

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

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

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту(декан факультету)

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: Розробка системи автоматизації процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 1

\_\_\_\_\_ Микулич Сергій Олегович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Міркевич Роман Миколайович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Бобрівник Катерина Євгеніївна \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020р.

# Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

«27» квітня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Микулич Сергій Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи автоматизації процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів

керівник роботи Міркевич Роман Миколайович, ст.викл., к.т.н.

(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 « 1 » червня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. 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. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 27.04.2020р.

### 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 Микулич С.О.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Міркевич Р.М.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів.

В роботі представлено опис технологічного процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчика рівня IFM LR2750, схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічних засобів.

Розроблено алгоритм та програму для управління процесом пастеризації молочної суміші для твердих сирів. Програма розроблена для ПЛК Schneider Electric Modicon M251. Інтерфейс дисплейної мнемосхеми процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів розроблено в програмному забезпеченні Zenon Scada від фірми COPA-DATA та її вигляд представлено в записці.

**Ключові слова:** ПЛК, SCADA, система керування, молочне виробництво, пастеризація

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

## Annotation

The development of the automation system is considered in the qualification work the process of pasteurization of milk formula for hard cheeses.

The paper presents a description of the technological process of pasteurization of milk mixture for hard cheeses, tasks for the automation system, automation scheme, specification of technical means of automation, assembly diagram of technical means of automation - IFM LR2750 level sensor, connection diagram of sensors and actuators to PLC and extended connection schemes means.

**Keywords:** PLC, SCADA, control system, dairy production, pasteurization

					<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.....	15
<b>Розділ 2. Опис системи автоматизації</b> .....	17
2.1. Схема автоматизації .....	17
2.2. Специфікація засобів автоматизації .....	18
2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів.....	20
<b>Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК</b> .....	31
3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера.....	31
3.2. Загальна схема підключення.....	38
3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів.....	45
<b>Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів</b> .....	50
<b>Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)</b> .....	58
<b>Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога</b> .....	64
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	66
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	69
<b>Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання</b> ...73	
<b>Висновки</b> .....	77
<b>Список використаної літератури</b> .....	78

## Вступ

З давніх-давен людина не могла обходитися без їжі, адже та забезпечує організм людини всіма необхідними речовинами: білками, жирами, вуглеводами та вітамінами. Сама природа потурбувалася за людину і дала їй корисні та смачні продукти. Одним з таких є сир, що виробляється з молока та його складових.

Сир - високоякісний харчовий продукт, котрий отримують з молока шляхом ферментативного згортання білків, виділення сирної маси з наступною переробкою з досяганням. При досягання проходять складні біохімічні та мікробіологічні процеси, характерні різним видам сиру. Виробляти сири розпочали приблизно вісім тисяч років до нашої ери.

У стародавні віки сири виготовляли в Аравії, Єгипті, Індії, Греції.

Ще в середньовіччя були відомі такі сири, як швейцарський та рокфор. Виготовлення сиру мало сезонний характер, їх виробляли в основному в літню пору.

### Харчова і біологічна цінність сирів:

Сир відомий людству дуже давно. Він є продуктом із високою енергетичною і біологічною цінністю, що містить незамінні амінокислоти і більш прості з'єднання білкового і небілкового азоту, що легше і швидше засвоюються, чим білки молока. Крім того, сири містять і комплекс жиру, масова частка котрого сильно коливається - від 5-10% до 60% у сухій речовині, і водорозчинні вітаміни, а також багато мікроелементів. Калорійність 1кг сиру в залежності від вмісту жиру та білка в ньому сягає від 2500 до 4000 ккал.

### Класифікація сирів:

Вперше класифікацію сирів запропонував вчений А.М.Корольов, а згодом його підтримав і І.Т.Гісін. Надалі були розроблені класифікації сирів і іншими науковцями. При класифікації зазвичай враховують такі ознаки, як спосіб згортання молока, наявність повторного нагрівання і його температура, розмір і маса голівок сиру, характер поверхні сформованого сиру, умови дозрівання,

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

ступінь зрілості, характер мікрофлори при дозріванні. Згідно даних Міжнародної молочної федерації, у країнах з розвитком молочно тваринництва виробляється понад 500 назв сирів.

Сири поділяють на кисломолочні та сичужні:

Сичужні сири поділяються на наступні групи: тверді пресовані з низькою температурою нагрівання (голландський, костромський, ярославський, степовий, естонський, дністровський); тверді пресовані з низькою температурою та чеддеризацією сирної маси (чеддер); тверді пресовані з низькою температурою нагрівання та підвищеним рівнем молочнокислого бродіння (російський); тверді самопресовані з великою температурою другого нагрівання та досягаючи за участю мікрофлори сирного слизу (латвійський, пікантний); тверді пресовані з високою температурою повторного нагрівання (радянський, швейцарський, алтайський, карпатський). До сичужних сирів також відносяться м'які, дозріваючі під впливом молочнокислих слизоподібних бактерій (доріжнобугський, дорожній); м'які, дозрілі під впливом молочнокислих бактерій та плісені (любительський), м'які, достиглі під дією молочнокислих бактерій та плісені (рокфор, російський, десертний білий) і розсольні (бринза, тушинський).

Кисломолочні сири поділяються на свіжо-витривалі(зелений) та свіжі (чайний, клинковий).

Виробляють також плавлені або перероблені сири.[1]

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

## Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації

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

#### *Технологічний процес виготовлення твердих сирів:*

Окрема технологія вивчає технологічний процес виготовлення окремих видів сирів, особливості технологічного процесу, котрі визначають різноманітність сирів, фізико-хімічні, органолептичні показники характеру готового продукту.

Технологічний процес виготовлення сиру має ряд особливостей — якість первинної сировини, зміст мікрофлори вторинної сировини, бактеріальних препаратів і сирної маси, вміст вологи в сирі після пресування і т.д; включає наступні операції: контроль якості , прийняття і сортування молока, резервування та дозрівання молока, обробка згустку , друге нагрівання і вимішування сирного зерна, отримання пласту, формування сиру, пресування, посол , дозрівання , парафінування, упаковка, транспортування і зберігання сиру.

#### *Контроль якості, прийняття і сортування:*

При прийманні молока роздивляються тару, проводять органолептичну оцінку молока кожної ємкості , визначають його температуру, беруть проби для аналізу, звертаючи увагу на цілісність пломби, чистоту тари. Якщо молоко знаходиться у флягах, під кришками повинні знаходитись гумові прокладки, а в цистернах на патрубках - заглушки та чохли. На основі даної органолептичної оцінки, хімічного складу редуктозної проби та інших показників встановлюють сорт молока згідно ГОСТу на заготовлення молока. Додатково проводиться бродильна і штучно-бродильна проби, проба на маслянокислі бактерії. Встановлюють штучну згуртованість молока з метою визначення його сиропридатності. Кожен сорт молока переробляють окремо. Для виготовлення сиру не можна використовувати молоко 3 і 4 класів за пробою на бродіння і 3 класу по штучно-бродильній формі. Прийняте молоко очищують.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Микулич С.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>					8
<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>					

### *Резервування та дозрівання молока:*

При недостатній кількості молока для виготовлення сиру його резервують. Молоко охолоджують до 5°C і при цій температурі зберігають до наступного дня. Якщо на завод поступило парне чи охолоджене, але свіжовидоєне молоко його не можна переробляти на сир. Свіжовидоєне молоко погано згортається штучним ферментом і являє собою невідходяще джерело для розвитку молочнокислих бактерій. З такого молока отримують поганий згусток, який погано виділятиме сироватку, процес молочнокислого бродіння протікає повільно. Тому свіжовидоєне молоко підлягає дозріванню при 8-12°C протягом 10-14 годин. Під час дозрівання молока в результаті розвитку мікрофлори змінюються його фізично-хімічні якості. При цьому збільшуються міцели козеїну знижується кислотно-відновлюючий потенціал, на 1-2°C збільшується кислотність, частина кальцієвих солей переходить в розчинений стан, збільшується кількість поліпептидів. Ці зміни в складі молока прискорюють його сичужну згортваність, забезпечують кращий розвиток бактерій молочнокислої закваски і отримання сиру більш високої якості.

### *Нормалізація молока за жиром та білком:*

Сири виробляють з певним вмістом жиру в сухій речовині тому молоко потрібно нормалізувати. Нормалізацією молока за жиром проводять за допомогою спеціальних таблиць. Кількість білка в молоці, отриманого від корів, котрі їдять різну їжу в різні періоди лактації, пори року, неоднакова, тому на сироробних заводах молоко нормалізують за жиром з врахуванням наявності білка. Кількість білка в молоці визначається методом формального титрування. Визначивши кількість жиру і білка в молоці, встановлюють потрібний вміст жиру в суміші за наступною формулою:

$$Ж_{см} = \frac{A \times K \times Ж}{100} \text{ де } Ж_{см}$$

- потрібний вміст жиру в суміші(%); А-вміст <sup>100</sup> білка в молоці (%); Ж- вміст жиру в сухому сирі за стандартом, (%); К- коефіцієнт, визначаючий ступінь використання жиру та козеїну.

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

Для сирів з вмістом 50% жиру в сухій речовині  $K=2,09-2,15$ ; для сирів 45% жирності  $K=2,02$  та для сирів 40% жирності  $K=1,9$ .

Регулювання жирності суміші за вмістом в ній білка засновано на тому, що в суміші повинно бути оптимальне співвідношення жиру та білка, забезпечуючи заданий вміст жиру в сухій речовині сиру.

#### *Пастерілізація і охолодження молока:*

В сироварінні застосовують короткочасну пастерілізацію молока при  $t^{\circ}71-72^{\circ}\text{C}$  з витримкою 20-25 сек. Після пастерізації молока одразу ж охолоджують до температури приміщення та пори року. Час згуртування 25-30хв.

#### *Підготовка молока до згортання:*

Вона включає в себе внесення бактеріальної закваски, хлористого кальцію, хімічно чистого калію чи натрію азотнокислого, фарби, встановлення кількості сичужного ферменту.

Внесення бактеріальної закваски: молочнокислі бактерії обов'язково повинні знаходитись у сирі. Їх роль полягає в тому, що вони в результаті життєдіяльності виділяють ферменти, які разом з сичужним ферментом розщеплюють всі компоненти молока, утворюючи речовину, котра надає специфічних якостей сиру. Завдяки зміні активної кислотності створюються умови, сприятливі для появи дії сичужного ферменту і синерезису утвореного згустку. Молочнокислі бактерії подавляють розвиток сторонньої мікрофлори.

Молочнокислі бактерії додають в пастеризоване молоко під виглядом бактеріальних заквасок в кількості 0,5-0,8%. До складу молочнокислої закваски ярославського сиру входять *Str.lactis*, *Str.diacetilactis*, *Str.paracitrovus*. Допускається вироблення сиру із сирого високоякісного молока. В цьому випадку молочнокислої закваски вносять 0,1-0,2%. Перед додаванням згусток розбивають до однорідної сметани. Заквашене молоко ретельно перемішують.

Внесення хлористого кальцію. В процесі пастерізації молока деяка мінеральних речовин, в тому числі кальцію, випадає в осад, що робить молоко непридатним для виготовлення сиру. Крім того, зустрічається молоко, яке погано згортається під дією сичужного ферменту. Для покращення сичужної

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

згортують молоко та якості згустку додають хлористий кальцій з розрахунком 10-40г. безводної солі на 100кг молока. Додають хлористий кальцій у вигляді 40% розчину.

Хімічно чистий азотнокислий калій чи натрій додають з метою попередження раннього розбухання сирів. Ці речовини використовують у вигляді розчину з розрахунком 10-30 г солі на кожні 100 кг молока. Вказані солі азотної кислоти відновлюються до нітратів і придушують розвиток газоподібних бактерій, кишкової палички і маслянокислих, але не негативно впливають на розвиток молочнокислих бактерій.

#### *Обробка згустку і повторне нагрівання:*

Її проводять з метою часткового видалення сироватки із згустку і зерна, а також створення оптимальних умов для мікробіологічних і біохімічних процесів у згустку, зерні і у сирі в перший період його дозрівання.

Сичужний згусток може виділяти сироватку, в результаті чого його об'єм зменшується. Без розрізу згустку цей процес протікає повільно. Для прискорення і більш повного видалення сироватки згусток розрізають, вимішують отримане сирне зерно, нагрівають другий раз.

В період обробки згустку ступінь і швидкість його обезводнення залежить від жирності молока, вмісту в ньому кальцію, температурного режиму, пастерилізації, кислотності молока, розрізу зерна і температури обробки. Пастерилізація уповільнює обезводнення згустку.

Обробка згустку проходить у ваннах. Його розрізають за допомогою сирних лір чи ножів. Спочатку розрізають згусток по взаємоперпендикулярному напрямку лірою з вертикально розташованими струнами. Після розрізу згустку масу залишають в спокої на 3-4 хв. щоб затверділи грані кубиків. Згодом видаляють 20-30% сироватки і кубики кришать за допомогою тонкострунної ліри з вертикальними струнами, потім лірою з горизонтальними струнами; розмір зерна повинен бути 7-8 мм. Розріз згустку називають постановкою зерна, яка продовжується 10-15 хв. В результаті цієї операції зерно стає густим, пружним і більш округлим.

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

### *Друге нагрівання:*

Поводять при температурі 40-42°C ( на 6-8°C вище, ніж температура молока при згортанні). Під час другого нагрівання посилюється виділення сироватки із зерна, надаються сприятливіші умови для розвитку молочнокислої флори, зерно набуває клейкості, пружності. Друге нагрівання в двостінних ваннах виконується шляхом запускання в між стінний простір пари чи гарячої води. Температуру підвищують поступово (за 1 хв. на 1-2°C) при перемішуванні зерна. Якщо ванни без парового зігрівання, то при закінченні вимішування зерна відливають сироватку, нагрівають, а згодом нагріту сироватку вливають в ванну і доводять до певної температури.

Сироватку наливають у ванну поступово при енергійному помішуванні маси лірою з товстими струнами. При швидкому вливанні гарячої сироватки може відбутись «заварювання» сирного зерна (утворення поверхневої плівки), що зменшує виділення сироватки.

Вимішування зерна після другого нагрівання. Після встановлення потрібної температури другого нагрівання зерно вимішують до його готовності. Таке вимішування називають обсушкою зерна. В цей період відбувається виділення сироватки з внутрішніх шарів. Протяжність обсушки залежить від якості молока і здатності зерна до обезводнення; вона сягає 30-45 хв.

Під час вимішування періодично визначають готовність зерна, для чого його мнуть у руці. Готове зерно має розмір 4-5мм; при стисканні у кулаку утворює згусток при легкому струшуванні він розламується, при розтиранні на долоні розпадається на окремі пружні зерна. Недостатнє обсушування зерна підвищує вміст вологи у сирі, пересушування продовжує процес дозрівання сиру і призводить до появи певної консистенції.

### *Отримання пласту:*

Ця операція виконується для того, щоб з'єднати сирне зерно в цілий моноліт, для чого готове зерно залишають в спокої на 10-15 хв., а згодом видаляють основну частину сироватки, зерно відсовують до стінки ванни. Видаливши сироватку, на сирну масу кладуть дошку і тяжінь з розрахунком

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

1до1. В такому стані її витримують 20-25хв. Товщина пласту після прасування повинна сягати 9-10 см..

Формування сиру. Щоб надати сиру певну форму, характерну для того чи іншого виду, з'єднати окремі зерна в суцільну масу, проводять формування сирної маси. Для цього сирний пласт розрізають на шматки, які відповідають розмірам(45×10 см.). Шматки кладуть у форми, попередньо вилиті і прогріті, температура повинна відповідати температурі сирної маси. Щоб зменшилася сирна маса, форми з сиром три-чотири рази перекидають через кожні 5-10 хв. В цей час потрібно форми з сиром, закриті серп'янкою, поливати теплою сироваткою чи водою (35-40°С), щоб вони не охолоджувались. Сформовані голівки сиру видаляють з форми і загортають у вологі бязеві серветки для кращого видалення сироватки і перестрашування від охолодження. Застосовується пресування сиру і без серветок. Для цього використовують пресувальні форми зі вставками із нержавіючої перфорованої сталі. При цьому способом краще щільнішає сирна маса, спостерігаються хороші заповнення поверхні головки і видалення вологи.

Пресування сиру. Загорнуті в серветки і складені у форми сири пресують, щоб надати їм форму та видалити залишки сироватки. Пресують сири на горизонтальних багатоярусних пресах і пресах інших конструкцій. Найбільше перспективними є пневматичні преса. Протяжність пресування 2-3 год з тиском 30-40 кг на 1кг сирної маси, температура повітря пресувального приміщення повинна бути 15-18°С. Спочатку тяжінь повинен бути мінімальним, а згодом його збільшують. Через 30-45 хв. відбувається пресування, при цьому в разі необхідності зачищають краї за допомогою ножа. Добре пресований сир має рівну, гладеньку поверхню.

#### *Посол сиру:*

Після пресування сири відправляють в посолку, де їх опускають в басейни з розсолем, концентрація якого не менше, ніж 20%. Для посолу сиру використовують тільки високоякісну сіль. Температура розсолу і повітря в посоленому приміщенні повинна бути 8-12°С і вологість повітря 90-95%.

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

Посол триває 2-3 дні. Вона надає специфічний смак і аромат сиру; крім цього, сіль, до деякої міри впливає мікробіологічні, ферментативні і хімічні процеси при дозріванні сиру. Після посолу сири виймають із розсолу, кладуть на дерев'яні ложки і розмішують для обсушки на лавах соляного відділу на 2-3 дні. Температура приміщення повинна бути 8-12°C, а відносна вологість повітря 90-95%.

#### *Дозрівання сиру:*

Під час цього процесу відбувається формування певного смаку, запаху, консистенції і кольору сиру. Обсушені в соляному приміщенні сири перекладаються на чисті сухі лотки і переносять в відділення для дозрівання. В перших 15-20 днів сири знаходяться при температурі 10-12°C і відносній вологості повітря 85-90%. Згодом на 20-30 днів їх кладуть у камеру, де температура повітря 14-16°C, а відносна вологість 80-85%. Після цього до кінця дозрівання сири витримують при 12-14°C і відносній вологості повітря 75-85%. Тривалість дозрівання складає не менше 2.5 місяців. В процесі дозрівання перші 2-3 тижні через кожні 2 дні сири перекладають, а згодом цю операцію виконують по необхідності.

Через 5-7 днів на поверхні сиру утворюється плісень, їх миють у воді, температура якої 30°C. В подальшому миття сиру роблять через 10-12 днів в залежності від утворення плісені і мікрофлори сирного складу на поверхні голівок. Після кожного миття сир обсушують на лотках і перекладають на сухі, добре вимиті лотки і відправляють на пакування. [2]

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

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1.

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

6	Сквашувальник	Рівень	90% ± 2%	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на насос подачі молока із пастеризатора	управління зі АРМ оператора
7	Трубопровід подачі молока у пастеризатор	Витрата	7м <sup>3</sup> /год ± 0.5м <sup>3</sup> /год	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату молока	Ручне управління зі АРМ оператора
8	Трубопровід відводу сливков на подальшу переробку	Витрата	7м <sup>3</sup> /год ± 0.5м <sup>3</sup> /год	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату сливков	Ручне управління зі АРМ оператора
9	Трубопровід подачі закваски у сквашувальник	Витрата	7м <sup>3</sup> /год ± 0.5м <sup>3</sup> /год	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату закваски	Ручне управління зі АРМ оператора
10	Трубопровід відводу сквашеного молока	Витрата	7м <sup>3</sup> /год ± 0.5м <sup>3</sup> /год	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату сквашеного молока	Ручне управління зі АРМ оператора
11	Сквашувальник	рН	6.6 ± 0.2	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	

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

## 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 процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів складається з контурів вимірювання, сигналізації та регулювання, температури, рівня, витрати та кислотності.

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

Вимірювання і регулювання температури відбувається у пастеризаторі. Вимірюємо за допомогою термометрів опору  $pt100$ , сигнал із датчика передається на вторинні перетворювачі ТАА431 (1б,2б,3б), сигнал передається із датчика на модуль аналогових входів МПК, де 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 – пневматичні перетворювачі Samson 3740 (1в,3в), сигнал 4-20 мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа, який в свою чергу надходить на пневмоклапан Samson 3310 (1г,3г), що регулюють подачу гарячої і холодної води у пастеризатор.

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

Вимірювання і регулювання рівня відбувається у резервуарі прийому молока, рівняльному бачку, сквашувальнику. Вимірюємо за допомогою радарних рівнемірів LR2750 (4б,5б), сигнал передається із датчика на модуль аналогових входів МПК, де 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 частотні перетворювачі Danfoss VLT 2800 (4в,5в,6в), що закачують молоко у ємності.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>	
<i>Розроб.</i>		<i>Микулич С.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів</i>			
<i>Перевір.</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>					17	79
<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>						

### *Контур вимірювання та регулювання витрати:*

Вимірювання витрати відбувається за допомогою витратомірів SM0510 (7б,8б,9б,10б), сигнал передається із датчика на модуль аналогових входів МПК, де 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 – пневматичні перетворювачі Samson 3740 (7в,8в,9в,10в), сигнал 4-20 мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа, який в свою чергу надходить на пневмоклапани Samson 3310 (7г,8г,9г,10г) , що регулюють швидкість подачі рідин у ємності .

### *Контур вимірювання кислотності:*

Вимірювання кислотності відбувається у ємності для сквашування. Вимірюємо за допомогою датчику кислотності П-02 М (11б), сигнал передається із датчика на модуль аналогових входів МПК, сигнал опрацьовується в програмі, та служить додатковою інформацією для працювання системи автоматизації.

Двигуни насосів М1, М2, М3, М4, М5, М6 управляються через частотні перетворювачі Danfoss VLT 2800 (4в,5в,6в,12а,13а,14а).

## **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,3б	Вторинний перетворювач температури Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50...600 °С, Клас точності-0,25.	ТАА431	С	4	ІФМ, Німеччина
2	1а,2а,3а	ПВП вимірювання температури. Термометр опору. Тип: МКн (Спеціалізація - низькі температури, вакуум, інертні і відновні атмосфери, окислювальні - частково) Позначення: Т (Cu-CuNi) Робочий діапазон: -200 ... 260 С(Pt100)	Pt100		4	ОАО «Тера», Україна, м. Чернігів

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

№ п. п.	№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
3	1г,3г,7в,8в,9в,10в,15б	Елект.-пневмат. перетворювач. Вх.сиг. 4-20 мА Вих. сиг. 20-100 кПа. Номінальний тиск повітря живлення: 140 кПа	Samson 3740		4	Siemens, Німеччина
4	1д,3д,7г,8г,9г,10г,15а	Пневматичний клапан. Вх. Сиг: 20-100 кПа. Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного проходу: 160 мм. Тиск умовний: 2 ... 5 МПа	Samson 3310		4	Siemens, Німеччина
5	4б,5б,6б	Рівнеміри радарні LR2750 для безперервного вимірювання рівня. Діапазон вимірювання: до 30 м Приєднання: різьблення G1½А або фланець Робоча температура: -40 ... + 250 ° С Робочий тиск: -1 ... + 100 бар (-100 ... + 10000 кПа) Точність вимірювання: ± 2 мм	LR2750	%, м	3	IFM, Німеччина
6	7б,8б,9б,10б	Дана серія витратомірів може бути використана для широкого спектру цілей. На виході виводиться цифровий та аналоговий сигнали вимірювання, похибка менше 0,5% і відтворюваність 0,1% від показань. Для вимірювання будь-яких типів рідин з провідністю вище 5 мкСм / см, нечутливий до зміни температури, тиску, щільності і в'язкості рідини. Діапазон вимірювання: 0,013 ... 36000 м³ / год; Вихідний сигнал: 4 ... 20 мА, HART;	SM0510	л/год м³/год	2	IFM, Німеччина
7	11б	Датчик кислотності Діапазон вимірювань від 0 до 14 од. рН Температура аналізованого середовища від 0 С до +100 С Температура навколишнього повітря від +5 С до +50 С Д опускається установка датчика под кутом не менше 30 градусів до поверхності рідини ; Середній термін служби датчика не менше ніж 6 років	JUMO AQUIS 500	Шт.	1	JUMO
8	4в,5в,6в,12а,13а,14а	Перетворювач частоти Аналоговий вхід (0-10В, 0-20мА, 4-20мА); Напруга живлення: 180...380 V AC; Діапазон вихідної частоти: 0...240 Гц; Робоча температура: 0..55 ° С;	Danfoss VLT 2800		6	Danfoss, Данія

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

9	1в,3в	Блок ручного управління БРУ-17)призначений для використання в локальних і комплексних системах промислової автоматизації виробничих процесів в якості станції ручного управління аналоговими виконавчими механізмами або ручного задатчика аналогових сигналів з індикацією. Відмінною особливістю блоку БРУ-17 є наявність гальванічної ізоляції між входами, виходами, ланцюгом харчування і інтерфейсом.	БРУ-17		2	Мікрол, Україна
---	-------	---	--------	--	---	-----------------

### 2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів

#### *Температура:*

Для вимірювання температури у нашій кваліфікаційній роботі були обрані перетворювачі температури ТАА431.



Датчик температури електронний, зонд 46.5 мм Pt1000 (нерж.сталь), діапазон -10 ... + 150 ° С, підключення до процесу G¼ нар, AS-i, харчування 18 ... 31.6 VDC, IP69K, роз'єм M12. [3]

#### *Технічні характеристики:*

- Бренд (виробник): IFM Electronic;
- Тип: датчик температури;
- Принцип дії: терморезистивний;
- Особливості: для AS-інтерфейсу;
- Позначення: ТАА060CCDR14-ASIVG / US
- Вимірювальний елемент: Pt 100;
- Середовище: Гази , рідини;

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

- Тиск середовища: 400 бар;
- Температура середовища: -10 ... + 150 ° С виходи;
- Кількість виходів: 1;
- Типи виходів: AS-i;
- Електричне виконання: AS-I;
- Захист виходу: захист від перевантажень по струму живлення;
- Тип напруги: DC;
- Напруга живлення: 18 ... 31.6 VDC конструктивне виконання;
- Матеріал корпусу: нерж.сталь;
- Зонд: 46.5 мм;
- Матеріал зонда: нерж.сталь;
- Підключення до процесу: G<sup>1</sup>/<sub>4</sub> зовнішня різьба;
- Підключення: роз'єм M12;
- Робоча температура: -25 ... + 70 ° С;
- Пило / вологозахист: IP69K.

***Рівень:***

У якості приладів для вимірювання рівня були обрані рівнеміри LR2750.



Це електронний датчик рівня для вимірювання у рідких середовищах. [4]

*Технічні характеристики:*

- Підключення до процесу G 1 Aseptoflex Vario;
- Робоча напруга DC 18 ... 30 V;
- Тип напруги DC;

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

- Електричне виконання PNP / NPN;
- Загальна кількість виходів 2;
- Функція вихідного сигналу нормально відкритий / нормально закритий; (Параметризуемих); аналоговий;
- Вихідний сигнал комутаційний сигнал; аналоговий сигнал; IO-Link;
- Аналоговий вихід по току 4 ... 20, оборотний; (Масштабований) mA;
- Вимірювання рівня 0,02 ... 1,98 m;
- Довжина зонда L 150 ... 2000 mm;
- З'єднання M12 Роз'єм;
- Матеріал нерж. сталь (1.4404 / 316L); PEI; PFA; PBT (полібутилентерефталат); FKM;
- Матеріали корпусу в контактi з iзм. середовищем нерж. сталь (1.4404 / 316L); PEEK; EPDM;
- Дисплей Дисплей: 3 x світлодіод зелений; Стан виходу: 2 x світлодіод жовтий; Рівень заповнення: буквено-цифровий дисплей 4-значний; параметрування: буквено-цифровий дисплей 4-значний;
- Температура навколишнього середовища -40 ... 80 ° C;
- Температура вимірюваного середовища -40 ... 150; (Для застосування в середовищі, що відповідає стандартам ЗА, температура середовища була обмежена на 121 ° C і необхідна COP-очищення.) ° C;
- Комунікаційний інтерфейс IO-Link.

### ***Витрати:***

У якості приладів для вимірювання витрати були обрані витратоміри SM0510.



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

SM0510 це електромагнітний витратомір для води і рідин з електропровідністю  $> 20 \text{ мкСм} / \text{см}$ , в'язкістю:  $< 70 \text{ мм}^2 / \text{с}$  при  $40^\circ \text{C}$  призначений для контролю і виміру в діапазоні до  $900 \text{ л} / \text{хв}$ . Два незалежних виходу. Перший - для дискретного контролю потоку або імпульсного, частотного вимірювання витрати, другий - для дискретного контролю потоку, температури вимірюваного середовища або аналоговий для вимірювання витрати або температури. Функція виявлення порожньої труби. Корпус з високоякісної нержавіючої сталі. На корпусі електромагнітного витратоміра SM0510 є дисплей, а також кнопки для управління і настройки. Інтерфейс IO-Link. [5]

*Технічні характеристики:*

- Діапазон вимірів:
  - $5 \dots 900 \text{ л} / \text{мін}$   $0,3 \dots 54 \text{ м}^3 / \text{г}$ ;
- Підключення до процесу різьбове з'єднання G 2 DN50 плоске ущільнення;
- Застосування підсумовується функція; виявлення порожньої труби; для загальнопромислового застосування;
- Установка підключення до труби за допомогою адаптера;
- Примітка до середовища:
  - електропровідність:  $\geq 20 \text{ мкС} / \text{см}$ ;
  - в'язкість:  $< 70 \text{ мм}^2 / \text{с}$  ( $40^\circ \text{C}$ );
- Температура вимірюваного середовища [ $^\circ \text{C}$ ]  $-10 \dots 70$ ;
- Межа міцності по тиску [bar] 16;
- Робоча напруга [V]  $18 \dots 32 \text{ DC}$ ; (Відповідно до EN 50178 SELV / PELV);
- Споживання струму [mA]  $< 150$ ;
- Клас захисту III;
- Час затримки включення живлення [s] 5;
- Кількість цифрових виходів: 2;
- Кількість аналогових виходів: 1
- Вихідний сигнал комутаційний сигнал; аналоговий сигнал; імпульсний сигнал; частотний сигнал; IO-Link; (Конфігурується);
- Електричне виконання PNP / NPN;

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

- Кількість цифрових виходів 2;
- Макс. падіння напруги комутаційного виходу DC [V] 2;
- Постійний струм навантаження комутаційного виходу DC [mA] 250; (На кожен вихід);
- Кількість аналогових виходів 1;
- Аналоговий вихід по току [mA] 4 ... 20; (Масштабований);
- Наїб.нагрузка [ $\Omega$ ] 500;
- Аналоговий вихід по напрузі [V] 0 ... 10; (Масштабований);
- Мін. опір навантаження [ $\Omega$ ] 2000;
- Захист від короткого замикання;
- Захист від перевантажень по струму;
- Частота виходу [Hz] 0,1 ... 10000;
- Діапазон вимірів: 5 ... 900 l / min 0,3 ... 54 m<sup>3</sup> / h;
- Діапазон індикації: -920 ... 920 l / min -55,2 ... 55,2 m<sup>3</sup> / h;
- Точка спрацьовування SP 10 ... 900 l / min 0,55 ... 54 m<sup>3</sup> / h;
- Точка скидання rP 5 ... 896 l / min 0,3 ... 53,75 m<sup>3</sup> / h;
- Початкова точка аналогового сигналу, ASP 0 ... 720 l / min 0 ... 43,2 m<sup>3</sup> / h;
- Кінцева точка аналогового сигналу, ACP 180 ... 900 l / min 10,8 ... 54 m<sup>3</sup> / h;
- Значення відсічення низької витрати LFC: <15 l / min <0,9 m<sup>3</sup> / h
- Ширина кроку: 1 l / min 0,05 m<sup>3</sup> / h;
- Динаміка вимірювання 1: 180;
- Контроль моментального витрати;
- Значення імпульсу 0,1 l ... 600 x 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>;
- З кроком в 0,1 l;
- Довжина імпульсу [s] 0,003 ... 2;
- Контроль температури:
  - Діапазон вимірювання [° C] -20 ... 80
  - Діапазон індикації [° C] -40 ... 100
- Точність / похибка;

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

- Контроль швидкості потоку;
- Точність (в діапазоні вимірювання)  $\pm (0,8\% MW + 0,5\% MEW)$ ; ( $Q > 15 \text{ l / min}$ ; температура середовища і робоча температура:  $22 \text{ }^\circ\text{C} \pm 4 \text{ K}$ );
- Повторюваність  $\pm 0,2\% MEW$ ;
- Дрейф температури  $\pm 0,0333 \text{ }^\circ\text{C / K}$ ;
- Точність  $[\text{K}] \pm 1$  (bei  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $Q > 15 \text{ l / min}$ ).

### ***Кислотність (pH):***

Для вимірювання pH у системі автоматизації були обратні датчики pH UMO AQUIS 500 pH, так як вони задовільняли всім параметрам і умовам.



JUMO AQUIS 500 pH - вимірювальний перетворювач / регулятор величини pH, редокс-потенціалу і концентрації аміаку. [6]

### ***Особливості:***

- Можливість безпосереднього перемикавання на вимір pH, редокс-потенціалу або концентрації аміаку;
- Автоматична температурна компенсація;
- Графічний дисплей з підсвічуванням фону, меню російською мовою;
- Зміна типу уявлення: цифри, діаграма або покажчик тенденції зміни;
- Техніка підключення без пайки;
- Можливості калібрування в залежності від вимірюваної величини Вирівнювання по 1/2/3 точкам;
- Журнал калібрування;

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

- Активується вимір імпедансу при вимірюванні рН (моніторинг стану електродів);
- Асиметричне і симетричне підключення рН-електродів;
- Можливість підключення ISFET-електродів через інтегрований вихід для забезпечення харчування сенсора;
- Ступінь захисту IP67 для настінного монтажу;
- Ступінь захисту IP65 для щитового монтажу;
- Мови - німецька, англійська, французька, завантаження української мови через setup-програму За допомогою української setup-програми: зручне програмування, документування, завантаження інших мов

Прилад застосовується для вимірювання / регулювання величини рН, редокс-потенціалу або концентрації аміаку. Режим роботи можна перемикає безпосередньо на приладі. Залежно від вимірюваної величини до приладу можуть підключатися комбіновані сенсори (напр. Комбіновані рН- / редокс-електроди, іоноселективні сенсори) або роздільні електроди (скляні / металеві електроди з окремим електродом порівняння). Другий вимірюваної величиною є температура, яка вимірюється за допомогою сенсора Pt 100/1000. Таким чином, є можливість автоматичної температурної компенсації при вимірюванні величини рН і концентрації NH<sub>3</sub>. Налаштування приладу здійснюється за допомогою клавіш на панелі приладу. Значення вимірюваної величини відображається на великому РК-екрані. Текстові коментарі російською мовою роблять зручним процес конфігурації і допомагають коректно запрограмувати прилад. Модульна будова приладу забезпечує можливість задоволення вимог різних додатків.

Компактний дизайн і зручність настройки - головні атрибути нової серії вимірювальних перетворювачів / регуляторів JUMO AQUIS 500.

Прилади серії JUMO AQUIS дозволяють вимірювати / регулювати основні електрохімічні параметри рідин. JUMO AQUIS 500 рН служить для вимірювання та регулювання величини рН, редокс-потенціалу і концентрації аміаку, JUMO AQUIS 500 CR - для вимірювання електропровідності рідин за допомогою 2-х

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або 4-х електродних кондуктометричних осередків. Прилади для підключення індуктивних сенсорів (JUMO AQUIS 500 Ci) і вимірювання специфічних величин (JUMO AQUIS 500 AS напр. Для концентрації розчиненого кисню, вільного хлору і т.д.) завершують серію. У кожного приладу є додатковий вхід для підключення температурного сенсора Pt100 / Pt1000 або іншого термоспротивлення (макс. 4 кОм), характеристика якого заноситься в прилад за допомогою setup-програми. Прилади серії JUMO AQUIS 500 можуть застосовуватися всюди, де необхідні компактні перетворювачі / регулятори для установки за місцем. Можливі області застосування JUMO AQUIS 500 - водопідготовка, гальваніка, стічні води, фармацевтична і харчова промисловість, установки нейтралізації, іонообмінники, енергетика, хімічна промисловість і т.д.

Графічний екран з підсвічуванням фону і текстові коментарі на екрані приладу російською мовою роблять процес роботи і настройки дуже зручним, практично відпадає необхідність звернення до інструкції по експлуатації. При настройці приладу вбудований асистент проводить користувача за всіма основними пунктами меню, дозволяючи безпомилково запрограмувати прилад. Setup-програма дозволяє завантажити в прилад основними мовами, в тому числі і українська.

Основна і допоміжна вимірювані величини можуть відобразитися на екрані приладу в класичному цифровому поданні або у вигляді діаграми. Показчик тенденції зміни дає уявлення про те, наскільки швидко відбувається зміна миттєвого значення вимірюваної величини. Це допомагає користувачеві оцінити швидкість відбуваються перехідних процесів.

Прилади серії JUMO AQUIS 500 мають компактний корпус з поліаміду з пиловологозахисту IP67. Всі електронні блоки розташовані в знімній передній панелі, що дозволяє виробляти щитової монтаж перетворювачів / регуляторів. Наявність вентиля з газопроницаемой мембраною забезпечує захист від утворення конденсату. JUMO AQUIS 500 можуть мати до двох гальванічно розв'язаних аналогових виходів дійсного значення або безперервних виходів

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

регулятора 0 (4) ... 20мА, соотв. 0 (2) ... 10В. Тип вихідного сигналу вільно програмується. Два інших виходу оснащуються реле, які дозволяють проводити як контроль граничних значень, так і ПІД - регулювання. Таким чином, не виникає ніяких проблем з управлінням такими виконавчими елементами, як вентилі, дозуючі насоси і т.д

Три варіанти плат харчування надають можливість вибору між стандартними напругами живлення 12 В DC, 20-53 В AC / DC і 110-240 В AC.

### ***Частотний перетворювач:***

Для керування двигунами у системі автоматизації використовуються частотні перетворювачі Danfoss VLT 2800 .



Перетворювачі частоти серії VLT 2800 одні з найбільш малогабаритних і багатоцільових на сучасному ринку. Досконала система відведення тепла дозволяє виробляти монтаж перетворювачів частоти впритул один до одного. Пропонується широкий діапазон зовнішніх силових модулів для використання з перетворювачами частоти: гальмівні модулі, фільтри радіоперешкод, LC-фільтри. [7]

VLT 2800 - передова розробка універсального і простого в експлуатації перетворювачів частоти. Меню швидкого доступу містить всі основні параметри, необхідні для введення приводу в експлуатацію. Можливість швидкого монтажу та обслуговування.

### ***Переваги застосування пристрою:***

- 1) Можливість регулювання швидкості трифазного асинхронного двигуна.

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

- 2) Регулятор швидкості дає економію енергії - більше 90%. Споживання енергії пропорційно кубу швидкості двигуна. Так що зменшення швидкості навіть на 5% при запуску двигуна дає величезну економію;
- 3) ЧРП дозволяє запускати потужні електродвигуни без пускового струму, що знижує ймовірність перегріву агрегатів і підвищує термін їх служби.

Особливі функції DANFOSS VLT 2800 series:

- старт на льоту;
- сплячий режим;
- захист від холостого ходу;
- початковий розгін.

*Принцип дії:*

Робота звичайних систем базується на періодичному скануванні цифрових входів, які ініціюють команду «стоп». Це може привести до неоднакових затримок, тому що привід сканує всі інші частини програми, витрачаючи на це 10 мс.

При роботі конвеєра зі швидкістю 1 м / с це дає відхилення  $\pm 10$  мм. Це є недоліком пакувальних систем.

У VLT 2800 команда «стоп» є сигналом переривання, тому відхилення складе тільки  $\pm 1$  мм.

Після надходження сигналу пуску VLT 2800 працює до тих пір, поки на клемі 33 не з'явиться запрограмоване користувачем кількість імпульсів. Після цього генерується сигнал «стоп» і привід зупиняється із заданою швидкістю.

Імпульсний вхід призначений для підключення до енкодер з дозволом до 1024 імп / об. Максимальна частота імпульсів 67 600 Гц.

Управління: вих. частота 0-1000Гц (настроюється U / f)

*Технічні характеристики:*

- Бренд: Danfoss;
- Серія: VLT 2800;
- Потужність: 0.5 кВт;
- Число фаз / напруга на вході: 1-ф / 220 (однофазний 220в) В;

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

- Число фаз / напруга на виході: 3-ф / 220 В;
- $M_{max}$  (1 min)%: 160-200;
- Струм номінальний (150%): 3.20 А;
- Струм в перебігу 1 хвилини: 5.1 А;
- Максимальна вихідна частота: 1000 Гц;
- Ступінь захисту по IP: 20;
- ЕМС фільтр: є;
- Гальмівний модуль: Є;
- Вбудований ПЛК: Немає;
- Вбудований регулятор: ПД;
- Скалярний режим управління: є;
- Векторний режим керування без енкодера: є;
- Лінійний закон управління  $U / f$ : є;
- Квадратичний закон управління  $U / f^2$ : є;
- Панель програмування в комплекті з ПЧ: Незнімна;
- Базова панель програмування: LCP 2;
- Максимальне число фіксованих швидкостей: 4;
- Число / тип аналогових входів: 2 (1: 1-10V; 1: 0 (4) -20mA);
- Число дискретних входів: 6;
- Число / тип аналогових виходів: 0 (4) -20mA;
- Число дискретних (транзисторних) виходів: 1;
- Число релейних виходів: 1;
- Вбудований потенціометр (або номінал опору): Немає;
- Інтерфейс RS-485 / Modbus: Є.

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

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

### 3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера

#### *Modicon M251:*



ПЛК Modicon M251 – один з найкращих виборів для модульних і розподілених архітектур, що забезпечує зв'язок всіх компонентів.

За допомогою протоколів Modbus TCP або CANopen, контролер Modicon M251 дозволяє легко підключитися до SCADA, MES, ERP за допомогою стандартного кабелю Ethernet або через Wi-Fi.

Передача даних за допомогою карти SD, вбудований web-сервер і інші функції дозволяють збільшити продуктивність обладнання. Сторінки візуалізації, створювані безпосередньо в ПО SoMachine і збережені в web-сервері ПЛК, забезпечують необмежений доступ до пристроїв через Ethernet завжди і всюди, за допомогою будь-якого мобільного пристрою і спрощують експлуатацію обладнання. [8]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Микулич С.О.			Розробка системи автоматизації процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Міркевич Р.М.					32132	79
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.			<b>НУХТ АК-4-1</b>			
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

*Збільшення гнучкості і економія міся:*

- До 14 модулів розширення;
- ультракомпактний формат;
- Шина розширення Modicon TM3;

*Збільшення продуктивності обладнання шляхом використання передачі даних за допомогою карти SD, вбудованих WEB- і FTP- серверів, а також:*

- Швидкості 22 мс на інструкцію;
- Оновлення вбудованого ПЗ - 64MB Ram і 128MB Flash;
- Завантаження програм.

*Інтеграція і експлуатація спрощуються як ніколи - з'єднання з будь-яким пристроєм через:*

- Вбудований комутатор Ethernet з двома портами;
- Протоколи CANopen або Modbus TCP;
- Послідовну лінію і порт USB;
- До 3 комунікаційних модулів.

Інтуїтивне програмування за допомогою програмного забезпечення SoMachine, унікального ПО для контролерів MachineStructure.

Загальне середовище для всіх завдань: стандартна і безпечна логіка, управління рухом і конфігурація пристроїв НМІ.

Новий віконний інтерфейс дозволяє зробити програмування інтуїтивним як ніколи раніше.

Скорочення часу на розробку досягається застосуванням готових бібліотек і шаблонів.

Завантаження розробленої програми на всі пристрої за один клік.

SoMachine - одна з найсучасніших і найпотужніших завданню-орієнтованих середовищ розробки на ринку

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

ПЛК Modicon M251 - це невід'ємна складова комплексу рішень «Schneider Electric» по автоматизації MachineStruxure. Нове покоління MachineStruxure™ - це інтуїтивне рішення для промислової автоматизації з усіма функціями і характеристиками, які необхідні для створення високоефективних механізмів. MachineStruxure забезпечує численні переваги протягом усього життєвого циклу механізмів і машин, від розробки і проектування до введення в експлуатацію та обслуговування.

*Переваги:*

Modicon M251 - це ПЛК, який дозволяє досягти оптимальної продуктивності і збільшення економічного ефекту за допомогою:

- Гнучкого і масштабується управління, включаючи можливість переходу на більш продуктивні моделі ПЛК та Вбудованих функцій, які дозволяють більш ефективно проектувати і програмувати;
- Простої інтеграції і управління за допомогою підключення через Ethernet, бездротовий доступ або WEB-сервер;

*Застосування:*

ПЛК Modicon M251 - це контролер, призначений для компактних високопродуктивних машин з функціями управління швидкістю переміщення і позиціонуванням.

*Конфігурування МПК Modicon M251:*

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	11
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	13
Кількість дискретних виходів 0-30 В	24

*Вибір процесорного модуля:*

Враховуючи кількість каналів ввводів/виводів, кількість пам'яті під програму користувача і наявність комунікацій обираємо процесорний модуль ТМ251МЕСС.

*Вибір модулів вводу/виводу:*

8 ВА 4-20 мА – ТМ3АІ8;

4 АВ 4-20 мА – ТМ3АQ4;

8 ДВ 0-30В - ТМ3DQ16R.

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

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Найменування	Кількість	
ТМ251МЕСС  Центральний базовий модуль	1	Modicon M241 : Номінальна напруга мережі: 100 ... 240 В пер. струм Кількість дискретних входів: 14 дискретний вхід включаючи 8 швидкодіючий вхід відповідно до МЕК 61131-2 тип 1 Кількість дискретних виходів: 6 реле 4 транзисторний включаючи 4 швидкодіючий вихід Напруга дискретного виходу: 24 В пост. Стр. для транзисторний вихід 5 ... 125 В пост. Стр. для релейний вихід 5 ... 250 В пер. стр. для релейний вихід Стр. дискретного виходу
ТМ3АІ8  Модуль аналогових входів	2	Діапазон сигналу $\pm 10\text{В}, 0 \dots 10\text{В}, 0 \dots 5\text{В}, \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{мА}$ Характеристики каналів 12-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс Підключення 20-контактна з'ємна колодка

<p>ТМ3АQ4</p> <p>Модуль аналогових виходів</p>	4	<p>Діапазон сигналу <math>\pm 10\text{В}, 0 \dots 10\text{В}, 0 \dots 5\text{В}, \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{мА}</math></p> <p>Характеристики каналів 16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс</p> <p>Підключення 20-контактна з'ємна колодка</p>
<p>ТМ3DQ16R</p> <p>Модуль дискретних виходів</p>	2	<p>Діапазон сигналу <math>\pm 10\text{В}, 0 \dots 10\text{В}, 0 \dots 5\text{В}</math></p> <p>Ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс</p> <p>Підключення 20-контактна з'ємна колодка</p>

### *Аналогові входи:*

В даному проекті використовуються датчики та перетворювачі з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА послідовно проходить клемну колодку та потрапляє на аналогово-цифровий перетворювач модуля ТМ3АІ8.

За допомогою написаної програми виробляється сигнал управління в залежності від тих значень сигналу, що надійшли до модуля ТМ3АІ8.



### *Технічні характеристики:*

Модуль аналогового введення:

- Електричне з'єднання;
- Ізоляція між каналами без розв'язки;
- 8 аналогових входів;

Тип підключення:

- Струм 0 ... 20 мА
- Струм 4 ... 20 мА

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

- Напруга +/- 10 V
- Напруга +/- 5 V
- Напруга 0 ... 10 V
- Напруга 1 ... 5 V

Допустиме перевантаження на входах:

- +/- 30 mA 0 ... 20 mA
- +/- 30 V +/- 10 V
- +/- 30 V 0 ... 10 V

#### *Аналогові виходи:*

Сигнал з виходу модуля ТМ3АQ4 подається на клемну колодку.

Модуль ТМ3АQ4 перетворює сигнал з цифрової форми в аналогову у вигляді струму від 4 до 20 мА. Цей сигнал йде на електропневматичні перетворювачі, де перетворюється в пневматичний, та управляє пневматичними клапанами.



#### *Технічні характеристики:*

Похибка вимірювання:

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

Придушення несиметричної перешкоди між каналами:

- $\geq 80$  дБ;

Тип помилки:

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

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

Активний опір навантаження:

- $\leq 350 \text{ Ом}$  0 ... 20 mA
- $\leq 350 \text{ Ом}$  4 ... 20 mA

4 аналогових виходів:

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

### *Дискретні виходи:*

Модуль TM3DQ16R перетворює сигнал з цифрової форми в дискретний. Цей сигнал йде на магнітні пускачі, які запускають двигуни у роботу.



### *Технічні характеристики:*

Кількість дискретних виходів : 16;

Споживаний струм :

- 5 mA в 5 В пост. струм через роз'єм шини (в стані викл.);
- 0 mA в 24 В пост. струм через роз'єм шини (в стані викл.);
- 40 mA в 24 В пост. струм через роз'єм шини (в стані вкл.);
- 30 mA в 5 В пост. струм через роз'єм шини (в стані вкл.);

Час спрацьовування: 10 ms (включення) \ 5 ms (виключення);

Стан виходу: 1 світлодіод на кожен канал (зелений).

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

### 3.2. Загальна схема підключення

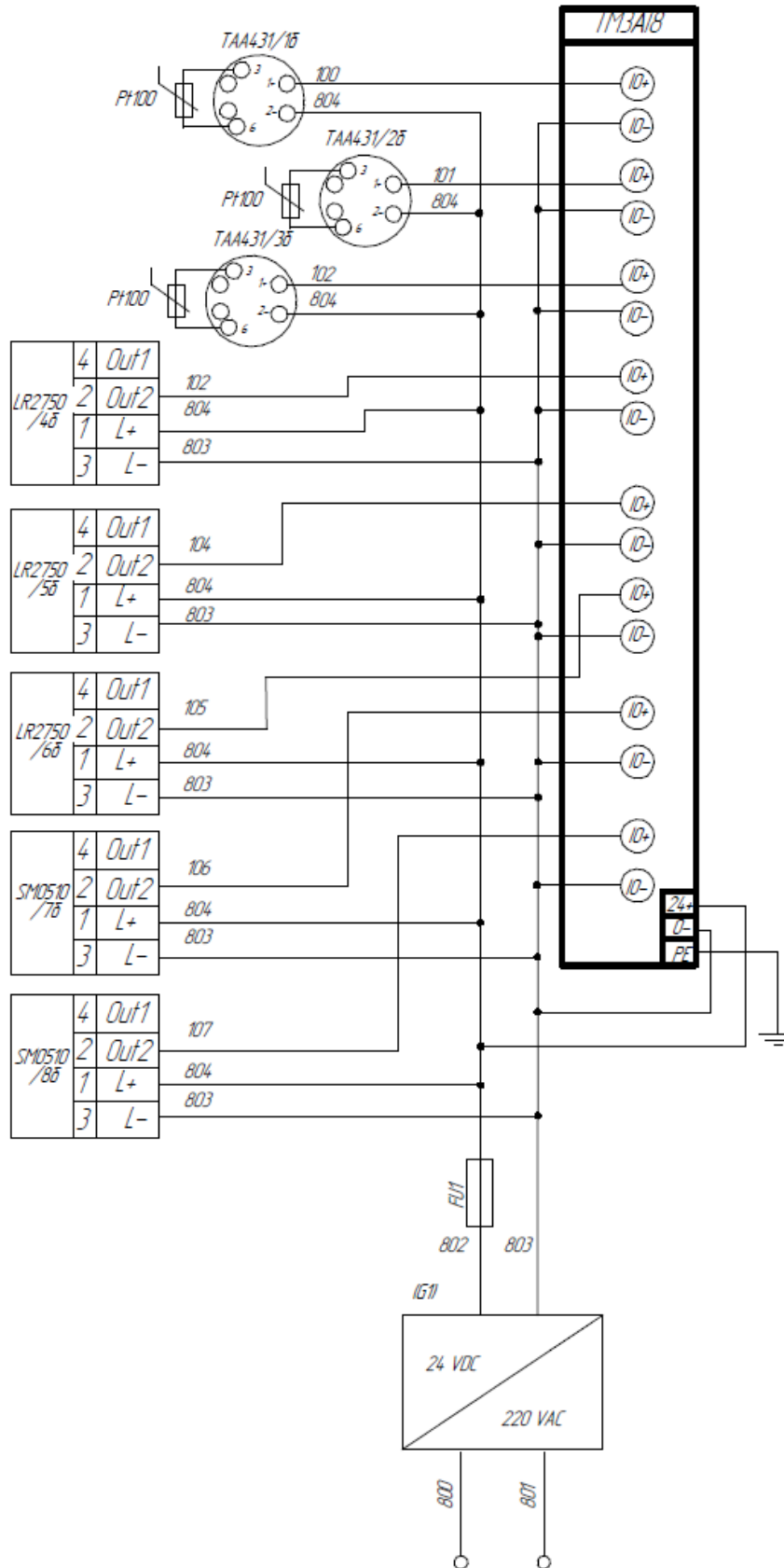


Рис.3.1. Підключення датчиків до першого модуля аналогових входів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

38

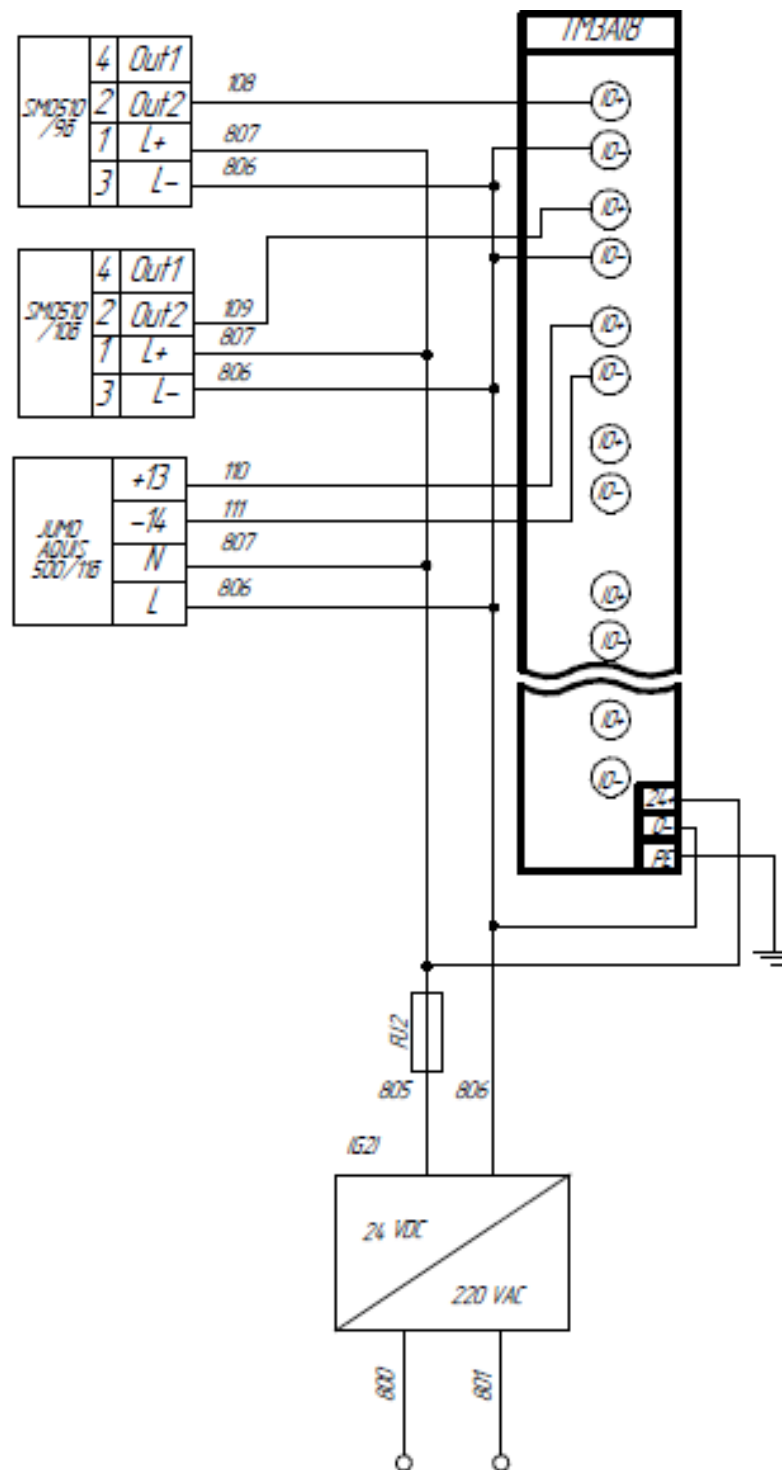


Рис.3.2. Підключення датчиків до другого модуля аналогових входів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

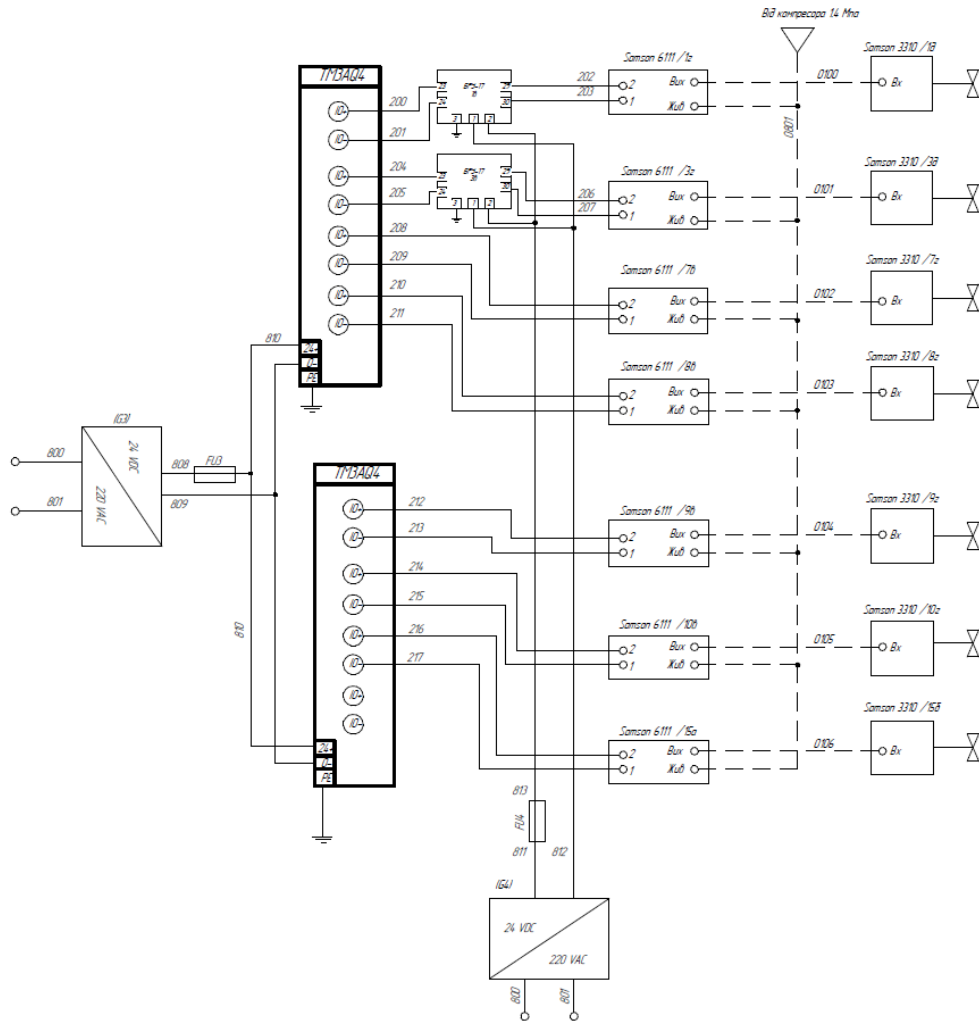


Рис.3.3. Підключення датчиків до першого та другого модуля аналогових виходів

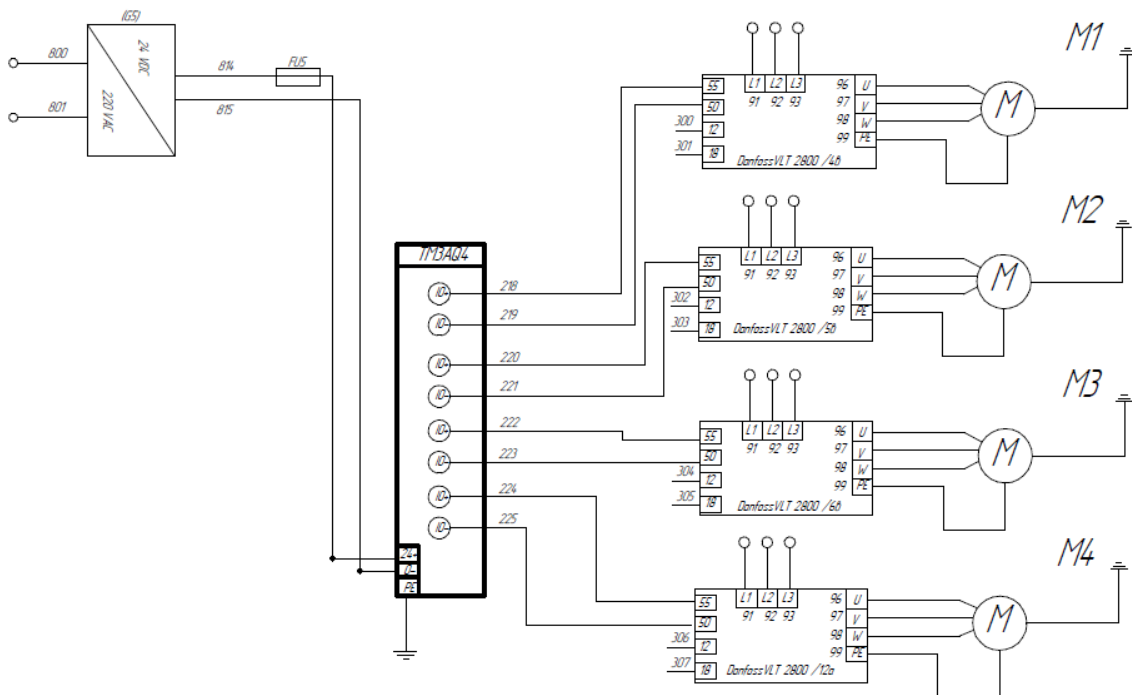


Рис.3.4. Підключення датчиків до третього модуля аналогових виходів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.  
40

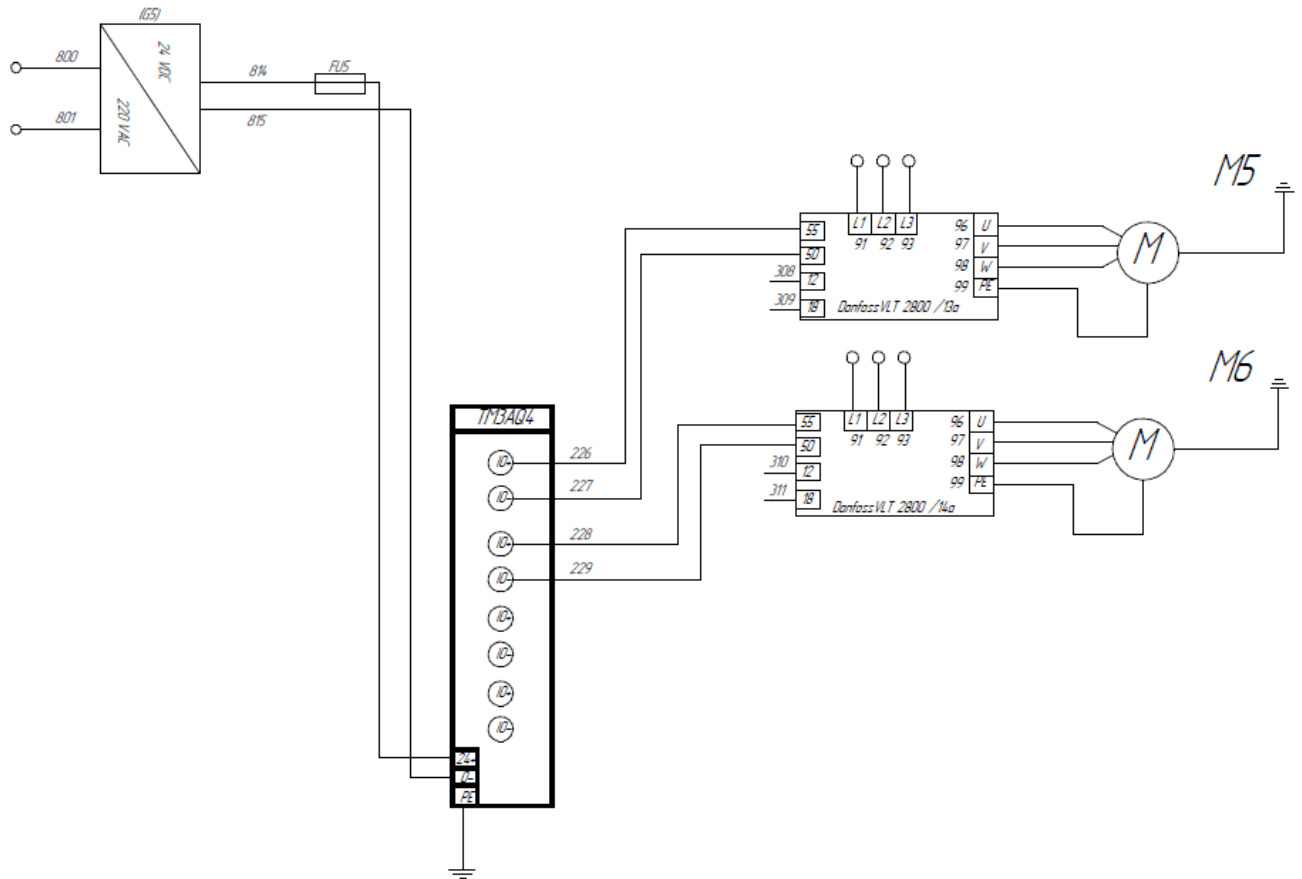


Рис.3.5. Підключення датчиків до четвертого модуля аналогових виходів

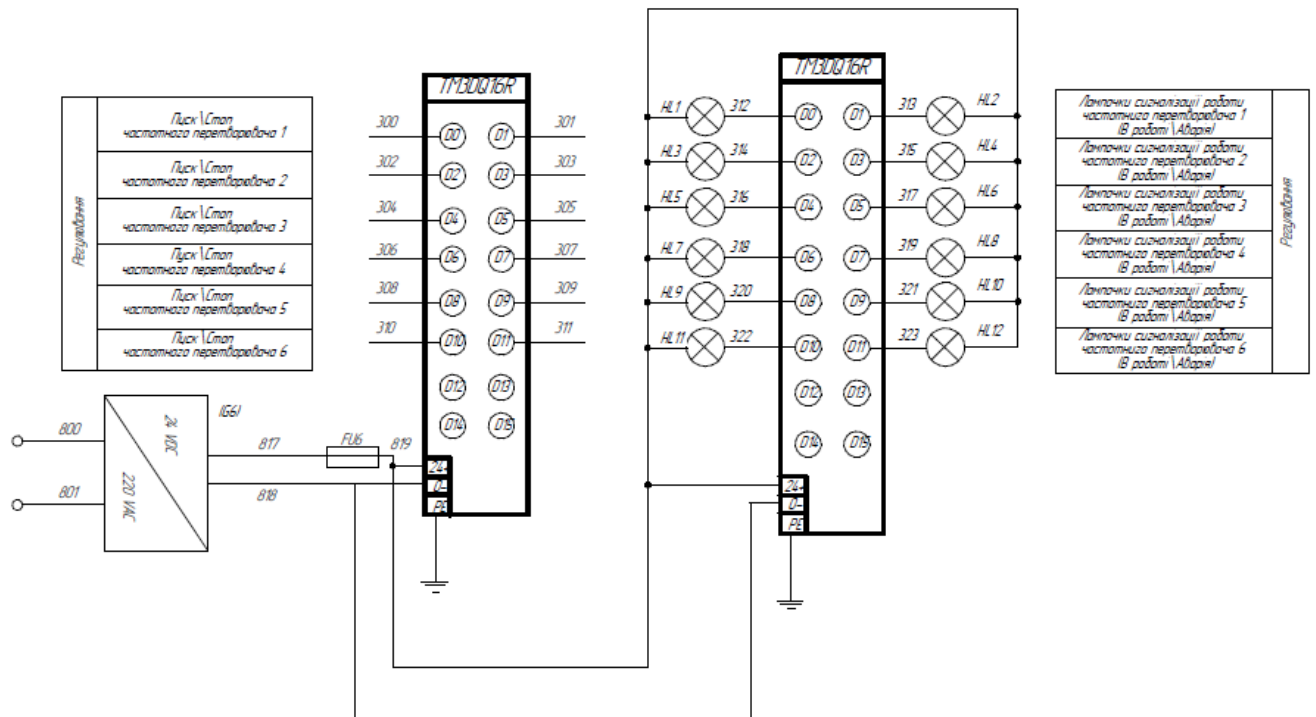


Рис.3.6. Підключення датчиків до модулів дискретних виходів

Вторинний перетворювач температури ТТ (1б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми першого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика температури, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми першого каналу під'єднаний електропневматичний перетворювач (1в), який керує пневматичним клапаном (1г), який регулює подачу холодної води.

Вторинний перетворювач температури ТТ (2б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми другого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика температури, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і служить , як додаткова інформація для роботи системи автоматизації процесу пастеризації суміші для твердих сирів.

Вторинний перетворювач температури ТТ (3б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми третього каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика температури, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми другого каналу під'єднаний електропневматичний перетворювач (3в), який керує пневматичним клапаном (3г), який регулює подачу гарячої води.

Вторинний перетворювач рівня LT (4б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми четвертого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика рівня, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується

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

керуючий вихідний сигнал та передається на третій модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми першого каналу під'єднаний частотний перетворювач (4в), який керує двигуном насосу М1.

Вторинний перетворювач рівня LT (5б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми п'ятого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика рівня, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на третій модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми другого каналу під'єднаний частотний перетворювач (5в), який керує двигуном насосу М2.

Вторинний перетворювач рівня LT (6б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми шостого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика рівня, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на третій модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми третього каналу під'єднаний частотний перетворювач (6в), який керує двигуном насосу М3.

Датчик витрати FT (7б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми сьомого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика витрати, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми третього каналу під'єднаний електровневматичний перетворювач (7в), який керує пневматичним клапаном (7г), що регулює подачу молока у пастеризатор.

Датчик витрати FT (8б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми восьмого каналу. Після отримання інформації

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

аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика витрати, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми четвертого каналу під'єднаний електровневматичний перетворювач (8в), який керує пневматичним клапаном (8г), що регулює відведення сливок із сепаратора на переробку.

Датчик витрати FT (9б) під'єднаний до другого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми першого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика витрати, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на другий модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми першого каналу під'єднаний електровневматичний перетворювач (9в), який керує пневматичним клапаном (9г), що регулює подачу закваски у сквашувальник.

Датчик витрати FT (10б) під'єднаний до другого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми другого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика витрати, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на другий модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми другого каналу під'єднаний електровневматичний перетворювач (10в), який керує пневматичним клапаном (10г), що регулює відведення сквашеного молока на подальшу переробку.

Датчик рН QT (11б) під'єднаний до другого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми третього каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика рН, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і служить , як додаткова інформація для

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

роботи системи автоматизації процесу пастеризації молока для твердих сирів.

Частотний перетворювач (12а) підключений до третього модуля аналогових виходів ТМ3АQ4 на І0+ та І0- клеми чо четвертого каналу, звідки надходить керуючий вихідний сигнал та керує двигуном насосу М4.

Частотний перетворювач (13а) підключений до четвертого модуля аналогових виходів ТМ3АQ4 на І0+ та І0- клеми першого каналу, звідки надходить керуючий вихідний сигнал та керує двигуном насосу М5.

Частотний перетворювач (14а) підключений до четвертого модуля аналогових виходів ТМ3АQ4 на І0+ та І0- клеми другого каналу, звідки надходить керуючий вихідний сигнал та керує двигуном сепаратора М6.

Електропневматичний перетворювач (15а) підключений до другого модуля аналогових виходів на І0+ та І0- клеми третього каналу, та керує пневматичним клапаном (15б), котрий повертає молоко на повторну пастеризацію у разі необхідності.

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

#### Розширений контур контролю та регулювання температури:

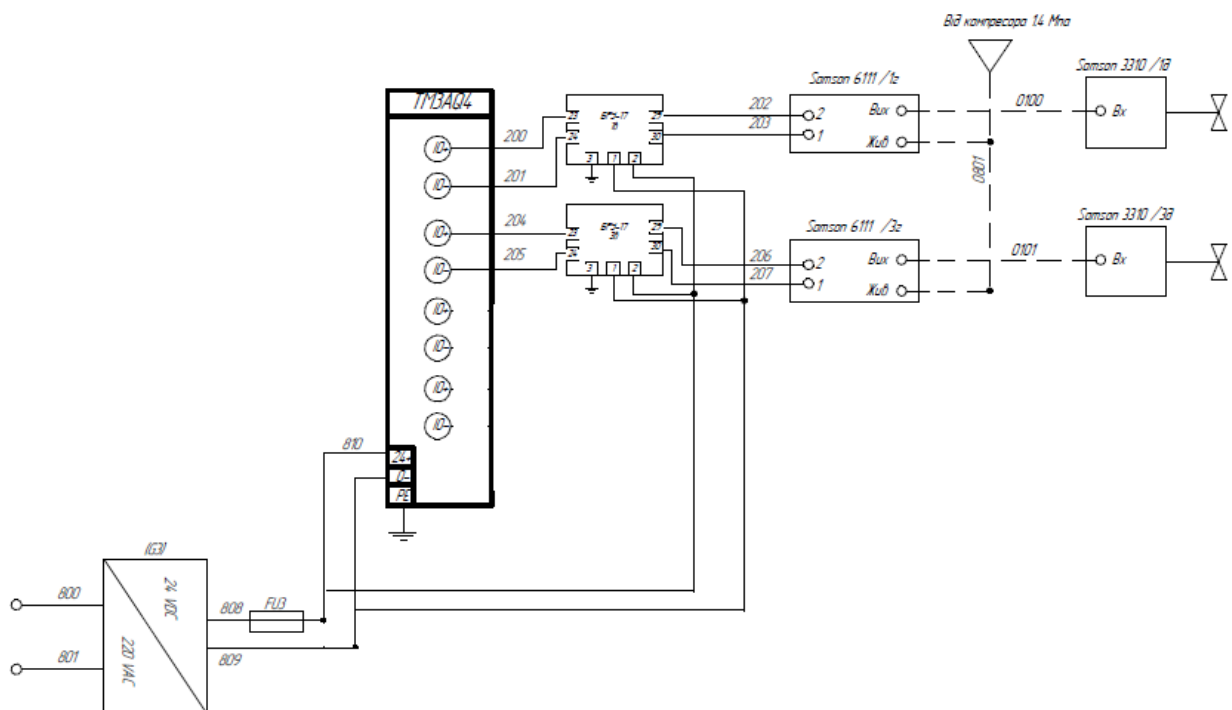


Рис.3.7. Підключення ЕП до модуля аналогових виходів

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

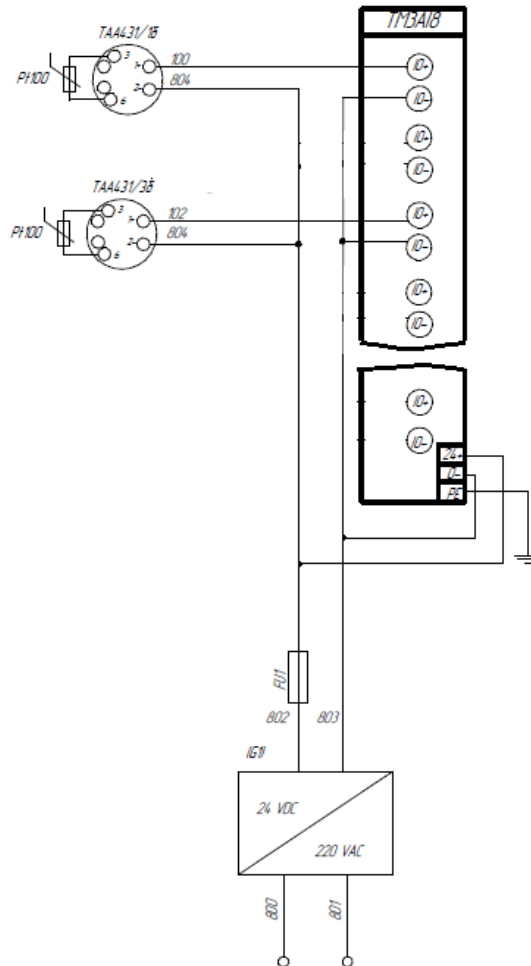


Рис.3.8. Підключення датчиків температури до модуля аналогових входів

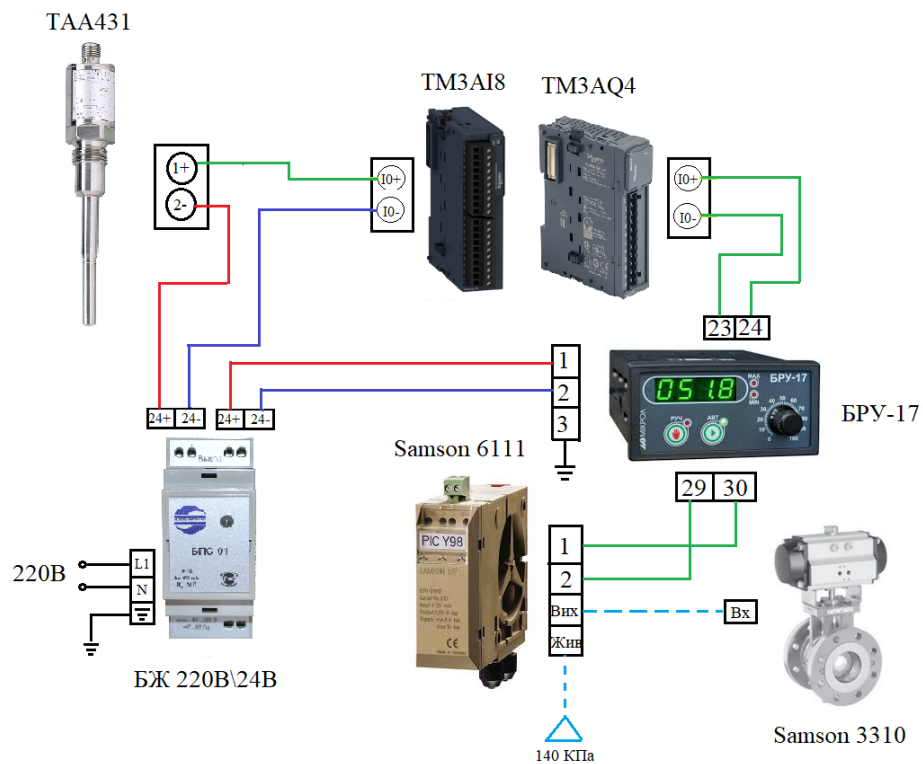


Рис.3.9. Графічне зображення підключення технічних засобів контуру контролю та регулювання температури

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

### Опис схеми з'єднання:

Вторинний перетворювач температури ТТ (1б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми першого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика температури, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми першого каналу під'єднаний електропневматичний перетворювач (1в), який керує пневматичним клапаном (1г), який регулює подачу холодної води.

Вторинний перетворювач температури ТТ (3б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми третього каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика температури, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми другого каналу під'єднаний електропневматичний перетворювач (3в), який керує пневматичним клапаном (3г), який регулює подачу гарячої води.

### Розширений контур контролю та регулювання рівня:

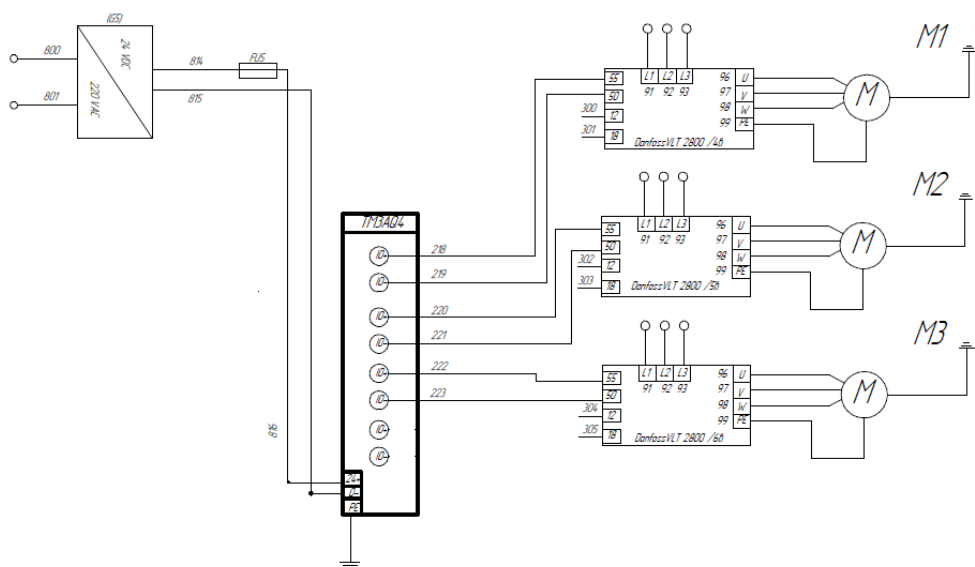


Рис.3.10. Підключення датчиків температури до модуля аналогових входів

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

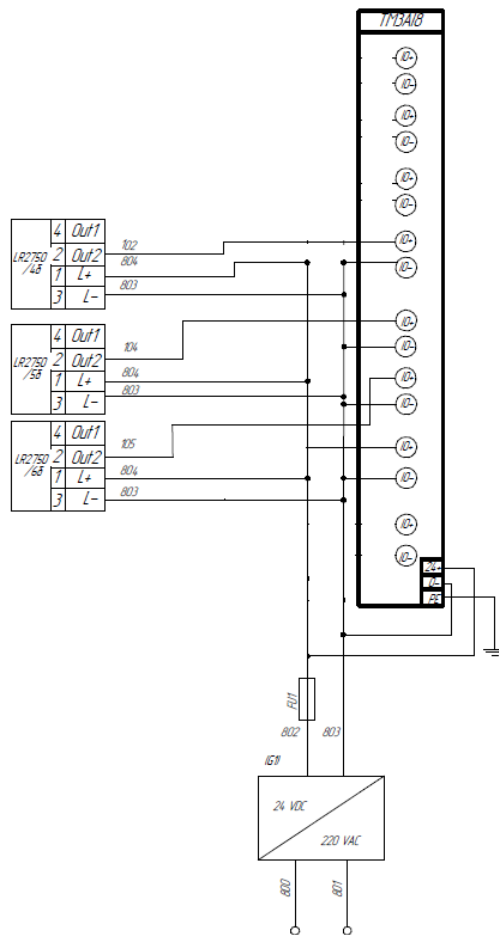


Рис.3.11. Підключення датчиків температури до модуля аналогових входів

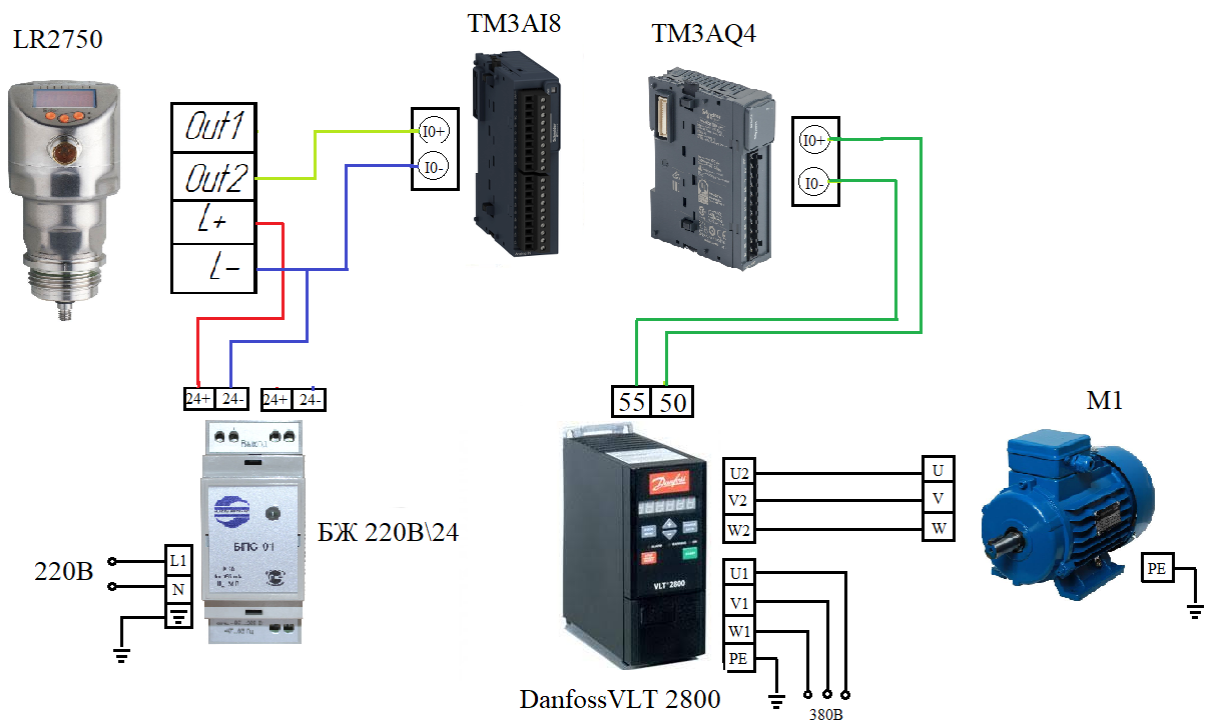


Рис.3.12. Графічне зображення підключення технічних засобів контуру контролю та регулювання температури

### **Опис схеми з'єднання:**

Вторинний перетворювач рівня LT (4б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми четвертого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика рівня, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на третій модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми першого каналу під'єднаний частотний перетворювач (4в), який керує двигуном насосу М1.

Вторинний перетворювач рівня LT (5б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми п'ятого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика рівня, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на третій модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми другого каналу під'єднаний частотний перетворювач (5в), який керує двигуном насосу М2.

Вторинний перетворювач рівня LT (6б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів ТМ3АІ8 на І0+ та І0- клеми шостого каналу. Після отримання інформації аналоговим входом модуля ТМ3АІ8 від датчика рівня, інформація передається в контролер ТМ241С24R, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на третій модуль аналогових виходів ТМ3АQ4. Де до нього на на І0+ та І0- клеми третього каналу під'єднаний частотний перетворювач (6в), який керує двигуном насосу М3.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів

### Датчик рівня IFM LR2750:



#### Обмеження області застосування:

- Неправильні вимірювання або втрата сигналу можуть бути викликані наступними носіями:

- високопоглинаючі поверхні;

- інтенсивно киплячі поверхні;

- носії, які є дуже неоднорідними, відокремленими один від одного таким чином розділові шари (наприклад, масляний шар на воді). Перевірте функцію тестом програми. У разі втрати сигналу пристрій відображає [Err1] і перемикає виходи на у визначений стан.

- Пристрій не підходить для застосувань, де зонд піддається постійному і високому механічному напруженню (наприклад, сильно рухається в'язка середовище або сильно текучих середовищ).

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Микулич С.О.			Розробка системи автоматизації процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Міркевич Р.М.					5051	79
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ АК-4-1		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

### *Принцип вимірювання:*

Пристрій працює за принципом керований хвильовий радар. Він вимірює рівень використання електромагнітних імпульсів в діапазон наносекунд. Імпульси передаються головою датчика і спрямовуються вздовж зонда. Коли вони потрапляють в середовище виявляються вони відображені і повернути назад до датчика. Час між передачею і прийомом імпульсу безпосередньо стосується пройденої відстані (D) і поточного рівня. Посилання для вимірювання відстані - це нижній край технологічного з'єднання.

### *Особливості пристрою:*

Легке налаштування:

- При першому застосуванні робочого напруги до пристрою, довжина зонда потрібно ввести. Після цього пристрій в принципі працює.
- При необхідності можна встановити параметри вихідних сигналів та оптимізувати функції моніторингу.
- Всі установки також можна виконати перед встановленням пристрою.
- Можливе скидання до заводських налаштувань.
- Електронний замок може бути встановлений для запобігання ненавмисних операцій.

Функції відображення:

- Пристрій відображає поточний рівень, який можна вибрати на см або дюйм. Заводська настройка = дюйм.
- Вказуються задані одиниці вимірювання та стан перемикачів OUT1 за допомогою світлодіодів.

Аналогова функція:

Пристрій забезпечує аналоговий сигнал, пропорційний рівню. Аналоговий вихід (OUT2) можна встановити як струм або вихід напруги:

- Аналоговий вихідний струм 4 ... 20 мА: [OU2] = [I].
- Аналог напруги на виході 0 ... 10 В: [OU2] = [U].

Зонди для різних висот бака:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Установка може бути встановлена в резервуарах різних розмірів. Зонди різної довжини доступні. Для адаптації до висоти бака кожен зонд може бути скорочений. The мінімальна довжина зонду 15 см, максимальна довжина зонда 160 см.

- Зонд і корпус можна обертати без обмежень. Це дозволяє легко встановлювати та орієнтувати головку пристрою після установки.

**Безпечний стан:**

- У разі несправності можна визначити безпечний стан для кожного виходу.

- Якщо виявлено несправність або якщо якість сигналу нижче мінімального значення, виходи переходять у "безпечний стан". Для цього випадку відповідь виходів може бути встановлюється за допомогою параметрів [FOU1], [FOU2].

- Тимчасова втрата сигналу, викликана напр. шляхом турбулентності або утворення піни може бути пригнічується часом затримки. Під час затримки останній виміряне значення заморожується. Якщо вимірюваний сигнал знову приймається в достатній кількості міцність в межах часу затримки, пристрій продовжує працювати в нормальному режимі роботи. Якщо, однак він не отримується знову в достатній міцності протягом часу затримки виходи переходять у безпечне стан.

*Встановлення:*

**Місце встановлення / середовище:**

- Вертикальна установка зверху є кращою.
- Для оптимальної роботи датчик повинен бути встановлений як можна ближче стіна бака. Відстань між зондом і стінкою резервуара: мінімум 40 мм, максимум 300 мм.

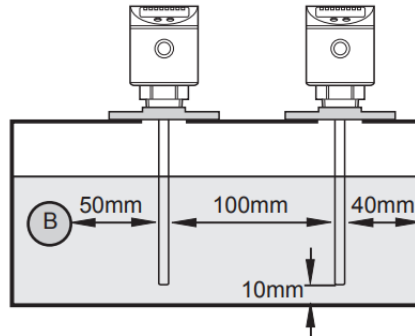
- Наступні мінімальні відстані між стінками зонда і резервуаром, об'єкти резервуар (В), дно бака та інші датчики рівня повинні бути прикріплені до:

- Для стінок резервуара, які не є прямими, сходи, опори або інші споруди в

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

Необхідно дотримуватися відстані 50 мм від стіни резервуара.

- Для довжини зонда > 70 см зонд може бути значно відхилений за рахунок переміщення середовища. Щоб уникнути контакту зі стінкою резервуара або інших конструкцій в таких випадках мінімальні відстані повинні бути збільшені.



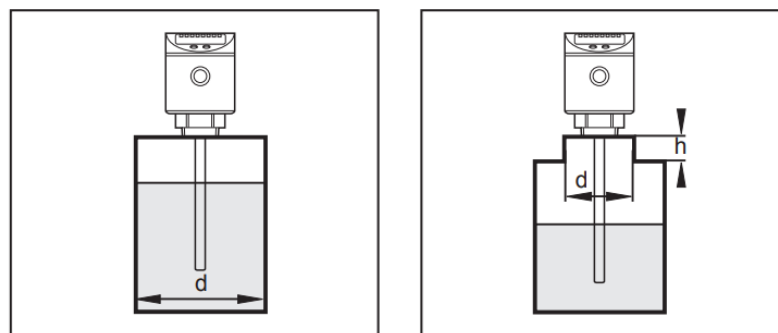
- Якщо середовище сильно забруднене, існує ризик того, що між ними утвориться міст і стінка танка або споруди в резервуарі. Щоб уникнути неправильних вимірювань: дотримуйтесь збільшених мінімальних відстаней в залежності від типу і інтенсивність забруднення.

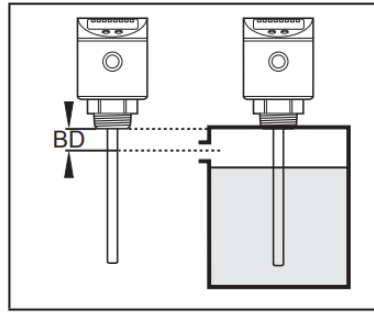
- Для установки в труби:

- Внутрішній діаметр труби (d) повинен бути не менше 100 мм.
- Встановлюйте прилад тільки в металевих трубах.

- Для монтажу в з'єднувальні частини:

- Діаметр з'єднувального елемента (d) повинен бути не менше 50 мм.
- Висота з'єднання (h) не повинна перевищувати 40 мм.



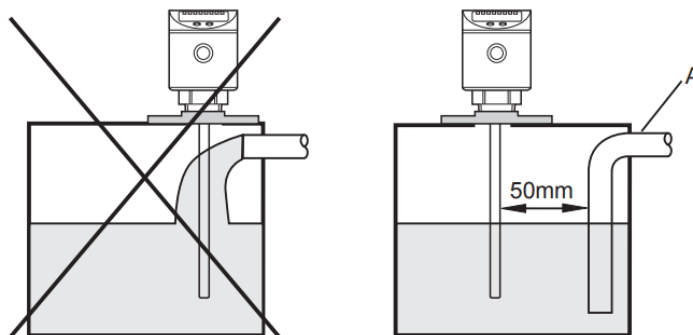


Максимальний рівень не повинен перевищувати межі блокової відстані ( $BD = 40$  мм). Якщо перевищено більше 10 мм, несправності можуть виникнути. Засоби захисту: організуйте носик; встановити пристрій у з'єднувальний елемент.

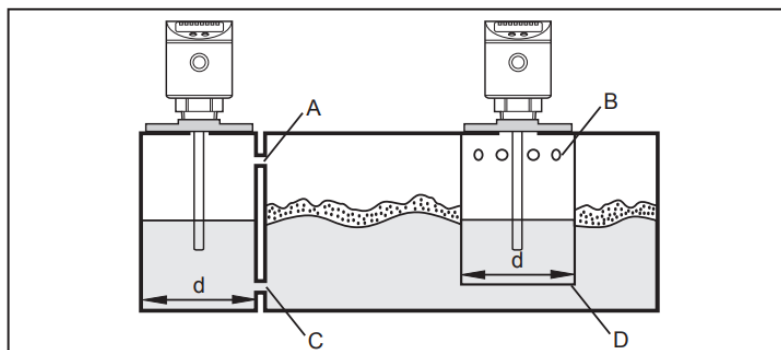
- Не встановлюйте пристрій у безпосередній близькості до отвору для заповнення. Якщо можливо, встановити в резервуар наповнювальну трубу (А).

Мінімальна відстань між трубою заповнення і зондом = 50 мм; вище за довжини зонда > 70 см і у випадку сильного забруднення (див. вище).

Сильне утворення піни та сильно рухомі поверхні можуть призвести до несправностей. Рекомендовані засоби захисту: установка нерухокої труби або байпаса. Примітка: мінімум діаметр  $d = 100$  мм. Верхній доступ до байпасу (А) і заповнення отворів трубки (В) повинна бути вище максимального рівня. Нижні краї байпас (С) і нерухома труба (D) повинні бути нижче мінімального рівня. Це гарантує, що ні піна, ні хвилі не вплинуть на зону датчика.



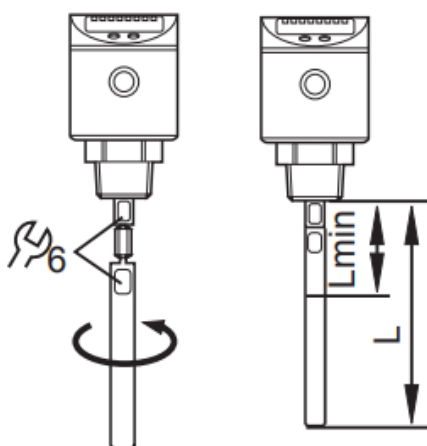
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



*Встановлення зонда:*

**Фіксація зонда:**

Прикрутіть зонд до приладу та затягнути. Рекомендований момент затягування: 4 Нм. Для зручності монтажу та видалення з'єднання зонда можна повертати без обмежень. Навіть якщо кілька разів обертається, ризик пошкодження відсутній до пристрою. У разі високих механічних навантажень (сильної вібрації, переміщення в'язких середовищ) він може необхідно забезпечити закріплення шнекового з'єднання, наприклад за допомогою гвинтової утримує з'єднання. Примітка: Такі речовини можуть мігрувати до середовища. Переконайтеся, що вони нешкідливі. При використанні механічних засобів закріплення (наприклад, зубчастої шайби) виступає слід уникати країв. Вони можуть викликати відображення перешкод.



*Скорочення зонда:*

Зонд можна скоротити, щоб пристосуватися до різних висот бака. Довжина зонда не нижче мінімально допустимої довжини 15 см / 6,0 дюйма (Lmin). Виконайте наступні дії:

- Прикрутіть зонд до приладу;

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

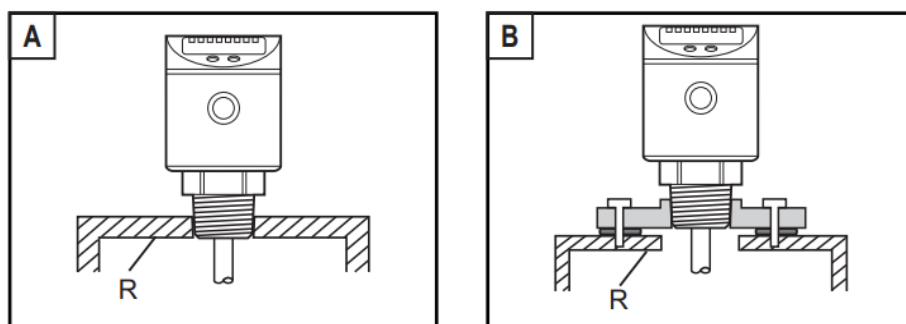
- Позначте потрібну довжину (L) на зонді. Опорною точкою є нижній край процесу з'єднання;
- Вийміть зонд з пристрою;
- Скоротіть зонд;
- Видаліть всі задирки і гострі краї;
- Знову закрутіть зонд до пристрою та затягніть. Рекомендується затягування крутний момент: 4 Нм;
- Виміряйте точно довжину зонда L, зверніть увагу на значення. Його потрібно ввести під час налаштування параметрів пристрою (→ 9.2 Введення довжини зонда - блок включення доставки).

*Встановлення агрегату в резервуар:*

У всіх випадках пристрій потребує металевої поверхні для передачі вимірних сигналів (пластини передачі). Для установки в закритих металевих ємностях металева кришка служить в якості перенесення пластини (R).

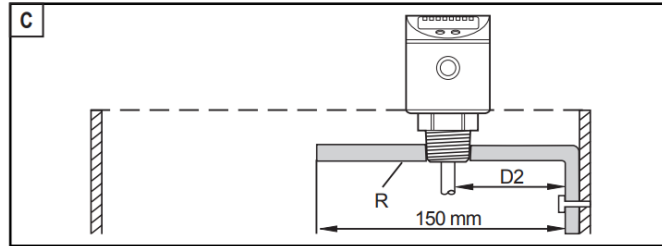
Можливі 2 способи установки:

- Прикрутити в процесі з'єднання G $\frac{3}{4}$  "NPT в кришці резервуара (мал. А).
- Встановлення в кришці резервуара за допомогою фланцевої пластини, наприклад для резервуарів з тонкими стінками (рис. В).

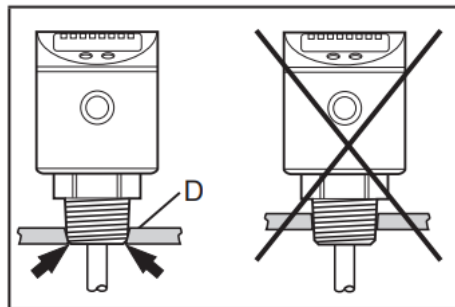


Для встановлення у відкритих цистернах пристрій повинен бути встановлений за допомогою металевого кріплення. Це служить в якості перенесення пластини (R). Мінімальний розмір: 150 x 150 мм для квадратного кріплення. Діаметр 150 мм для кругового кріплення. Якщо можливо, встановіть пристрій в середині прилад. Відстань D2 не повинна бути нижче 40 мм. (рис. С); вище для зонда довжини > 70 см і у випадку сильного забруднення (→ 5.1).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Нижній край технологічного з'єднання повинен бути заповнений середовищем встановлення. Використовуйте ущільнення або шайби (D) для досягнення необхідної висоти. Висоту можна трохи виправити засоби відповідного ущільнювального матеріалу такі як тефлонова стрічка.



При використанні фланцевих пластин ifm забезпечується промивна установка.

*Встановлення пристрою за допомогою фланцевої пластини:*

- Укрийте отвір у кришці резервуара. Він повинен мати мінімальний діаметр (d) – щоб забезпечити достатню передачу вимірюваного сигналу на зонд.
- Встановіть фланцеву пластину з плоскою поверхнею, що показується на резервуар, та зафіксуйте її відповідних гвинтів. Між фланцевою пластиною і резервуаром може бути розміщено ущільнення (A).
- Переконайтеся в чистоті та рівномірності ущільнювальних ділянок, особливо якщо є резервуар під тиском. Затягніть кріпильні гвинти достатньо.
- При необхідності можна застосувати відповідний ущільнювальний матеріал (наприклад, тефлонова стрічка) нитка датчика.
- Прикрутіть пристрій до фланцевої пластини та міцно затягніть.

Після установки корпус датчика може бути вирівняний. Він може обертатися без обмеження. Навіть при декількох обертах не виникає ризику пошкодження пристрою.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Програма для кваліфікаційної роботи була розроблена у програмному середовищі SoMachine від компанії Schneider Electric.

Програмне забезпечення Schneider Electric Somachine призначене для контролерів M241, M251, M238, M258, LMC058, ATV IMC, XBT GC і HMI SCU.

Це програмне рішення для OEM-виробників, яке забезпечує розробку, настройку та введення в експлуатацію всієї системи автоматизації в єдиній програмному середовищі, в тому числі логіку, управління рухом, людино-машинний інтерфейс, а також мережеві функції автоматизації. Платформа Schneider Electric Somachine також служить для програмування і введення в експлуатацію кожного елемента гнучкого і масштабованого забезпечення цієї ж компанії. Крім усього сказаного це ще й вигідну пропозицію для компаній, які займаються виготовленням комплексного обладнання, яке сприяє оптимальному виконанню всіх вимог, що пред'являються до устаткуванням промислового типу.

Schneider Electric Somachine має інтегроване ПО Vijeo-Designer, тому вважається професійним і ефективним відкритим програмним забезпеченням. Крім цього воно включає в себе засіб налаштування і введення в експлуатацію пристроїв управління рухом.

Крім того, платформа підтримує такі технології і можливості:

всі мови стандарту MEK 61131-3;

інтегровані засоби для настройки польових шин;

експертну діагностику і налагодження;

надає необмежені можливості обслуговування і відображення даних.

Бібліотеки експертних програм Schneider Electric Somachine перевірені, затверджені, задокументовані і підтримуються для подальшого використання в обладнанні пакувального, підйомного і конвеєрного типу. [9]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Платформа забезпечує:

- 1 програмний пакет;
- 1 файл проекту;
- 1 готове кабельне з'єднання;
- 1 операцію по завантаженню.

*Графічний інтерфейс користувача:*

Платформа Somachine оснащена зрозумілим, наочним і інтуїтивним інтерфейсом. Оптимізація програмного забезпечення була спрямована на надання всіх необхідних засобів користувачеві на кожному етапі розробки проекту. Інтерфейс розроблений таким чином, щоб користувач не зміг нічого пропустити під час проектування і завдяки цьому забезпечується виконання кожного завдання протягом усього часу експлуатації інтерфейсу. У робочому просторі знаходиться тільки найнеобхідніша і пов'язані саме до цього завдання інформація, нічого зайвого в платформі ви не знайдете.

*Програмування та налагодження:*

Як відомо, програмування - це важливий етап в проектуванні, тому цей процес повинен бути максимально оптимізований.

Розширені можливості і функції ЧМІ і управління відповідають вимогам OEM-виробників, які відносяться до систем контролю і відображення даних. Так, для налагодження та перевірки роботи ви можете використовувати такі засоби: моделювання, пошук точок можливого переривання, покрокове виконання, трасування.

*Впровадження в експлуатацію:*

Для того, щоб користувачі могли контролювати поточний стан архітектури використовується меню введення в експлуатацію, яке також сприяє полегшенню і спрощення діагностики. Увійшов користувач в систему, чи працюють пристрої і інші дані показуються на топологічній схемою конфігурації.

*Прозорість:*

У Schneider Electric Somachine передбачений Device Type Manager (DTM), який містить Field Device Tool (FDT), він же інструментарій для польових

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

пристроїв. Завдяки цьому і менеджеру класу пристроїв (DTM) здійснюється прямий зв'язок через платформу з кожним окремим пристроєм, контролером і CANopen (польова шина). Це означає, що немає необхідності у використанні проводів для виконання окремих кабельних з'єднань. Крім того, унікальне середовище платформи передбачає переклад віддалених пристроїв в автономний і мережевий режим.

*Бібліотеки спеціалізованих додатків OEM (бібліотеки AFB):*

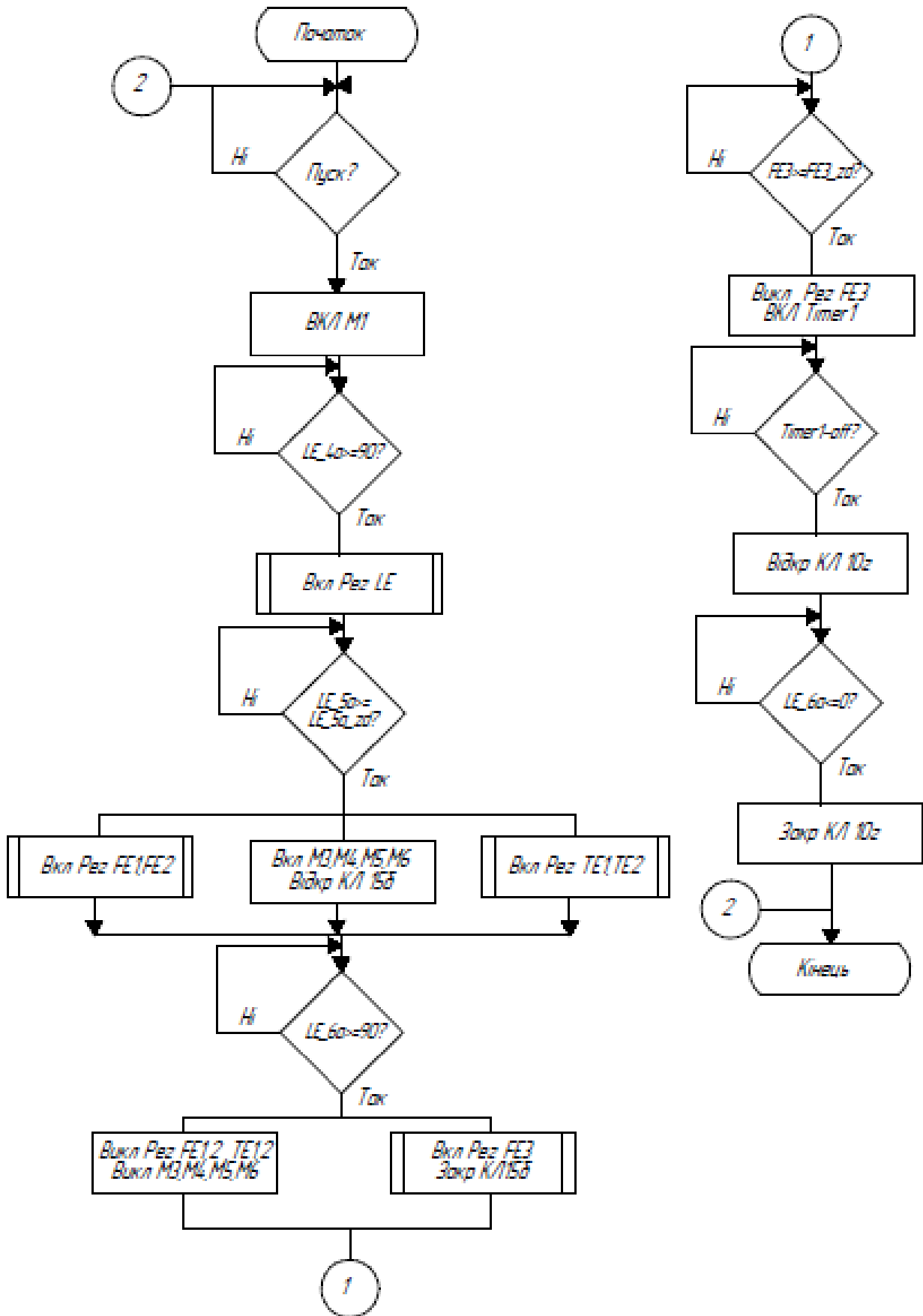
При бажанні можливості платформи SoMachine можуть бути розширені. Для цього вам знадобиться додатковий компакт-диск з інформацією, яка передбачає перевірені, документовані, затверджені і підтримувані бібліотеки експертних програм. Вони ж в свою чергу призначені для різних OEM-застосувань. Ці бібліотеки мають просту конфігурацію і прискорюють процеси розробки, введення в експлуатацію, монтаж, пошук і ліквідацію помилок. Дані бібліотеки можуть використовуватися в наступних сферах: обладнання для упаковки, підйом вантажів, конвеєрний транспорт.

*Конфігурації (TVDA): перевірені, затверджені і документально оформлені:*

Платформа SoMachine передбачає різні заздалегідь підготовлені проекти, які містять готові до застосування налаштування, до того ж їх просто адаптувати під вимоги замовника. Частина з них відноситься до категорії типових (TVDA), відповідних конфігурацій контролерів. Крім того, ви знайдете інші рішення на диску Solution Extension, які спрямовані на готові SoMachine конфігурації.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Алгоритм програми:

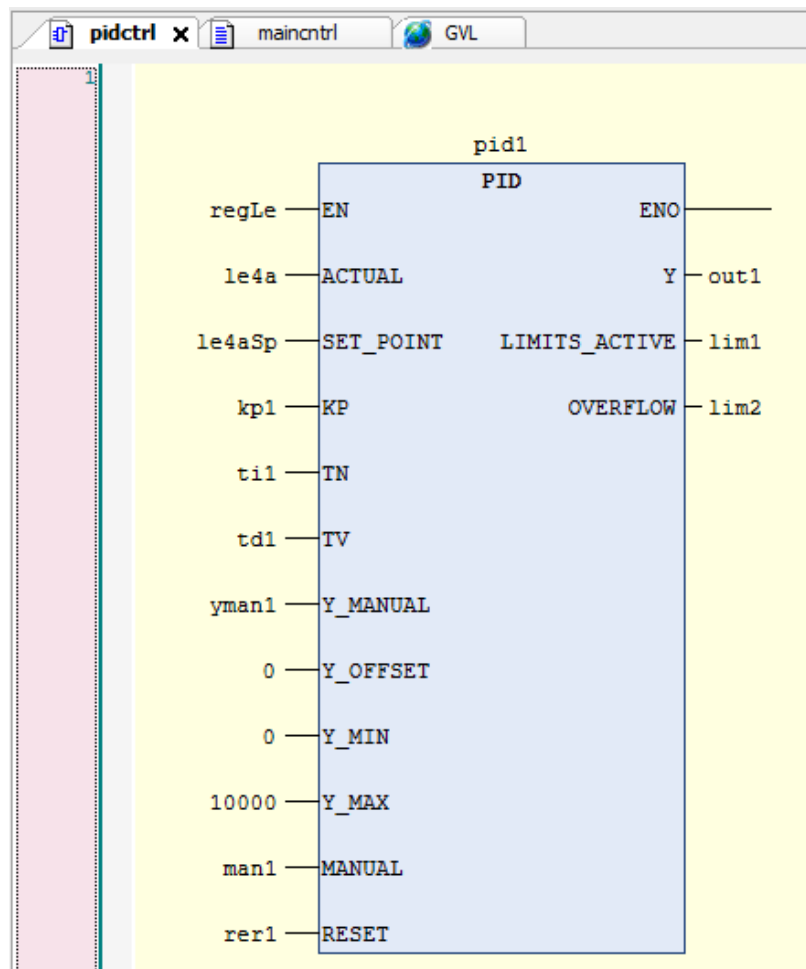


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Фрагмент програми:

```
pidctrl  maincntrl x  GVL
1  IF pysk THEN
2      m1:=TRUE;
3  END_IF;
4  IF le4a>=9000 THEN
5      regLe:=TRUE;
6  END_IF;
7  IF le5a>=le5aZd THEN
8      m3:=TRUE;
9      m4:=TRUE;
10     m5:=TRUE;
11     m6:=TRUE;
12     kl15b:=TRUE;
13     regTe:=TRUE;
14 END_IF;
15 IF le6a>=9000 THEN
16     m3:=FALSE;
17     m4:=FALSE;
18     m5:=FALSE;
19     m6:=FALSE;
20     kl15b:=FALSE;
21     regTe:=FALSE;
22 END_IF;
23 IF fe3>=fe3zd THEN
24     kl10g:=FALSE;
25 END_IF;
```

Регулятори рівня:



*Змінні, що використовуються у програмі:*

	Scope	Name	Address	Data type	Initialization	Comment	Attributes
1	VAR_GLOBAL	le4a		REAL			
2	VAR_GLOBAL	regLe		BOOL			
3	VAR_GLOBAL	le5a		REAL			
4	VAR_GLOBAL	le5aZd		REAL			
5	VAR_GLOBAL	regTe		BOOL			
6	VAR_GLOBAL	le6a		REAL			
7	VAR_GLOBAL	fe3		INT			
8	VAR_GLOBAL	fe3zd		INT			
9	VAR_GLOBAL	pid1		PID			
10	VAR_GLOBAL	le4a5p		REAL			
11	VAR_GLOBAL	kp1		REAL			
12	VAR_GLOBAL	ti1		REAL			
13	VAR_GLOBAL	td1		REAL			
14	VAR_GLOBAL	yman1		REAL			
15	VAR_GLOBAL	man1		BOOL			
16	VAR_GLOBAL	rer1		BOOL			
17	VAR_GLOBAL	out1		REAL			
18	VAR_GLOBAL	lim1		BOOL			
19	VAR_GLOBAL	lim2		BOOL			
20	VAR_GLOBAL	pysk		BOOL			
21	VAR_GLOBAL	m1		BOOL			
22	VAR_GLOBAL	kl10g		BOOL			
23	VAR_GLOBAL	m3		BOOL			
24	VAR_GLOBAL	m4		BOOL			
25	VAR_GLOBAL	m6		BOOL			
26	VAR_GLOBAL	m5		BOOL			
27	VAR_GLOBAL	kl15b		BOOL			

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

ЛМІ інтерфейс для нашої системи автоматизації був розроблений за допомогою програмного забезпечення Zenon Scada від компанії COPA-DATA.

Zenon - це програмне забезпечення для візуалізації, диспетчерського управління, збору і аналізу даних SCADA-система zenon є основним продуктом австрійської компанії COPA-DATA GmbH. Розроблена в середині 80-х років, вона була першим комплексним рішенням графічної візуалізації для Windows-систем. Завдяки постійній модернізації, вдосконалення та впровадження новітніх технологій zenon займає лідируючі позиції на ринку HMI / SCADA-систем. zenon повністю вирішує всі можливі завдання, які ставляться перед HMI / SCADA-системами. Дозволяє здійснювати зручне і наочне управління, чітка взаємодія всіх інженерних комплексів, автоматичну адаптацію, інтелектуалізацію режимів роботи підсистем. Базується на стандартній Відкритий технологіях і пропонує величезний набір простих у використанні графічних функцій для побудови систем візуалізації. [10]

### *Переваги Zenon:*

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

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Микулич С.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>					64	79
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>			<b>НУХТ АК-4-1</b>			
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Ельперін І.В.</i>						

### *Автоматичне проектування:*

Завдяки наявності великої кількості преопределенность шаблонів стандартних зображень (тривоги, події, тренди, і т. Д.) І призначених для користувача форм - майстрів, проектування може здійснюватися в автоматичному режимі.

### *Відкрита архітектура:*

Можливість використання при розробці незалежних зовнішніх програм, створення VBA-макросів, збереження онлайн і архівних даних в базі MS SQL Server, застосування технології ActiveX.

### *Широкі комунікаційні можливості:*

Завдяки наявності більше 300 розроблених драйверів zenon без проблем може підключатися до найбільш поширеній обладнання. Редактор системи підтримує велику кількість інтерфейсів і комунікаційних протоколів. За допомогою спеціальної технології існує можливість по мережі передавати runtime-файли на віддалену цільову станцію.

### *Розрахована на багато користувачів розробка:*

Система дозволяє здійснювати розподілену розробку, завдяки чому не існує жорсткої прив'язки до одного робочого місця. Проектувальники, що створюють проект, можуть розподілити між собою обсяг робіт і займатися конкретно своєю частиною проекту. Це дозволяє значно прискорити час розробки.

### *Гнучкість:*

Технологія XML дозволяє імпортувати / експортувати в систему управління як окремі частини проекту, так і весь проект. Розширення системи здійснюється без необхідності змінювати або переробляти існуючий проект.

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

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

Таблиця аналогових входів:

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Температура у зоні охолодження пастеризатора	TE 1a	%MW0
Температура у зоні рекуперації пастеризатора	TE 2a	%MW2
Температура у зоні пастеризації пастеризатора	TE 3a	%MW4
Рівень у резервуарі з молоком	LE 4a	%MW6
Рівень у зрівнювальному баці	LE 5a	%MW8
Рівень у сквашувальнику	LE 6a	%MW10
Витрата молока при подачу у зону рекуперації	FE 7a	%MW12
Витрата сливок на виході із сепаратора	FE 8a	%MW14
Витрата закваски на вході у сквашувальник	FE 9a	%MW16
Витрата сквашеного молока	FE 10a	%MW18
Рівень кислотності у сквашувальнику	QE 11a	%MW20

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

66

Таблиця аналогових виходів:

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Керування клапаном подачі холодної води у зону охолодження пастеризатора	1д	%MW22
Керування клапаном подачі гарячої води у зону охолодження пастеризатора	3д	%MW24
Керування клапаном подачі молока у зону рекуперації пастеризатора	7г	%MW26
Керування клапаном відводу сливок	8г	%MW28
Керування клапаном подачі закваски	9г	%MW30
Керування клапаном відводу сквашеного молока	10г	%MW32
Керування клапаном 3-х ходовим клапаном повернення молока	15б	%MW34
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	М1	%MW36
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	М2	%MW38
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	М3	%MW40
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	М4	%MW42
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	М5	%MW44

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

67

Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M6	%MW46
--	----	-------

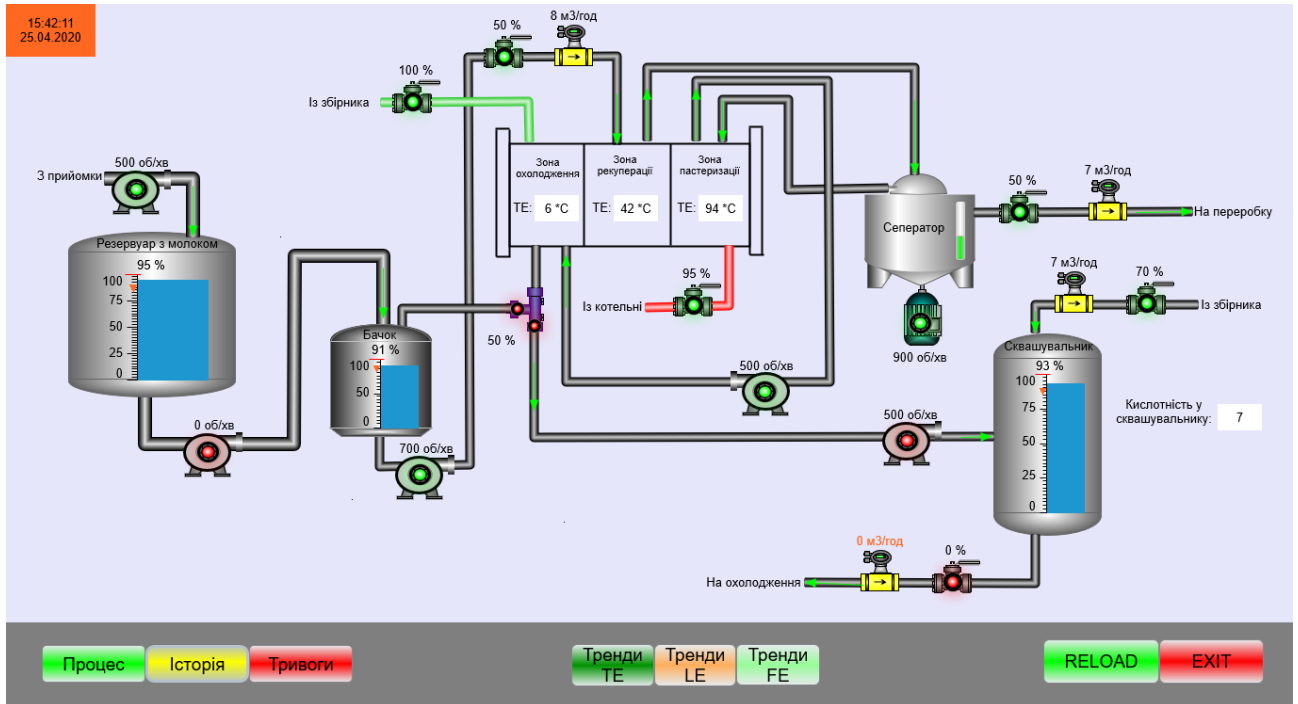
Таблиця даних SCADA/HMI:

Name ▲	Measur...	Identi...
Filter text	Filter...	Filt...
FE 7a	м3/год	
FE 8a	м3/год	
FE 9a	м3/год	
FE 10a	м3/год	
LE 4a	%	
LE 5a	%	
LE 6a	%	
QE 11a		
TE 1a	*С	
TE 2a	*С	
TE 3a	*С	
Клапан 1д	%	
Клапан 1д А-Р		
Клапан 3д	%	
Клапан 3д А-Р		
Клапан 7г	%	
Клапан 7г А-Р		
Клапан 8г	%	
Клапан 8г А-Р		
Клапан 9г	%	
Клапан 9г А-Р		
Клапан 10г	%	
Клапан 10г А-Р		
Клапан 15б	%	
Клапан 15б А-Р_1		
Клапан 15б А-Р_2		
M1	об/хв	
M1 А-Р		
M2	об/хв	
M2 А-Р		
M3	об/хв	
M3 А-Р		
M4	об/хв	
M4 А-Р		
M5	об/хв	
M5 А-Р		
M6	об/хв	
M6 А-Р		

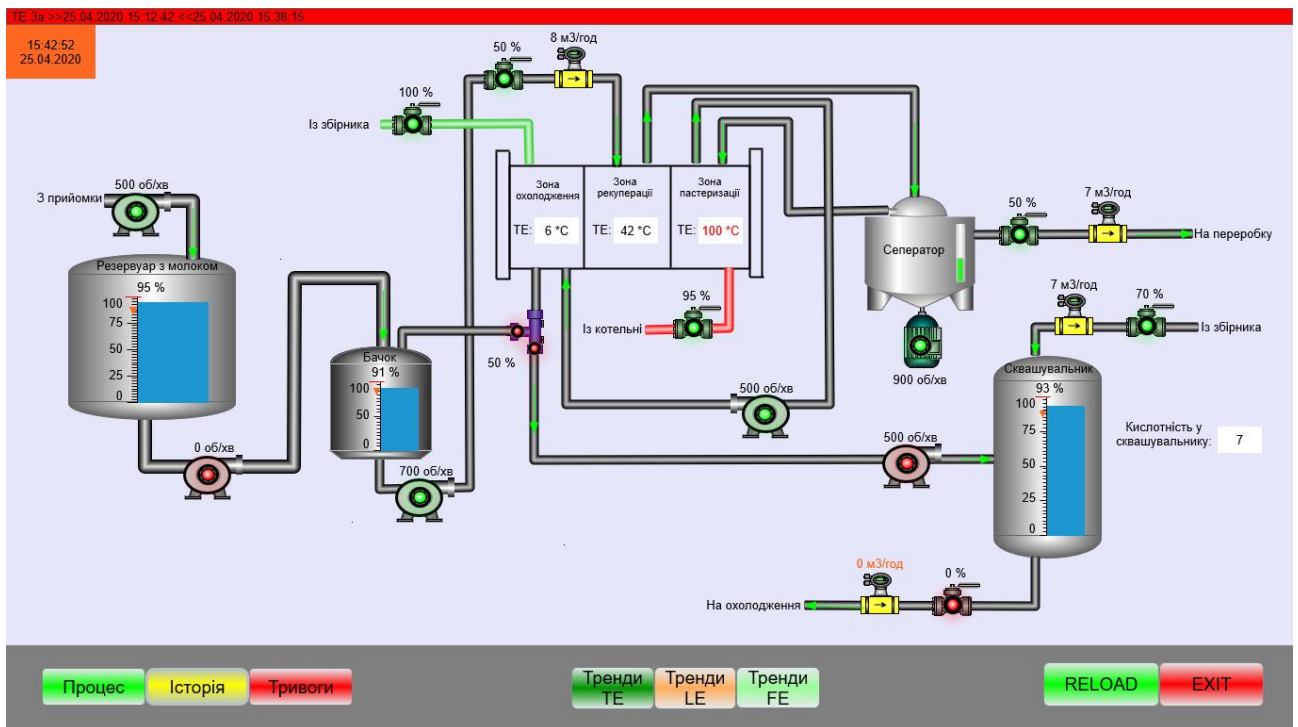
## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора:

Нормальний стан системи автоматизації. Всі параметри в межах норми.

Робочий вид для оператора



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



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

69

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

Filter: [\*]-[\*]-[T:Rel:0d,1h,0m,0s] Filter profiles: [dropdown] Save Import Export Delete

Time received	Text	Variable name	Value	Mea...	User - full name	Computer name	Comment
25.04.2020 15:38:44	Modify spontaneous value: (91 %)	LE 5a	91	%	SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:38:49	Modify spontaneous value: (95 %)	LE 4a	95	%	SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:38:50	Modify spontaneous value: (1)	M1 A-P	1		SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:38:53	Modify spontaneous value: (0 об/хв)	M2	0	об/хв	SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:38:56	Modify spontaneous value: (1)	M4 A-P	1		SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:38:58	Modify spontaneous value: (700 об/хв)	M4	700	об/хв	SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:39:04	Modify spontaneous value: (1)	M5 A-P	1		SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:39:05	Modify spontaneous value: (1)	M6 A-P	1		SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:39:07	Modify spontaneous value: (900 об/хв)	M6	900	об/хв	SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:39:13	Modify spontaneous value: (1)	Клапан 8г A-P	1		SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:39:14	Modify spontaneous value: (7 м3/год)	FE 8a	7	м3/год	SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:39:18	Modify spontaneous value: (7 м3/год)	FE 9a	7	м3/год	SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:39:24	Modify spontaneous value: (30 %)	Клапан 9г	30	%	SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:39:26	Modify spontaneous value: (1)	Клапан 9г A-P	1		SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:39:28	Modify spontaneous value: (70 %)	Клапан 9г	70	%	SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:39:34	Modify spontaneous value: (10 %)	QE 11a	10		SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:39:39	Modify spontaneous value: (7 %)	QE 11a	7		SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:40:07	Project 'MYKULL4' reloaded				SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:40:14		FE 10a	0	м3/год			
25.04.2020 15:40:14	Modify spontaneous value: (0 м3/год)	FE 10a	0	м3/год	SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:40:19	Modify spontaneous value: (93 %)	LE 6a	93	%	SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:40:27	Modify spontaneous value: (1)	Клапан 3д A-P	1		SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:40:29	Modify spontaneous value: (0)	Клапан 3д A-P	0		SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:41:16	Project 'MYKULL4' reloaded				SYSTEM	RURYK	
25.04.2020 15:41:20	Modify spontaneous value: (0 %)	Клапан 10г	0	%	SYSTEM	RURYK	

Процес Історія Триговги Тренди TE Тренди LE Тренди FE RELOAD EXIT

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

TE 3a >>25.04.2020 15:12:42 <<25.04.2020 15:38:15 Filter: [\*]-[\*]-[T:Rel:0d,1h,0m,0s] Filter profiles: [dropdown] Save Import Export Delete

Сос...	Время появления	Время исчезновения	Время подтверждения	Имя переменной	Знач...	Еди...	Текст	Пользователь ...	Имя компьютера	Конне...
●	>>25.04.2020 15:12:42	<<25.04.2020 15:38:15		TE 3a	100	°C				
●	>>25.04.2020 15:12:42	<<25.04.2020 15:38:40		FE 7a	50	м3/год				
●	>>25.04.2020 15:12:42	<<25.04.2020 15:38:02		TE 1a	100	°C				
●	>>25.04.2020 15:12:42	<<25.04.2020 15:38:49		LE 4a	50	%				
●	>>25.04.2020 15:35:10	<<25.04.2020 15:38:44		LE 5a	50	%				
●	>>25.04.2020 15:35:10	<<25.04.2020 15:39:39		QE 11a	10					
●	>>25.04.2020 15:35:10	<<25.04.2020 15:39:18		FE 9a	50	м3/год				
●	>>25.04.2020 15:35:10	<<25.04.2020 15:40:19		LE 6a	50	%				
●	>>25.04.2020 15:42:38			TE 3a	100	°C				
●	>>25.04.2020 15:43:34			TE 1a	66	°C				
●	>>25.04.2020 15:43:37			FE 9a	11	м3/год				

Процес Історія Триговги Тренди TE Тренди LE Тренди FE RELOAD EXIT

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

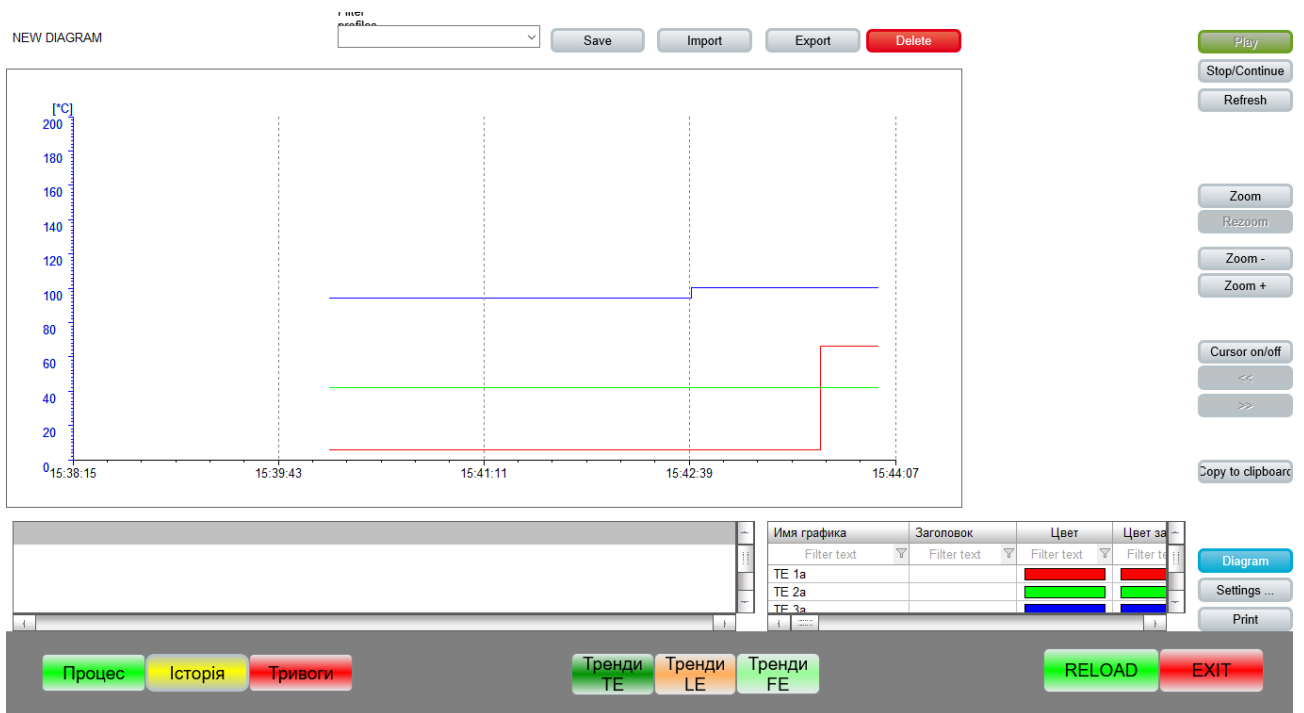
При досягненні рівня верхнього лімітного значення (у визначеному нами діапазоні для конкретної змінної), спрацює тривога, яка буде відображена в журналі тривог. При цьому вона

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.

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

### Тренди температури:



## Тренди рівня:

НОВАЯ ДИАГРАММА

процес

Сохранить

Импорт

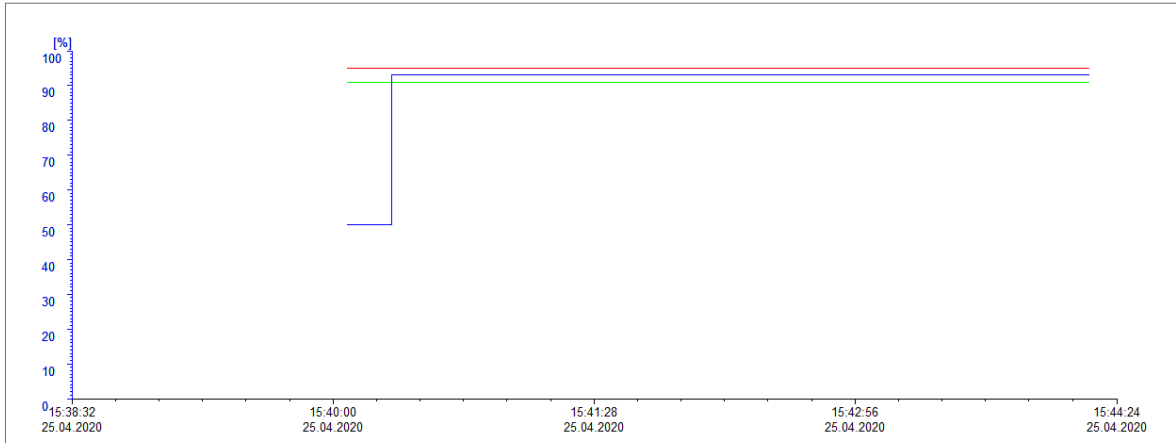
Экспорт

Удалить

Пуск

Стоп/Далее

Обновить



Увеличение

увеличение заново

Увеличение -

Увеличение +

У: включить/откл

перемотка назад

перемотка вперед

новать в буфер

Curve name	Title	Color	Fill color
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
LE 4a		Red	Red
LE 5a		Green	Green
LE 6a		Blue	Blue

Диаграмма...

Параметры

Печать

Процес

Історія

Тривоги

Тренди  
TE

Тренди  
LE

Тренди  
FE

RELOAD

EXIT

## Тренди витрати:

НОВАЯ ДИАГРАММА

процес

Сохранить

Импорт

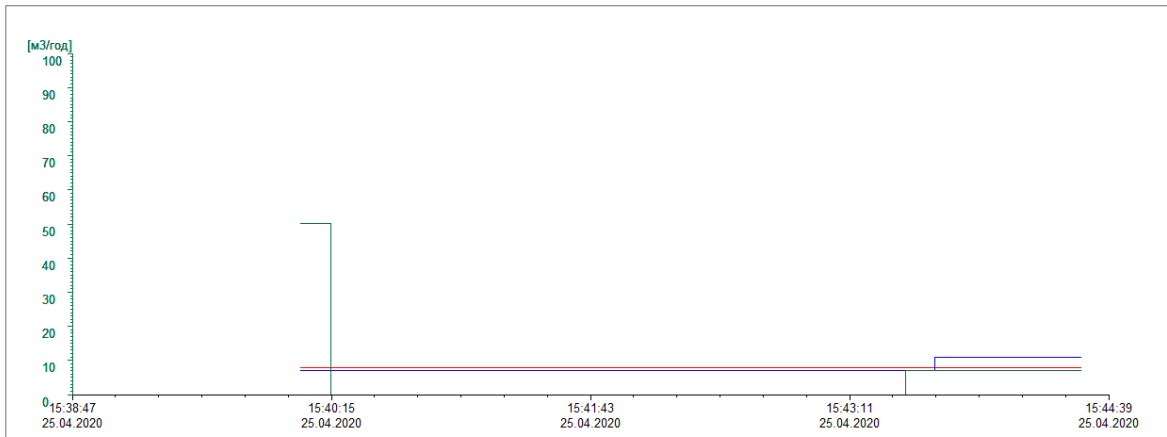
Экспорт

Удалить

Пуск

Стоп/Далее

Обновить



Увеличение

увеличение заново

Увеличение -

Увеличение +

У: включить/откл

перемотка назад

перемотка вперед

новать в буфер

Curve name	Title	Color	Fill color
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
FE 7a		Red	Red
FE 8a		Green	Green
FE 9a		Blue	Blue

Диаграмма...

Параметры

Печать

Процес

Історія

Тривоги

Тренди  
TE

Тренди  
LE

Тренди  
FE

RELOAD

EXIT

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

72

## 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 кваліфікаційній роботі 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.[11]

**Постановка задачі:** Для системи автоматизації процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів провести розрахунки перевірки системи на стійкість за допомогою методу Михайлова.

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

Для проведення зазначеного вище аналізу потрібно вивести передаточні функції для об'єкту за каналами різних діянь, скласти структурну схему об'єкта. За потреби виконати структурні перетворення (перенесення суматорів, точок), в результаті чого структурна схема зводиться до еквівалентної однолінійної.

Передаточні функції та коефіцієнти до них для нашого об'єкту були розроблені з допомогою довідника [12].

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

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Микулич С.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>					<i>73</i>
<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>					

$$(20p+1) \cdot \Delta X_1(p) = 1,5 \cdot \Delta U_1(p) + 0,9 \cdot Z_1(p) + 0,2 \cdot \Delta X_2(p);$$

$$(18p+1) \cdot \Delta X_2(p) = 0,9 \cdot U_2(p) + 1,1 \cdot \Delta X_1(p);$$

$$(22p+1) \cdot \Delta X_3(p) = 0,5 \cdot Z_3(p) + 0,9 \cdot \Delta X_2(p);$$

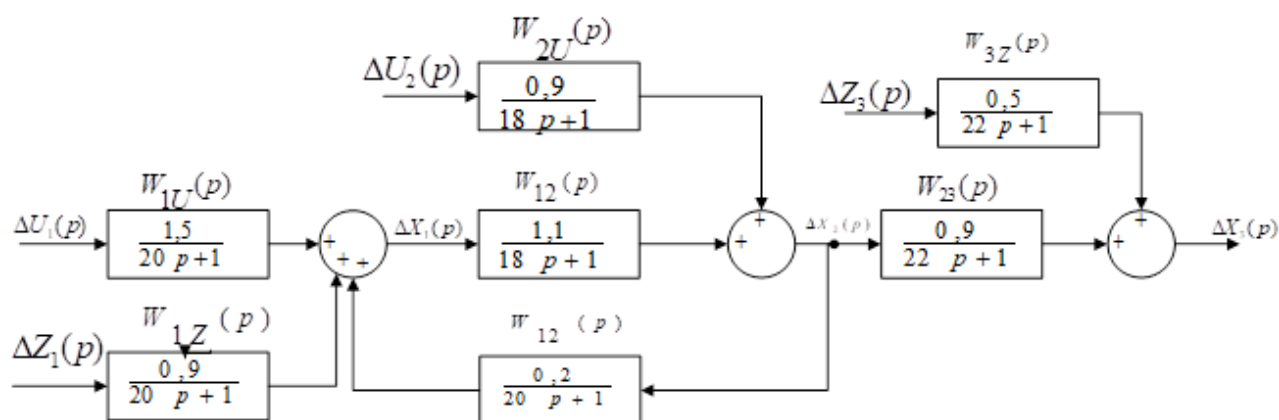
Визначимо передаточні функції:

$$W_{1U}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{1,5}{20p+1}; W_{1Z}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta Z_1(p)} = \frac{0,9}{20p+1}; W_{21}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0,2}{20p+1};$$

$$W_{2U}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta U_2(p)} = \frac{0,9}{18p+1}; W_{12}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta X_1(p)} = \frac{1,1}{18p+1};$$

$$W_{23}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0,9}{22p+1}; W_{3Z}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta Z_3(p)} = \frac{0,5}{22p+1};$$

Складаємо структурну схему об'єкта:



### 7.3. Моделювання САР

#### Аналіз стійкості системи:

Розроблена САР в першу чергу має бути перевіреною на стійкість. Провірка на стійкість у нашій кваліфікаційній роботі виконується за допомогою критерію Михайлова.

Згідно критерію Михайлова, для того щоб система була стійкою, необхідно, щоб повний приріст аргументу  $\psi(\omega)$  при зміні частоти  $\omega$  від 0

до  $\infty$  дорівнював  $n \frac{\pi}{2}$ , де  $n$  це порядок полінома  $D(p)$  [2, 6].

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристичний поліном нашої системи системи, має вигляд:

$$W_{зам}(p) = \frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} = \frac{\frac{2,39 \cdot 7,05}{42553,2p^3 + 7234p^2 + 177,7p + 1}}{1 + \frac{2,39 \cdot 7,05}{42553,2p^3 + 7234p^2 + 177,7p + 1}}$$

$$= \frac{16,6}{42553,2p^3 + 7234p^2 + 177,7p + 17,9}$$

$$D(p) = 42553,2 p^3 + 7234p^2 + 177,7 p + 17,9 = 0.$$

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

$$D(p) = -42553,2 j\omega^3 - 7234\omega^2 + 177,7 j\omega + 17,9$$

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

Дійсна:

$$X(\omega) = -7234\omega^2 + 17,9$$

Уявна:

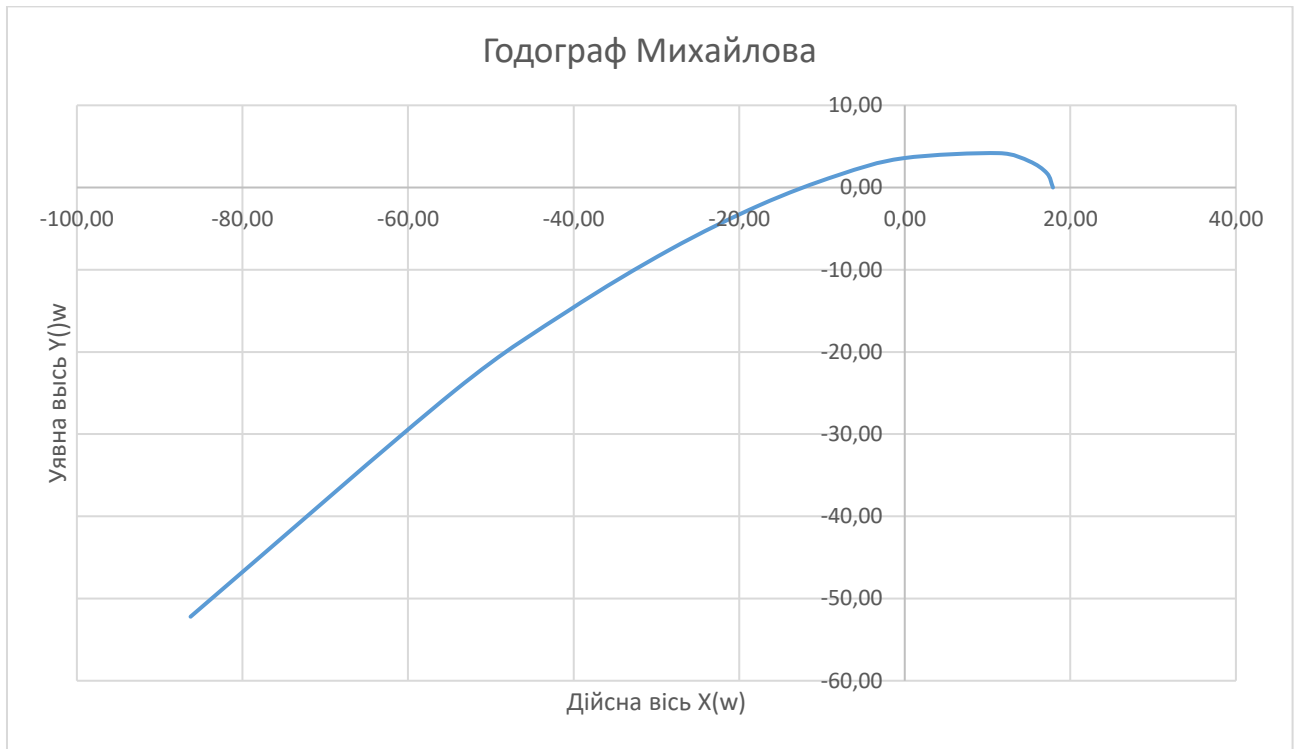
$$Y(\omega) = -42553,2 j\omega + 177,7 j\omega.$$

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

Таблиця . Дані для побудови годографа Михайлова.

w	X(w)	Y(w)
0,00	17,90	0,00
0,01	17,18	1,73
0,02	15,01	3,21
0,03	11,39	4,18
0,05	-0,19	3,57
0,06	-8,14	1,47
0,07	-17,55	-2,16
0,08	-28,40	-7,57
0,09	-40,70	-15,03
0,10	-54,44	-24,78
0,12	-86,27	-52,21

За отриманими даними будуємо годограф Михайлова за допомогою програмного середовища Excel



*Рис.7.1. Графік залежності  $Y(\omega)$  від  $X(\omega)$*

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

**Висновок:** В даному розділі була складена структурна схема АСР процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів. При дослідженні САР на стійкість було використано ресурси програмної оболонки Excel, що значно скоротило час і збільшило точність дослідження системи автоматичного керування на стійкість. Система виявилась стійкою.

## Висновки

В даній кваліфікаційній роботі була розглянута система автоматизації процесу пастеризації молочної суміші для твердих сирів. Мною була розроблена АСУ на базі контролера Modicon M340 від Schneider Electric, для даного об'єкта, тут були застосовані пристрої для виміру температури, пристрою для вимірювання рівня, засоби обліку витрати води та пристрої для відслідковування тиску для запобігання аварій в зв'язку з великим чи низьким тиском. 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 імітацію 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.

В подальшому використанні цієї апаратури, воно буде застарілим та нестиме втрати в прибутку підприємству якщо порівнювати з новітніми технологіями, що буде розроблено, тому рекомендовано модернізувати АСУ після досягнення певного прибутку після окупності за для підвищення ККД об'єкта та збільшенню прибутку підприємству.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

## Список використаної літератури

1. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
2. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
3. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
4. Ельперін І.В. Промислові контролери. Частина 2 / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2012. – 106 с.
5. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
6. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін // Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К. – 2013. – 340с.
7. Виробництво сирів. URL: [https://studopedia.su/4\\_30567\\_sir-kislomolochniy-nezhirniy-ta-nizkozhirniy.html](https://studopedia.su/4_30567_sir-kislomolochniy-nezhirniy-ta-nizkozhirniy.html) [1]
8. Лінія пастеризації молока для виробництва сирів. URL: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/100.14.pdf> [2]
9. TAA431. URL: <https://www.ifm.com/ru/ru/product/TAA431> [3]
10. LR2750. URL: <https://www.ifm.com/ru/ru/product/LR2750> [4]
11. SM0510. URL: <https://www.ifm.com/ru/ru/product/SM0510> [5]
12. JUMO. URL: [http://t-life.com.ua/img/files/JUMO/20\\_2560.pdf](http://t-life.com.ua/img/files/JUMO/20_2560.pdf) [6]
13. Danfoss VLT-2800.  
URL: [https://euroec.by/assets/files/danfoss/Rukovodstvo\\_VLT\\_2800.pdf](https://euroec.by/assets/files/danfoss/Rukovodstvo_VLT_2800.pdf) [7]
14. Modicon M251. URL: <https://www.se.com/ua/uk/product-range/62130-modicon-m251/> [8]
15. SoMachine. URL: <https://www.se.com/ru/ru/product/SOMNACS43/> [9]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

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

17. 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. [11]

18. «ОБ'ЄКТИ АВТОМАТИЗАЦІЇ В ГАЛУЗІ» - НУХТ,2013 Укладачі: О.І. ЛЕВЧЕНКО М.С. ГЛУЩЕНКО О.Й. РІШАН О.М. ПУПЕНА [12]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79