірювання та регулювання витрати:*

Регулювання витрати відбувається в трубопроводах сливков, молока. Вимірюємо за допомогою витратомірів RPMAG (5б,6б,7б,8б,9б). Сигнал із датчика надходить на модуль аналогових входів МПК, сигнал опрацьовується в програмі, і якщо є розузгодження із заданим значенням, то на виході з МПК подається управляючий сигнал 4-20 мА, який надходить на електро-пневмо перетворювачі РС-28 G/A (7в,8в), сигнал 4-20 мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа, який в свою чергу надходить на пневмоклапани EL15 (7г,8г), які регулюють швидкість подачі та відводу рідин та на частотний перетворювач FR-F740-00250-EC (6в) , що керує двигуном насосу М1 та закачує молоко з прийомки у систему сепарування.

Двигуни М1, М2, М6 управляються через частотні перетворювачі FR-F740-00250-EC (6в, 10а, 11а).

Двигуни М3,М4,М5 управляються через магнітні пускачі.

## 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	1б, 2б	Вторинний перетворювач температури Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50...180 °С, Клас точності-0,25.	МТМ20 1	С	2	ОВЕН, Україна
2	1а,2а	ПВП вимірювання температури. Термометр опору. Тип: МКн (Спеціалізація - низькі температури, вакуум, інертні і відновні атмосфери, окислювальні - частково) Позначення: Т (Cu-CuNi) Найменування: Мідь-константан Робочий діапазон: -200 ... 260 С	Pt100		2	ОАО «Тера», Україна, м. Чернігів

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

№ п. п.	№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
3	3б,4б	2-х провідний ємнісний рівнемір - висока чутливість - стрижневий або тросовий зонд довжиною до 20 м - матеріал корпусу: пластик, алюміній або нержавіюча сталь - суцільний або частково покритий фторопластом зонд - знімний індикатор-програмактор - 32-х точкова лінеаризація - вибухозахищене виконання Ex - вимір хімічних речовин, існуючі щільний газовий шар на ними - високий тиск, висока температура або вакуум - в'язкі або корродують середовища	NivoCap C-400	%,м	2	Nivelco, Угорщина
4	1в,2в, 3в,3г, 4в,4г, 7в,8в	Елект.-пневмат. перетворювач. Вх.сиг. 4-20 мА Вих. сиг. 20-100 кПа. Номинальний тиск повітря живлення: 140 кПа	PC28G G\A		8	Aplissens, Польща
5	1г,2г, 3д,3е, 4д,4е, 7г,8г	Пневматичний клапан. Вх. Сиг: 20-100 кПа. Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного проходу: 160 мм. Тиск умовний: 2 ... 5 МПа	EL15		8	ADCATROL, Португалія
6	5б,6б, 7б,8б, 9б	Електромагнітний витратомір RPMAG призначений для вимірювання об'ємної витрати електропровідних рідин. Витратомір може вимірювати витрату і об'єм рідини, що пройшла через нього, як в прямому, так і в зворотньому напрямку Основна похибка $\pm 0,5\%$ - Ступінь захисту корпусу IP67 - Компактне ALW і роздільне NW виконання.	RPMAG	МЗ\год; л\год	5	PROMAG, Україна
7	6в,10а, 11а	Перетворювач частоти Аналоговий вхід (0-10В, 0-20мА, 4-20мА); Напруга живлення: 180...264 V AC; Діапазон вихідної частоти: 0...240 Гц; Робоча температура: 0..55 ° C;	FR-F740-00250-EC	Шт.	3	Mitsubishi Electric, Японія
8	КМ1, КМ2, КМ3	Магнітний пускач. 3-х і 4-х полюсний виконання; струмові номінали від 9 до 630А (4 ... 330кВт); котушки управління на різну напругу від 24 до 415В змінного струму і від 24 до 110 В постійного струму	SCM/SCG	Шт.	3	«SIGMA», Турція

					<b>Кваліфікаційна робота</b>		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			14

## 2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів

### *Температура:*

Для вимірювання температури у системі автоматизації були обрані перетворювачі МТМ 201.



*Рис.2.1. Зовнішній вигляд перетворювача температури МТМ 201*

Прилади призначені для перетворення сигналів стандартних термоелектричних перетворювачів (ТП), термоперетворювачів опору (ТЗ) в уніфікований сигнал постійного струму 4-20 мА. Живлення приладів здійснюється від бар'єрів іскробезпеки або від будь-якого джерела живлення (Без забезпечення вибухозахисту). Струм, що протікає в ланцюга харчування, є інформаційною величиною, змінюється від 4 до 20 мА пропорційно вхідному сигналу.

Прилад призначений для перетворення сигналів стандартних термоелектричних перетворювачів (ТП), термоперетворювачів опору (ТЗ) в уніфікований сигнал постійного струму 4-20 мА.

Живлення приладу здійснюється від бар'єра іскробезпеки або від будь-якого джерела живлення (без забезпечення вибухозахисту). Струм, що протікає в ланцюзі харчування, є інформаційною величиною, що змінюється від 4 до 20 мА пропорційно вхідному сигналу.[2]

### *Технічні характеристики:*

- Напруга живлення DC 12 ... 22 В;
- Граничне напруга живлення без забезпечення вибухозахисту DC 36 В;
- Діапазон робочих температур -30 ... + 70 ° С;

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

- Клас точності 0,15; 0,25; 0,4; 0,5

Маса, не більше:

- МТМ201, -01, -02, -03, -04, -05 1 кг
- МТМ201Ц, -01 .. -11 1 кг
- МТМ201Д, -01, -02 (без маси первинного перетворювача) 0,03 кг
- МТМ201Т, -01, -02 0,1 кг

#### *Основні функції:*

Вибухозахищене виконання з видом вибухозахисту "іскробезпечне електричне коло", маркування "ОЕхІаІІСТ6".

Може встановлюватися у вибухонебезпечних зонах підключаються датчики: ТХК, ТХА, ТПП, ТПР, ТВР, ТЖК, ТМК, ТСП (50П, 100П), ТСМ (50М, 100М)

Автоматична компенсація термоЕРС "вільних кінців" ТП захист вихідних ланцюгів від атмосферних розрядів цифрова індикація вимірюваних параметрів.

#### *Принцип дії:*

Принцип дії перетворювачів заснований на посиленні та нормуванні сигналів ТП або ТЗ, з огляду на нелінійну залежність цих сигналів від температури, формуванні сигналу постійного струму в діапазоні від 4 мА до 20 мА, що протікає в ланцюзі харчування перетворювачів і (для перетворювачів МТМ201Ц, МТМ201Ц-01, МТМ201Ц -02, МТМ201Ц-03) показань на РК-дисплеї.

#### *Рівень:*

Для вимірювання рівня у системі автоматизації були обрані рівнеміри NivoCap C-400 .



*Рис.2.2. Зовнішній вигляд рівнеміра NivoCap C-400*

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

Прилад NivoCap відноситься до вимірювачам рівня ємнісного типу і працює по двухпроводній схемі. Заснований на принципі вимірювання електричної ємності датчика. Особливістю ємнісного перетворювача рівня є те, що його потрібно «навчити» роботі в конкретному середовищі вимірювання, зафіксувавши дві контрольні точки рівня продукту. Рівнеміри такого типу мають високий поріг чутливості, що дає їм перевагу перед багатьма іншими приладами, на діапазон виміру яких може сильно впливати наявність мертвої зони.

Конструкція приладу не містить особливих надмірностей, що позначається на його ціні. При цьому прилади знаходять застосування у вимірі рівня найбільш різних матеріалів.

Прилад має набір засобів, необхідних для сполучення з зовнішніми пристроями по цифровому протоколу HART або за допомогою аналогового виходу. Також NivoCap можна замовити в звичайному, високотемпературному і вибухонебезпечному виконаннях.

NivoCAP - 2-х провідний рівнемір ємнісного типу, який застосовується для вимірювання рівня продукту, займаного ним обсягу або ваги як у провідних, непровідних рідинах або легко сипучих твердих матеріалах.

Модельний ряд представлений приладами зі штирьовим зондом (для вимірювання рівня в діапазоні від 0,2 до 3 метрів), кабельним і кабельним утяжуючим вантажем для вимірювання рівня в діапазоні від 1 до 20 метрів.[3]

#### *Принцип роботи:*

Ємнісний вимірювач рівня NivoCap побудований на принципі оцінки рівня продукту в резервуарі за допомогою вимірювання електричної ємності свого датчика. Активний зонд приладу і стіна ємності (або заземлений другий зонд, в разі якщо стіна ємності непровідна) утворюють собою пластини конденсатора.

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



$C_0$  - вихідна ємність конденсатора,  $C_T$  - кінцева ємність конденсатора,  $\Delta C$  - різниця ємностей

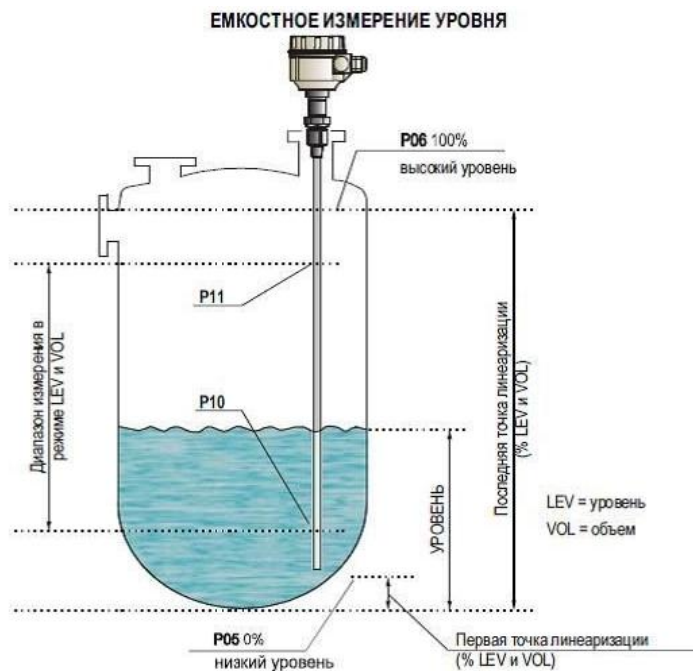
*Рис.2.3. Принцип роботи рівнеміра*

У міру заповнення резервуара продуктом змінюється відносна діелектрична проникність між цими «пластинами». В результаті цього змінюється і ємність утвореного таким чином конденсатора. В такому випадку, вихідна ємність конденсатора буде  $C_0$ , а кінцева (при заповненому резервуарі)  $C_T$ . Ці дані вимірюються і заносяться в пам'ять приладу під час так званого «навчання». Прилад відзначає зміну ємності конденсатора при збільшенні / зменшенні рівня вимірюваного середовища. Отримане значення пропорційно перетвориться приладом у вихідний сигнал. Виходить, що показання приладу по відношенню до зміни рівня продукту і ємності прямо пропорційні.

У ємнісних рівнемірів високий поріг чутливості. Завдяки цій властивості, NivoCap проводить якісні виміри при низьких значеннях рівня продукту.

При відсутності прямого пропорційного зв'язку між зміною ємності і зміною рівня продукту, може бути застосована 32-точкова лінеаризація. Також прилад може бути запрограмований на обчислення і передачу даних за обсягом і вагою продукту.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



*Рис.2.4. Монтаж рівнеміра*

*Технічні характеристики:*

- Діапазон вимірювання: 0,2 ... 3 м для стрижневого зонда, 1 ... 20 м для тросового зонда;
- Діапазон вимірювання ємності: 0 пФ ... 5 нФ;
- Мінімальна чутливість по ємності: макс. (Iout) шкала: 10 пФ або 10% повної шкали;
- Ємність насичення ізольованого зонда: 200 або 600 пФ / м;
- Мінімальна діелектрична проникність середовища  $\epsilon_r$ :  $\epsilon_r$  хв. 1,5;
- Приєднання: різьба BSP, NPT, 3/4 ", 1", 1 1/2 ";
- Матеріали змочуваних частин: PFA, FEP, 1.4301;
- Матеріали корпусу: пластик PBT, алюміній пофарбований, нержавіюча сталь;
- Температура вимірюваного середовища: -30 ... + 130° С, високотемпературна версія: + 200° С;
- Температура зовнішнього середовища: -25 ... + 70° С;
- Харчування: 12 ... 36 V DC, споживання енергії макс. 800 мВт, захист від перехідних процесів;

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

- Вихідний сигнал: аналоговий: 4 ... 20 мА (3,9 ... 20,5 мА) R макс =  $U_t - 11,4$  V / 0,02 А, індикація помилки: 3,8 мА або 22 мА, цифровий інтерфейс : 4 ... 20 мА + HART®, тест струмового петлі 10 мВ / 1 мА через резистор;
- Індикатор-програматор: SAP-202, 6-ти розрядний РКІ, барграфи;
- Час демпфірування: 0, 3, 6 - 300 сек вибірково;
- Похибка:  $\pm 0,3\%$  повної шкали;
- Температурна похибка:  $\pm 0,02\%$  / ° С повної шкали;
- Електричне приєднання: 2х М20х1,5 кабельні сальники + внутрішня різьба 2х ½ "NPT кабельний захисний прохід, зовнішній діаметр кабелю: Ø7 - 13 мм, клемник: макс. 1,5 мм<sup>2</sup>;
- Електричний захист: Class III;
- Клас захисту: IP67;
- Маса приладу: 2,5 ... 3 кг на 0,5 метра стрижневого зонда, 2 кг на 3 метри тросового зонда.

### ***Витрата:***

Для вимірювання витрати у системі автоматизації були обрані витратоміри RPMAG.



*Рис.2.5. Зовнішній вигляд витратоміру RPMAG*

RPMAG – це електромагнітний витратомір із вбудованим реєстратором даних та Bluetooth.[4]

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Технічні характеристики:*

Діапазон витрати : RРmag здатний обробляти сигнали з фліпідстанцій зі швидкістю руху до 10 м / с в обох напрямках (двонаправлений метр).

Діапазон розмірів / матеріал підкладки : PTFE DN10 ÷ DN500 \ RUBBER DN65 ÷ DN2000;

Матеріал електродів: SS316L - Hastelloy C - Титан - Тантал – Платина;

Діапазон вимірювання: <0,1м3 / год ÷> 110000м3 / год;

Точність : ± 0,5% стандарту; ± 0,2% необов'язково;

Повторність : ± 0,1%;

Провідність рідини : > 5µS / см.

Блок живлення: 85 ÷ 265Вас, 24Vdc, 12Vdc;

Споживання: 6 Вт, макс. 8Вт%

Граничні температури навколишнього середовища: Робоча температура віддаленої версії: -10 ÷ + 80 ° С; PTFE -40 ÷ + 150 ° С; Робоча температура компактної версії: -10 ÷ + 80 ° С; PTFE -40 ÷ + 100 ° С;

Температура зберігання: -40 ÷ 85 ° С;

Протокол зв'язку: modbus або Hart (опт.);

Вихідні дані: 4 ÷ 20mA: 0 ÷ 750 Ом навантаження.;

Частотний вихід: 0,1 ÷ 5000 Гц;

Імпульсний вихід: 24Vdc відкритий колектор або гальванічно ізольований відкритий колектор (опт.)

Вихід сигналізації: 2 реле, 3А 230Вас N.O. (недоступно для версії живлення 12В постійного струму)

Джерело струму: Передавач може бути призначений для подачі заданого випробувального струму між 4,0 і 20,0 mA;

Джерело частоти: Передавач може бути призначений для подачі заданої частоти випробувань між 0,1 і 5000 Гц;

Час запуску: 0,5 секунди;

Межі вологості: 0-100% від RH до 150 ° F (65 ° C), не конденсується;

IP-версія компактної версії: IP67;

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

## Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК

### 3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера

#### *Siemens S7-1500:*



*Рис.3.1 Зовнішній вигляд ПЛК Siemens S7-1500*

Універсальна масштабуєма система модульного типу зі ступенем захисту IP20. Ефективне рішення для систем автоматизації циклічних виробництв. Контролер характеризується високими показниками продуктивності і максимальною зручністю в експлуатації. Висока затребуваність обладнання представленої серії пояснюється оперативністю виконання команд, наявністю нових мовних розширень, оптимальними процесами генерування програмних кодів і застосуванням нових типів даних. До потужним комунікаційним можливостям SIMATIC S7-1500 відносяться PROFINET ІО, опціональний додатковий інтерфейс PROFINET, а також можливість ефективного розширення комунікаційними модулями для підключення до промислових мереж або з метою обміну даними через з'єднання.[5]

#### **Характеристики:**

##### *Область застосування контролера s7-1500:*

Завдяки модульній конструкції SIMATIC S7-1500 може використовуватися в цілях автоматизації різних процесів циклічного типу в ряді промислових секторів. Рентабельність рішень досягається за рахунок

					<b>Кваліфікаційна робота</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Габрик М.В.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу сепарування молока	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Беляєв Ю.Б.					22	73
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.			<b>НУХТ АК-4-1</b>			
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

модульності конструкцій, природного охолодження і підтримки систем локального і розподіленого вводу-виводу.

Програмований контролер SIMATIC S7-1500 - це ефективне рішення в наведених нижче системах автоматизації:

- Устаткування спеціального призначення;
- Текстильні та пакувальні машини;
- Машинобудівні комплекси;
- Інсталяційні системи і виробництво інструментів;
- Автомобільна сфера;
- Об'єкти водопостачання та водовідведення;
- Підприємства харчової промисловості й виробництва напоїв.

Перший етап поставок включає три типи центральних процесорів з різними рівнями продуктивності. Також сюди входять модулі різного призначення. Апаратне оснащення модуля гнучко адаптується до різних вимогам вирішуваних завдань. При необхідності контролер доповнюється тим чи іншим набором модулів. Устаткування відзначено високою стійкістю до електромагнітних і механічних впливів.

Центральний процесор: на першому етапі в обладнанні може застосовуватися один з трьох центральних процесорів, що мають вбудований інтерфейс PROFINET, PROFINET і PROFIBUS

*Сигнальні модулі вводу / виводу дискретних / аналогових сигналів:*

Технологічні модулі, які можуть використовуватися, наприклад, для швидкісного рахунку, виявлення конкретної заданої позиції або достовірного вимірювання. Комунікаційні модулі і процесори для отримання комунікаційних інтерфейсів додаткового порядку. У разі необхідності simatic S7-1500 доповнюють системними блоками живлення (PS), що використовуються в комплексі з електронікою модулів контролера за допомогою внутрішньої шини S7-1500. Оптимальне рішення для ситуацій, коли потужності вбудованого в процесор блоку живлення недостатньо

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

Блоками живлення навантаження (PM) з метою перетворення вхідної напруги  $\sim 120/230$  В в вихідну  $= 24$  В, необхідне для живлення зовнішніх ланцюгів

Інтерфейсними модулями ET 200MP - побудова систем розподіленого вводу / виводу з застосуванням сигнальних, комунікаційних і технологічних модулів контролера S7-1500.

*Конструкція SIMATIC S7-1500:*

Внутрішня шина: Ділянки внутрішньої шини пристрої інтегровані в кожен модуль. Їх об'єднання в загальну систему здійснюється за допомогою U-образних шинних з'єднувачів, які встановлюються з тильного боку корпусу.

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

Зручне підключення зовнішніх ланцюгів: ці елементи підключаються із застосуванням знімних 40-полюсних фронтальних з'єднувачів. За рахунок механічного кодування виключається ризик помилок і збоїв при заміні модулів. При монтажі фронтальний з'єднувач може перебувати в проміжному положенні. У цьому випадку елемент зафіксований на корпусі, але не має електричних з'єднань з модулем. Фронтальні з'єднувачі мають контакти під гвинт, за допомогою яких можливо підключати провідники перетином від  $0.25$  мм<sup>2</sup> до  $1.5$  мм<sup>2</sup> (AWG24 ... AWG16). Також для підключення зовнішніх ланцюгів дискретних сигнальних модулів застосовуються з'єднувачі типу TOP Connect, що дозволяють виконувати оперативний і точний монтаж зовнішніх ланцюгів сигнальних модулів всередині ІЕ (шаф управління).

Маркування: для цього застосовують спеціальні наклейку, яка входила на аркушах формату DIN A4 з перфорацією. Певна напис наноситься лазерним принтером. Роздруківка здійснюється з TIA Portal і не вимагає повторного введення символів адрес або імен.

Апаратна конфігурація: таке обладнання, як сигнальні комунікаційні та технологічні модулі контролера, при необхідності можуть монтуватися в будь-

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

яких комбінаціях. Але максимальна конфігурація передбачає один модуль центрального процесора і до 31 модуля пристрою S7-1500.

*Модулі введення-виведення:*

У складі SIMATIC S7-1500, а також станцій ET 200MP може застосовуватися нижченаведений складу периферійних модулів:

- 16-ти і 32-х каналні модулі введення дискретних сигналів = 24 В або ~ 230 В при високому / низькому рівні активного вхідного сигналу;
- 8-ми, 16-ти або 32х-каналні модулі виведення дискретних сигналів = 24 В або ~ 230 В з номінальною величиною струмів навантаження на канал 0.5 А, 2 А або 5 А;
- 8-ми каналні модулі вводу аналогових сигналів, які використовуються для достовірного вимірювання сигналів сили струму, опору, напруги, а також для отримання температурних даних за допомогою термометрів опору або сучасних термопар;
- 4-х або 8-міканальні модулі виведення аналогових сигналів сили струму / напруги, в тому числі швидкісні модулі з часом перетворення, рівним 125 мкс на 8 каналів;
- Ряд технологічних модулів, що використовуються для виконання швидкісного рахунку і завдань позиціонування;
- Комунікаційні модулі, що виконують обмін даними через з'єднання типу point-to-point.

У стадії підготовки знаходяться F модулі, які будуть оптимізовані для побудови систем протиаварійного захисту і забезпечення високого рівня безпеки

периферійні модулі со схожу функціональність потенціалом діляться на класи:

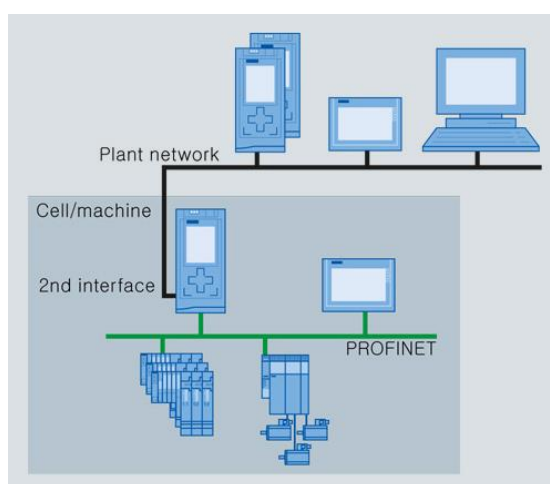
- BA (Basic): прості модулі, що мають невисоку ціну і не передбачають підтримку діагностичних функцій, а також опції передачі параметрів настройки
- ST (Standard): модулі, що підтримують діагностичні функції як на рівні модуля, так і групи каналів. Реалізована можливість передачі параметрів настройки.

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

- HF (High Feature): модулі, що підтримують діагностичні можливості на рівні відокремлених каналів. Клас точності - 0,1%. Передбачена опція передачі параметрів настройки. Стійкість до перешкод, висока міцність ізоляції
- HS (High Speed): модулі, які характеризуються малими часом фільтрації сигналів і мінімальними часом перетворення

*Комунікаційні можливості:*

Мініатюрний контролер S7-1500 має кілька комунікаційних інтерфейсів:



*Рис.3.2 Комунікаційні інтерфейси ПЛК Siemens S7-1500*

- PROFINET IO IRT, вмонтований в кожен центральний процесор необхідний для обміну даними в масштабі реального часу
- Модулі для підключення контролера до мереж типу PROFIBUS і Industrial Ethernet
- Модулі для обміну даними через з'єднання типу точка-точка (point-to-point)
- Система розподілу введення-виведення на основі PROFINET IO

*Функції контролерів PROFINET IO можуть здійснювати:*

- Центральні процесори SIMATIC S7-1500
- Центральні процесори SIMATIC S7-1200
- Контролери SIMATIC S7-300 з PN-CPU або PROFINET
- Контролери SIMATIC S7-400 з PN-CPU або PROFINET
- Станції SIMATIC ET 200 з IM-CPU для PROFINET

*В режимі приладів введення-виведення можуть бути задіяні:*

- Центральні процесори SIMATIC S7-1500;
- Центральні процесори SIMATIC S7-1200 (версії FW 4.0 або вище);
- SIMATIC S7-400 з PN-CPU або процесори PROFINET;
- Станції ET 200S з IM151-8 PN / DP CPU, а також станції ET 200pro з IM154-8 PN / DP CPU;
- SIMATIC S7-300 з PN-CPU або процесори PROFINET;
- Станції ET 200, оснащені інтерфейсними модулями для підключення до PROFINET;
- Пристрої і обладнання людино-машинного інтерфейсу, що задіють механізми прямого доступу до клавіатури;
- Устаткування польового рівня;
- Система розподілу введення-виведення на основі PROFIBUS DP.

Програмований контролер SIMATIC S7-1500 підключається до мережі PROFIBUS DP через вбудований інтерфейс CPU 1516-3 PN / DP або із застосуванням комунікаційного модуля. За допомогою зазначених інтерфейсів обслуговуються системи розподіленого введення-виведення, що базуються на мережі PROFIBUS DP. Системи локального і розподіленого вводу-виводу на базі PROFIBUS DP передбачають застосування однакових способів адресації, конфігурації, програмування.

*Функції провідних DP пристроїв можуть здійснювати:*

- SIMATIC S7-1500 - програмовані контролери, використовуючи інтерфейс PROFIBUS DP PN / DP-CPU або комунікаційний модуль типу PROFIBUS DP
- SIMATIC S7-1200 - програмовані контролери, за допомогою інтерфейсу PROFIBUS DP або за допомогою комунікаційного модуля CM 1243-5
- SIMATIC S7-300 - програмовані контролери, використовуючи інтерфейс PROFIBUS DP PN / DP-CPU, DP-CPU або із застосуванням комунікаційного модуля PROFIBUS DP

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- SIMATIC S7-400 - програмовані контролери, за допомогою інтерфейсу PROFIBUS DP PN / DP-CPU, DP-CPU або комунікаційного модуля PROFIBUS DP
- SIMATIC S5-115U / H, S5-135U і S5-155U / H - контролери, з інтерфейсним модулем типу IM 308
- Контролери SIMATIC 505

*Як ведені DP пристрою застосовуються:*

- Периферійне устаткування введення-виведення (прикладом можуть бути станції ET 200)
- Прилади польового рівня
- Контролери типів SIMATIC S7-200, S7-1200, S7-300, а також C7-633 / P DP, C7-633 DP, C7-634 / P DP, C7-634 DP, C7-626 DP
- Контролери SIMATIC S7-400 (з можливістю підключення через CP 443-5)
- Різні програматори і ПК, де встановлений пакет STEP 7, панелі операторів також задіють для обміну даними в мережі PROFIBUS DP PG і OP опції зв'язку.

*Обмін даними через Ethernet:*

Контролер S7-1500 підтримує функцію підключення до Industrial Ethernet за допомогою вбудованого інтерфейсу PROFINET центрального процесора або за допомогою комунікаційного процесора серії CP 1543-1. Як результат, обмін даними підтримується:

- 3 SIMATIC S7-1200;
- 3 SIMATIC S7-300;
- 3 SIMATIC S7-400;
- 3 SIMATIC S5-115U / H, S5-135U, S5-155U / H;
- 3 програматорами і офісними / промисловими ПК;
- 3 усім обладнанням оперативного управління і моніторингу сімейства SIMATIC HMI;
- 3 системами, адаптованими для управління приводами і роботами;
- 3 вузлами числового програмного керування;

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

- З комплексами рішень інших виробників;

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

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

*Обмін даними з допомогою profibus:*

Пристрій SIMATIC S7-1500 підключається до мережі PROFIBUS DP через інтерфейс процесора або за допомогою комунікаційний модуля. В результаті здійснюється підтримка обміну даними з нижче наведеними позиціями обладнання:

- SIMATIC S7-1200;
- SIMATIC S7-300;
- SIMATIC S7-400;
- SIMATIC S5-115U / H, S5-135U, S5-155U / H;
- Програматори, а також промислові та офісні ПК;
- Прилади й системи оперативного управління / моніторингу SIMATIC HMI;
- Комплекси автоматизованого управління приводами і роботами;
- Системи числового програмного керування;
- Пристрої і системи, випущені іншими виробниками.

*Обмін даними через point-to-point:*

- Установка таких з'єднань здійснюється через PtP модулі, які також ще називають безпосередніми. З'єднання встановлюються з:
- Принтерами, сканерами, системами ідентифікації, зчитувачами коду

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

- Системами автоматизації SIMATIC S7, SIMATIC S5 і рішеннями інших виробників
- Системами управління роботами
- Підтримка наступних протоколів:
  - Пристрій ведучого типу Modbus RTU;
  - Пристрій веденого типу Modbus RTU;
  - 3964 (R) і USS;
  - Вільно програмований порт з можливістю вільного визначення користувачем формату телеграм.

*Параметри інтерфейсів:*

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

*Функції simatic s7-1500:*

- Висока продуктивність, що виражається в можливості оперативного виконання команд, також передбачені нові мовні розширення і типи даних.
- Скорочений час реакції за рахунок раціонально оптимізованого генерування програмних кодів;
- Простота і оперативність програмування послідовностей управління конкретним переміщенням із застосуванням PLCopen Motion блоків стандартного типу;
- Зручний у використанні інструментарій для діагностики та виконання пуско-налагоджувальних робіт;
- Формування аварійних повідомлень в автоматичному режимі і їх подальше проектування на людино-машинний інтерфейс;
- Ізохронний режим: оперативна синхронізація процесів зі збору даних в розподіленій системі, їх подальша передачі і реалізація програми в PROFIBUS або PROFINET з постійним часом циклу шини, тобто збір,

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

обробка і видача вхідних сигналів здійснюється через однакові проміжки часу;

- Можливість збільшення обсягу продукції зі збереженням показників її високої якості досягається за рахунок здатності SIMATIC S7-1500 виконувати високошвидкісну обробку даних і отримувати максимальну точність / відтворюваність сигналів;
- Повний набір компонентів і складових програм, оптимізованих для вирішення завдань управління переміщенням, швидкісного керування і т.д;
- Високонадійна парольний захист ноу-хау від ризику несанкціонованого зчитування;
- Захист від несанкціонованого копіювання;
- Успішно реалізована концепція 4-рівневої ідентифікації користувачів;
- Вбудована системна діагностика;
- Конфігурація в SIMATIC STEP 7 Professional V12;
- Висока сумісність;
- Карта пам'яті SIMATIC memory card;
- Відповідність вимогам міжнародних і національних стандартів, до яких зараховані: cULus, cULus для зон підвищеної небезпеки, FM, АTEX для установок 24 В, CE, C-TICK, KCC.

#### *Конфігурування МПК Siemens S7-1500:*

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

*Таблиця 3.1. Конфігурування МПК*

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	9

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Кількість аналогових виходів 4-20 mA	11
Кількість дискретних виходів 0-10V	3

*Вибір процесорного модуля:*

Враховуючи кількість каналів ввідів/виводів, кількість пам'яті під програму користувача і наявність комунікацій обираємо процесорний модуль 6ES7511-1AK01-0AB0, так як його характеристики і можливості відповідають всім заявленим умовам для розробки системи автоматизації процесу сепарування молока.

*Технічні параметри:*

- Інженерне забезпечення за допомогою STEP 7 TIA-Portal, проєктована / інтегроване середовище;
- Управління конфігурацією за допомогою набору даних;
- Дисплей - Діагональ екрану (см) 3,45 см;
- Елементи управління:
  - Число клавіш 6;
  - Перемикач режимів роботи 1;
- Напруга живлення:
  - Вид напруги живлення 24 В пост. Струму;
  - Допустимий діапазон, нижня межа (пост. Струм) 19,2 V;
  - Допустимий діапазон, верхня межа (пост. Струм) 28,8 V;
- Захист від змішування полярності;
- Вхідний струм:
  - Споживання струму (номінальна) 0,7 A;
  - Макс. ток включення 1,9 A;
- Потужність:
  - Споживана потужність шини на задній стінці (збалансована) 5,5 W;
  - Потужність живлення шини на задній стінці 10 W;

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

- Потужність, що розсіюється 5,7 W;
- Запам'ятовуючий пристрій;
- Оперативний пристрій:
  - вбудоване (для програм) 150 kbyte;
  - вбудоване (для даних) 1 Mbyte;
- Пам'ять завантаження:
  - вставна (карта пам'яті SIMATIC), макс. 32 Gbyte;
- Зберігання в буфері.

*Таблиця 3.2. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу.*

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
6ES7511-1AK01-0AB0	1	ПЛК Siemens CPU 1215C
6ES7231-7KF00-0AB0	2	Модуль аналогових входів (8 входів)
6ES7232-5HF00-0AB0	2	Модуль аналогових виходів (4 виходи)
6ES7222-1AD30-0XB0	1	Модуль дискретних виходів (4 виходи)

***Аналогові входи:***

Модулі вводу аналогових сигналів призначені для аналого-цифрового перетворення вхідних аналогових сигналів контролера і формування цифрових величин, використовуються центральним процесором в процесі виконання програми. До входів модулів можуть підключатися датчики з уніфікованими вихідними електричними сигналами напруги або сили струму, термопари, термометри опору. В нашій системі використовуються модулі аналогових входів 6ES7231-7KF00-0XB0.



*Рис.3.3 Модуль аналогових входів 6ES7231-7KF00-0XB0*

*Загальна інформація:*

- Позначення типу продукту SM 1231, AI 8 x 13 розряд;
- Напруга живлення : Номінальне значення (пост. Струм) 24 V;
- Вхідний струм : Споживання струму, тип. 45 mA, з шини на задній стійці 5 V пост. струму, тип. 90 mA;
- Потужність, що розсіюється : Нормальна розсіює потужність 1,5 W;
- Аналогові вводи : Число аналогових входів 8; Диференціальні входи струму або напруги;
- Макс. допустимий вхідна напруга для входу: напруги (межа руйнування) 35 V;
- Макс. допустимий вхідний струм для токового входу (Межа руйнування) 40 mA;
- Макс. час циклу (всі канали) 625  $\mu$ s : вхідні діапазони Напруга Так;  $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V,  $\pm 2,5$  V.

*Аналогові виходи:*

Модулі виведення аналогових сигналів призначені для цифро-аналогового перетворення внутрішніх цифрових величин контролера і формування його вихідних аналогових сигналів. До виходів модулів можуть підключатися виконавчі пристрої, керовані уніфікованими сигналами сили струму або напруги. В системі використовуються модулі аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0XB0.

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



*Рис.3.4 Модуль аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0XB0*

*Загальна інформація:*

- Напруга живлення : Номінальне значення (пост. Струм) 24 В пост. струму;
- Вхідний струм : Споживання струму, тип. 45 mA, з шини на задній стійці 5 В пост. струму, тип. 80 mA;
- Потужність, що розсіюється: Нормальна розсіює потужність 1,5 W
- Аналогові виходи: Число аналогових виходів 4;
- Струм або напруга: Діапазони вихідних параметрів, напруга від -10 до +10В;
- Діапазони вихідних параметрів:струм від 0 до 20 mA ;
- Опір навантаження: (в номінальному діапазоні виходу) при вихідних напругах хв. 1 000, при вихідних струмах, макс. 600;
- Придушення напруги перешкод для частоти перешкод  $f_1$  в Гц 40 дБ, пост. ток до 60 В для частоти перешкод 50/60 Гц;
- Похибки / точність: Похибка температури (щодо діапазону вихідних параметрів) (+/-) Весь діапазон вимірювань від  $25 \pm 0,3\%$ , до  $55 \pm 0,6\%$ .

*Дискретні виходи:*

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

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



*Рис.3.5 Модуль дискретних виходів 6ES7222-1AD30-0XB0*

*Загальна інформація:*

- Вхідний струм: з шини на задній стійці 5 В пост. струму, тип. 35 mA;
- Потужність, що розсіюється: Нормальна розсіює потужність 0,5 W;
- Цифрові виходи: Вид виходів 4; польовий МОП-транзистор, електронний (з втікає / впливають струмом) по групах ;
- Захист від короткого замикання: Немає;
- Комутаційна здатність виходів: при омічній навантаженні, макс. 0,1 А;
- Вихідна напруга: Номінальне значення (пост. Струм) 5 V , для сигналу "0", макс. 0,2 V, для сигналу "1", хв. L + мінус 0,7 В пост. Струму, для сигналу "1", макс. 6 V;
- Вихідний струм: для сигналу "1", номінальне значення 0,1 А , для сигналу "1", діапазон допустимих значень, макс. 0,1 А.

**3.2. Загальна схема підключення**

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

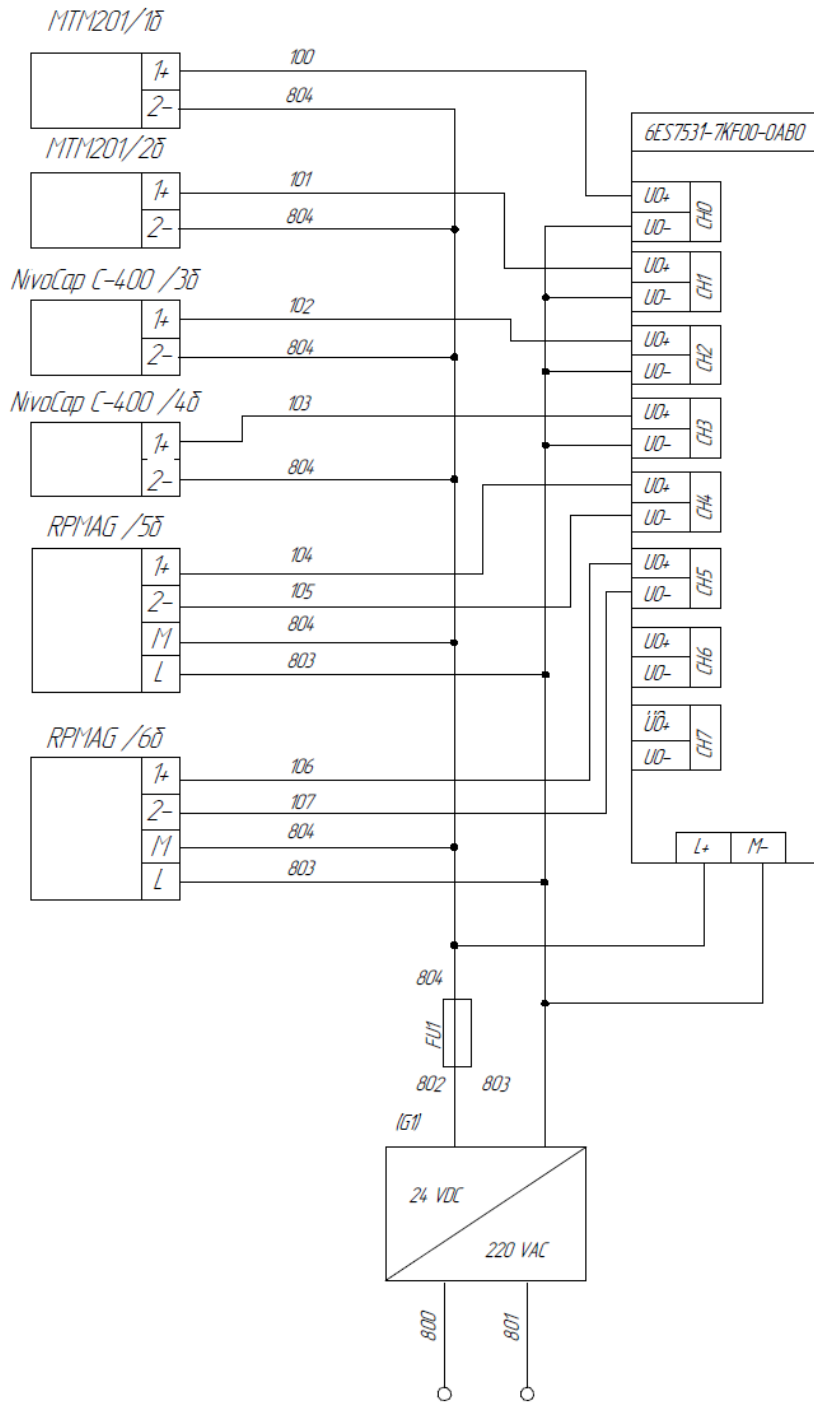


Рис.3.6. Підключення датчиків до першого модуля аналогових входів

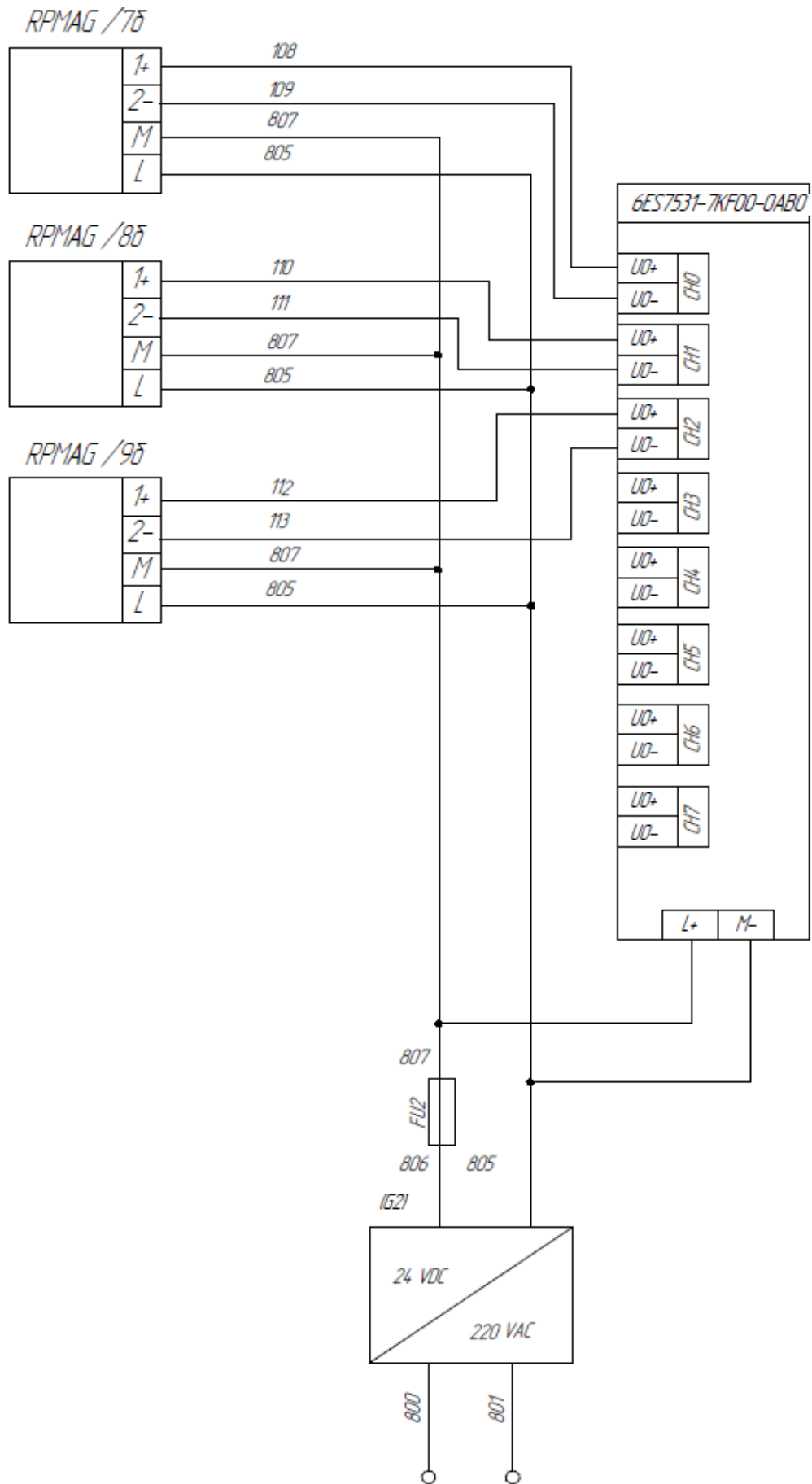


Рис.3.7. Підключення датчиків до другого модуля аналогових входів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

37

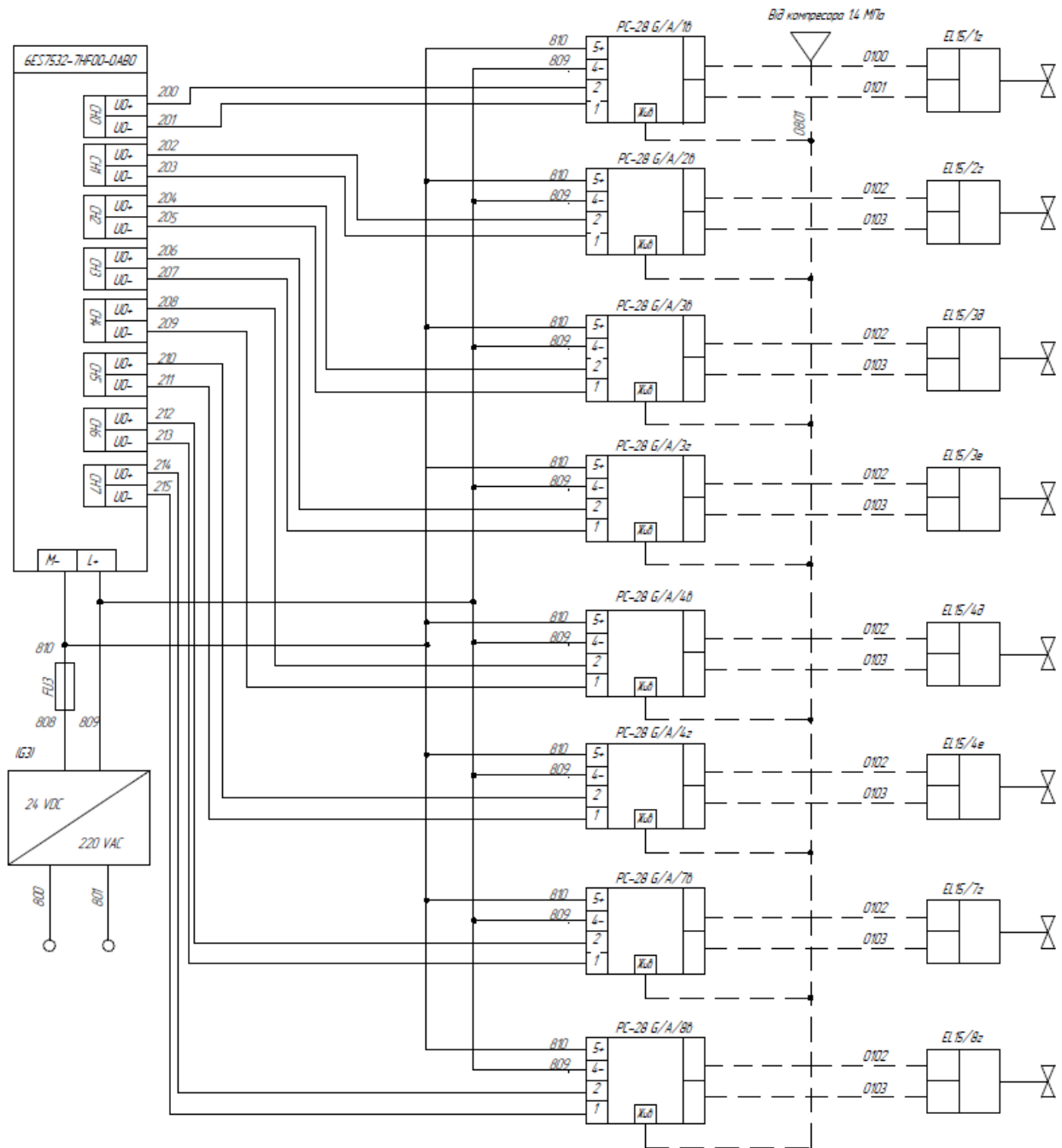


Рис.3.8. Підключення датчиків до першого модуля аналогових виходів

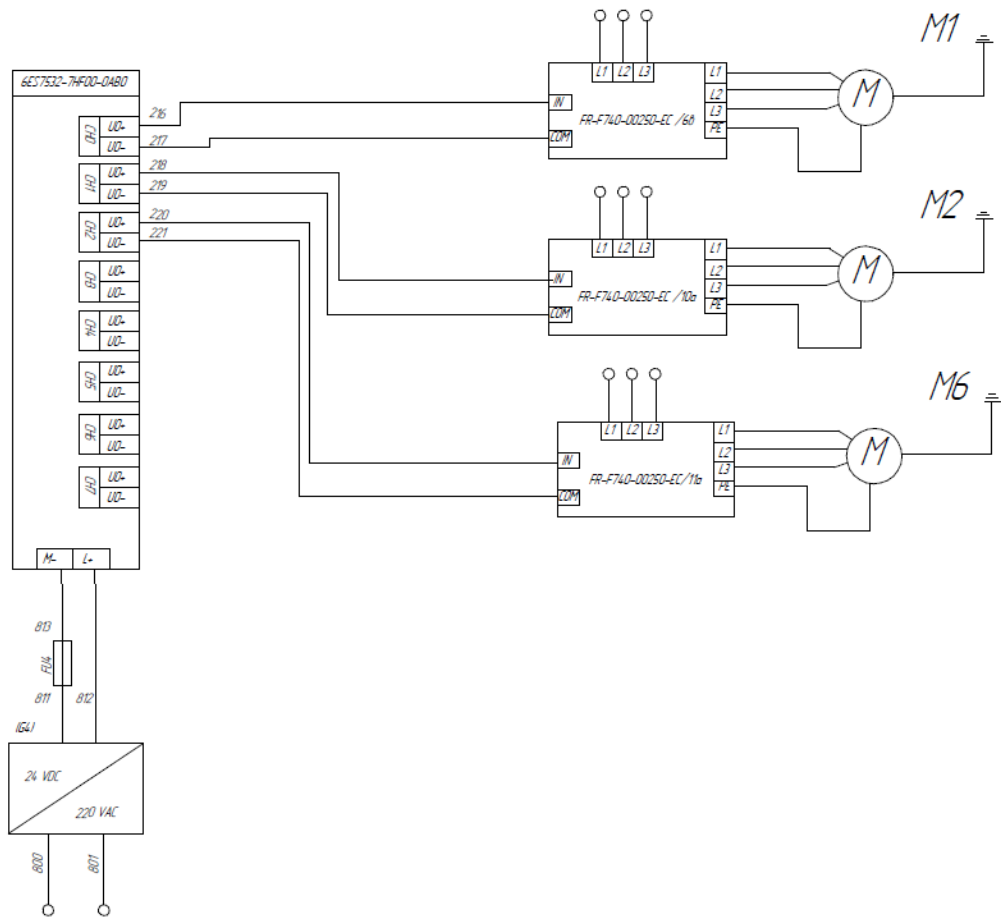


Рис.3.9. Підключення датчиків до другого модуля аналогових виходів

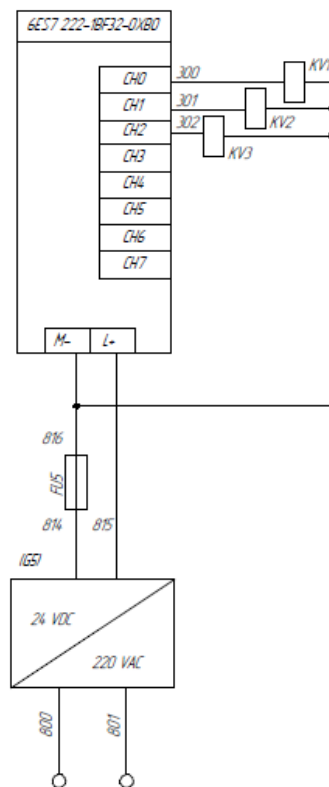


Рис.3.10. Підключення датчиків до модуля дискретних виходів

Вторинний перетворювач температури ТТ (1б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми CH0 каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика температури, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0AB0. Де до нього на U0+ та U0- клеми CH0 каналу під'єднаний електропневматичний перетворювач (1в), який керує пневматичним клапаном (1г), що керує подачею теплоносія.

Вторинний перетворювач температури ТТ (2б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми CH1 каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика температури, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0AB0. Де до нього на U0+ та U0- клеми CH1 каналу під'єднаний електропневматичний перетворювач (2в), який керує пневматичним клапаном (2г), що керує подачею теплоносія.

Датчик рівня LT (3б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми CH2 каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика рівня, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0AB0. Де до нього на U0+ та U0- клеми CH2 каналу та U0+ та U0- клеми CH3 каналу під'єднані електропневматичні перетворювачі (3в,3г), які керують пневматичними клапанами (3д,3е), що керують подачею та відведенням рідин у ємності зі сливками.

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

Датчик рівня LT (4б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми CH3 каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика рівня, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0AB0. Де до нього на U0+ та U0- клеми CH4 каналу та U0+ та U0- клеми CH5 каналу під'єднані електропневматичні перетворювачі (4в,4г), які керують пневматичними клапанами (4д,4е), що керують подачею та відведенням рідин у ємності для нормалізації.

Датчик витрати FT (5б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми CH4 каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика витрати, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і служить як додаткова інформація для функціонування системи автоматизації сепарування молока.

Датчик витрати FT (6б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми CH5 каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика витрати, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на другий модуль аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0AB0. Де до нього на U0+ та U0- клеми CH0 каналу під'єднаний частотний перетворювач (6в), який керує двигуном насосу M1.

Датчик витрати FT (7б) під'єднаний до другого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми CH0 каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика витрати, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0 , де в

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

залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0AB0. Де до нього на U0+ та U0- клеми СН6 каналу під'єднаний електровневматичний перетворювач (7в), який керує пневматичним клапаном (7г), що регулює кількість сливок, що подається у ємність для нормалізації.

Датчик витрати FT (8б) під'єднаний до другого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми СН1 каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика витрати, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0AB0. Де до нього на U0+ та U0- клеми СН7 каналу під'єднаний електровневматичний перетворювач (8в), який керує пневматичним клапаном (8г), що регулює кількість молока, що подається у ємність для нормалізації.

Датчик витрати FT (9б) під'єднаний до другого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми СН2 каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика витрати, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і служить як додаткова інформація для функціонування системи автоматизації сепарування молока.

Частотний перетворювач (10а) підключений до другого модуля аналогових виходів 6ES7232-4HD32-0XB0 на U0+ та U0- клеми СН1 каналу, звідки надходить керуючий вихідний сигнал та керує двигуном насосу М2.

Частотний перетворювач (11а) підключений до другого модуля аналогових виходів 6ES7232-4HD32-0XB0 на U0+ та U0- клеми СН2 каналу, звідки надходить керуючий вихідний сигнал та керує двигуном насосу М6.

Магнітний пускач (KM1) підключений до модуля дискретних виходів 6ES7

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

222-1BF32-0XB0 на 0 клему. Та керує двигуном сепаратора М3.

Магнітний пускач (KM2) підключений до модуля дискретних виходів 6ES7 222-1BF32-0XB0 на 1 клему. Та керує двигуном мішалки М4.

Магнітний пускач (KM3) підключений до модуля дискретних виходів 6ES7 222-1BF32-0XB0 на 2 клему. Та керує двигуном гомогенізатора М5.

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

#### Розширений контур контролю та регулювання температури:

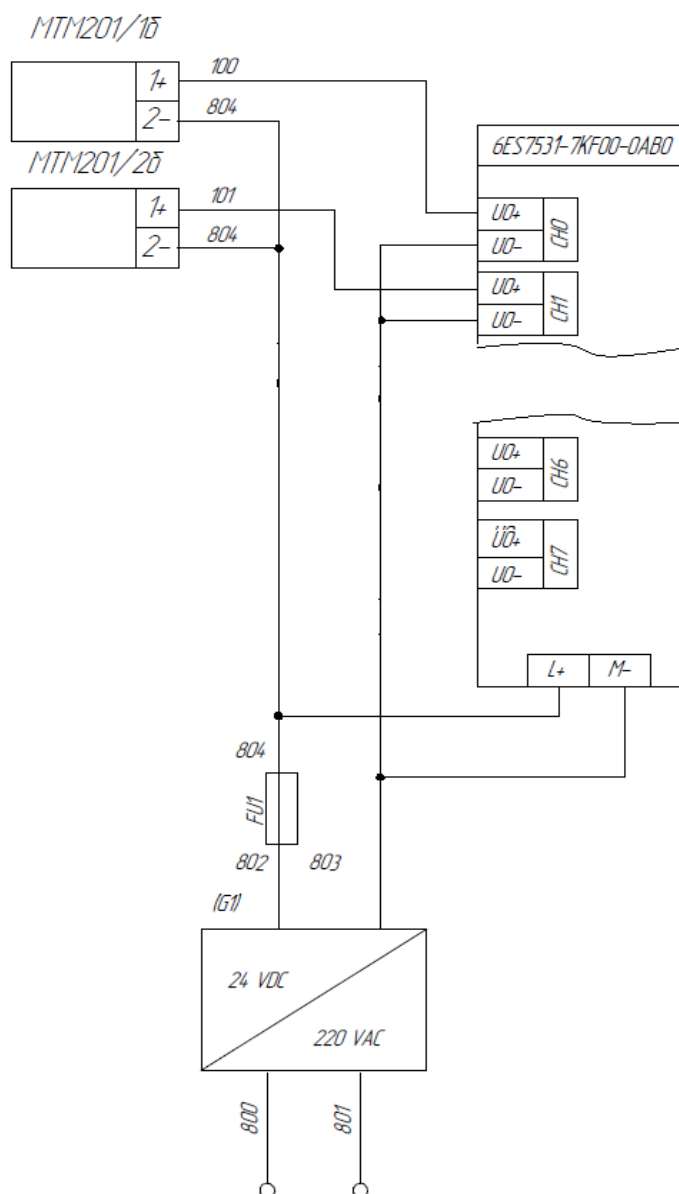


Рис.3.11. Підключення температури модуля аналогових входів

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

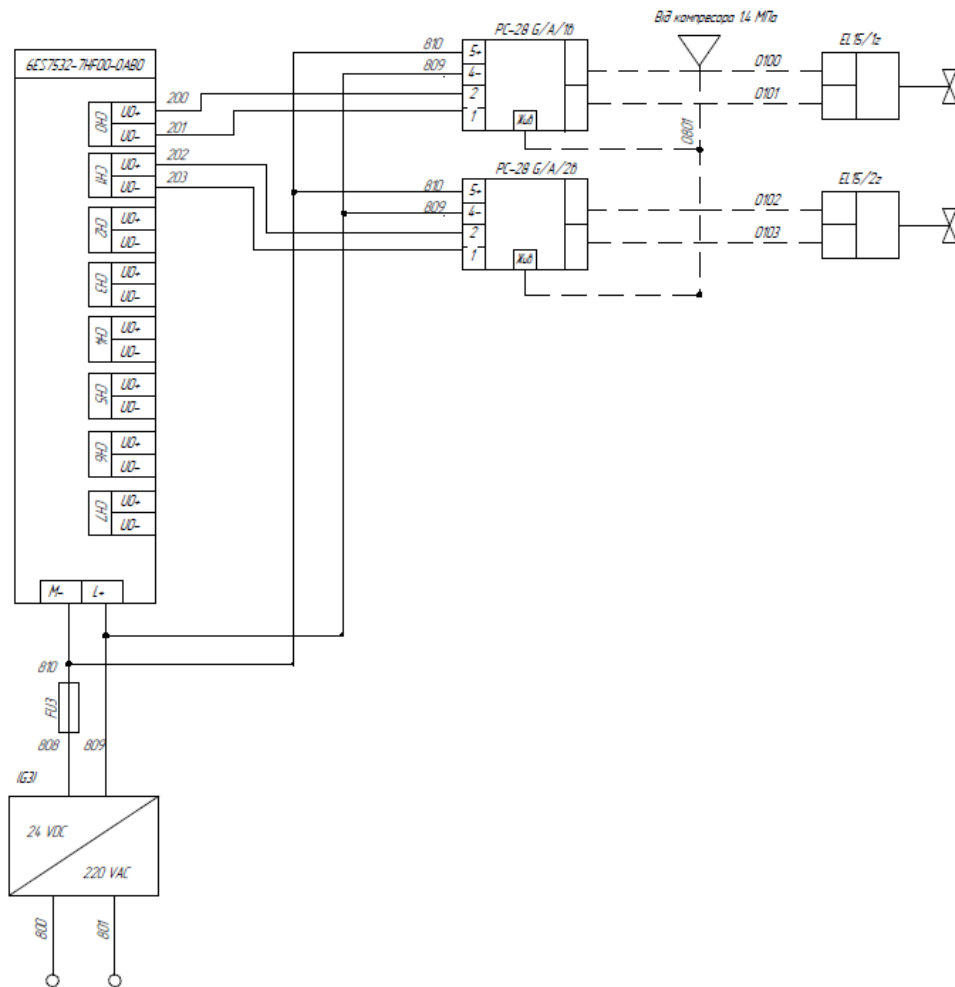


Рис.3.12. Підключення ЕП модуля аналогових виходів

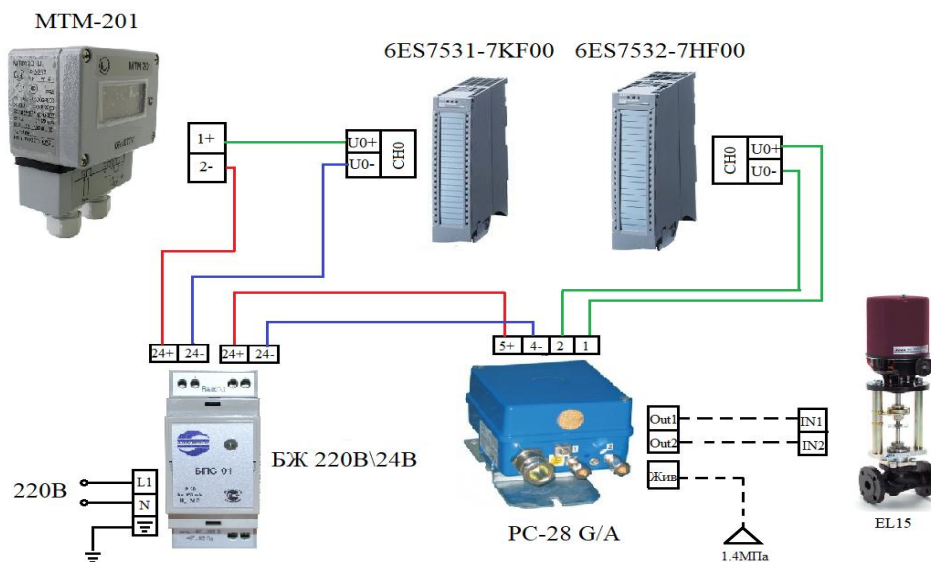


Рис.3.13. Графічне зображення підключення технічних засобів контуру контролю та регулювання температури

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

### *Опис схеми з'єднання:*

Вторинний перетворювач температури ТТ (1б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми СНО каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика температури, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0AB0. Де до нього на U0+ та U0- клеми СНО каналу під'єднаний електропневматичний перетворювач (1в), який керує пневматичним клапаном (1г), що керує подачею теплоносія.

Вторинний перетворювач температури ТТ (2б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми СН1 каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика температури, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0AB0. Де до нього на U0+ та U0- клеми СН1 каналу під'єднаний електропневматичний перетворювач (2в), який керує пневматичним клапаном (2г), що керує подачею теплоносія.

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

**Розширений контур контролю та регулювання витрати:**

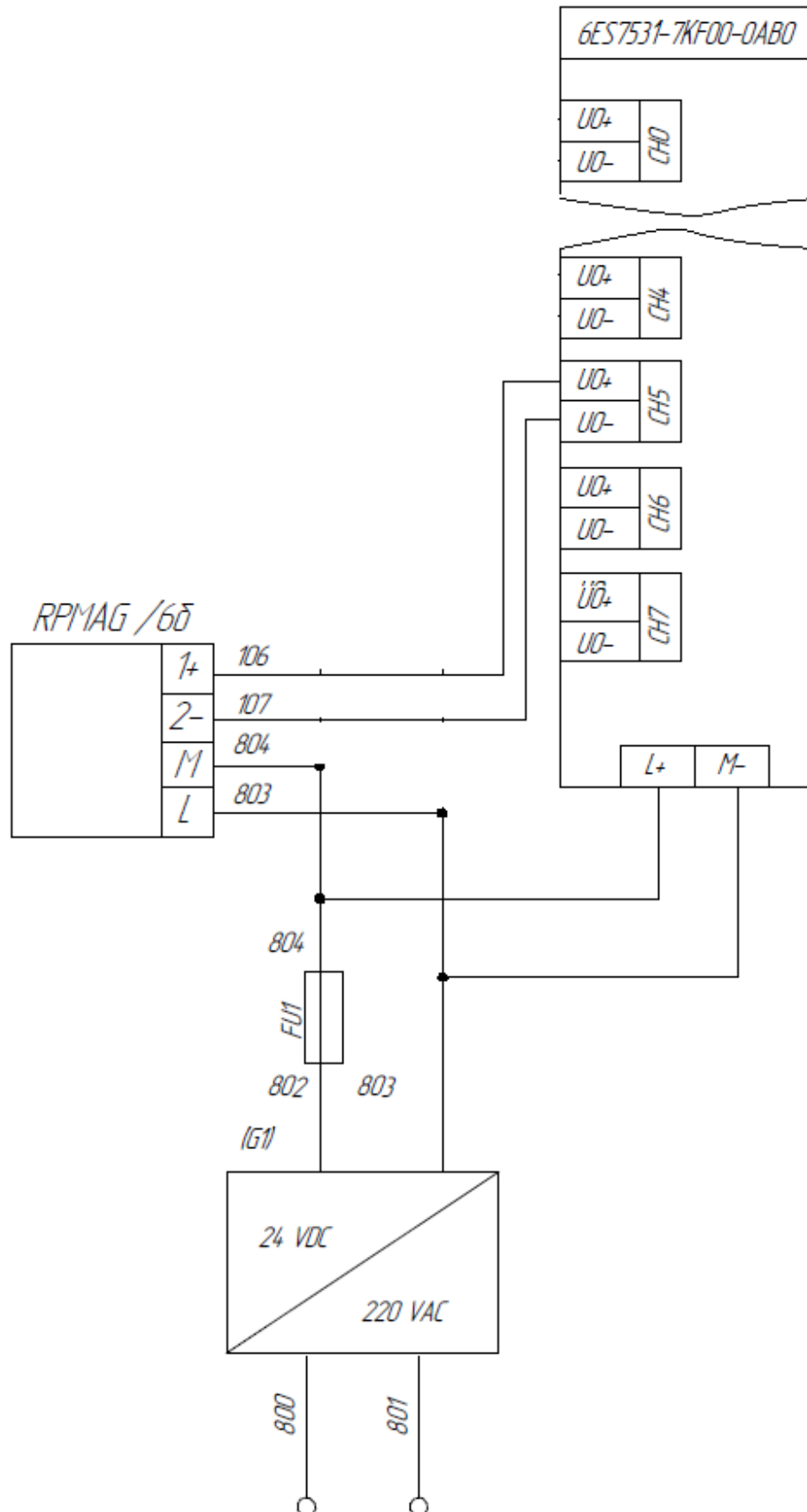


Рис.3.14. Підключення датчика витрати модуля аналогових входів

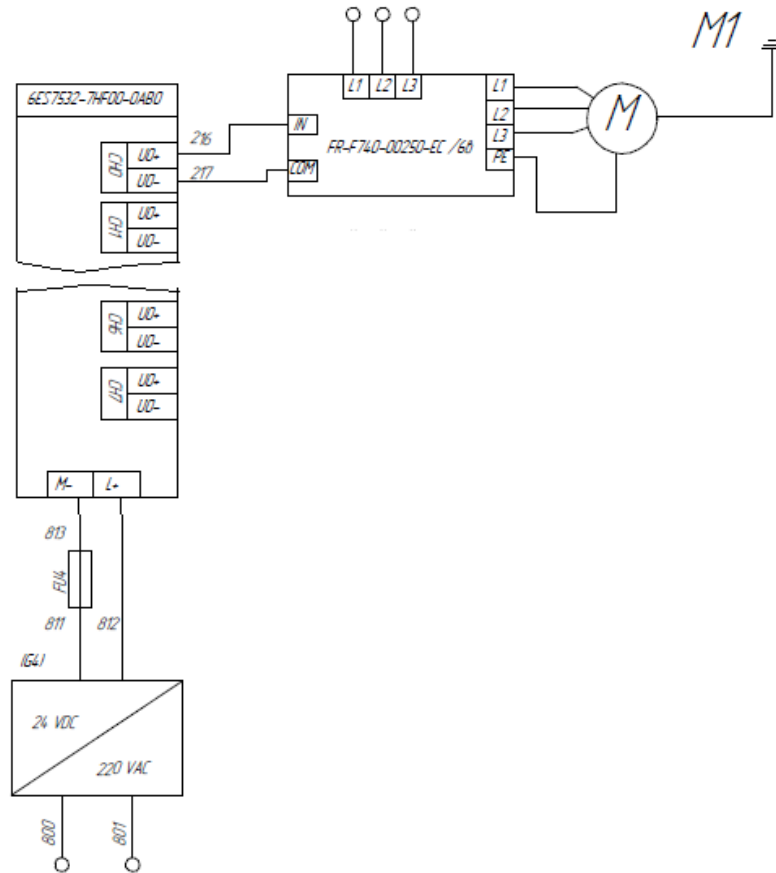


Рис.3.15. Підключення частотного перетворювача до модуля аналогових виходів

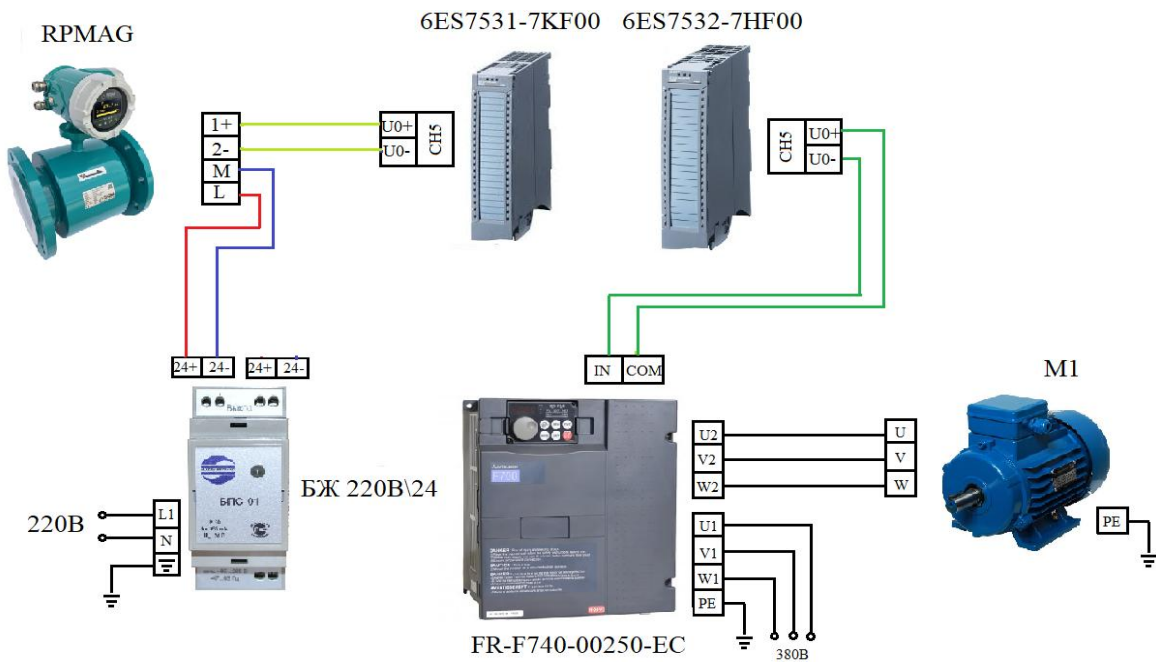


Рис.3.16. Графічне зображення підключення технічних засобів контуру контролю та регулювання витрати

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

**Опис схеми з'єднання:**

Датчик витрати FT (6б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 6ES7531-7KF00-0AB0 на U0+ та U0- клеми CH5 каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 6ES7531-7KF00-0AB0 від датчика витрати, інформація передається в контролер 6ES7215-1AG40-0XB0 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на другий модуль аналогових виходів 6ES7232-5HF00-0AB0. Де до нього на U0+ та U0- клеми CH0 каналу під'єднаний частотний перетворювач (6в), який керує двигуном насосу M1.

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

## Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів

### Електромагнітний витратомір RPMAG:



*Рис. 4.1. Зовнішній вигляд Електромагнітного витратоміра RPMAG*  
**Електромагнітний витратомір із вбудованим реєстратором даних та Bluetooth.**

#### *Принцип дії витратоміра:*

Принцип дії витратоміра заснований на явищі електромагнітної індукції.

При русі електропровідної рідини в магнітному полі, створюється електромагнітною системою ППР, між електродами виникає ЕРС (E):

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

де B - індукція магнітного поля, створюваного електромагнітною системою ППР; V - середня швидкість потоку рідини; D - відстань між електродами.

Регулятор потоку складається з проточної частини і блоку електроніки. Призначений для вимірювання об'ємної витрати рідких і газоподібних середовищ шляхом вимірювання частоти вихорів, що виникають за тілом обтікання при протіканні середовищатчерез проточну частину витратоміра.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Габрик М.В.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу сепарування молока	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Беляєв Ю.Б.					49	73
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.			НУХТ АК-4-1			
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

Проточна частина витратоміра вбудовується в трубопровід. За тілом обтікання в проточній частині витратоміра встановлений сенсор вихорів, що сприймає пульсації тиску, викликані виникаючими вихорами, блок електроніки вимірює частоту вихорів і перетворює її в дані витрати

*Монтаж:*

Регулятор потоку може бути встановлений на вертикальних, горизонтальних і похилих ділянках трубопроводу за умови заповнення всього об'єма трубопроводу ППР рідиною.

У місці установки витратоміра в трубопроводі не повинен накопичуватися повітря. Найбільш краще місце для монтажу – нижній або вища ділянка трубопроводу

При можливому випаданні осаду, витратомір повинен встановлюватись вертикально, при цьому напрямок потоку має бути знизу вгору

Випадання струмопровідного осаду на футіровці трубопроводу ППР може привести до зниження точності вимірювання об'ємного витрати рідини, тому не допускається використання витратоміра в гідравлічних трактах з вугільними фільтрами.

*Технічні дані:*

Для струмопровідних рідин (> 5 мкЗ / см), навіть із вмістом зважених твердих речовин в діапазоні від <0,1 мЗ / год до> 110000 мЗ / год протокол зв'язку MODBUS, HART та BLUETOOTH (опт. .) Найвища точність вимірювання  $\pm 0,2\%$ ; Блок живлення 85 ÷ 265 В змін. струму, 12 або 24 В постійного струму ; вихідний сигнал 4 ÷ 20 мА.

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

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

В нашому дипломному проекті програма для функціонування системи автоматизації була розроблена за допомогою програмного середовища SIMATIC STEP 7 Professional V13 (TIA Portal V13) від фірми Siemens.

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

STEP 7 V13 базується на функціональних можливостях єдиної робочої середовища проектування Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal), яка дозволяє виконувати однорідну, ефективну і інтуїтивно зрозумілу розробку рішень для всіх завдань автоматизації.[6]

### Функції:

- Чудова інтеграція нових контролерів SIMATIC S7-1500;
- Безліч нововведень, використовуваних в програмованих контролерах S7-1500, встановлює нові стандарти продуктивності систем автоматизації. Ідеальна інтеграція в STEP 7 Professional V13 забезпечує отримання максимальної ефективності при виконанні проектних робіт. Подальше розширення функціональних можливостей забезпечує використання PROFINET в якості стандартного інтерфейсу всіх центральних процесорів.
- Ефективне проектування з використанням потужних редакторів програм STEP 7 V13 підтримує роботу потужних редакторів програм контролерів S7, оснащених оптимізованими компіляторами.

### Захист доступу:

Парольний захист від несанкціонованого читання і зміни вмісту програмних блоків.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу сепарування молока</i>	Літ.	Арк.	Акрушіє
<i>Розроб.</i>		<i>Габрик М.В.</i>					51	73
<i>Перевір.</i>		<i>Беляєв Ю.Б.</i>				<b>НУХТ АК-4-1</b>		
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Ельперін І.В.</i>						

Захист від несанкціонованого копіювання програмних блоків. Програмні блоки можуть бути прив'язані до номера карти пам'яті і запускатися тільки при наявності цієї карти в центральному процесорі.

Використання до чотирьох рівнів ідентифікації користувачів з різними правами на виконання робіт в системі автоматизації.

Захист від несанкціонованого зміни даних, що передаються між STEP 7 і контролером.

*Особливості:*

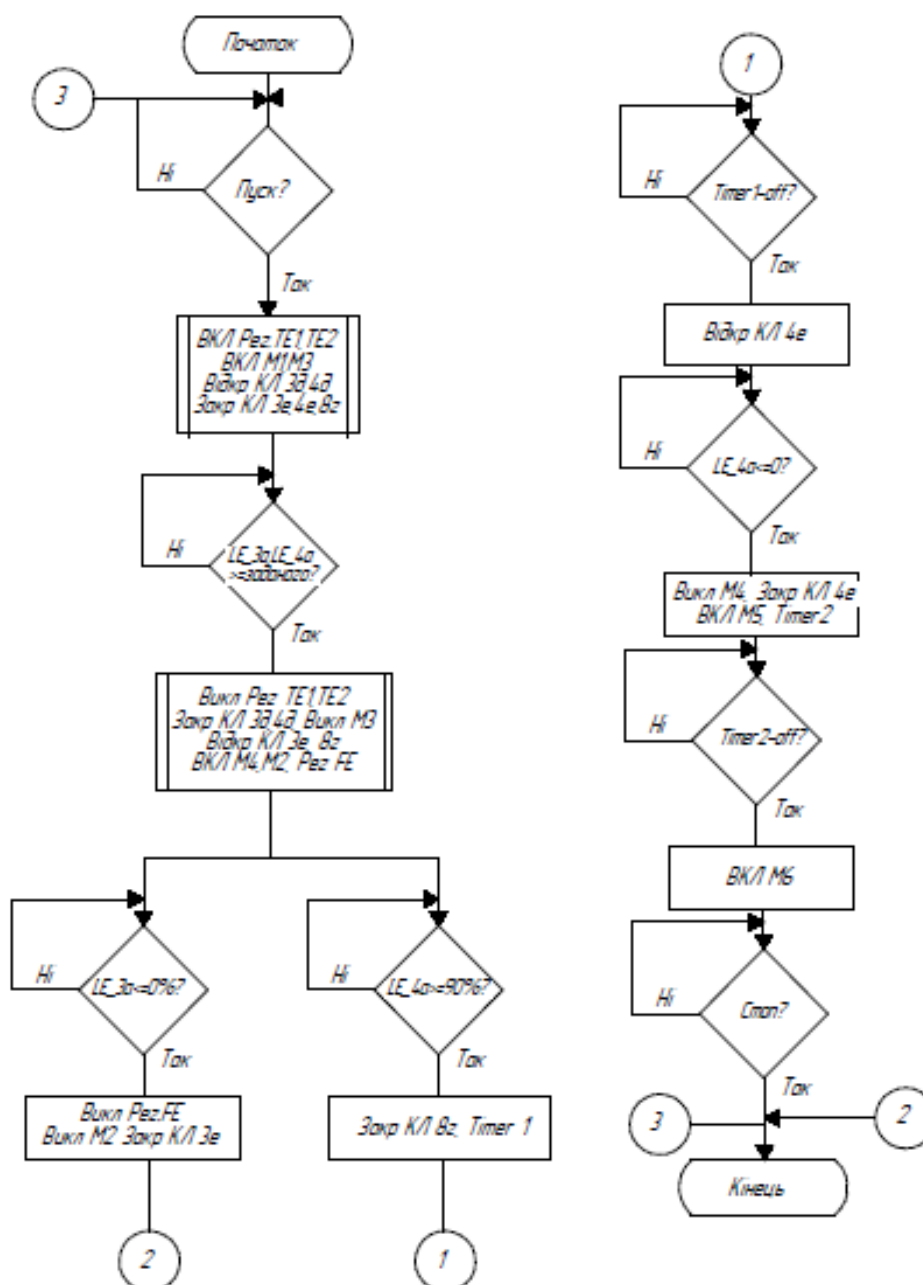
- Ефективне проектування з використанням потужних редакторів програм.
- Наскрізне нарощування функціональних можливостей з використанням всіх лінійок контролерів.
- Організація ефективної взаємодії між контролерами, приладами та системами людино-машинного інтерфейсу і приводами в рамках єдиної робочої середовища.
- Загальний менеджер управління даними і однорідна система символічних імен.
- Системна діагностика як вбудований компонент.
- Трасування змінних для ефективного виконання пуско-налагоджувальних робіт.
- Гнучкий масштабований набір функцій управління переміщенням.
- Вичерпна концепція використання бібліотек.
- Захист доступу до виробничих і проектних даних.
- Підтримка функцій міграції для існуючих програмних і апаратних продуктів.
- Сумісність з іншими продуктами SIMATIC та VIPA.

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

Зовнішній вид компоновки модулів контролера на монтажній рейці:



Алгоритм програми:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Текст програми:

```
1 IF "Pusk" OR "Restart" THEN
2   "Restart" := FALSE;
3   "Step1" := TRUE;
4   "Reg_TE1" := TRUE;
5   "Reg_TE2" := TRUE;
6   "M1" := 100.0;
7   "M3" := TRUE;
8   "KL_3g" := 100.0;
9   "KL_4g" := 100.0;
10  "KL_3e" := 0.0;
11  "KL_4e" := 0.0;
12  "KL_8g" := 0.0;
13 END_IF;

14 IF "Step1" AND "Level_3a">="Level_3a_zd" AND "Level_4a">=70.0 THEN
15   "Step1" := FALSE;
16   "Step2" := TRUE;
17   "M3" := TRUE;
18   "M1" := 0.0;
19   "M4" := TRUE;
20   "M2" := 100.0;
21   "Reg_TE1" := FALSE;
22   "Reg_TE2" := FALSE;
23   "Reg_FE" := TRUE;
24   "KL_3g" := 0.0;
25   "KL_4g" := 0.0;
26   "KL_8g" := 100.0;
27   "KL_3e" := 100.0;
28 END_IF;

30 IF "Step2" AND "Level_3a"<=0.0 AND "Level_4a">="Level_4a_zd" THEN
31   "Step2" := FALSE;
32   "Step3" := TRUE;
33   "KL_8g" := 0.0;
34   "Reg_FE" := FALSE;
35   "KL_3e" := 0.0;
36   "M2" := 0.0;
37   "Timer1" := TRUE;
38   IEC_Timer_0_DB.TON(IN:="Timer1",
39                       PT:=t#100s);
40 END_IF;
41 IF "IEC_Timer_0_DB".Q AND "Step3" THEN
42   "Step3" := FALSE;
43   "Step4" := TRUE;
44   "KL_4e" := 100.0;
45 END_IF;
46 IF "Step4" AND "Level_4a"<=0.0 THEN
47   "Step4" := FALSE;
48   "Step5" := TRUE;
49   "M4" := FALSE;
50   "M5" := TRUE;
51   "Timer2" := TRUE;
52   IEC_Timer_0_DB_1.TON(IN:="Timer2",
53                        PT:=t#100s);
54   "KL_4e" := 0.0;
55 END_IF;
```

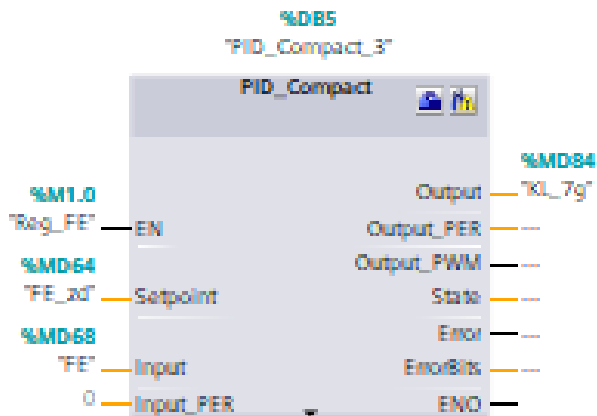
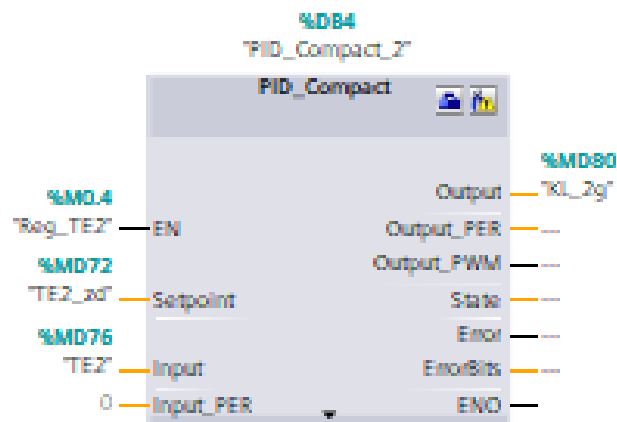
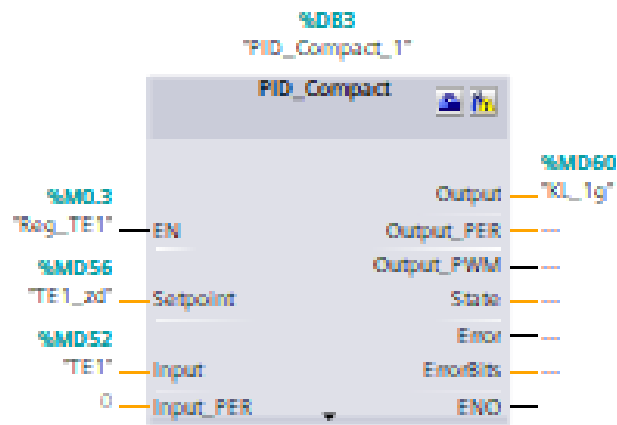
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

```

57 IF "IEC_Timer_0_DB_1".Q AND "Step5" THEN
58     "Step5" := FALSE;
59     "Step6" := TRUE;
60     "M6" := 100.0;
61 END_IF;
62 IF "Stop" OR "Step6" AND "Stop" THEN
63     "M6" := 0.0;
64     "Step6" := FALSE;
65     "Restart" := TRUE;
66     "Timer1" := FALSE;
67     "Timer2" := FALSE;
68 END_IF;
69

```

*Регулятори температури та витрати:*



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*Кваліфікаційна робота*

Арк.

55

## Змінні, що використовуються у програмі:

PLC tags								
	Name ▲	Data type	Address	Comment	Retain	Visibl...	Acces...	Tag t...
1	FE	Real	%MD68	Значення витрати з датчика	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
2	FE_zd	Real	%MD64	Задане значення витрати	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
3	KL_1g	Real	%MD60	Клапан 1г	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
4	KL_2g	Real	%MD80	Клапан 2г	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
5	KL_3e	Real	%MD14	Клапан 3е	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
6	KL_3g	Real	%MD6	Клапан 3г	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
7	KL_4e	Real	%MD18	Клапан 4е	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
8	KL_4g	Real	%MD10	Клапан 4г	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
9	KL_7g	Real	%MD84	Клапан 7г	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
10	KL_8g	Real	%MD22	Клапан 8г	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
11	Level_3a	Real	%MD34	Значення рівня 3а	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
12	Level_3a_zd	Real	%MD38	Задане значення рівня 3а	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
13	Level_4a	Real	%MD26	Значення рівня 4а	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
14	Level_4a_zd	Real	%MD30	Задане значення рівня 4а	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
15	M1	Real	%MD2	Двигун M1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
16	M2	Real	%MD42	Двигун M2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
17	M3	Bool	%M0.5	Двигун M3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
18	M4	Bool	%M1.1	Двигун M4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
19	M5	Bool	%M1.5	Двигун M5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
20	M6	Real	%MD48	Двигун M6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
21	Pusk	Bool	%M0.0	Кнопка ПУСК	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
22	Reg_FE	Bool	%M1.0	Змінна запуску регулятора витрати	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
23	Reg_TE1	Bool	%M0.3	Змінна запуску регулятора температур...	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
24	Reg_TE2	Bool	%M0.4	Змінна запуску регулятора температур...	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
25	Restart	Bool	%M0.1	Змінна перезапуску циклу	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
26	Step1	Bool	%M0.2	Внутрішня змінна-крок	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
27	Step2	Bool	%M0.6	Внутрішня змінна-крок	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
28	Step3	Bool	%M0.7	Внутрішня змінна-крок	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
29	Step4	Bool	%M1.3	Внутрішня змінна-крок	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
30	Step5	Bool	%M1.4	Внутрішня змінна-крок	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
31	Step6	Bool	%M1.7	Внутрішня змінна-крок	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
32	Stop	Bool	%M46.0	Кнопка СТОП	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
33	TE1	Real	%MD52	Значення температури датчика 1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
34	TE1_zd	Real	%MD56	Задане значення температури 1 для рег...	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
35	TE2	Real	%MD76	Значення температури датчика 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
36	TE2_zd	Real	%MD72	Задане значення температури 2 для рег...	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
37	Timer1	Bool	%M1.2	Змінна запуску таймера 1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...
38	Timer2	Bool	%M1.6	Змінна запуску таймера 1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Defa...

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*Кваліфікаційна робота*

Арк.

56

## Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Таблиця аналогових входів:

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Температура у підігрівачі	TE 1a	%MW0
Температура ємності для сливок	TE 2a	%MW2
Рівень у ємності для сливок	LE 3a	%MW4
Рівень у ємності для нормалізації	LE 4a	%MW6
Витрата сливок на виході на переробку	FE 5a	%MW8
Витрата сливок на виході до ємності нормалізації	FE 6a	%MW10
Витрата молока при подачі у сепаратор	FE 7a	%MW12
Витрата молока при подачі у ємність для нормалізації	FE 8a	%MW14
Витрата молока на виході із гомогенізатору	FE 9a	%MW16

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Габрик М.В.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу сепарування молока	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Беляєв Ю.Б.					57	73
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				<b>НУХТ АК-4-1</b>		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

Таблиця аналогових виходів:

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M1	%MW20
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M2	%MW22
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M6	%MW24
Керування клапаном подачі гарячої води	1г	%MW26
Керування клапаном подачі гарячої води	2г	%MW28
Керування клапаном подачі сливок у ємність	3д	%MW30
Керування клапаном відводу сливок з ємності на переробку	3е	%MW32
Керування клапаном подачі сепарованого молока у ємність нормалізації	4д	%MW34
Керування клапаном відводу нормалізованого молока з ємності для нормалізації	4е	%MW36

Керування клапаном швидкості подачі сливок до ємності нормалізації	7Г	%MW38
Керування клапаном подачі молока з прийомки у ємність для нормалізації	8Г	%MW40

*Таблиця дискретних виходів:*

<b>Назва сигналу</b>	<b>Позначення на СА</b>	<b>Адреса</b>
Керування двигуном за допомогою магнітного пускача	M3	%M1.0
Керування двигуном за допомогою магнітного пускача	M4	%M1.1
Керування двигуном за допомогою магнітного пускача	M5	%M1.2

Таблиця даних SCADA/HMI:

Name ▲	Identification 🏠	Measur...
Filter text ▼	Filter text ▼	Filter... ▼
FE 5a		м3/год
FE 6a		м3/год
FE 7a		м3/год
FE 8a		м3/год
FE 9a		м3/год
LE 3a		%
LE 4a		%
TE 1a		*С
TE 2a		*С
Клапан 1г		%
Клапан 1г А-Р		
Клапан 2г		%
Клапан 2г А-Р		
Клапан 3д		%
Клапан 3д А-Р		
Клапан 3е		%
Клапан 3е А-Р		
Клапан 4д		%
Клапан 4д А-Р		
Клапан 4е		%
Клапан 4е А-Р		
Клапан 7г		%
Клапан 7г А-Р		
Клапан 8г		%
Клапан 8г А-Р		
M1		об/хв
M1 А-Р		
M2		об/хв
M2 А-Р		
M3 А-Р		
M4 А-Р		
M5 А-Р		
M6		об/хв
M6 А-Р		

Рис.7.1. Таблиця даних з програмного середовища Zenon

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора:

Нормальний стан системи автоматизації. Всі параметри в межах норми.

Робочий вид для оператора

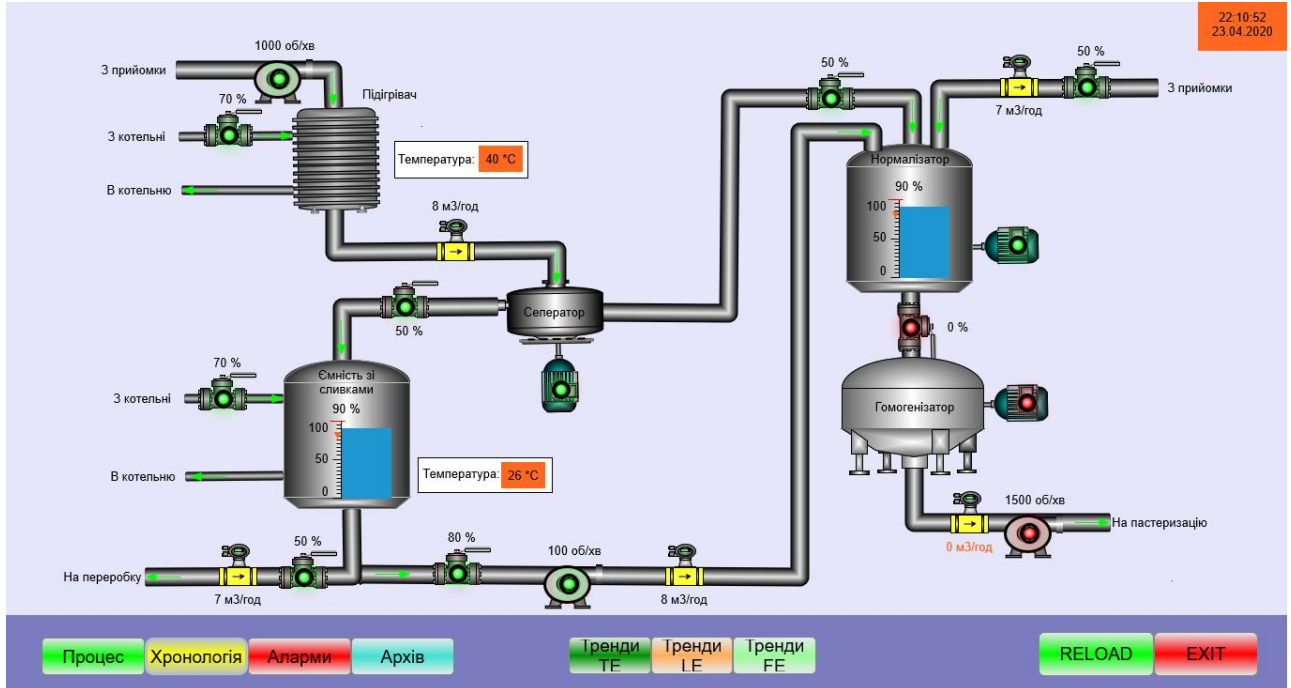


Рис.7.2. Мнемосхема керування процесом. Нормальний стан

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

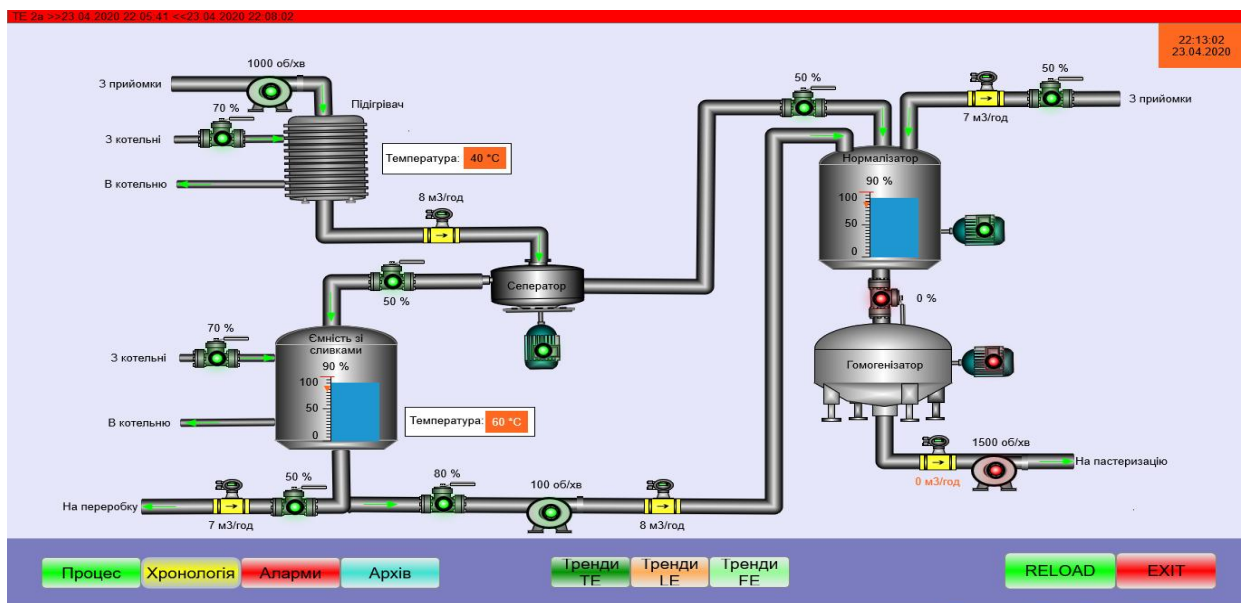


Рис.7.3. Мнемосхема керування процесом. Виникло відхилення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

61

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

Time received	Text	Variable name	Value	Mea...	User - full name	Computer name	Comment
23.04.2020 22:08:10	Modify spontaneous value: (1)	Клапан 2г А-Р	1		SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:12	Modify spontaneous value: (1)	Клапан 1г А-Р	1		SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:14	Modify spontaneous value: (70 %)	Клапан 1г	70	%	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:16	Modify spontaneous value: (0 об/хв)	M1	0	об/хв	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:22	Modify spontaneous value: (10 м3/год)	FE 6а	10	м3/год	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:24	Modify spontaneous value: (8 м3/год)	FE 6а	8	м3/год	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:33	Modify spontaneous value: (7 м3/год)	FE 8а	7	м3/год	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:38	Modify spontaneous value: (1)	Клапан 8г А-Р	1		SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:42	Modify spontaneous value: (1)	Клапан 4д А-Р	1		SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:45	Modify spontaneous value: (0 %)	Клапан 4е	0	%	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:48	Modify spontaneous value: (1)	M4 А-Р	1		SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:52	Modify spontaneous value: (1500 об/хв)	M6	1500	об/хв	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:55	Modify spontaneous value: (0 м3/год)	FE 9а	0	м3/год	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:08:55	Modify spontaneous value: (0 м3/год)	FE 9а	0	м3/год	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:09:03	Modify spontaneous value: (8 м3/год)	FE 7а	8	м3/год	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:10:06	Project 'GABRYK' reloaded				SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:10:16	Modify spontaneous value: (7 м3/год)	FE 5а	7	м3/год	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:10:24	Modify spontaneous value: (1)	Клапан 3д А-Р	1		SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:10:29	Modify spontaneous value: (1)	Клапан 7г А-Р	1		SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:10:31	Modify spontaneous value: (80 %)	Клапан 7г	80	%	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:10:35	Modify spontaneous value: (100 об/хв)	M2	100	об/хв	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:10:37	Modify spontaneous value: (1)	M2 А-Р	1		SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:10:39	Modify spontaneous value: (1)	M3 А-Р	1		SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:10:45	Modify spontaneous value: (100 об/хв)	M1	100	об/хв	SYSTEM	RURYK	
23.04.2020 22:10:47	Modify spontaneous value: (1)	M1 А-Р	1		SYSTEM	RURYK	

Рис.7.4. Вкладка хронології

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

Со...	Время появления	Время исчезновения	Время подтверждения	Имя переменной	Знач...	Едн...	Текст	Пользователь...	Имя компьютера	Комме...
●	>>23.04.2020 22:05:41	<<23.04.2020 22:08:02		TE 2а	100	°C				
●	>>23.04.2020 22:05:41	<<23.04.2020 22:08:05		LE 3а	50	%				
●	>>23.04.2020 22:05:41	<<23.04.2020 22:08:33		FE 8а	50	м3/год				
●	>>23.04.2020 22:07:34	<<23.04.2020 22:07:59		TE 1а	22	°C				
●	>>23.04.2020 22:08:55		-23.04.2020 22:13:42	FE 9а	0	м3/год		SYSTEM	RURYK	
●	>>23.04.2020 22:12:59			TE 2а	60	°C				

Рис.7.5. Вкладка тривог

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

При досягненні рівня верхнього лімітного значення (у визначеному нами діапазоні для конкретної змінної), спрацює тривога, яка буде відображена в журналі тривог. При цьому вона буде мати статус «Активна» (червоне коло).

Якщо рівень впаде нижче лімітного значення, то вона змінить свій статус на «Не активна» (зелене коло). Також, тривога може змінити свій статус на «Підтверджена» (синє коло), якщо оператор натисне кнопку 'Acknowledge'. Оскільки ми активували опцію To delete, то даний запис пропаде зі списку тільки якщо ми вручну видалимо його відповідною кнопкою.

*Вікно вкладки архів системи автоматизації. Тут можна побачити та переглянути дані про параметри за будь який період*

Date / time	Variable	Identification	Value	Text	Measuring unit>Status
23.04.2020 22:12:40.000	TE 2a		26		*C SPONT
23.04.2020 22:12:40.000	M1		1000		об/хв SPONT
23.04.2020 22:12:40.000	M2		100		об/хв SPONT
23.04.2020 22:12:40.000	M6		1500		об/хв SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	FE 5a		7		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	FE 6a		8		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	FE 7a		8		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	FE 8a		7		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	FE 9a		0		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	LE 3a		90		% SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	LE 4a		90		% SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	TE 1a		40		*C SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	TE 2a		28		*C SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	M1		1000		об/хв SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	M2		100		об/хв SPONT
23.04.2020 22:12:45.000	M6		1500		об/хв SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	FE 5a		7		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	FE 6a		8		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	FE 7a		8		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	FE 8a		7		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	FE 9a		0		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	LE 3a		90		% SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	LE 4a		90		% SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	TE 1a		40		*C SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	TE 2a		28		*C SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	M1		1000		об/хв SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	M2		100		об/хв SPONT
23.04.2020 22:12:50.000	M6		1500		об/хв SPONT
23.04.2020 22:12:55.000	FE 5a		7		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:55.000	FE 6a		8		м3/год SPONT
23.04.2020 22:12:55.000	FE 7a		8		м3/год SPONT

Рис.7.6. Вкладка архіву

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

### Тренди температури:



Рис.7.7. Вкладка трендів температури

### Тренди рівня:

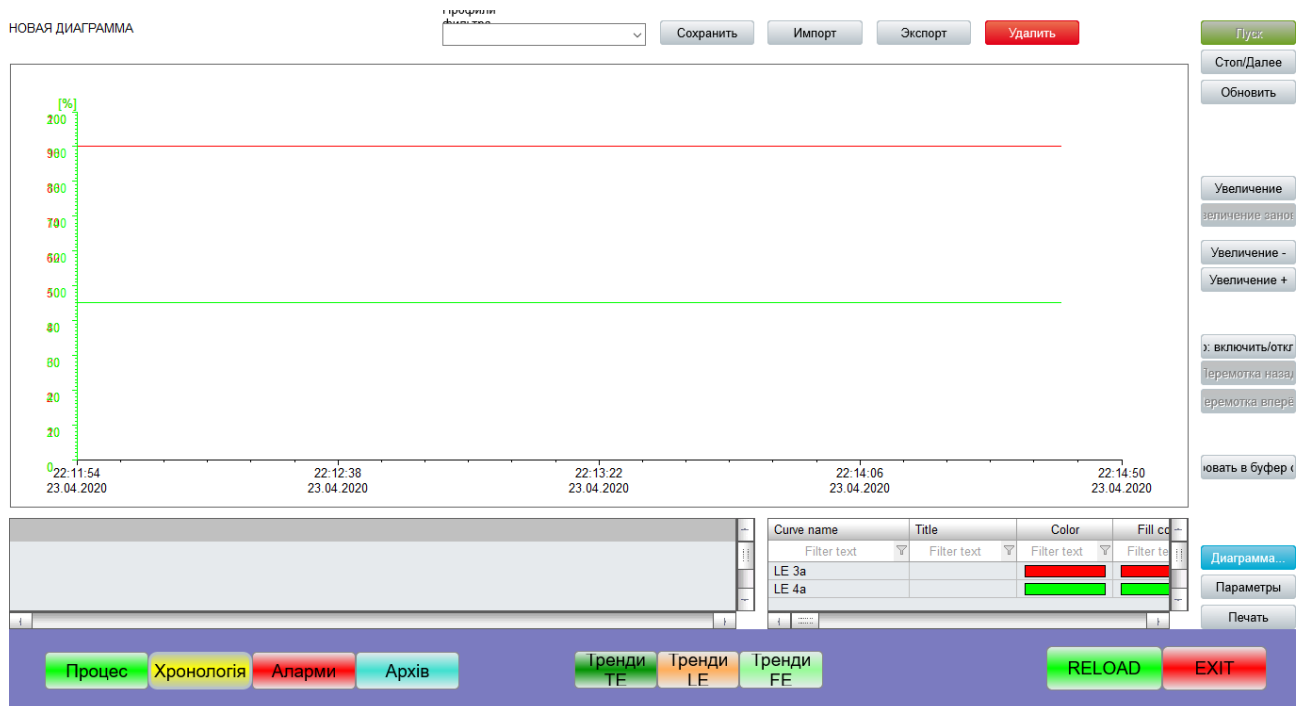
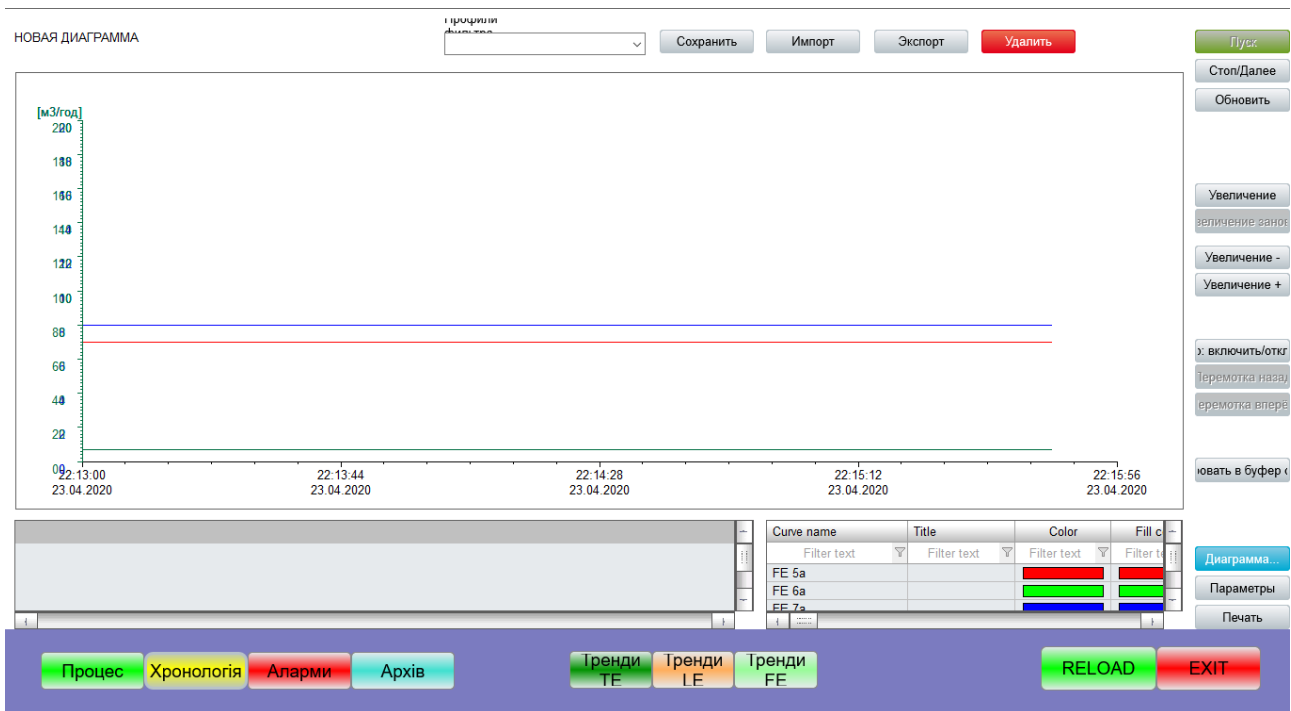


Рис.7.8. Вкладка трендів рівня

## Тренди витрати:



*Рис.7.9. Вкладка трендів витрати*

## Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.

### 7.1. Постановка задачі дослідження.

Комп'ютерне моделювання – це інструмент математичного моделювання, який застосовується для вивчення складних систем. Комп'ютерні моделі використовуються для отримання нових знань про об'єкт або для наближеної оцінки поведінки систем, занадто складних для аналітичного чи натурального дослідження.

В дипломному проекті комп'ютерне моделювання виконується 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.

Комп'ютерне моделювання проводиться в програмному середовищі Matlab, з використанням зовнішніх функцій Toolbox та Simulink. [7]

**Постановка задачі:** Для системи автоматизації управління процесом сепарування молока визначити оптимальні налаштування ПД-регулятора.

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

В даному проекті за систему регулювання було взято процес сепарування молока. На показники впливають температура в підігрівачі та ємності зі сливками, рівень у ємностях. Збуренням в даній системі витрата молока та сливок.

Передаточні функції та коефіцієнти до них для нашого об'єкту були розроблені з допомогою довідника [8].

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Габрик М.В.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу сепарування молока	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Беляєв Ю.Б.					66	73
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				<b>НУХТ АК-4-1</b>		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

Визначимо передаточні функції:

$$W_{1u}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{3}{2p+1}; W_{2u}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta U_2(p)} = \frac{3}{6p+1}; W_{2z}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta Z_2(p)} = \frac{0,8}{4p+1}$$

$$W_{12}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta X_1(p)} = \frac{3,5}{4p+1}; W_{23}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{2,5}{6p+1};$$

Складаємо структурну схему об'єкта:

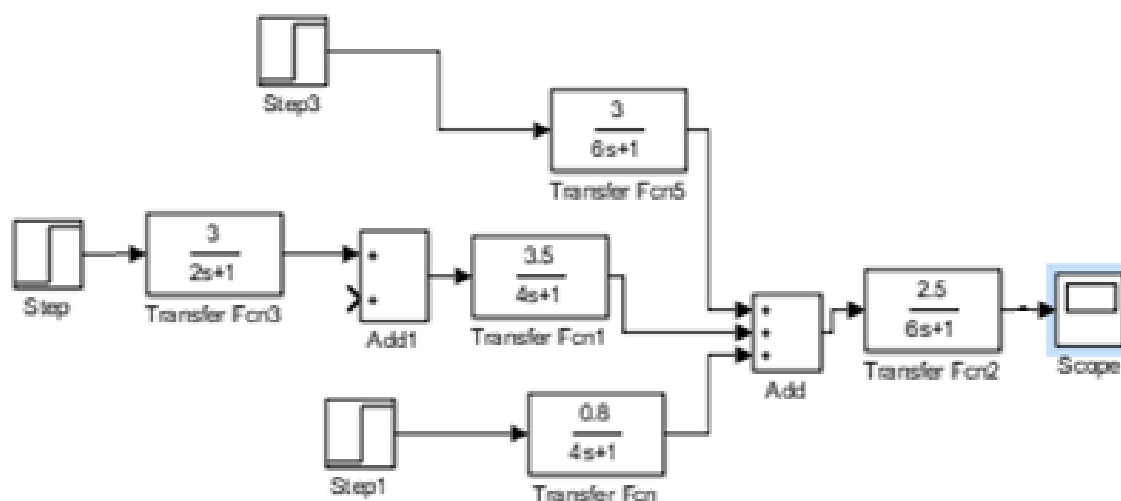


Рис.7.1. Структурна схема об'єкта

### 7.3. Моделювання САР

#### Настройка ПД- регулятора

Настройки ПД-регулятора визначаємо за допомогою Циглера –Ніколса. Для цього знаходимо  $K_p$  критичне, при якому система знаходиться на межі стійкості.

$$K_{p \text{ крит}} = 0.381; T_p = 12;$$

Наближеним методом розрахунку параметрів настройок регуляторів є метод *незагасаючих* коливань (в технічній літературі його називають методом Ціглера-Нікольса). Замкнену систему автоматичного регулювання з П-регулятором переводять в режим автоколивань за допомогою збільшення  $K_{рег}$ . Якщо в системі працює ПІ-регулятор, то  $T_i \rightarrow \infty$ , при ПД-регуляторі  $T_i \rightarrow \infty$ ,  $T_d \rightarrow 0$ . Для отримання автоколивань визначають критичні значення  $K_{рег}^{крит}$  і період  $T_p^{крит}$ . Тоді наближеними параметрами настройки ПД-регулятора будуть :

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Параметры типовых регуляторов*

	$k_n$	$k_n$	$k_d$
<b>П-регулятор</b>	$0,50k_n^*$		
<b>ПИ-регулятор</b>	$0,45k_n^*$	$0,54k_n^*/T^*$	
<b>ПИД-регулятор</b>	$0,60k_n^*$	$1,2k_n^*/T^*$	$0,075k_n^*T^*$

$$K_p = K_p(\text{крит}) * 0,6$$

$$K_i = (1,2 * K_p(\text{крит})) / T_p$$

$$K_d = 0,075 * K_p(\text{крит}) * T_p$$

Зменшення коефіцієнта передачі регулятора дозволяє забезпечити необхідний запас стійкості, хоча в цілому отримані настройки не гарантують досягнення екстремуму показника якості, наприклад, інтегрального критерію.

$$K_p = K_p(\text{крит}) * 0,6 = 0,6 * 0,381 = 0.2286;$$

$$K_i = (1,2 * K_p(\text{крит})) / T_p = (1,2 * 0,381) / 200 = 0,0381;$$

$$K_d = 0,075 * K_p(\text{крит}) * T_p = 0,075 * 0,381 * 12 = 0.3429;$$

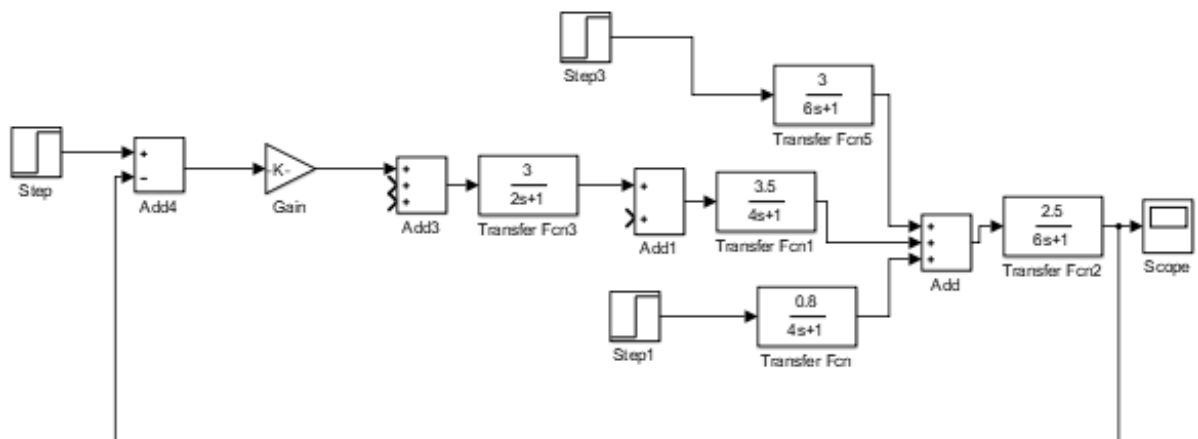


Рис.7.2. Структурна схема АСР з П-регулятором

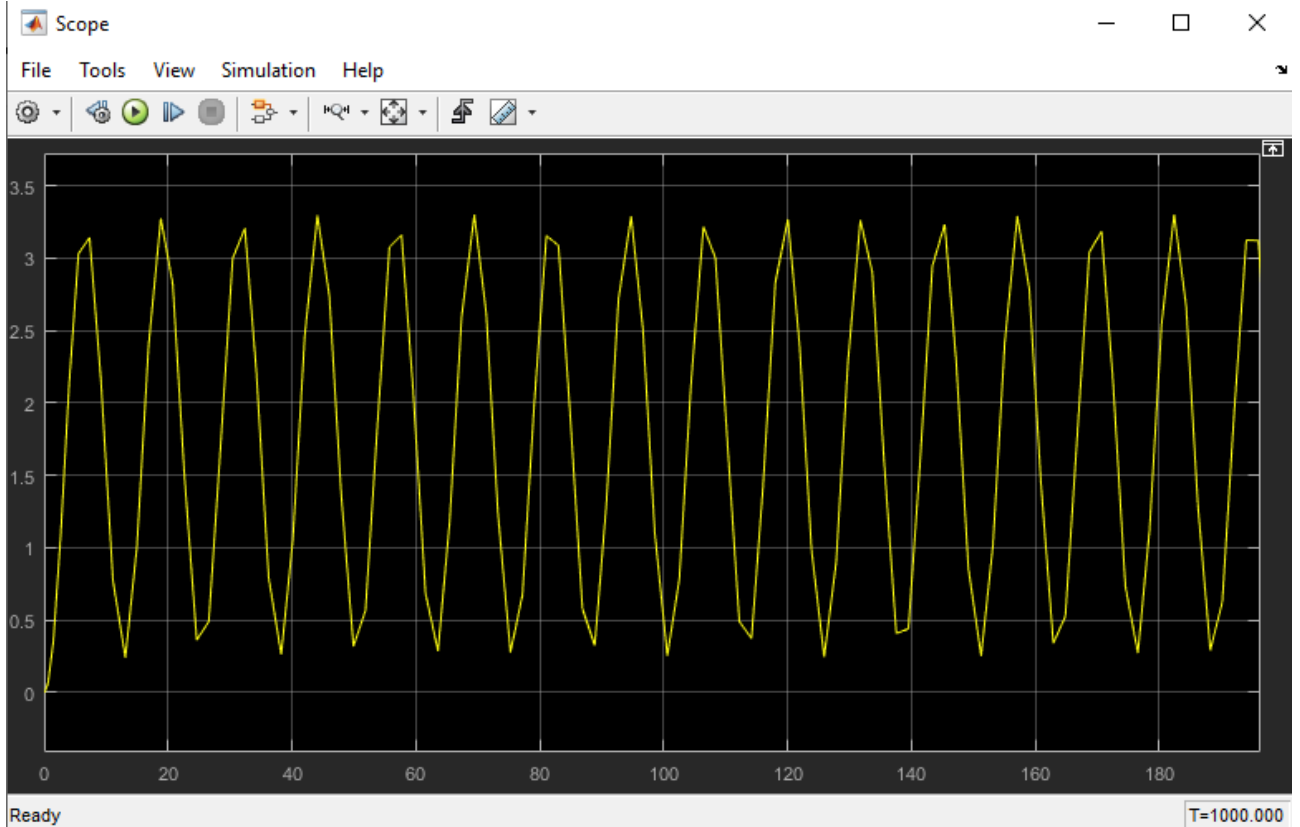


Рис.7.3. Перехідний процес АСР з ПІ-регулятором на межі стійкості  
( $K_p(\text{крит.})=0,381$ )

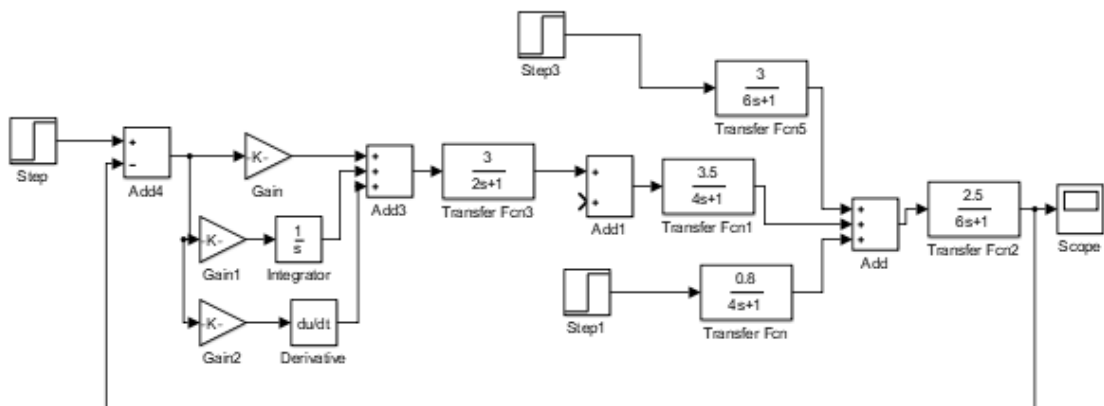


Рис.7.4. Структурна схема АСР з ПІД-регулятором

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

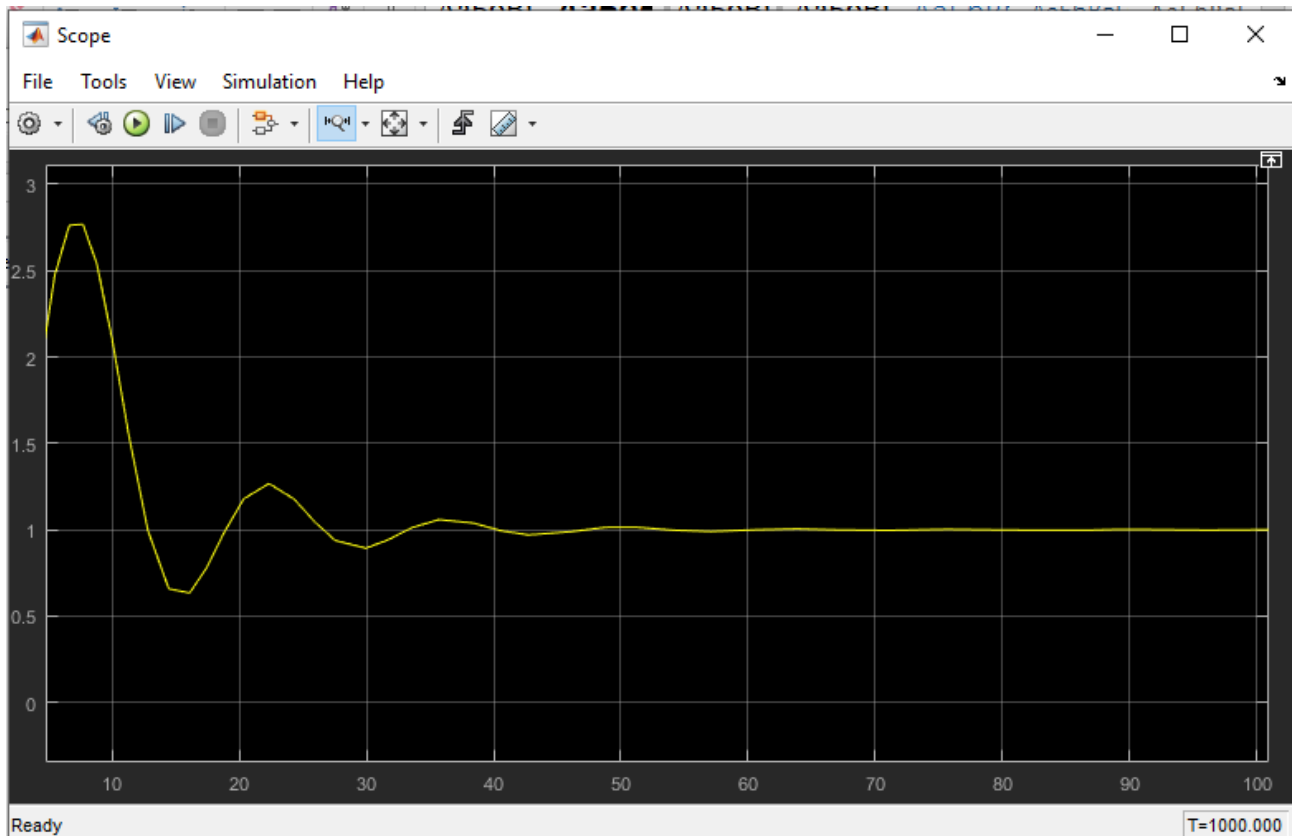


Рис.7.5. Перехідний процес АСР з ПД-регулятором.

$$\psi = (A1 - A3) / A1 = (1.75 - 0.25) / 1.75 = 0,57;$$

**Висновок:** Після встановлення ПД-регулятора і його знаходження його оптимальних налаштувань методом Циглера-Ніколсона отримуємо перехідний процес, який має ступінь затухання:  $\phi = 0,55$ . Порівнюючий його з перехідним процесом з П-регулятором можна сказати, що час регулювання у ПД-регулятора менший, але не набагато, ступінь затухання більший, і динамічна похибка також менша. Тобто робимо висновок, що використання ПД-регулятора в даному випадку доцільне.

## Висновки

В даній кваліфікаційній роботі була розглянута система автоматизації процесу сепарування молока. Мною була розроблена АСУ на базі контролера S7-1500 від Siemens, для даного об'єкта, тут були застосовані пристрої для виміру температури, пристрою для вимірювання рівня, засоби обліку витрати. Всі пристрої сумісні з роботою в парі з контролером, що дало змогу реалізувати роботу всього об'єкта на АРМ оператора. Я розробив алгоритм роботи об'єкта, реалізував програму та для роботи об'єкта, підібрав пристрої для підключення до контролера, навів схеми підключень, складена специфікація на замовлення пристроїв, відповідно була розроблена та реалізована SCADA/HMI для оператора.

Також була розроблена структурна схема САР процесу сепарування молока, та знайдені оптимальні налаштування ПІД- регулятора.

В подальшому рекомендовано модернізувати АСУ після досягнення певного прибутку після окупності за для підвищення ККД об'єкта та збільшенню прибутку підприємству. Оновлення АСУ слугує для зменшення втрат тепла, підвищення ККД установки, зменшення втрат енергоносія на нагрів теплоносія, а це також йде до збільшення прибутку підприємству.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

## Список використаних джерел

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
2. Проєктування систем автоматизації. Трегуб В.Г. Навч. пос. — К: Видавни-цтво Ліра-К., 2014. — 344с.
3. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro Навч. по-сібник./ Пупена О.М., Ельперін І.В., — К.: Видавництво Ліра-К. — 2013..
4. Основи автоматизації теплоенергетичних процесів та установок. Навчаль-ний. посібник / Левченко О.І., Сідлецький В.М. – К.:НУХТ, 2014. – 227с..
6. Системний аналіз складних систем управління. Навчальний. посібник / Ла-данюк А.П., Смітюх Я.В., Власенко Л.О. – К.:НУХТ, 2013. – 274с..
7. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: Навчальний посібник. [Текст]/ В.Г. Трегуб // К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
8. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизо-ваних системах [Текст]: Навчальний посібник. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк // К.: Вид.-во "Ліра-К", 2011. – 552 с.
9. Волчков И.И. Сепараторы для молока и молочных продуктов, 1975 – 234 с.
10. Диланян З.Х. Молочное дело. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 368 с.
11. Дьяченко П.Ф., Коваленко М.С, Чеботарев А.И.Технология молока и молочных продуктов.— М.: Пищевая промышленность, 1974.— 447 с.
12. Житенко П.В. Переработка и хранение продуктов животноводства. – 2-е изд., перераб. и доп., М.: Россельхозиздат, 1985. – 71 с.
13. Золотин Ю.П. и др. Оборудование предприятий молочной промышленности / Золотин Ю. П., Френклах М. Б., Лашутина Н. Г. – М.: Агропромиздат, 1985 – 270 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

14. Ведишев С.М. Технологии и механизация первичной обработки и переработки молока: Учеб. пособие / С.М. Ведишев, А.В. Милованов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005 – 152 с. [1]

15. МТМ201. URL:

[https://priborpostavka.ru/files/docs/rukovodstvo\\_po\\_ekspluatatsii\\_preobrazovatelya\\_mtm-201.pdf](https://priborpostavka.ru/files/docs/rukovodstvo_po_ekspluatatsii_preobrazovatelya_mtm-201.pdf). [2]

16. Nivelcap C-400. URL: <https://nivelco.com.ua/>. [3]

17. PRMAG. URL: <https://www.directindustry.com.ru/prod/lth-electronics-ltd/product-25108-2188515.html>. [4]

18. Siemens S7-1500. URL: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-1500.htm>. [5]

19. TIA Portal. URL:

<https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/avtomatizacia/industry-software/automation-software/tia-portal/programmnoe-obespechenie.html>. [6]

20. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» - НУХТ, 2020 , Укладачі: І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. . [7]

21. «ОБ’ЄКТИ АВТОМАТИЗАЦІЇ В ГАЛУЗІ» - НУХТ,2013 Укладачі: О.І. ЛЕВЧЕНКО М.С. ГЛУЩЕНКО О.Й. РІШАН О.М. ПУПЕНА. [8]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73