

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

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем
управління

«До захисту в ЕК»
Декан факультету

_____ Андрій ФОРСЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

«04» червня 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Ярослав СМІТЮХ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«04» червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
(код та назва спеціальності)

технології»

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна
інженерія в автоматизації»

на тему: Розробка системи автоматизації процесу виготовлення
кисломолочного сиру

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-1

_____ Верес Дмитро Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

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

_____ (підпис)

Консультанти _____

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент _____ Андрій Мошенський
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

Освітньо-професійна програма *«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав СМІТЮХ

«15» квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Вересу Дмитру Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру*

керівник роботи *доц. к.т.н. Клименко Олег Миколайович*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від *«15» квітня 2024 р. № 279-кс*

2. Строк подання здобувачем роботи *«04» червня 2024 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.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 15 квітня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Дмитро ВЕРЕС

_____ (підпис)

Керівник роботи Олег КЛИМЕНКО

_____ (підпис)

Анотація

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці та впровадженню автоматизованої системи виробництва кисломолочного сиру. Основною метою роботи є підвищення ефективності технологічного процесу, забезпечення стабільної якості продукції та зменшення виробничих витрат. У ході дослідження проведено аналіз технологічних процесів, вибрано оптимальне обладнання та розроблено алгоритми для автоматизованої системи.

Робота включає детальний опис технологічного процесу виготовлення кисломолочного сиру, зокрема заквашування та утворення сиру, завдання на систему автоматизації, схеми автоматизації, специфікації технічних засобів автоматизації, монтажної схеми технічного засобу автоматизації – датчик температури Sitrans TF2 та його розширена схема підключення. Особлива увага приділена вибору технічних засобів та їх підключенню до ПЛК, таких як датчики, виконавчі механізми та регулюючі органи, які забезпечують автоматизацію процесів.

Розроблено алгоритм та програму для управління процесом виробництва кисломолочного сиру. Програма розроблена на базі ПЛК Schneider Electric Modicon M340. З використанням програмного забезпечення Citect SCADA розроблена дисплейна мнемосхема для автоматизованого робочого місця оператора.

Впровадження автоматизованої системи дозволяє оперативно реагувати на зміни в процесі виробництва, підвищує точність контролю та управління, що позитивно впливає на якість продукції та конкурентоспроможність підприємства. Крім того, автоматизація сприяє зниженню виробничих витрат та підвищенню продуктивності праці.

Ключові слова: автоматизація, кисломолочний сир, M340, Sitrans TF2.

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

Annotation

This qualification work is devoted to the development and implementation of an automated cottage cheese production system. The main goal of the work is to increase the efficiency of the technological process, ensure stable product quality and reduce production costs. In the course of the research, the technological processes were analyzed, the optimal equipment was selected, and algorithms for the automated system were developed.

The work includes a detailed description of the technological process of making cottage cheese, including fermentation and curd formation, tasks for the automation system, automation schemes, specifications of technical means of automation, wiring diagram of the technical means of automation - Sitrans TF2 temperature sensor and its extended wiring diagram. Particular attention is paid to the choice of technical means and their connection to the PLC, such as sensors, actuators and regulators that ensure process automation.

The algorithm and program for controlling the process of cottage cheese production have been developed. The program is based on the Schneider Electric Modicon M340 PLC. Using the Citect SCADA software, a display mnemonic scheme for an automated operator's workstation was developed.

Implementation of the automated system allows to respond promptly to changes in the production process, increases the accuracy of control and management, which positively affects the quality of products and competitiveness of the enterprise. In addition, automation helps to reduce production costs and increase labor productivity.

Keywords: automation, cottage cheese, M340, Sitrans TF2.

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

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	15
Розділ 2. Система автоматизації	17
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)	17
2.2. Схема автоматизації.....	42
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	44
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	46
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	46
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	47
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	48
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	52
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	55
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	67
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	67
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	67
Висновки	70
Список використаної літератури	71

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

Вступ

Автоматизація виготовлення харчових продуктів, включаючи кисломолочний сир, в сучасному світі є важливим напрямком розвитку промисловості. Ця тенденція спрямована на підвищення якості продукції, зменшення витрат та оптимізацію технологічних процесів.

Актуальність даної роботи полягає у тому, що автоматизація процесу виготовлення кисломолочного сиру може значно підвищити ефективність процесу виготовлення, зменшити ризик помилок та забезпечити стабільність якості продукції. Розробка системи автоматизації є актуальною і практично значущою, оскільки дозволить підвищити конкурентоспроможність підприємства на ринку.

Мета даної роботи полягає в розробці та впровадженні системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру з метою забезпечення автоматизованого керування технологічним процесом та підвищення ефективності виготовлення. Для досягнення цієї мети були використані наукові методи дослідження, такі як аналіз літературних джерел та експериментальні дослідження.

Робота складається з шести розділів. У першому розділі надається опис об'єкта автоматизації - технологічного процесу виготовлення кисломолочного сиру, а також розробляється завдання на систему автоматизації. Другий розділ присвячений обґрунтуванню вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів та регулюючих органів, а також містить схему автоматизації та специфікацію засобів автоматизації. Третій розділ описує проектне компонування промислового логічного контролера та схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до нього. Четвертий розділ містить креслення встановлення технічних засобів. П'ятий розділ описує спеціальне програмне забезпечення для мікропроцесорного контролера - алгоритм та програму для ПЛК. І, нарешті, у шостому розділі розробляється людино-машинний інтерфейс оператора технолога, наводяться переліки вхідних

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

та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI та відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

Таким чином, робота спрямована на підвищення ефективності процесу виготовлення кисломолочного сиру за рахунок впровадження сучасних технологій автоматизації, що має значний практичний вигаш для промислових підприємств харчової промисловості.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації

Кисломолочний сир є типовим білковим кисломолочним продуктом, відомим своїми високими харчовими та лікувально-дієтичними властивостями. Його виготовляють шляхом сквашування пастеризованого незбираного та знежиреного молока, а потім вилучають частину сироватки з утвореного згустку. Варто зазначити, що кисломолочний сир, виготовлений із непастеризованого молока, підходить лише для виготовлення продуктів, які обов'язково піддаються термічній обробці (наприклад, вареники, сирники і т.д.), а також для виготовлення плавлених сирів. Основні стандарти, які регулюють якість продукту, представлені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Норми показників кисломолочного сиру

Кисломолочний сир	Масова частка, %, не менше			Кислотність, °Т, не більше
	жиру	вологи	сахарози	
Жирний	19	65	–	225
Напівжирний	9	73	–	240
Нежирний	–	80	–	270
Селянський	5	74	–	200
Столовий	2	76	–	220
М'який дієтичний				
11%–ї жирності	11	73	–	210
4%–ї жирності	4	77	–	220
нежирний	–	79	–	220
Плодово-ягідний				
11%–ї жирності	11	64	10	180
9%–ї жирності	9	66	10	180
4%–ї жирності	4	69	10	190
нежирний	–	72	10	200

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Верес Д. М.			Розробка системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру		
Керівник		Клименко О. М.				9	8
Зав. каф.		Смітюх Я.В.					
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

НУХТ АК-4-1

Однією з ключових операцій у процесі виготовлення кисломолочного сиру є сквашування молока, що спричиняє коагуляцію білків та формування згустку. Існують два основних методи коагуляції: кислотний та кислотно-сичужний. У випадку кислотного методу коагуляція казеїну відбувається за участю молочнокислого бродіння. Утворений згусток має стійку консистенцію, але при виготовленні жирного кисломолочного сиру може виникати проблема з відокремленням від сироватки. Тому раніше кислотний метод використовували виключно для нежирного кисломолочного сиру. В наш час, разом із впровадженням нових методів обробки згустку, цей підхід став популярним і для виготовлення жирного і напівжирного кисломолочного сиру.

У кислотно-сичужному методі коагуляція казеїну та формування згустку відбуваються за участю як молочної кислоти, так і сичужного ферменту або пепсину. Використання сичужного ферменту підвищує процес синерезису у згустку, що сприяє кращому відокремленню сироватки. Незалежно від методу білкової коагуляції, жирний та напівжирний кисломолочний сир можуть бути виготовлені на підприємствах за традиційним або роздільним способом.

Виготовлення кисломолочного сиру традиційним способом. Технологічний процес виготовлення жирного та напівжирного кисломолочного сиру з кислотною або кислотно-сичужною коагуляцією білків включає наступні операції (див. рис. 1.1).

На виготовлення кисломолочного сиру направляють доброякісне молоко кислотністю не більше 20 °Т, яке потрібно підготувати до заквашування. Для цього молоко нормалізують по вмісту жиру, очищують від механічних домішок, пастеризують і охолоджують до температури заквашування.

Шляхом нормалізації молока встановлюють необхідне співвідношення між масовою долею жиру і білку в перероблюваній суміші, що забезпечує одержання стандартного по складу кисломолочного сиру.

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

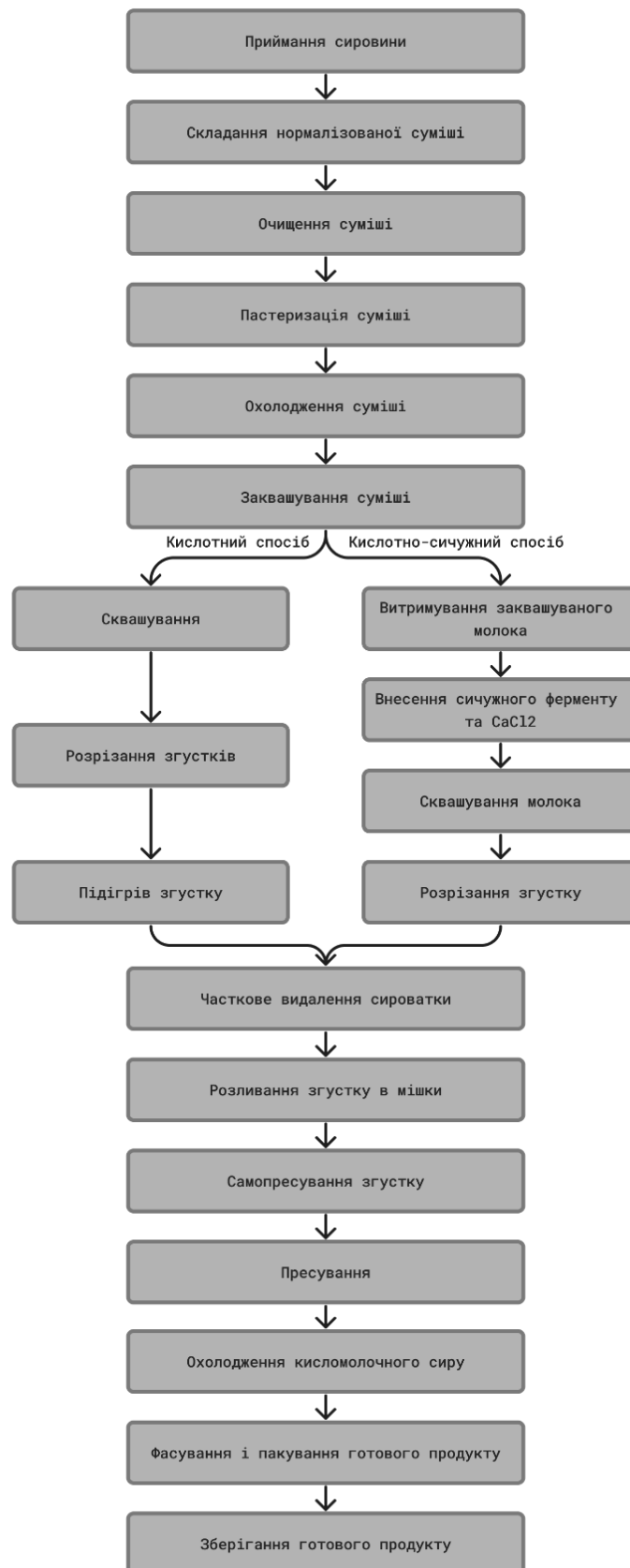


Рис. 1.1. Схема виготовлення кисломолочного сиру традиційним способом

Схему технологічної лінії виготовлення кисломолочного сиру традиційним способом наведено на рис. 1.2.

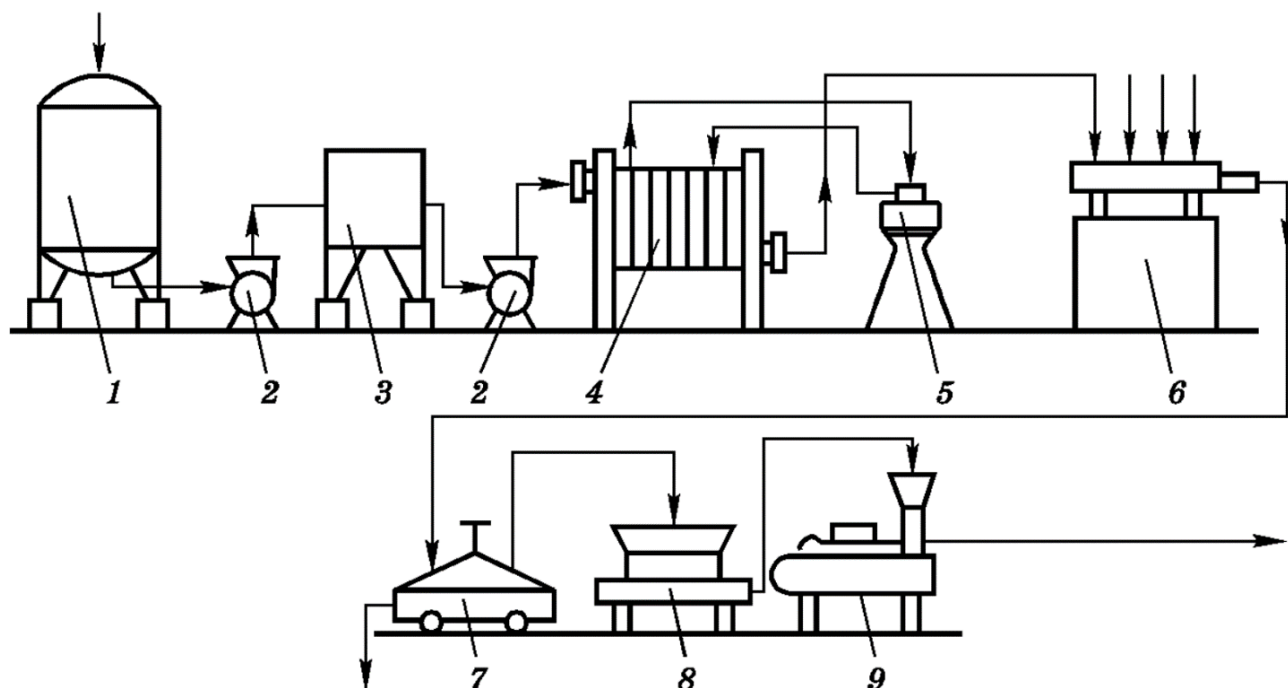


Рис. 1.2. Схема технологічної лінії виготовлення кисломолочного сиру традиційним способом: 1 — ємкість для нормалізованого молока; 2 — насос; 3 — вирівнювальний бак; 4 — пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка; 5 — сепаратор-нормалізатор; 6 — сирна ванна; 7 — прес-візок; 8 — охолоджувач сиру; 9 — автомат для фасування та пакування сиру

Розрахунки для нормалізації молока проводяться з урахуванням вмісту білка у ньому: $B_m = 0,39 \cdot Ж_m + 1,98$; $Ж_{н.см} = B_m \cdot k$;

$k = 1,5 \dots 1,6$ — для сиру 9 % жирності; $k = 0,27 \dots 0,28$ — для сиру 5 % жирності.

Після нормалізації молоко очищають від механічних домішок і направляють на процес пастеризації.

Режим пастеризації молока має значний вплив на консистенцію утвореного під час заквашування згустку. Зі збільшенням температури пастеризації щільність згустку зростає, але водночас збільшується його здатність до втрати вологи, що ускладнює процес видалення сироватки. Щоб уникнути цього, при виготовленні кисломолочного сиру молоко пастеризують при температурі $78 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ з витримкою 15–20 секунд. Цей режим вважається достатнім для знищення

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

мікрофлори в нормалізованій суміші і формування згустку, який є зручним для подальшої обробки.

Пастеризовану суміш охолоджують до температури, необхідної для заквашування, яка становить 28–30 °С у теплу пору року та 30–32 °С у холодну. Процес заквашування та сквашування суміші відбувається у спеціальних двостінних ваннах для виготовлення сиру, які зручно розміщуються на площадках для забезпечення ефективного обслуговування.

При виготовленні кисломолочного сиру кислотнo-сичужним способом в охолоджену до температури заквашування суміш вносять 1–5% закваски, яка виготовлена на чистих культурах мезофільного молочнокислого стрептококу. Ретельно перемішане молоко витримують протягом 2–3 годин до досягнення кислотності 32–35 °Т. Після цього до молока додають 40%-ний розчин кальцію хлориду в кількості 400 г безводної солі на 1 тону молока. Сичужний фермент або пепсин вносять у вигляді 1%-ного розчину за розрахунком 1 г ферменту на 1 тону молока. Розчин сичужного ферменту готують на кип'яченій і охолодженій до 35 °С воді. Розчин пепсину для підвищення його активності готують на кислій освітленій сироватці за температури 36 ± 2 °С за 5–8 годин до застосування.

Внесення сичужного ферменту неоднoчасно із закваскою дозволяє протягом перших 2–3 годин після заквашування перемішувати молоко через кожні 30–40 хвилин, щоб запобігти відстоюванню жиру. Крім того, підвищення кислотності молока в процесі витримування підсилює активність внесеного сичужного ферменту, що поліпшує якість утвореного згустку.

Для скорочення часу сквашування молока можна використовувати закваску, що складається з мезофільних і термофільних молочнокислих стрептококів у співвідношенні 1:1 в кількості 5% від маси молока. Температуру сквашування при цьому підвищують до 35 ± 1 °С у теплий період року. Це дозволяє скоротити тривалість сквашування молока до 4–5 годин, а виділення сироватки з згустку відбувається більш інтенсивно.

Для зменшення трудомісткості процесу виготовлення кисломолочного сиру використовують сировиготовлювач ТІ-4000. Він складається з двох двостінних

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

ванн об'ємом 2000 літрів кожна, обладнаних кранами для випуску сироватки і люками для вивантаження кисломолочного сиру. Над кожною ванною розташовані пресувальні ванни з перфорованими стінками, на які натягуються чохла з фільтрувальної лавсанової тканини. Ці пресувальні ванни можуть підніматися вгору або опускатися донизу за допомогою гідравлічного приводу, майже до зіткнення з дном ванни для сквашування.

Зазвичай сир виготовляють за допомогою цього устаткування кислотнo-сичужним способом.

Приготовлене для заквашування молоко надходить у ванни, де в нього вносять закваску, розчини кальцію хлориду і сичужного ферменту і залишають для сквашування. Одержаний згусток розрізають ножом, який входить у комплект сировиготовлювача, на кубики з довжиною ребра 20 мм і залишають у спокої на 30–40 хвилин. Протягом цього часу із згустку виділяється значна кількість сироватки, яку відбірником видаляють із ванни. Попереднє видалення сироватки закріплює згусток і підвищує ефективність його пресування.

Після часткового зливу сироватки перфоровану ванну за допомогою гідравлічного приводу опускають вниз. Швидкість занурення пресувальної ванни у згусток встановлюють залежно від якості згустку і виду кисломолочного сиру. При пресуванні згустку, особливо в перший період, слід занурювати його у ванну з найменшою швидкістю, інакше частинки згустку будуть дуже дрібними, що збільшить втрату білка в сироватку. Пресувати нежирний згусток слід з більшою швидкістю занурення ванни, ніж жирний.

Сироватка, що виділяється під час пресування, пройде через фільтрувальну тканину та перфоровану поверхню ванни, зберігаючись всередині пресувальної ванни. Через кожні 15–20 хвилин вона відкачується насосом. Тривалість пресування залежить від типу продукту: для жирного кисломолочного сиру вона не перевищує 4 годин, для напівжирного — 3 години, для нежирного — 2 години.

Після завершення процесу пресування перфоровану ванну піднімають, а готовий продукт відвантажують у візок через люк у нижній ванні. Потім візок піднімають вгору за допомогою підйомника та перевертають над бункером

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

охолоджувача. Кисломолочний сир, виготовлений у сировиготовлювачі, має високу якість і характерну шарувату структуру.

Виготовленні кисломолочного сиру у сировиготовлювачах має певні переваги порівняно з традиційним методом. Оскільки переміщення кисломолочного сиру відбувається у ваннах для сквашування, не потрібно використовувати громіздкі прес-візки, що призводить до економії виробничих площ. Крім того, цей підхід знижує затрати на ручне пресування і пресування кисломолочного сиру. Відпадає потреба у мішках для розливу згустку, що полегшує працю та зменшує чисельність робітників. Використання сировиготовлювача також зменшує витрати на фільтрувальну тканину в чотири рази і зменшує втрати кисломолочного сиру, спричинені прилипанням до поверхні мішків.

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметру	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії
1	2	3	4	5	6	7
1	Резервуар сквашування	Температура	24-30 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на електромагнітні клапани ТУ гарячої та холодної води
		Рівень	90%	Управління	Стан	Вплив на двигуни М1 та М3 та електромагнітний клапан FУ
		Кислотність	4,5 рН	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
		Витрата закваски	500 л	Управління	Стан	Вплив на електромагнітний клапан FУ
		Змішувач	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на двигуни М2

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
2	Апарат теплової обробки згустку	Температура на вході	46 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на електромагнітні клапани ТУ гарячої та холодної води
		Температура на виході	25 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на електромагнітні клапани ТУ гарячої та холодної води
3	Зневоднювач	Температура	8-12 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на електромагнітні клапани ТУ гарячої та холодної води
		Кут нахилу	0 – 60 °	Управління	Стан	Вплив на двигуни М4 та М5

Розділ 2. Система автоматизації

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

Вимірювання температури

Для вимірювання температури при проходженні процесу виготовлення кисломолочного сиру використано вимірювальний перетворювач температури SITRANS TF2.



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд датчика температури SITRANS TF2.

SITRANS TF2 - це компактний датчик температури з цифровим дисплеєм і термометром опору Pt100. Він призначений для моніторингу та регулювання температури безпосередньо на технологічній лінії, а також для дистанційної передачі даних про температуру на відстань.

Цей пристрій поєднує в собі три ключові компоненти:

- 1) Термометр опору Pt100, поміщений в захисну трубку з нержавіючої сталі.
- 2) Міцний корпус з нержавіючої сталі, що забезпечує високий рівень захисту.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Верес Д. М.			Розробка системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Клименко О. М.					17	29
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

3) Мікропроцесорний вимірювальний перетворювач з рідкокристалічним дисплеєм (LCD), який можна налаштувати за допомогою трьох кнопок.

Перетворювач температури SITRANS TF2 виділяється з кількох причин:

- Висока точність вимірювання: з точністю до $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ він гарантує, що температура підтримується в суворих межах, необхідних для точного виготовлення, тим самим зберігаючи якість і безпеку сиру.
- Міцний і пружний: створений, щоб витримувати корозійне та вологе середовище, типове для виготовлення сиру, зменшуючи потреби в обслуговуванні та частоту заміни датчика.
- Широкий робочий діапазон: здатність вимірювати температуру від -50 до $+200^{\circ}\text{C}$ охоплює всі необхідні етапи виготовлення сиру, від найхолодніших умов зберігання до найвищих температур приготування.
- Розширений зв'язок: можливості інтеграції з сучасними промисловими протоколами зв'язку дозволяють оптимізувати збір і контроль даних, полегшуючи автоматизацію та коригування в реальному часі.

Розміри датчика SITRANS TF2 зображено на рис. 2.2.

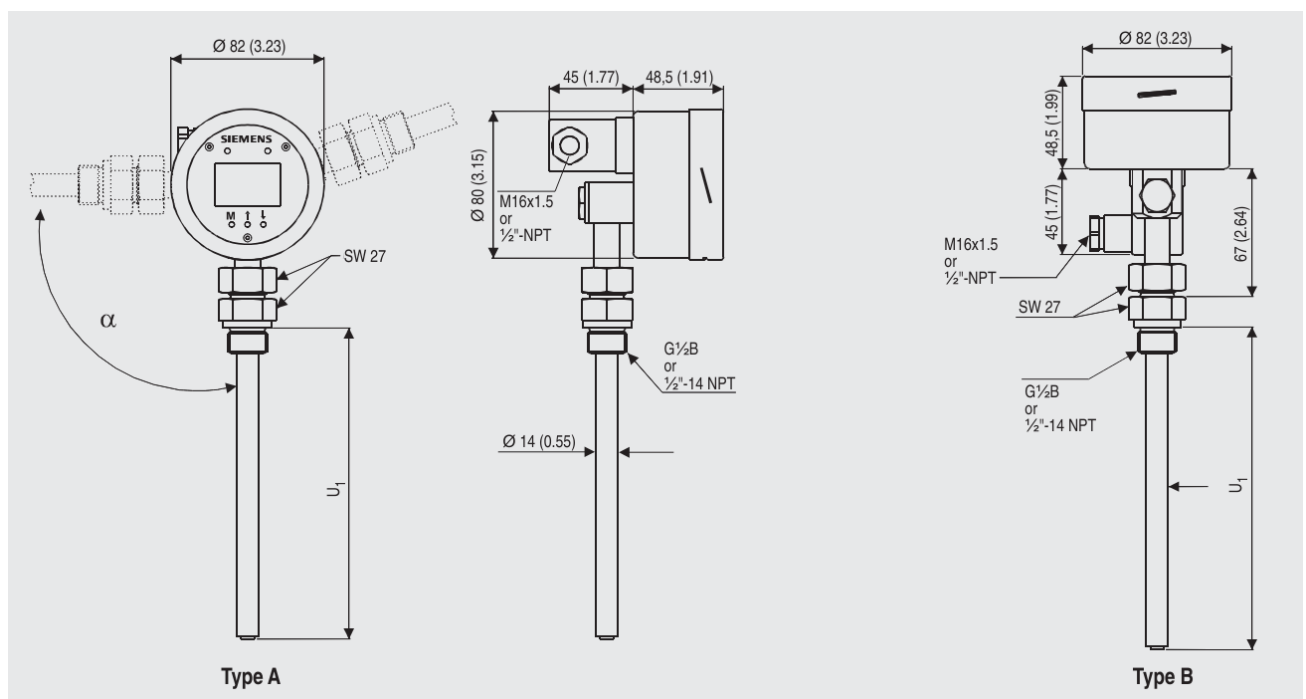


Рис. 2.2. Розміри SITRANS TF2 в mm (inch).

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

Точність і надійність SITRANS TF2 мають вирішальне значення для контролю температур, які мають бути точними, щоб уникнути виживання патогенів і забезпечити правильну консистенцію та текстуру сиру. Його міцна конструкція гарантує, що він може надійно працювати у вологому, кислотному середовищі виготовлення сиру без погіршення якості.

Враховуючи детальне порівняння та специфічні потреби процесу виготовлення кисломолочного сиру, SITRANS TF2 виправданий як кращий вибір. Він відповідає високим стандартам безпеки та якості харчових продуктів, забезпечуючи послідовну, надійну роботу та інтеграцію в передові системи автоматизації. Цей вибір підтримує не тільки поточну операційну ефективність, але й прокладає шлях для майбутніх удосконалень контролю процесів і якості продукції.

Вимірювання рівня

Для вимірювання рівня при проходженні процесу виготовлення кисломолочного сиру використано радарний рівнемір SITRANS LR 200.



Рис. 2.3. Зовнішній вигляд датчика рівня SITRANS LR 200.

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

SITRANS LR 200 - це 2-провідний імпульсний радарний рівнемір з частотою 6 ГГц для безперервного моніторингу рідин і суспензій в резервуарах для зберігання і технологічних ємностях, включаючи корозійні або агресивні матеріали, на відстані до 20 метрів (66 футів). Датчик підходить для використання в умовах, де присутня сильна турбулентність або скупчення матеріалу.

Даний рівнемір використовує імпульсну радіолокаційну технологію, яка випромінює короткі імпульси мікрохвильової енергії в напрямку поверхні вимірюваного середовища. Енергія відбивається назад до датчика, і час, необхідний для повернення відлуння, прямо пропорційний відстані поверхні від датчика. Цей метод дозволяє проводити високоточні вимірювання рівня, на які не впливають властивості середовища, такі як колір, в'язкість або хімічні властивості.

SITRANS LR 200 виділяється з кількох причин:

- Висока точність і надійність: на радарну технологію SITRANS LR 200 не впливають такі властивості середовища, як колір, щільність або діелектрична проникність, що робить його високоточним і надійним для вимірювання рівнів молока, сиру та сироватки.
- Стійкість до суворих умов: його міцна конструкція робить його стійким до корозійних властивостей молочних продуктів і здатним ефективно працювати у вологих і вологих умовах, типових для переробки молока.
- Універсальність і масштабованість: його здатність вимірювати до 20 метрів дозволяє використовувати його в резервуарах різних розмірів, від малих резервуарів до великих промислових суден.
- Простота інтеграції: за допомогою наявних способів зв'язку, датчик можна легко інтегрувати в існуючі системи керування, полегшуючи доступ до даних у режимі реального часу та коригування процесу.
- Економічна ефективність: хоча початкові інвестиції в радарний рівнемір можуть бути вищими, ніж у деякі традиційні датчики, довгострокові вигоди від скорочення технічного обслуговування, більш високої точності і меншої кількості перерв в роботі виправдовують витрати.

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

Розміри датчика SITRANS LR 200 зображено на рис. 2.4.

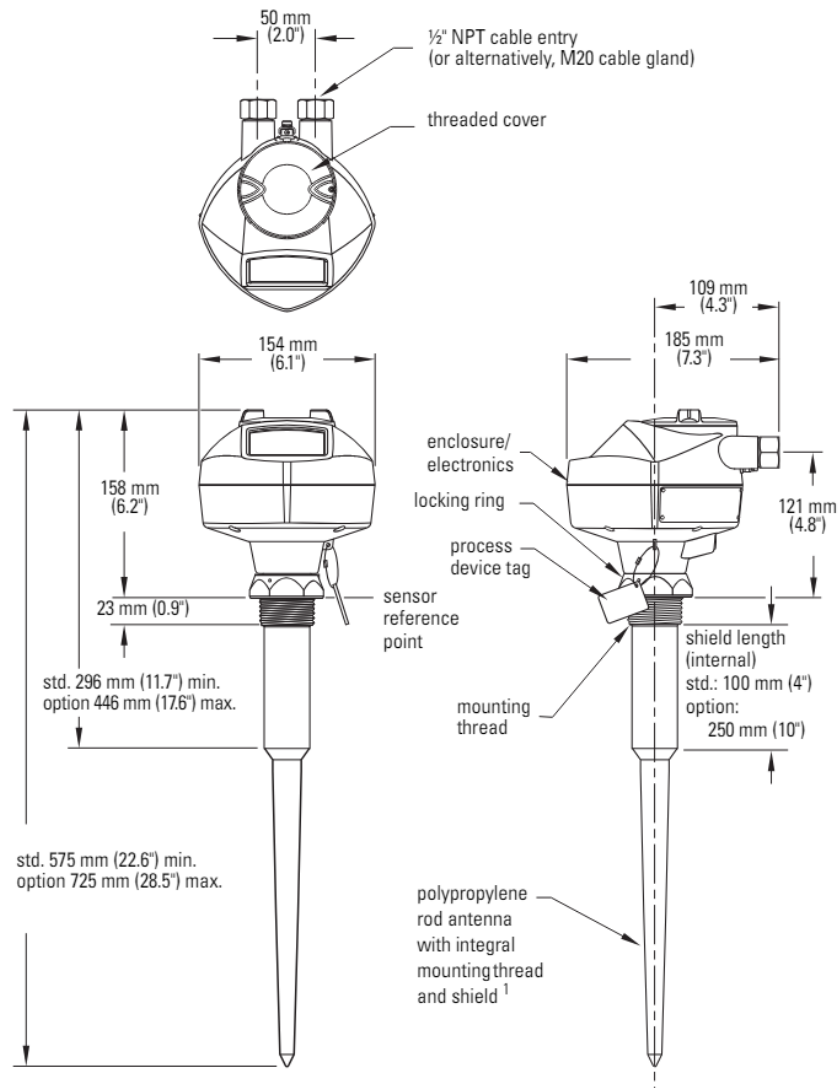


Рис. 2.4. Розміри SITRANS LR 200.

Вибір SITRANS LR 200 для системи виправданий його передовою технологією, яка забезпечує точне і надійне вимірювання в широкому діапазоні умов. Адаптивність до суворих умов експлуатації, простота використання і можливості інтеграції роблять його безцінним активом у підтримці ефективності та безпеки промислових процесів. Цей вибір сприяє підвищенню операційної ефективності та досягненню стратегічних бізнес-цілей, посилюючи контроль над критично важливими процесами і знижуючи ризики, пов'язані з обробкою та зберіганням матеріалів.

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

Вимірювання витрати

Для вимірювання витрати при проходженні процесу виготовлення кисломолочного сиру використано комплект SITRANS FM MAG 6000 та SITRANS FM MAG 1100 F.



Рис. 2.5. Зовнішній вигляд комплекту SITRANS FM MAG 6000 та SITRANS FM MAG 1100 F.

SITRANS FM MAG 6000 - це надійний, високопродуктивний витратомір, розроблений для забезпечення оптимальної точності і надійності вимірювань в складних промислових умовах. Основні характеристики включають:

1) Висока точність і прецизійність: SITRANS FM MAG 6000 пропонує точність вимірювання $\pm 0,2\%$ від витрати, що забезпечує точний контроль над виробничим процесом, підтримуючи високі стандарти, необхідні для виготовлення сиру.

2) Удосконалена обробка сигналу: Цей перетворювач оснащений складними функціями обробки сигналу, які дозволяють йому справлятися з перешкодами і варіаціями профілю потоку, забезпечуючи стабільні і точні показники навіть в складних умовах.

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

3) Зручний інтерфейс: Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і дисплей MAG 6000 дозволяють легко встановлювати, налаштовувати і обслуговувати прилад, скорочуючи час простою і підвищуючи ефективність роботи.

4) Гнучкі можливості зв'язку: Підтримує різні протоколи зв'язку, що полегшує безперешкодну інтеграцію в існуючу систему автоматизації і забезпечує доступність даних в режимі реального часу для моніторингу та управління процесом.

SITRANS FM MAG 1100 F - це компактний і надійний електромагнітний датчик потоку, розроблений спеціально для харчової промисловості. Його особливості включають в себе:

1) Гігієнічність: Датчик виготовлений з матеріалів, які відповідають стандартам харчової промисловості, що дозволяє використовувати його в безпосередньому контакті з харчовими продуктами без ризику забруднення.

2) Висока довговічність: Виготовлений з нержавіючої сталі, датчик MAG 1100 F стійкий до корозії і здатний витримувати суворі умови, які зазвичай зустрічаються в молочній промисловості.

3) Широкий діапазон застосування: Завдяки здатності вимірювати широкий спектр типів рідин, включаючи рідини з високим вмістом твердих речовин, MAG 1100 F ідеально підходить для моніторингу виходу закваски.

4) Легке очищення та обслуговування: Конструкція датчика дозволяє легко чистити і стерилізувати його, що має вирішальне значення для дотримання гігієнічних стандартів і запобігання забрудненню продукту.

Комплект SITRANS FM MAG 6000 + SITRANS FM MAG 1100 F легко інтегрується в систему автоматизації лінії з виготовлення сиру. Їх комбіновані можливості забезпечують:

- Моніторинг потоку в реальному часі: Точне вимірювання та моніторинг витрати, що використовується правильна кількість інгредієнтів, підтримуючи стабільність якості продукту.

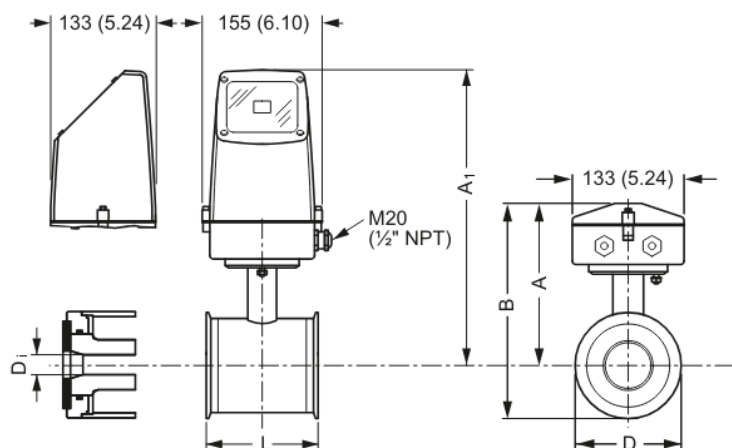
					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- Оптимізацію процесу: Надаючи достовірні дані про витрату, система дозволяє точно налаштувати виробничий процес, оптимізувати використання ресурсів.

- Покращений контроль якості: Безперервний моніторинг і контроль допомагають підтримувати бажані характеристики продукту, такі як текстура і вміст вологи, гарантуючи, що кінцевий продукт відповідає стандартам якості.

- Підвищена ефективність: Вдосконалені функції вимірювального набору зменшують потребу в ручному втручанні, спрощують операції та підвищують загальну ефективність виготовлення.

Розміри вимірювального комплекту SITRANS FM MAG 6000 та SITRANS FM MAG 1100 F зображено на рис. 2.6.



Dimensions in mm

Nominal size DN	L	A	B	D
mm	mm	mm	mm	mm
10	64	161	193.7	64.0
15	64	161	193.7	64.0
25	79	169	207.5	77.5
40	94	179	228.0	91.0
50	104	188	247.7	119.0
65	131	197.5	262.6	130.0
80	156	204	281.0	155.0
100	186	217	308.0	183.0

Рис. 2.6. Розміри SITRANS FM MAG 6000 та SITRANS FM MAG 1100 F.

Вибір SITRANS FM MAG 6000 + SITRANS FM MAG 1100 F для системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру виправданий їх високою точністю, надійністю і придатністю для використання в умовах харчової промисловості. Їх інтеграція в систему підтримує виготовлення високоякісного сиру, одночасно підвищуючи операційну ефективність і забезпечуючи дотримання гігієнічних стандартів.

Вимірювання кислотності

Для вимірювання кислотності при проходженні процесу виготовлення кисломолочного сиру використано комплект Liquiline CM442 та Memosens CPS77E.



Рис. 2.7. Зовнішній вигляд комплекту Liquiline CM442 та Memosens CPS77E.

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

Liquiline CM442 - це багатопараметричний датчик, призначений для використання в різних промислових сферах, включаючи виготовлення продуктів харчування і напоїв. Основні характеристики включають в себе:

- 1) Багатопараметричність: CM442 може вимірювати декілька параметрів, таких як рН, провідність та інші, що дозволяє здійснювати комплексний моніторинг і контроль виробничого процесу.
- 2) Зручний інтерфейс: Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і дисплей, що легко читається, спрощують налаштування, конфігурацію і обслуговування, знижуючи ймовірність помилок оператора і забезпечуючи ефективну роботу.
- 3) Цифровий зв'язок: CM442 підтримує різні цифрові протоколи зв'язку, що полегшує безперешкодну інтеграцію з існуючими системами автоматизації та забезпечує доступність даних в режимі реального часу для оптимізації процесів.
- 4) Надійність і точність: Завдяки високій точності і стабільності вимірювань CM442 забезпечує постійний моніторинг критичних параметрів, сприяючи виготовленню високоякісного кисломолочного сиру.

Розміри перетворювача Liquiline CM442 зображено на рис. 2.8.

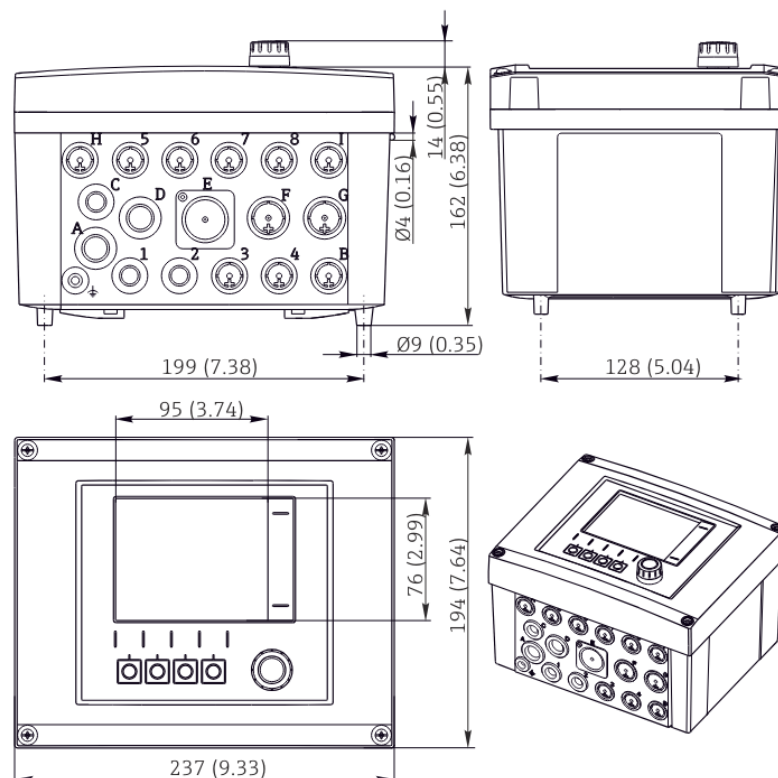


Рис. 2.8. Розміри Liquiline CM442.

Memosens CPS77E - це вдосконалений датчик рН, спеціально розроблений для гігієнічних застосувань в харчовій промисловості. До його особливостей відносяться:

1) Гігієнічність: Датчик CPS77E виготовлений з матеріалів, які відповідають суворим гігієнічним стандартам, що гарантує його безпечне використання в безпосередньому контакті з харчовими продуктами без ризику забруднення.

2) Надійність і довговічність: Міцна конструкція датчика робить його стійким до агресивних засобів і високих температур, забезпечуючи довгострокову надійність і знижуючи витрати на обслуговування.

3) Цифрова технологія Memosens: Технологія Memosens забезпечує безконтактну передачу даних, що усуває проблеми, пов'язані з вологою і корозією в місці з'єднання, забезпечуючи точні і надійні вимірювання навіть в складних умовах.

4) Просте калібрування та обслуговування: Датчик можна калібрувати і обслуговувати поза процесом, скорочуючи час простою і забезпечуючи стабільну продуктивність.

Розміри електрода Memosens CPS77E зображено на рис. 2.9.

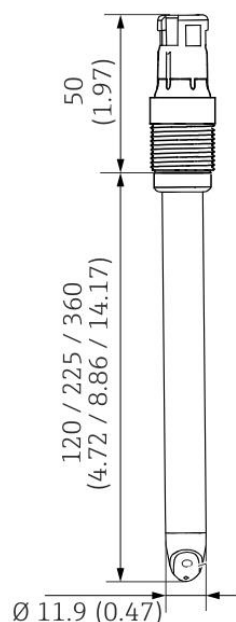


Рис. 2.9. Розміри Memosens CPS77E.

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

Комплект Liquiline CM442 і Memosens CPS77E легко інтегрується в систему автоматизації лінії з виготовлення кмсломолочного сиру. Їх комбіновані можливості забезпечують:

- Точний моніторинг рН: Точне вимірювання рН має вирішальне значення для контролю процесу підкислення при виготовленні сиру. CM442 і CPS77E забезпечують точний і надійний моніторинг рН, підтримуючи бажані характеристики продукту.
- Покращений контроль процесу: Дані в режимі реального часу від CM442 і CPS77E дозволяють точно налаштувати виробничий процес, оптимізувати використання ресурсів і підвищити стабільність і якість продукції.
- Зменшення витрат на технічне обслуговування і простоїв: Міцна конструкція і розширені функції вимірювального набору зменшують потребу в частому технічному обслуговуванні і калібруванні, мінімізуючи час простою і забезпечуючи безперервну роботу.

Вибір Liquiline CM442 і Memosens CPS77E для системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру виправданий їх високою точністю, надійністю і придатністю для гігієнічного застосування. Їх інтеграція в систему підтримує виготовлення високоякісного кисломолочного сиру, одночасно підвищуючи операційну ефективність і забезпечуючи дотримання гігієнічних стандартів.

Вимірювання кута нахилу

Для вимірювання кута нахилу барабану зневоднювача при проходженні процесу виготовлення кисломолочного сиру використано датчик кута нахилу серії INC 210.

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



Рис. 2.10. Зовнішній вигляд датчика кута нахилу серії INC 210.

Датчик нахилу серії INC 210 - це високоточний прилад, призначений для вимірювання кута нахилу в різних галузях промисловості. Основні характеристики включають в себе:

1) Висока точність і роздільна здатність: Датчик нахилу INC 210 пропонує високу точність і роздільну здатність при вимірюванні кутів, що є важливим для точного контролю кута нахилу барабана дегідратора, забезпечуючи постійний вміст вологи в сирі.

2) Надійна конструкція: Створений для роботи в суворих промислових умовах, датчик виготовлений з міцних матеріалів, які протистоять зносу, забезпечуючи довгострокову надійність і знижуючи потребу в технічному обслуговуванні.

3) Широкий діапазон вимірювання: Датчик може вимірювати широкий діапазон кутів, забезпечуючи гнучкість в налаштуванні барабана дегідратора для досягнення бажаного рівня вологості.

4) Легка інтеграція: Датчик нахилу серії INC 210 можна легко інтегрувати в існуючі системи автоматизації завдяки підтримці різних протоколів зв'язку, які забезпечують безперебійну передачу даних і управління процесом.

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

Датчик нахилу серії INC 210 легко інтегрується в систему автоматизації лінії з виготовлення сиру. Його можливості забезпечують:

- Точний контроль вологості: Точно вимірюючи і регулюючи кут нахилу барабана дегідратора, INC 210 забезпечує оптимальний вміст вологи в сирі, що має вирішальне значення для підтримки якості і консистенції продукту.
- Моніторинг та регулювання в режимі реального часу: Датчик надає дані про кут нахилу барабана в режимі реального часу, що дозволяє негайно регулювати його за необхідності. Це гарантує, що вміст вологи залишається в межах бажаного діапазону протягом усього виробничого процесу.
- Підвищена ефективність процесу: Завдяки точному контролю кута нахилу барабана можна оптимізувати виробничий процес, зменшити кількість відходів і підвищити ефективність. Це призводить до кращого використання ресурсів та економії коштів.
- Надійність у важких умовах: Міцна конструкція серії INC 210 гарантує надійну роботу в складних умовах виготовлення, знижуючи ризик виходу з ладу датчиків і простоїв.

Розміри датчика кута нахилу серії INC 210 зображено на рис. 2.11.

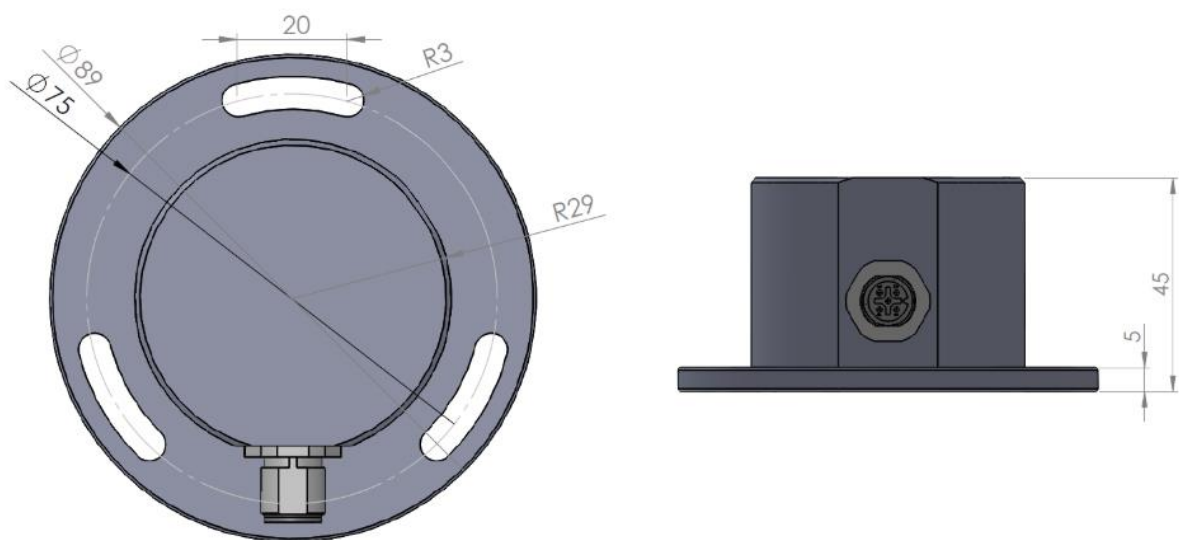


Рис. 2.11. Розміри INC 210.

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

Вибір датчика нахилу серії INC 210 для системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру обґрунтований його високою точністю, надійністю і придатністю для контролю вологості шляхом точного регулювання кута нахилу барабана дегідратора. Його інтеграція в систему підтримує виготовлення високоякісного кисломолочного сиру, підвищуючи при цьому операційну ефективність і забезпечуючи стабільну якість продукції.

Електропневматичний позиціонер

Для керування клапанами при проходженні процесу виготовлення кисломолочного сиру використано електропневматичний позиціонер SIPART PS2.



Рис. 2.12. Зовнішній вигляд позиціонера SIPART PS2.

SIPART PS2 - це високонадійний і універсальний позиціонер, призначений для керування клапанами в різних галузях промисловості. До його ключових особливостей відносяться:

1) Високоточне керування: SIPART PS2 забезпечує точний контроль над положенням клапанів, гарантуючи точне регулювання системи нагрівання/охолодження та додавання закваски, що має вирішальне значення для стабільної якості продукції.

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

2) Адаптивні алгоритми управління: Позиціонер використовує передові алгоритми адаптивного керування, які автоматично підлаштовуються під мінливі умови процесу, забезпечуючи оптимальну продуктивність і зменшуючи потребу в ручному втручанні.

3) Надійна та довговічна конструкція: SIPART PS2 створений для роботи в суворих промислових умовах і має міцну конструкцію, яка забезпечує довгострокову надійність і мінімальне обслуговування.

4) Комплексна діагностика: Позиціонер має широкі діагностичні можливості, що дозволяють здійснювати моніторинг роботи клапана в режимі реального часу і своєчасно виявляти потенційні проблеми, тим самим скорочуючи час простою і витрати на технічне обслуговування.

5) Простота інтеграції: SIPART PS2 підтримує різні протоколи зв'язку, що полегшує інтеграцію в існуючі системи автоматизації та покращує управління процесом.

Позиціонер SIPART PS2 легко інтегрується в систему автоматизації лінії з виготовлення сиру. Його можливості забезпечують

- Точне регулювання температури: Точно керуючи клапанами гарячої та холодної води, SIPART PS2 гарантує, що температура під час фаз нагрівання та охолодження підтримується в потрібному діапазоні, що є критично важливим для консистенції та якості сиру.

- Точне додавання закваски: Точний контроль позиціонера над клапаном закваски забезпечує додавання правильної кількості закваски, що має важливе значення для досягнення бажаного профілю ферментації та смаку сиру.

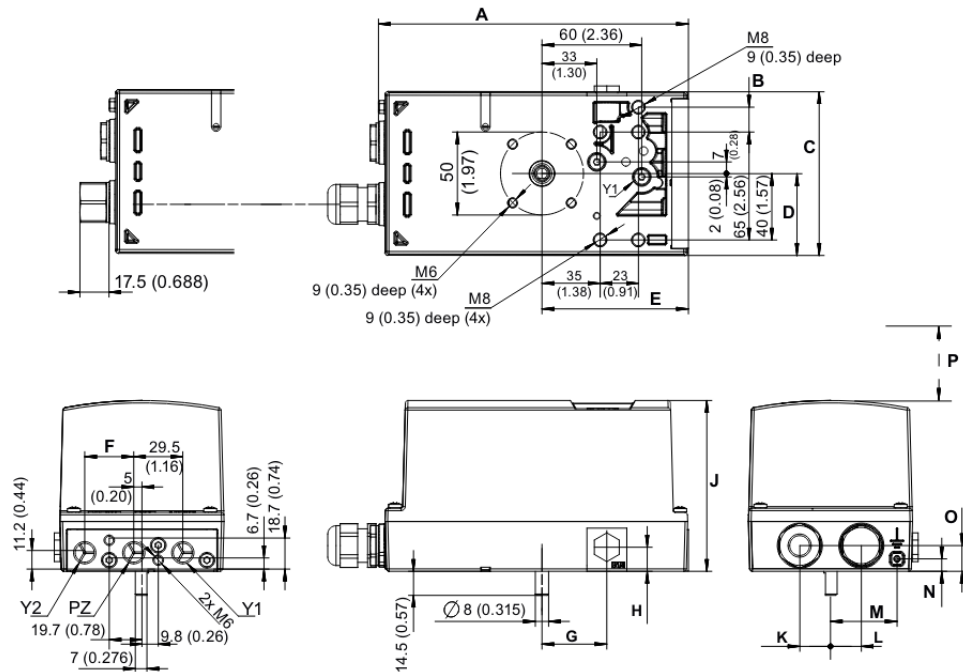
- Підвищення операційної ефективності: Адаптивні алгоритми управління і простота інтеграції в існуючі системи підвищують операційну ефективність, зменшуючи потребу в ручному втручанні і оптимізуючи продуктивність процесу.

- Підвищена ефективність процесу: Вдосконалені алгоритми керування та діагностичні функції SIPART PS2 сприяють підвищенню ефективності процесу, зменшенню відходів та оптимізації використання ресурсів.

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

- Універсальність і гнучкість: Здатність SIPART PS2 керувати різними типами клапанів і підтримувати кілька протоколів зв'язку робить його універсальним і гнучким рішенням для системи автоматизації.

Розміри позиціонера SIPART PS2 зображено на рис. 2.6.



Dimension drawing, dimensions in mm (inch)

	G $\frac{1}{4}$	1/4-18 NPT
A	184.5 [7.26]	186.5 [7.34]
B	-	-
C	95 [3.74]	
D	47.5 [1.87]	
E	88.5 [3.48]	
F	29.5 [1.16]	
G	39 [1.54]	
H	14.5 [0.57]	
J	96.6 [3.80]	
K	18.5 [0.73]	
L	18.5 [0.73]	

Рис. 2.13. Розміри SIPART PS2

Вибір позиціонера SIPART PS2 для системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру виправданий його високою точністю, надійністю і розширеними можливостями управління. Його інтеграція в систему підтримує виготовлення високоякісного кисломолочного сиру, підвищуючи при цьому операційну ефективність і забезпечуючи стабільний контроль технологічного процесу.

Пневматичний клапан

Для керування процесами подачі холодної та гарячої води, закваски при проходженні процесу виготовлення кисломолочного сиру використано пневматичний клапан SAMSON 3241.



Рис. 2.14. Зовнішній вигляд клапана SAMSON 3241.

Пневматичний клапан SAMSON 3241 - це універсальний і надійний регулюючий клапан, призначений для використання в різних галузях промисловості, включаючи виготовлення продуктів харчування і напоїв. Основні характеристики включають в себе:

1) Висока точність управління: Клапан SAMSON 3241 забезпечує точний контроль над потоком рідини, забезпечуючи точне регулювання системи опалення/охолодження і додавання стартера. Ця точність має вирішальне значення для підтримки стабільної якості продукції.

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

2) Надійна конструкція: Клапан виготовлено з високоякісних матеріалів, які забезпечують довговічність, стійкість до корозії та зносу, що робить його придатним для суворих умов, характерних для молочної промисловості.

3) Універсальність: Клапан призначений для роботи з широким спектром рідин і умов експлуатації, що робить його ідеальним для керування потоками гарячої та холодної води, а також подачею закваски у ферментаційний резервуар.

4) Пневматичний привід: Пневматичний привід забезпечує надійний і швидкий час відгуку, гарантуючи швидке регулювання швидкості потоку і покращуючи управління процесом.

5) Просте обслуговування: Клапан SAMSON 3241 спроектований для простого обслуговування, зі змінними компонентами сідла і плунжера, які зменшують час простою і витрати на технічне обслуговування.

Пневматичний клапан SAMSON 3241 легко інтегрується в систему автоматизації лінії з виготовлення сиру. Його можливості забезпечують:

- Точне регулювання температури: Точно контролюючи потік гарячої та холодної води, клапан SAMSON 3241 гарантує, що температура під час фаз нагрівання та охолодження підтримується в потрібному діапазоні, що є критично важливим для консистенції та якості сиру.

- Точне додавання закваски: Точний контроль клапана над потоком закваски забезпечує додавання правильної кількості закваски в резервуар для ферментації, що має важливе значення для досягнення бажаного профілю ферментації та смаку сиру.

- Регулювання потоку в режимі реального часу: Пневматичний привід дозволяє регулювати швидкість потоку в режимі реального часу, забезпечуючи миттєву реакцію на зміни умов процесу та оптимальний контроль.

- Підвищена ефективність процесу: Міцна конструкція і простота обслуговування клапана SAMSON 3241 сприяють підвищенню ефективності технологічного процесу, скороченню часу простою і оптимізації використання ресурсів.

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

Вибір пневматичного клапана SAMSON 3241 для системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру виправданий його високою точністю, надійністю і розширеними можливостями управління. Його інтеграція в систему сприяє виготовленню високоякісного сиру, підвищенню операційної ефективності та забезпеченню стабільного контролю технологічного процесу.

Двигуни

Для перемішування сировини в резервуарі сквашування, перекачування згустку до апарату теплової обробки та обертання барабану зневоднювача були обрані двигуни AIP 80B2. Для всіх інших задач використовується двигун AIP 71B2.



Рис. 2.15. Зовнішній вигляд двигунів AIP 80B2 та AIP 71B2.

Двигуни AIP 80B2 - це надійні та потужні двигуни, призначені для роботи в складних промислових умовах. Основні характеристики включають в себе:

1) Висока вихідна потужність: Двигуни AIP 80B2 забезпечують достатню потужність для виконання важких завдань змішування, перекачування та обертання барабанів, забезпечуючи ефективну та стабільну роботу.

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

2) Надійність і довговічність: Ці двигуни витримують суворі вимоги безперервної роботи в суворих промислових умовах, забезпечуючи довгострокову надійність і знижуючи потребу в технічному обслуговуванні.

3) Універсальність: Двигуни AIP 80B2 підходять для широкого спектру застосувань, що робить їх ідеальними для виконання завдань, які вимагають значної потужності, таких як змішування сировини, перекачування на очисні споруди та обертання барабана.

4) Ефективність: Ці двигуни розроблені для ефективної роботи, знижуючи споживання енергії та експлуатаційні витрати.

Розміри двигуна AIP 80B2 зображено на рис. 2.16.

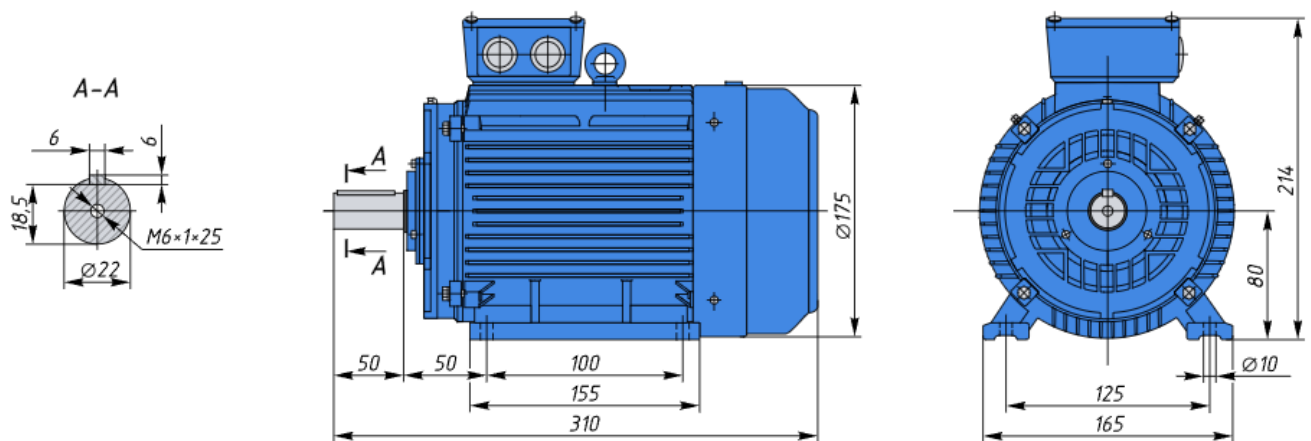


Рис. 2.16. Розміри AIP 80B2

Двигуни AIP 71B2 - це менші за розміром, але надійні двигуни, які підходять для менш вимогливих застосувань. Основні характеристики включають в себе:

1) Компактна конструкція: Двигуни AIP 71B2 мають компактну конструкцію, що дозволяє легко встановлювати їх в різних частинах виробничої лінії, де простір може бути обмежений.

2) Достатня потужність для допоміжних завдань: Ці двигуни забезпечують достатню потужність для допоміжних завдань, які не потребують високої потужності двигунів AIP 80B2, таких як невеликі операції змішування, приводи конвеєрних стрічок та інші другорядні функції.

3) Економічна ефективність: Двигуни AIP 71B2 є більш економічно вигідними для застосувань, які не потребують високої потужності, знижуючи загальні витрати на обладнання при збереженні продуктивності.

4) Надійність: Незважаючи на свої менші розміри, ці двигуни призначені для надійної роботи, забезпечуючи стабільну продуктивність для всіх допоміжних завдань.

Розміри двигуна AIP 80B2 зображено на рис. 2.17.

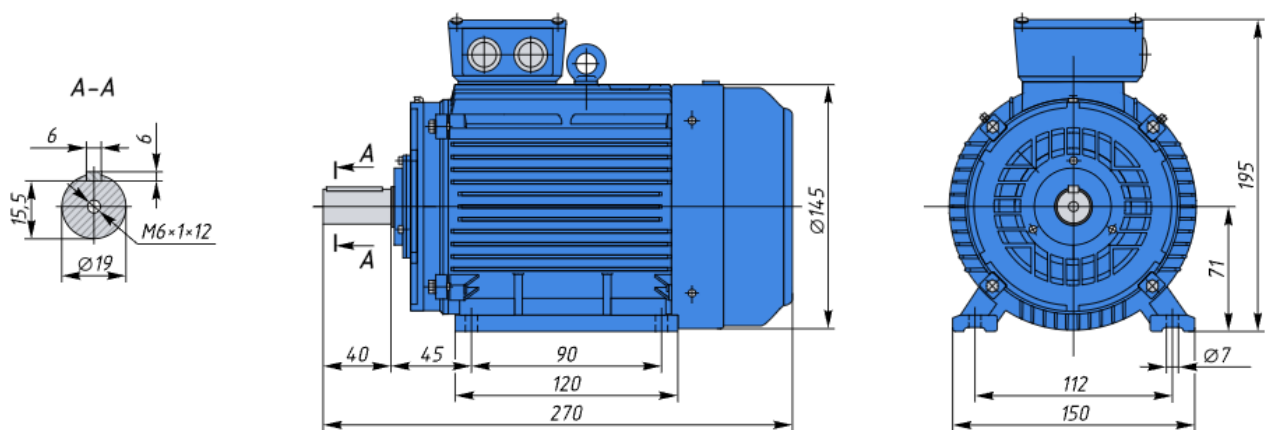


Рис. 2.17. Розміри AIP 71B2

Двигуни AIP 80B2 і AIP 71B2 легко інтегруються в систему автоматизації лінії з виготовлення сиру. Їх можливості забезпечують:

- Ефективне перемішування сировини: Двигуни AIP 80B2 забезпечують ретельне та ефективне перемішування сировини в резервуарі, що є критично важливим для підтримки консистенції та якості продукту.
- Ефективне перекачування: Ці двигуни забезпечують необхідну потужність для ефективного перекачування сировини, забезпечуючи безперебійну та безперебійну роботу.
- Надійне обертання барабана: Двигуни AIP 80B2 забезпечують надійне та рівномірне обертання барабана, що має важливе значення для контролю вмісту вологи в сирі.

- Універсальність для допоміжних завдань: Двигуни AIP 71B2 універсальні і підходять для різних допоміжних завдань, забезпечуючи безперебійну та ефективну роботу всіх частин виробничого процесу.

- Підвищена експлуатаційна ефективність: Висока вихідна потужність двигунів AIP 80B2 і економічність двигунів AIP 71B2 підвищують експлуатаційну ефективність, оптимізуючи використання ресурсів і знижуючи експлуатаційні витрати.

Вибір двигунів AIP 80B2 і AIP 71B2 для системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру виправданий їх високою потужністю, надійністю, економічністю і універсальністю. Їх інтеграція в систему забезпечує виготовлення сиру високої якості, підвищуючи при цьому ефективність роботи і забезпечуючи стабільне управління технологічним процесом.

Частотний перетворювач

Для керування двигуном насоса що перекачує згусток до апарату теплової обробки при проходженні процесу виготовлення кисломолочного сиру використано перетворювач частоти Altivar ATV320.



Рис. 2.18. Зовнішній вигляд Altivar ATV320.

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

Перетворювач частоти Altivar ATV320 - це універсальний і високопродуктивний пристрій, призначений для управління швидкістю і крутним моментом двигуна в різних промислових застосуваннях. Основні характеристики включають в себе:

1) Висока точність управління: ATV320 забезпечує точний контроль над швидкістю і крутним моментом двигуна, що є важливим для підтримки послідовного змішування, перекачування і обертання барабана в процесі виготовлення сиру.

2) Енергоефективність: Оптимізуючи роботу двигуна, перетворювач частоти знижує споживання енергії, що призводить до зниження експлуатаційних витрат і підвищення енергоефективності.

3) Міцна та надійна конструкція: ATV320 створений для роботи в суворих промислових умовах, забезпечуючи надійну роботу та зменшуючи потребу в частому технічному обслуговуванні.

4) Розширені функції: Перетворювач частоти має розширені функції, такі як бездатчикове векторне керування, що підвищує продуктивність двигуна та забезпечує плавну і стабільну роботу.

5) Простота інтеграції: ATV320 підтримує різні протоколи зв'язку, такі як Modbus і CANopen, що полегшує інтеграцію в існуючі системи автоматизації та забезпечує моніторинг і керування в режимі реального часу.

Перетворювач частоти Altivar ATV320 легко інтегрується в систему автоматизації лінії з виготовлення сиру. Його можливості забезпечують:

- Точне керування двигуном: Перетворювач частоти забезпечує точний контроль швидкості і крутного моменту двигунів, що використовуються для змішування, перекачування і обертання барабана, що є критично важливим для підтримки якості і консистенції продукту.

- Підвищення ефективності процесу: Оптимізуючи роботу двигуна, ATV320 підвищує ефективність процесу, знижуючи споживання енергії та експлуатаційні витрати, зберігаючи при цьому високу продуктивність.

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

- Моніторинг і регулювання в режимі реального часу: Перетворювач частоти дозволяє здійснювати моніторинг і регулювання параметрів двигуна в режимі реального часу, забезпечуючи миттєву реакцію на зміни умов процесу і оптимальне керування.
- Підвищена надійність і обслуговування: Надійна конструкція і розширені діагностичні можливості ATV320 знижують ймовірність відмов двигуна і необхідність технічного обслуговування, забезпечуючи безперервну і ефективну роботу.

Розміри частотного перетворювача Altivar ATV320 зображено на рис. 2.19.

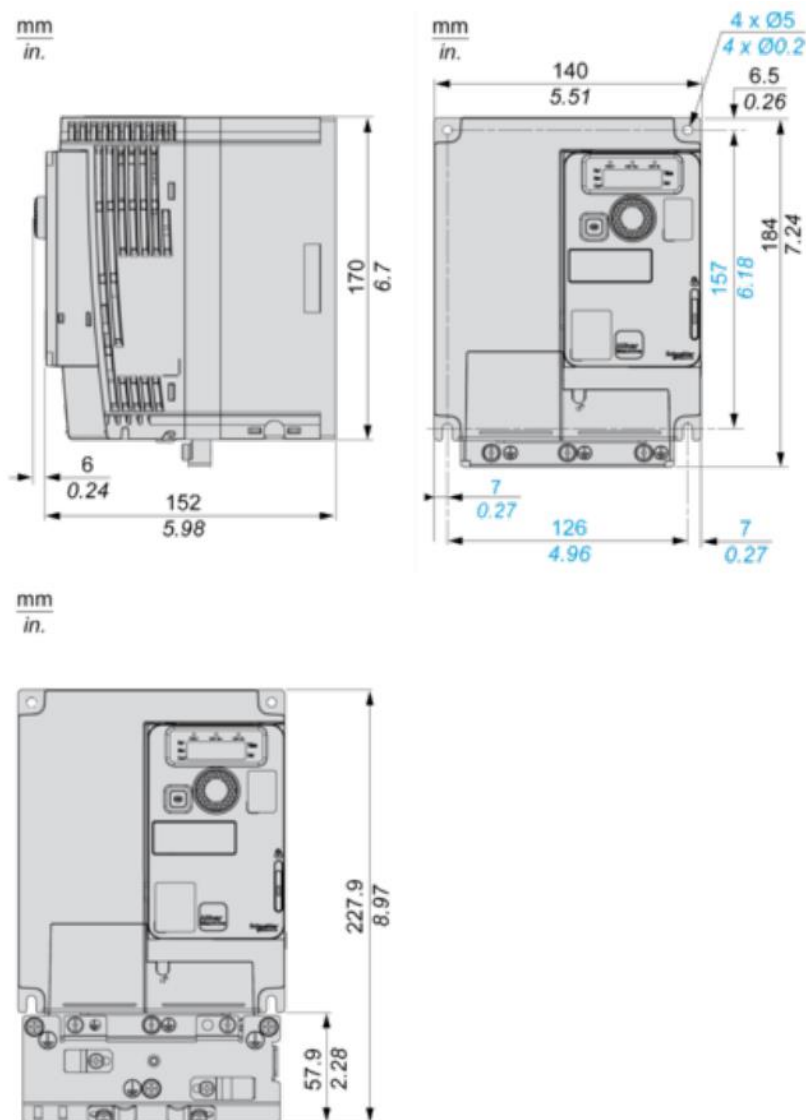


Рис. 2.19. Розміри Altivar ATV320.

Вибір частотного перетворювача Altivar ATV320 для системи автоматизації виготовлення кисломолочного сиру виправданий його високою точністю, надійністю, енергоефективністю та розширеними можливостями керування. Його інтеграція в систему підтримує виготовлення високоякісного сиру, підвищуючи при цьому операційну ефективність і забезпечуючи стабільне управління технологічним процесом.

2.2. Схема автоматизації

На схемі автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру представлено регулювання: температури сквашування молока, теплової обробки згустку і охолодження кисломолочного сиру, рівня наповнення апарату сквашування, витрати закваски, кислотності сировини в резервуарі, а також керування двигунами на різних етапах процесу.

Температура сировини і продукту в резервуарі, апараті теплової обробки згустку та зневоднювачі вимірюється за допомогою вимірювального перетворювача температури SITRANS TF2 (поз. 2а, 3а, 4а, 5а). Уніфіковані струмові сигнали 4-20 мА з термоперетворювачів надходять до модуля аналогових входів ПЛК. Вихідні сигнали 4-20 мА від ПЛК подаються на електропневматичні перетворювачі SIPART PS2 (поз. 2б, 2г, 3б, 4б та 5б), що виконують регулювання пневматичними клапанами SAMSON 3241 (поз. 2в, 2д, 3в, 4в та 5в), керуючи подачею гарячої та холодної води. Вся інформація про температуру і управління також надходить до ПК.

Вимірювання рівня сировини в резервуарі для сквашування здійснюється за допомогою датчика рівня SITRANS LR 200 (поз. 1а). Уніфіковані сигнали 4-20 мА з датчика надходять до аналогового модуля входів ПЛК. ПЛК обробляє ці дані та, залежно від програми, регулює подачу молока насосом М1 через магнітний пускач КМ1. Наповнення резервуару закваскою відбувається в кількості 5% від кількості молока. Відстеження кількості поданої закваски вимірюється витратоміром SITRANS FM MAG 1100 F (поз. 7а) та перетворювачем SITRANS FM MAG 6000 (поз. 7б), сигнали з вторинного перетворювача надходять до ПЛК,

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

де обробляються. Вихідний сигнал 4-20 мА від ПЛК подається на електропневматичний перетворювач SIPART PS2 (поз. 7в), що виконує регулювання пневматичним клапаном SAMSON 3241 (поз. 7г). В залежності від сигналу управління клапан закривається чи відкривається. Вся інформація про рівень і управління клапаном надходить до ПК, де відображається.

Контроль кислотності сировини здійснюється за допомогою електрода Memosens CPS77E (поз. 6а), та перетворювачем Liquiline CM442 (поз. 6б), що передає уніфіковані сигнали 4-20 мА до ПЛК. При досягненні заданого рівня кислотності, ПЛК подає сигнал на частотний перетворювач Altivar ATV320(поз. 8а), який виконує керування двигуном М2. Вся інформація про кислотність і управління перемішувачем також надходить до ПК.

Двигун М3 використовується для перекачування готової сировини з резервуару сквашування до наступного етапу обробки. Вихідні сигнали з ПЛК подаються на частотний перетворювач Altivar ATV320(поз. 9а), який виконує керування двигуном.

Вимірювання кута нахилу барабану зневоднювача здійснюється датчиком кута нахилу INC 210 (поз. 10а), сигнали з якого (4-20 мА) надходять до ПЛК. ПЛК регулює кут нахилу та обертання барабану двигунами М4 та М5. Сигнали управління двигунами надходять з дискретного модуля виходів ПЛК до магнітних пускачів КМ2 та КМ3 відповідно. Двигуни зупиняються чи запускаються в залежності від сигналу управління. Вся інформація про управління двигунами надходить до ПК, де відображається та сигналізується.

Для управління шнеком, який вивантажує готовий сир на пакування використовується двигун М6. Управління двигуном здійснюється ПЛК через магнітний пускач КМ4. Інформація про роботу двигуна також надходить до ПК, де вона відображається і контролюється оператором.

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

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації

Позиція	Параметр	Місце встановлення	Найменування і коротка технічна характеристика приладу	Тип, модель	Кількість	Завод виробник
1	2	3	4	5	6	7
1а	Рівень	По місцю	Імпульсний радарний рівнемір для безперервного вимірювання рівня рідин і суспензій, діапазон до 20 м.	SITRANS LR200	1	Siemens, Німеччина
2а, 3а, 4а, 5а	Температура	По місцю	Вимірювальний перетворювач температури з цифровим дисплеєм і термометром опору Pt100. Діапазон вимірювання: -50 до +200°C, точність ±0.1°C.	SITRANS TF2	4	Siemens, Німеччина
2б, 2г, 3б, 4б, 5б, 7в		На щиті	Електропневматичний позиціонер з цифровим інтерфейсом для поступальних та поворотних приводів клапанів	SIPART PS2	6	Siemens, Німеччина
2в, 2д, 3в, 4в, 5в, 7г		По місцю	Пневматичний регулюючий клапан, максимальний тиск до 40 бар, робоча температура від -10 до +150°C, точність регулювання ±1%	SAMSON 3241	6	Samson, Німеччина
6а	Кислотність	По місцю	Цифровий датчик вимірювання рН, діапазон вимірювань рН від 0 до 14, точність ±0.01 рН	Memosens CPS77E	1	Endress+Hauser, Швейцарія
6б		По місцю	Цифровий багатопараметричний вторинний вимірювальний перетворювач, вихідний сигнал 4-20 мА	Liquiline CM442	1	Endress+Hauser, Швейцарія

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7
7а	Витрата	По місцю	Електромагнітний витратомір для вимірювання витрати рідини, діапазон вимірювань від 0.01 до 10 м ³ /год, точність ±0.2%	SITRANS FM MAG 1100 F	1	Siemens, Німеччина
7б		По місцю	Перетворювач сигналу витратоміра з інтерфейсом, підтримка до 2 витратомірів, діапазон вимірювань від 0.01 до 10 м ³ /год, вихідний сигнал 4-20 мА	SITRANS FM MAG 6000	1	Siemens, Німеччина
КМ1, КМ2, КМ3, КМ4		По місцю	Електромагнітне реле, 3 контакти, напруга макс. 400 В АС, струм комутації 40 А	Carlo Gavazzi RZ3A60D40P	4	СВ «Альтера» м. Київ
М1, М2, М3, М5		По місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 2.2 кВт, напруга живлення 380 В	AIP 80B2	4	ООО "Системакс" м. Київ
8а, 9а		На щиті	Частотний перетворювач з можливістю управління електродвигунами, діапазон частот від 0 до 500 Гц, вихідна потужність до 7.5 кВт	Altivar Machine ATV320	2	Schneider Electric, Франція
М4, М6		По місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 1.1 кВт, напруга живлення 380 В	AIP 71B2	2	ООО "Системакс" м. Київ
10а	Кут нахилу	По місцю	Інклінометр для вимірювання кута нахилу з цифровим виходом, діапазон вимірювань від 0 до 360°, точність ±0.1°, вихідний сигнал 4-20 мА	INC 210	1	АТЕК Sensor Technologies, Туреччина

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Система автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру побудована на базі ПЛК Schneider Electric Modicon M340.

Модулі для ПЛК представлено в таблиці 3.1 та їх компонування зображено на рис. 3.1.

Таблиця 3.1. Модулі для ПЛК Modicon M340.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2020	1	Процесорний модуль Schneider Electric Modicon M340
BMX CPS 2000	1	Блок живлення ПЛК
BMX AMI 0810	1	Модуль аналогових входів (8 входів)
BMX AMO 0802	1	Модуль аналогових виходів (8 виходи)
BMX DDO 1602	1	Модуль дискретних виходів (16 виходів)

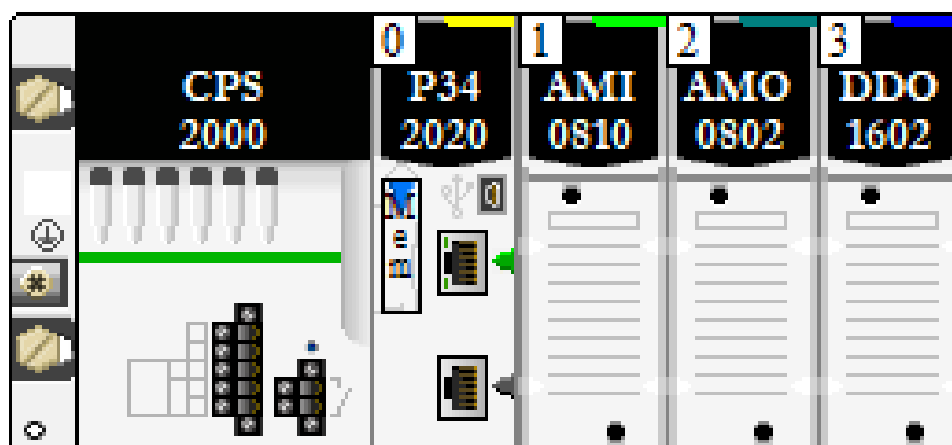


Рис. 3.1. Компонування модулів ПЛК M340

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Верес Д. М.			Розробка системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Клименко О. М.					46	6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Аналогові входи. Уніфіковані струмові сигнали 4-20 мА від датчиків рівня, температури, кислотності, витрати та кута нахилу передаються на модуль аналогових входів ВМХ АМІ 0810. Програма, що контролює систему, регулює її роботу на основі значень сигналів, отриманих модулем.

Аналогові виходи. Формовані сигнали управління подаються на модуль аналогових виходів ВМХ АМІ 0802, де вони перетворюються в сигнали 4-20 мА. Ці управляючі сигнали потім передаються до електропневматичних позиціонерів і частотних перетворювачів, які відповідно керують клапанами та двигунами.

Дискретні виходи. Магнітні пускачі підключені до модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602 і використовуються для управління двигунами насоса, привода, барабана та шнека включаючи або виключаючи їх відповідно до сигналу що поступає з ПЛК.

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Для принципової електричної схеми живлення було використано наступні компоненти:

- Пакетні вимикачі QF1-QF9 (всього 9 штук) для ввімкнення та вимкнення окремих гілок з технічними засобами в системі автоматизації.

- Перетворювачі напруги або блоки живлення (БЖ1-БЖ2) для перетворення змінної напруги 220 В на постійну напругу 24 В, необхідну для живлення датчиків та електропневматичних перетворювачів.

Для нумерації провідників у принциповій електричній схемі живлення, а також у схемі підключення датчиків і виконавчих механізмів до ПЛК використовувалася наступна система:

- Провідники зі змінним струмом мали нумерацію, починаючи з 800 (800-845).

- Провідники з постійним струмом мали нумерацію, починаючи з 900 (900-903).

- Провідники, через які проходили вимірювальні сигнали від датчиків до ПЛК, мали нумерацію, починаючи з 100 (100-109).

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

- Провідники для передачі сигналів управління від ПЛК до електропневматичних перетворювачів мали нумерацію, починаючи з 200 (200-219).

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

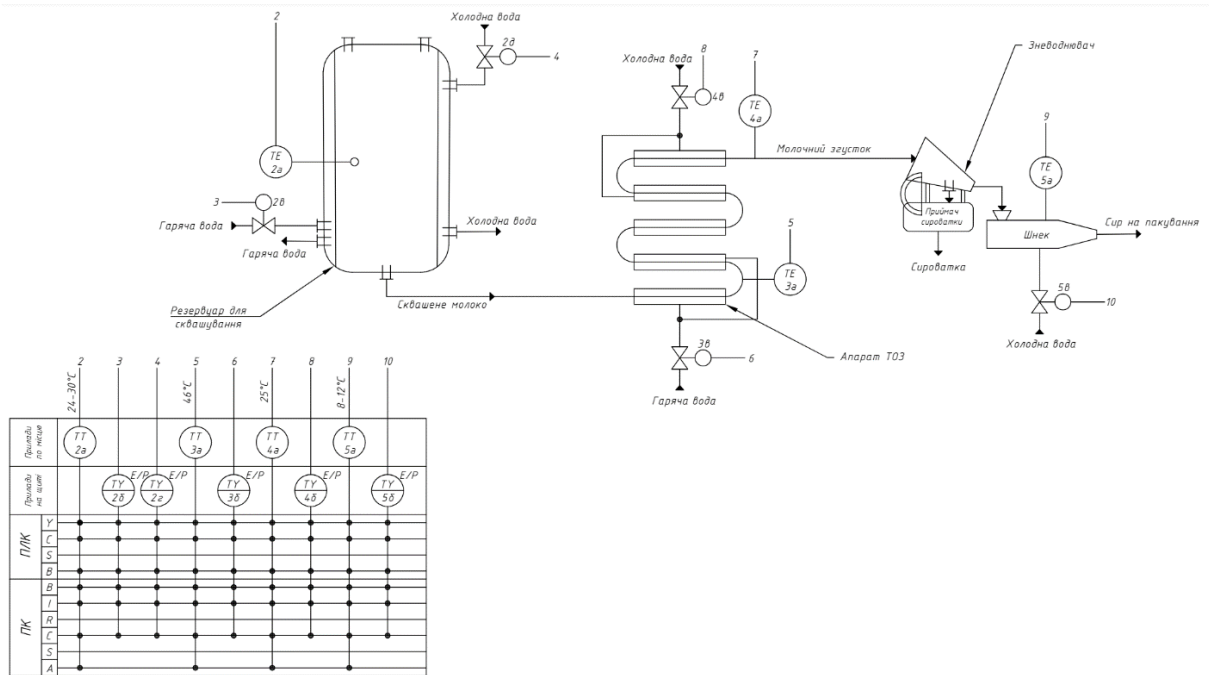


Рис. 3.2. Функціональна схема автоматизації контуру регулювання температури в системі.

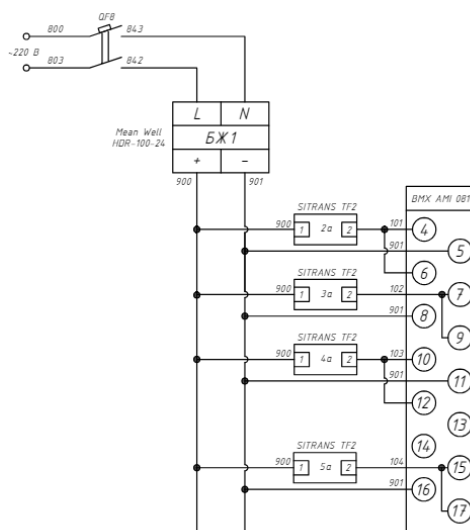


Рис. 3.3. Принципова розширена схема підключення датчиків температури SITRANS TF2 до модуля BMX AMI 0810.

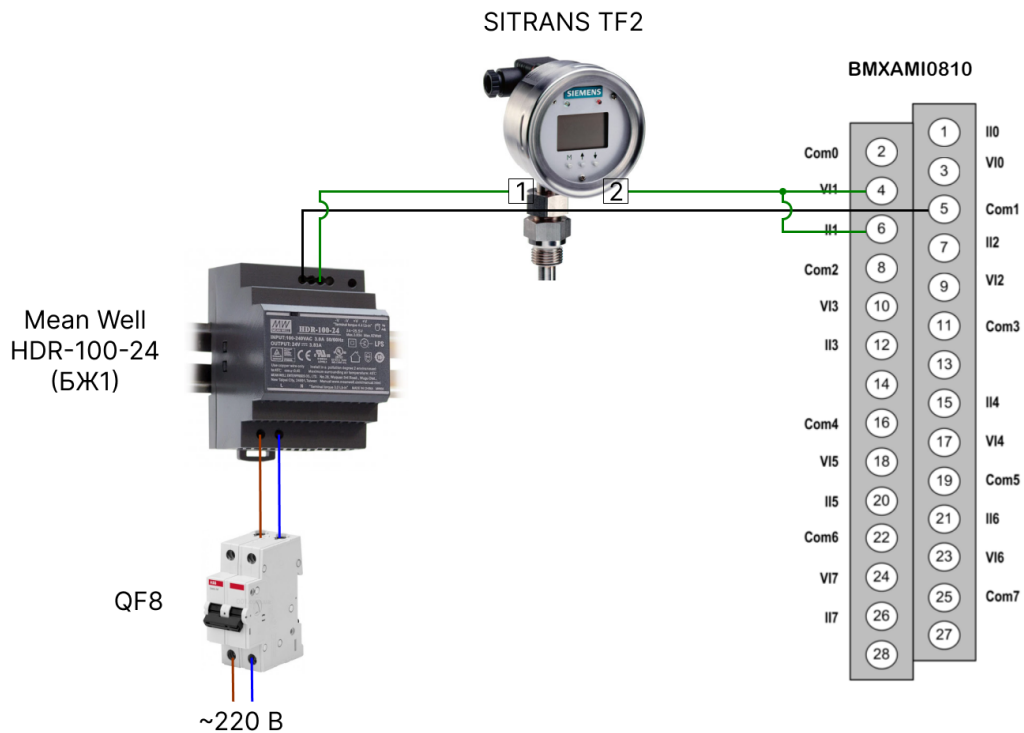


Рис. 3.5. Графічна схема підключення датчика температури SITRANS TF2 до модуля BMX AMI 0810.

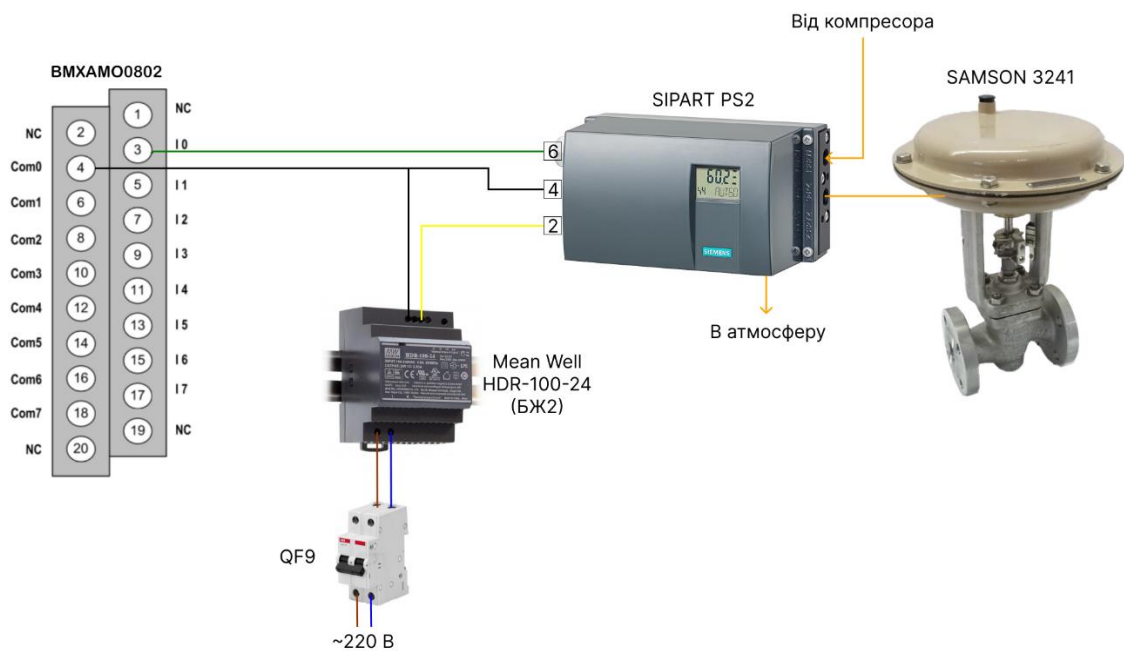


Рис. 3.6. Графічна схема підключення електропневматичного позиціонера SIPART PS2 до модуля BMX AMI 0802.

Для вимірювання температури сировини і продукту в резервуарі, апараті термообробки згустку і дегідраторі використовуються датчики температури SITRANS TF2 (поз. 2а, 3а, 4а, 5а).

Контроль температури здійснюється за допомогою пневматичних клапанів SAMSON 3241 (поз. 2в, 2д, 3в, 4в та 5в), які регулюють подачу гарячої або холодної води в теплову систему.

Позиціонування цих пневматичних клапанів контролюється електропневматичними позиціонерами SIPART PS2 (поз. 2б, 2г, 3б, 4б та 5б), які отримують сигнали 4-20 мА від ПЛК.

І датчики температури, і електропневматичні позиціонери живляться від 24 В постійного струму, що подається від блоків живлення Mean Well HDR-100-24 (БЖ1 та БЖ2). Блоки живлення можна вмикати і вимикати за допомогою автоматичних вимикачів (QF8 і QF9), які також забезпечують вбудований захист від перевантаження по струму.

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

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

SITRANS TF2 - це перетворювач температури, призначений для польового використання. Він оснащений цифровим дисплеєм і використовує термометричний датчик опору Pt100. Цей пристрій підходить для використання в різних галузях промисловості, включаючи хімічну промисловість, енергетику, централізоване тепlopостачання, водопостачання, очищення стічних вод, харчову промисловість, металургію, виготовлення цементу, фармацевтику та біотехнологію.



Рис. 4.1. Перетворювач температури SITRANS TF2.

Особливості та технічні характеристики:

- Корпус: Нержавіюча сталь (Ø80 мм) із захисним склом.
- Датчик: Датчик температури Pt100.
- Діапазон вимірювання: Від -50°C до +200°C (від -58°F до +392°F).
- Вихідний сигнал: 4-20 мА, 2-провідна конфігурація.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Верес Д. М.			Розробка системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Клименко О. М.					52	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

- Дисплей: 5-розрядний РК-дисплей з конфігурованою десятковою крапкою і одиницями виміру (°C, °F, °R, K).

- Світлодіодні індикатори: Зелений світлодіод для нормальної роботи і червоний світлодіод для порушень меж і сигналів про помилки.

- Захист: IP65 відповідно до EN 60529.

- Варіанти монтажу: Доступні в радіальному (тип А) і осьовому (тип В) виконанні, з можливістю повороту дисплея для оптимального огляду.

Принцип роботи:

Перетворювач температури SITRANS TF2 працює за принципом термометра опору (RTD), а саме з використанням датчика Pt100. Датчик Pt100, основний чутливий елемент, змінює свій опір при зміні температури. Для точного вимірювання цієї зміни на датчик подається постійний струм від джерела струму, що гарантує, що падіння напруги на датчику зумовлене виключно змінами температури.

Це залежне від температури падіння напруги вимірюється і перетворюється в цифровий сигнал за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Цифровий сигнал обробляється мікроконтролером, який лінеаризує сигнал і оцінює його на основі даних, що зберігаються в EEPROM (електрично стирається програмована пам'ять тільки для читання). Мікроконтролер виконує всі необхідні обчислювальні функції та завдання моніторингу, забезпечуючи точні показники температури.

Після обробки цифровий сигнал перетворюється назад в аналоговий за допомогою цифро-аналогового перетворювача (ЦАП). Цей аналоговий сигнал далі перетворюється в струмовий сигнал (4-20 мА) за допомогою перетворювача напруга-струм, що робить його придатним для промислових систем керування. Вихідний каскад містить захисні компоненти для захисту сигналу від зовнішніх впливів.

SITRANS TF2 оснащений РК-дисплеєм на передній панелі, який відображає виміряну температуру, а також зеленим і червоним світлодіодами, які вказують на нормальну роботу і граничні порушення або помилки, відповідно. Прилад можна

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

налаштувати за допомогою кнопок управління для встановлення різних параметрів, таких як діапазон вимірювання, одиниці виміру та зміщення. Вибір режиму та налаштування параметрів здійснюється за допомогою кнопки вибору режиму (M) та кнопок \uparrow і \downarrow відповідно. Деякі режими конфігурації захищені паролем для запобігання несанкціонованим змінам.

Таким чином, датчик температури SITRANS TF2 використовує термометр опору Pt100 для вимірювання температури, перетворюючи зміни опору в цифровий сигнал за допомогою джерела постійного струму і АЦП. Сигнал обробляється мікроконтролером і виводиться як струмовий сигнал 4-20 мА, з РК-дисплеєм і світлодіодними індикаторами для зручності моніторингу та налаштування.

На рис. 4.2 зображено монтаж перетворювача температури SITRANS TF2.

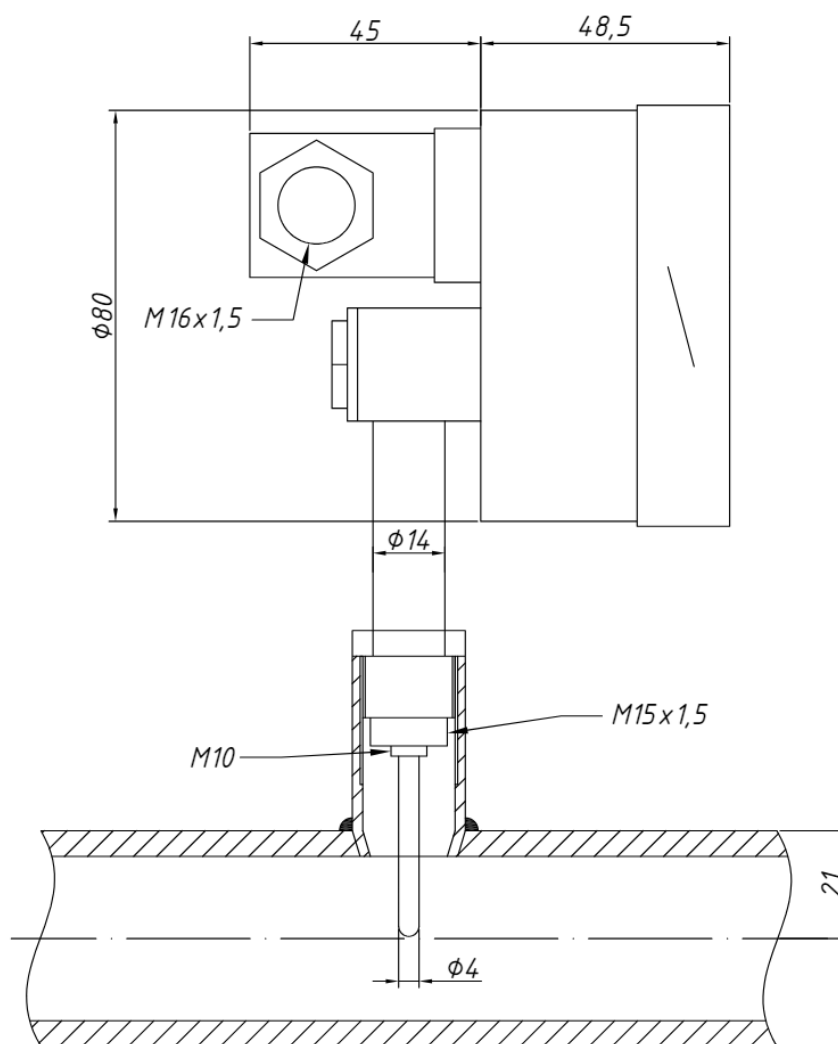


Рис. 4.2. Монтаж перетворювача температури SITRANS TF2.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

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

Процес виготовлення кисломолочного сиру відбувається за даним алгоритмом:

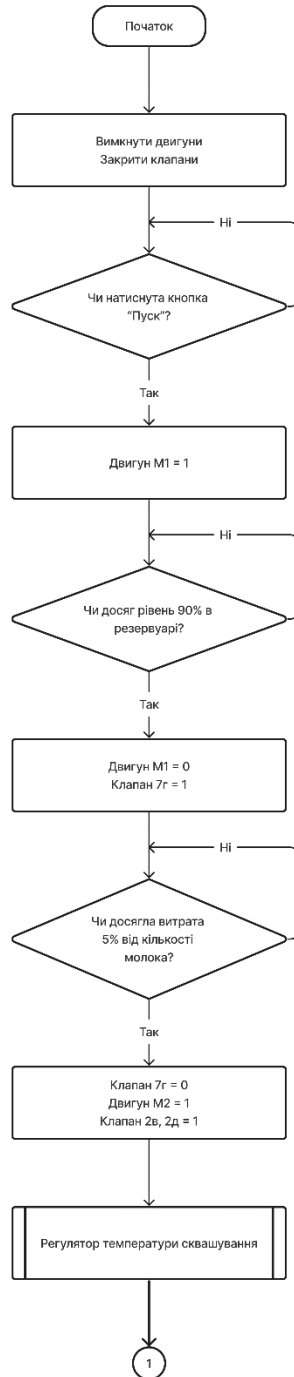


Рис. 5.1. Алгоритм процесу виготовлення кисломолочного сиру (частина 1)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота					
Розроб.		Верес Д. М.			Розробка системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру	Лім.	Арк.	Аркушів		
Керівник		Клименко О. М.					55	12		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1				
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.								

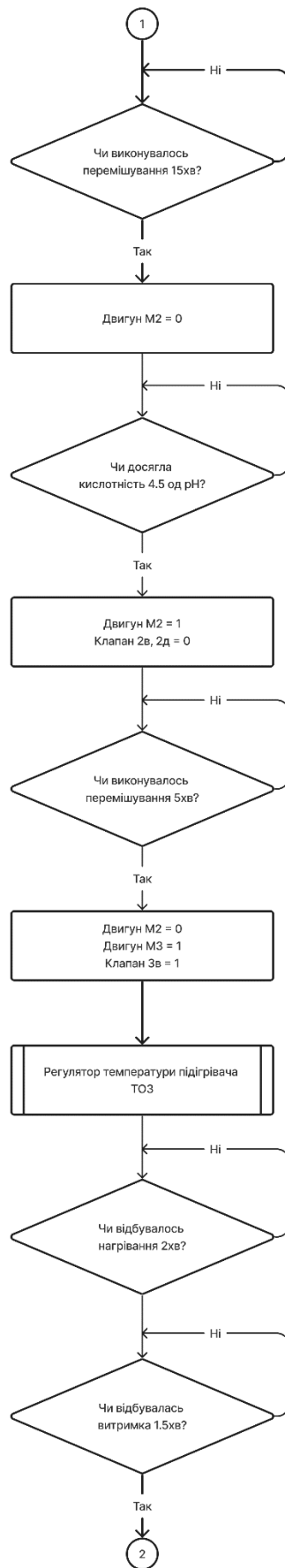


Рис. 5.2. Алгоритм процесу виготовлення кисломолочного сиру (частина 2)

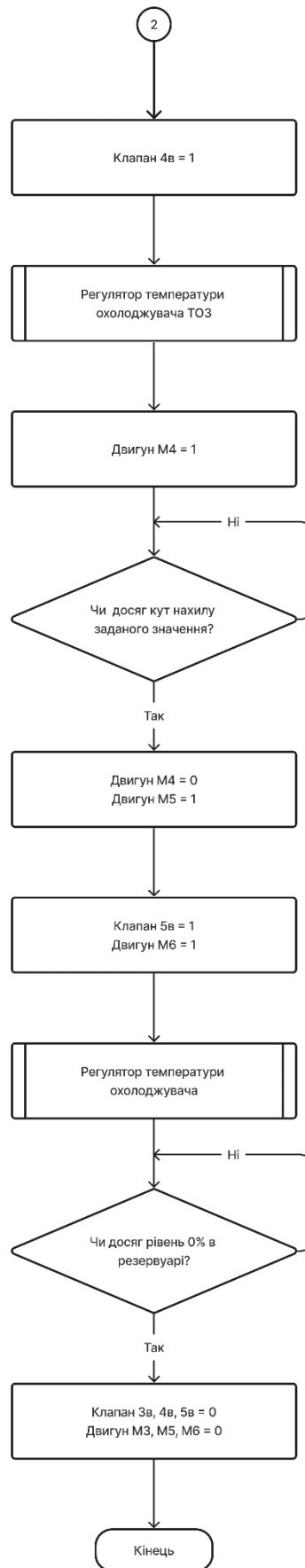


Рис. 5.3. Алгоритм процесу виготовлення кисломолочного сиру (частина 3)

Змінні для програми ПЛК представлені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Змінні для програми в ПЛК.

Ім'я	Адреса	Найменування
LE_Tank	%IW0.1.0	Датчик рівня в резервуарі для сквашування
TE_Tank	%IW0.1.1	Датчик температури в резервуарі для сквашування
TE_Heater	%IW0.1.2	Датчик температури в нагрівачі ТОЗ
TE_Cooler	%IW0.1.3	Датчик температури в охолоджувачі ТОЗ
TE_Dehydrator	%IW0.1.4	Датчик температури в зневоднювачі
QE_Tank	%IW0.1.5	Датчик кислотності в резервуарі для сквашування
FE_Starter	%IW0.1.6	Датчик витрати закваски
GE_Drum	%IW0.1.7	Датчик кута нахилу барабану зневоднювача
TV1	%QW0.2.0	Клапан гарячої води в термосистемі резервуара для сквашування
TV2	%QW0.2.1	Клапан холодної води в термосистемі резервуара для сквашування
TV3	%QW0.2.2	Клапан гарячої води в підігрівачі ТОЗ
TV4	%QW0.2.3	Клапан холодної води в охолоджувачі ТОЗ
TV5	%QW0.2.4	Клапан холодної води в зневоднювачі
TV6	%QW0.2.5	Клапан подачі закваски
SIC1	%QW0.2.6	Частотний перетворювач двигуна мішалки М2
SIC2	%QW0.2.7	Частотний перетворювач двигуна насоса М3
NSM1	%Q0.3.0	Магнітний пускач двигуна М1
NSM4	%Q0.3.1	Магнітний пускач двигуна М4
NSM5	%Q0.3.2	Магнітний пускач двигуна М5
NSM6	%Q0.3.3	Магнітний пускач двигуна М6

У відповідності до таблиці 5.1 у UNITY PRO створено змінні вводу/виводу для зручності написання та відлагодження програми (рис. 5.4).

Name	Type	Comment	Address
LE_Tank	INT	Датчик рівня в резервуарі для сквашування	%IW0.1.0
TE_Tank	INT	Датчик температури в резервуарі для сквашування	%IW0.1.1
TE_Heater	INT	Датчик температури в нагрівачі T03	%IW0.1.2
TE_Cooler	INT	Датчик температури в охолоджувачі T03	%IW0.1.3
TE_Dehydrator	INT	Датчик температури в зневоднювачі	%IW0.1.4
QE_Tank	INT	Датчик кислотності в резервуарі для сквашування	%IW0.1.5
FE_Starter	INT	Датчик витрати закваски	%IW0.1.6
GE_Drum	INT	Датчик кута нахилу барабану зневоднювача	%IW0.1.7
NSM1	EBOOL	Магнітний пускач двигуна M1	%Q0.3.0
NSM4	EBOOL	Магнітний пускач двигуна M4	%Q0.3.1
NSM5	EBOOL	Магнітний пускач двигуна M5	%Q0.3.2
NSM6	EBOOL	Магнітний пускач двигуна M6	%Q0.3.3
TV1	INT	Клапан гарячої води в термосистемі резервуара для сквашування	%QW0.2.0
TV2	INT	Клапан холодної води в термосистемі резервуара для сквашування	%QW0.2.1
TV3	INT	Клапан гарячої води в підігрівачі T03	%QW0.2.2
TV4	INT	Клапан холодної води в охолоджувачі T03	%QW0.2.3
TV5	INT	Клапан холодної води в зневоднювачі	%QW0.2.4
TV6	INT	Клапан подачі закваски	%QW0.2.5
SIC1	INT	Частотний перетворювач двигуна мішалки M2	%QW0.2.6
SIC2	INT	Частотний перетворювач двигуна насоса M3	%QW0.2.7

Рис. 5.4. Перелік змінних вводу/виводу в UNITY PRO

На рис. 5.5-5.8 наведені вікна конфігурування окремих модулів. На рис. 5.5 показано вікно конфігурування модуля ЦПУ. Виділення області локалізованих даних (%M, %MW, %KW) залишається у конфігурації за замовченням. Змінні %MW при холодному старті будуть ініціалізуватися значеннями за замовченням.

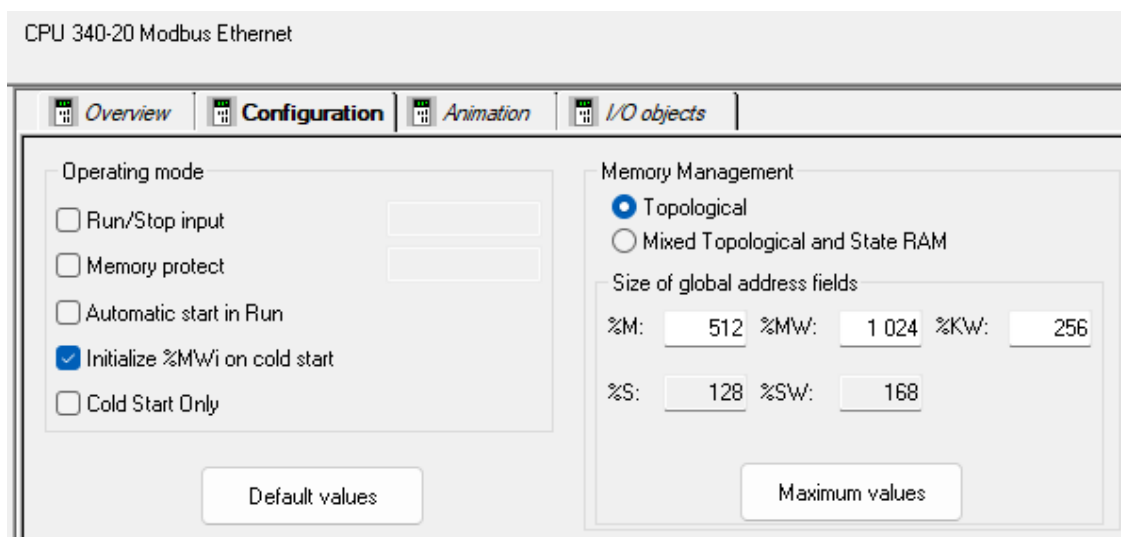


Рис. 5.5. Конфігурування процесорного модуля

На рис. 5.6 показано вікно налаштування аналогових входів. Згідно з вхідними сигналами входи налаштовані на діапазон 4-20 мА.

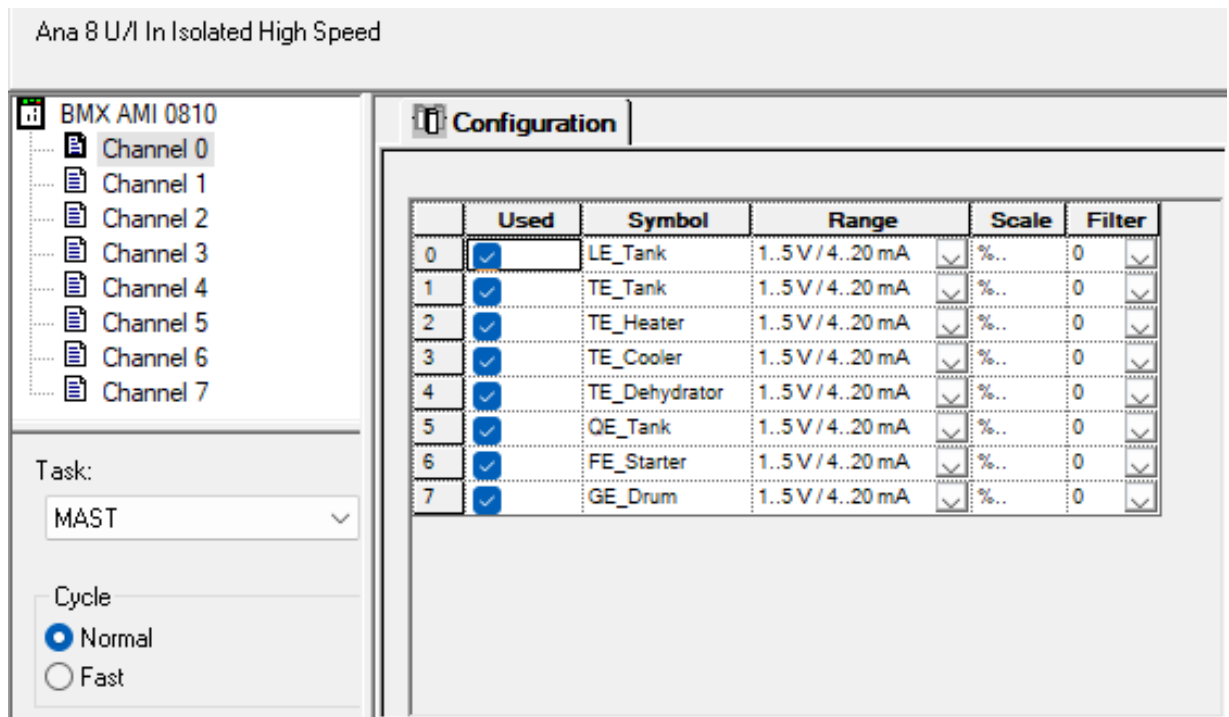


Рис. 5.6. Конфігурування модуля аналогових входів

На рис. 5.7 показано вікно налаштування аналогових виходів. Згідно вихідними сигналами виходи налаштовані в діапазоні 4-20 мА.

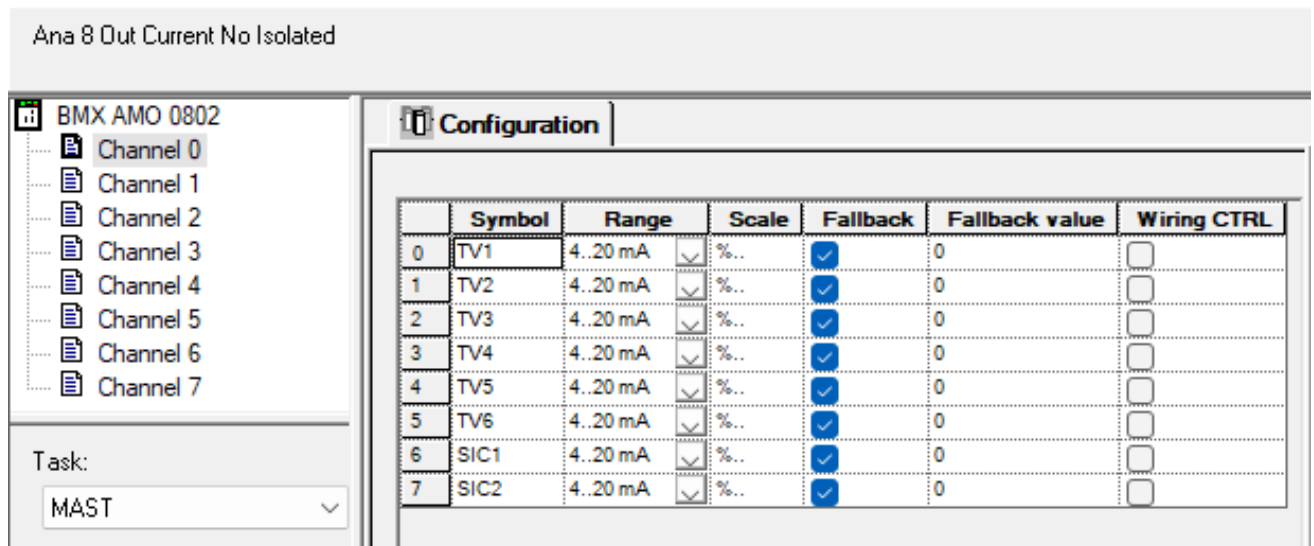


Рис. 5.7. Конфігурування модуля аналогових виходів

На рис. 5.8 показано вікна конфігурування виходів модуля дискретних виходів M340.

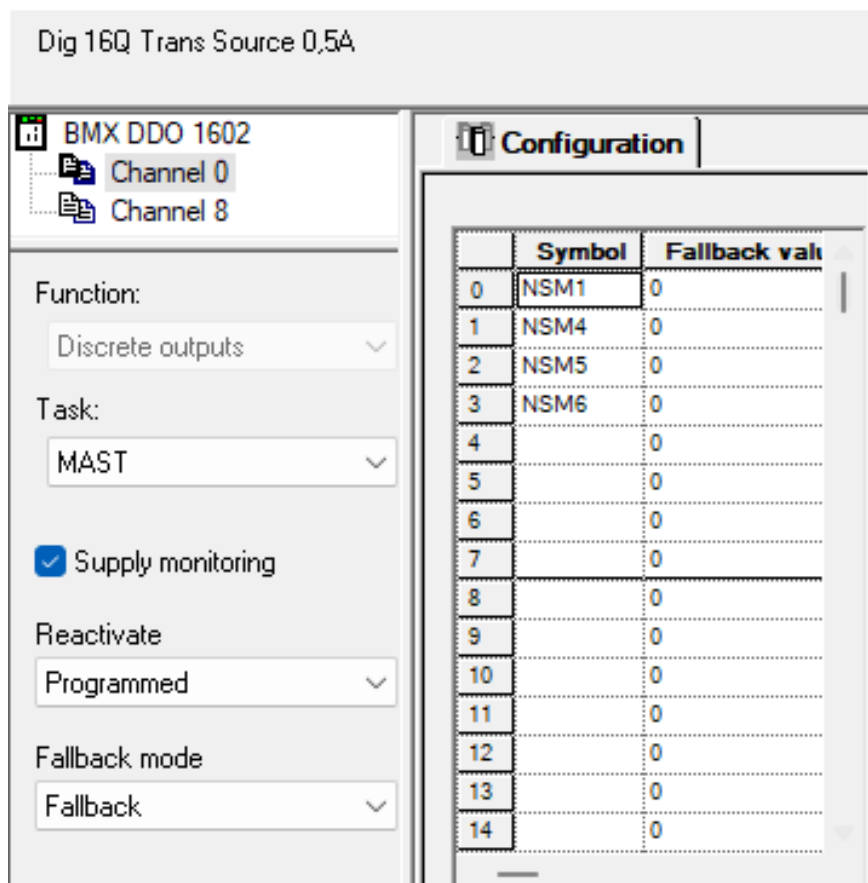


Рис. 5.8. Конфігурування модуля дискретних виходів

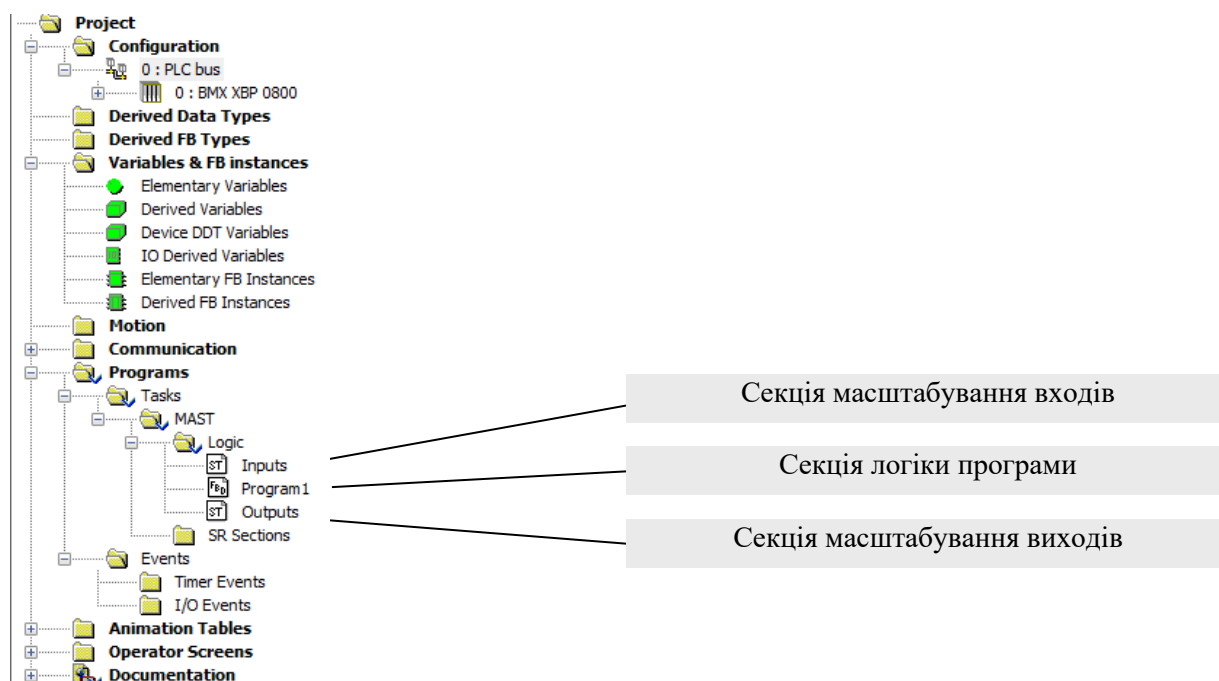


Рис. 5.9. Структура програмної частини проекту UNITY PRO

Для приведення вхідних та вихідних сигналів ПЛК створено технологічні змінні. Перелік технологічних змінних показаний на рис. 5.10.

Name	Type	Value	Comment
Angle_Setpoint	INT	60	Задане значення кута нахилу
FE_Starter_R	REAL		Датчик витрати закваски (масштабоване)
GE_Drum_R	REAL		Датчик кута нахилу барабану зневоднювача (масштабоване)
LE_Tank_R	REAL		Датчик рівня в резервуарі для сквашування (масштабоване)
NSM1_R	BOOL		Магнітний пускач двигуна M1 (масштабоване)
NSM4_R	BOOL		Магнітний пускач двигуна M4 (масштабоване)
NSM5_R	BOOL		Магнітний пускач двигуна M5 (масштабоване)
NSM6_R	BOOL		Магнітний пускач двигуна M6 (масштабоване)
ProgramStep	INT	0	Крок програми
QE_Setpoint	INT	450	Задане значення кислотності (масштабоване)
QE_Tank_R	REAL		Датчик кислотності в резервуарі для сквашування (масштабоване)
SB_Start	BOOL		Кнопка "Пуск"
SIC1_R	REAL		Частотний перетворювач двигуна мішалки M2 (масштабоване)
SIC1_Setpoint	INT	80	Задане значення для частотного перетворювача двигуна мішалки M2
SIC2_R	REAL		Частотний перетворювач двигуна насоса M3 (масштабоване)
SIC2_Setpoint	INT	80	Задане значення для частотного перетворювача двигуна насоса M3
TC1_AUTO	BOOL	TRUE	Режим руч/авт для регулятора температури резервуара для сквашування
TC1_SP	REAL	26.0	Задане значення на регулятор температури резервуара для сквашування
TC2_AUTO	BOOL	TRUE	Режим руч/авт для регулятора температури нагрівача TO3
TC2_SP	REAL	46.0	Задане значення на регулятор температури нагрівача TO3
TC3_AUTO	BOOL	TRUE	Режим руч/авт для регулятора температури охолоджувача TO3
TC3_SP	REAL	25.0	Задане значення на регулятор температури охолоджувача TO3
TC4_AUTO	BOOL	TRUE	Режим руч/авт для регулятора температури зневоднювача
TC4_SP	REAL	8.0	Задане значення на регулятор температури зневоднювача
TE_Cooler_R	REAL		Датчик температури в охолоджувачі TO3 (масштабоване)
TE_Dehydrator_R	REAL		Датчик температури в зневоднювачі (масштабоване)
TE_Heater_R	REAL		Датчик температури в нагрівачі TO3 (масштабоване)
TE_Tank_R	REAL		Датчик температури в резервуарі для сквашування (масштабоване)
TV1_R	REAL		Клапан гарячої води в термосистемі резервуара для сквашування (масштабоване)
TV2_R	REAL		Клапан холодної води в термосистемі резервуара для сквашування (масштабоване)
TV3_R	REAL		Клапан гарячої води в підігрівачі TO3 (масштабоване)
TV4_R	REAL		Клапан холодної води в охолоджувачі TO3 (масштабоване)
TV5_R	REAL		Клапан холодної води в зневоднювачі (масштабоване)
TV6_R	REAL		Клапан подачі закваски (масштабоване)
TV6_Setpoint1	INT	1000	Перше задане значення клапана подачі закваски (масштабоване)

Рис. 5.10. Технологічні змінні в Unity PRO

У запропонованому підході технологічні змінні масштабуються та за необхідності обробляються в секціях Inputs та Outputs.

На рис. 5.11 показана секції "Inputs" в якій відбуваються перетворення вхідних аналогових змінних. Вхідні аналогові сигнали масштабуються за допомогою функціональних блоків "SCALING". На рис. 5.8 показані також змінні та екземпляри функціональних блоків, що при цьому використовуються.

Inputs : [MAST]

```

(*Масштабування рівня резервуара для сквашування*)
SCALING_LE (IN := INT_TO_REAL(LE_Tank),
  PARA := SCALE_PARA_L,
  OUT => TE_Tank_R);

(*Масштабування температури в резервуарі для сквашування*)
SCALING_TE1 (IN := INT_TO_REAL(TE_Tank),
  PARA := SCALE_PARA_T1,
  OUT => TE_Tank_R);

(*Масштабування температури в підігрівачі ТОЗ*)
SCALING_TE2 (IN := INT_TO_REAL(TE_Heater),
  PARA := SCALE_PARA_T2,
  OUT => TE_Heater_R);

(*Масштабування температури в охолоджувачі ТОЗ*)
SCALING_TE3 (IN := INT_TO_REAL(TE_Cooler),
  PARA := SCALE_PARA_T3,
  OUT => TE_Cooler_R);

(*Масштабування температури в зневоднювачі*)
SCALING_TE4 (IN := INT_TO_REAL(TE_Dehydrator),
  PARA := SCALE_PARA_T4,
  OUT => TE_Dehydrator_R);

(*Масштабування кислотності в резервуарі для сквашування*)
SCALING_QE (IN := INT_TO_REAL(QE_Tank),
  PARA := SCALE_PARA_Q,
  OUT => QE_Tank_R);

(*Масштабування витрати закваски*)
SCALING_FE (IN := INT_TO_REAL(FE_Starter),
  PARA := SCALE_PARA_F,
  OUT => FE_Starter_R);

(*Масштабування кута нахилу барабану зневоднювача*)
SCALING_GE (IN := INT_TO_REAL(GE_Drum),
  PARA := SCALE_PARA_G,
  OUT => GE_Drum_R);

```

Name	Type
SCALING_FE	SCALING
SCALING_GE	SCALING
SCALING_LE	SCALING
SCALING_QE	SCALING
SCALING_TE1	SCALING
SCALING_TE2	SCALING
SCALING_TE3	SCALING

Name	Type
SCALE_PARA_F	Para_SCALING
SCALE_PARA_G	Para_SCALING
SCALE_PARA_L	Para_SCALING
SCALE_PARA_Q	Para_SCALING
SCALE_PARA_T1	Para_SCALING
SCALE_PARA_T2	Para_SCALING
SCALE_PARA_T3	Para_SCALING
SCALE_PARA_T4	Para_SCALING

Рис. 5.11. Реалізація масштабування та перетворення вхідних сигналів (Inputs)

Масштабування з використанням ФБ SCALING потребує налаштування через змінну типу PARA_SCALE. Це дає змогу вивести параметри масштабування на засоби людино-машинного інтерфейсу, що дуже важливо для служби КВПіА, коли потребується підлаштувати параметри датчика або замінити його на інший діапазон. У всіх інших випадках можна скористатися простою формулою, як це зроблено в секції “Outputs” для аналогових вихідних каналів (рис. 5.12). Оскільки змінні TV1-TV6 та SIC1, SIC2 містять значення для регулюючого органу в діапазоні 0-100%, помноживши його на 100, можна отримати значення для аналогового виходу в діапазоні 0-10000. Дискретні змінні просто присвоюються внутрішнім змінним.

```

Outputs : [MAST]

(*Клапан гарячої води в термосистемі резервуара для сквашування 0-100% в 0-100000*)
TV1 := REAL_TO_INT(TV1_R * 100.0);

(*Клапан холодної води в термосистемі резервуара для сквашування 0-100% в 0-100000*)
TV2 := REAL_TO_INT(TV2_R * 100.0);

(*Клапан гарячої води в підігрівачі ТОЗ 0-100% в 0-100000*)
TV3 := REAL_TO_INT(TV3_R * 100.0);

(*Клапан холодної води в охолоджувачі ТОЗ 0-100% в 0-100000*)
TV4 := REAL_TO_INT(TV4_R * 100.0);

(*Клапан холодної води в зневоднювачі 0-100% в 0-100000*)
TV5 := REAL_TO_INT(TV5_R * 100.0);

(*Клапан подачі закваски 0-100% в 0-100000*)
TV6 := REAL_TO_INT(TV6_R * 100.0);

(*Частотний перетворювач двигуна мішалки M2 0-100% в 0-100000*)
SIC1 := REAL_TO_INT(SIC1_R * 100.0);

(*Частотний перетворювач двигуна насоса M3 0-100% в 0-100000*)
SIC2 := REAL_TO_INT(SIC2_R * 100.0);

(*Дискретні виходи*)
NS1M := NS1M_R;
NS4M := NS4M_R;
NS5M := NS5M_R;
NS6M := NS6M_R;

```

Рис. 5.12. Реалізації масштабування та перетворення вихідних сигналів (секція Outputs)

На рис. 5.13-5.14 показана покрокова реалізація алгоритму управління процесом виготовлення кисломолочного сиру.

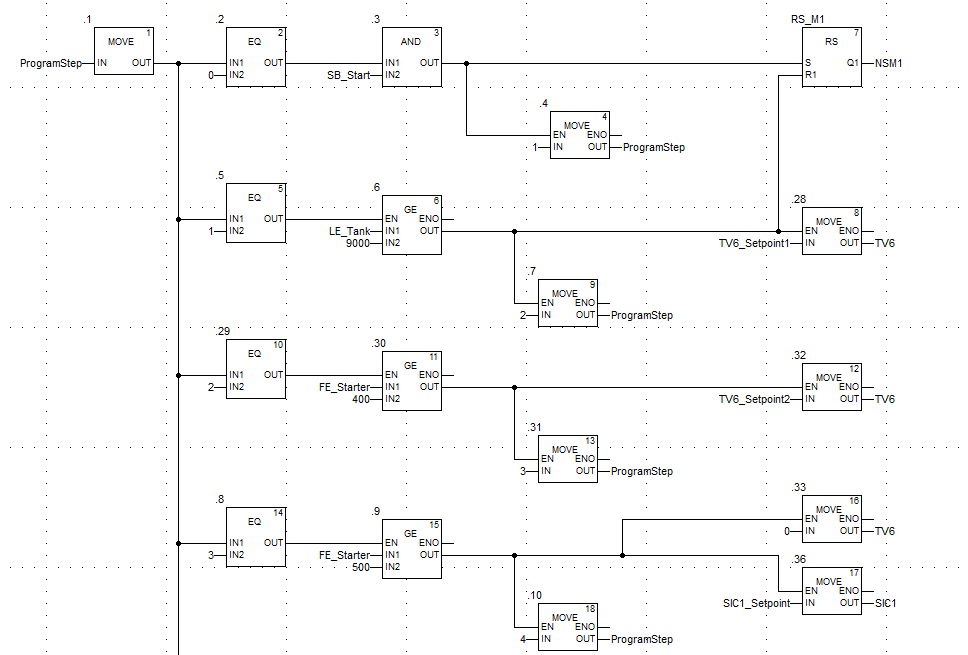


Рис. 5.13. Реалізація алгоритму управління у секції Program1 (частина 1)

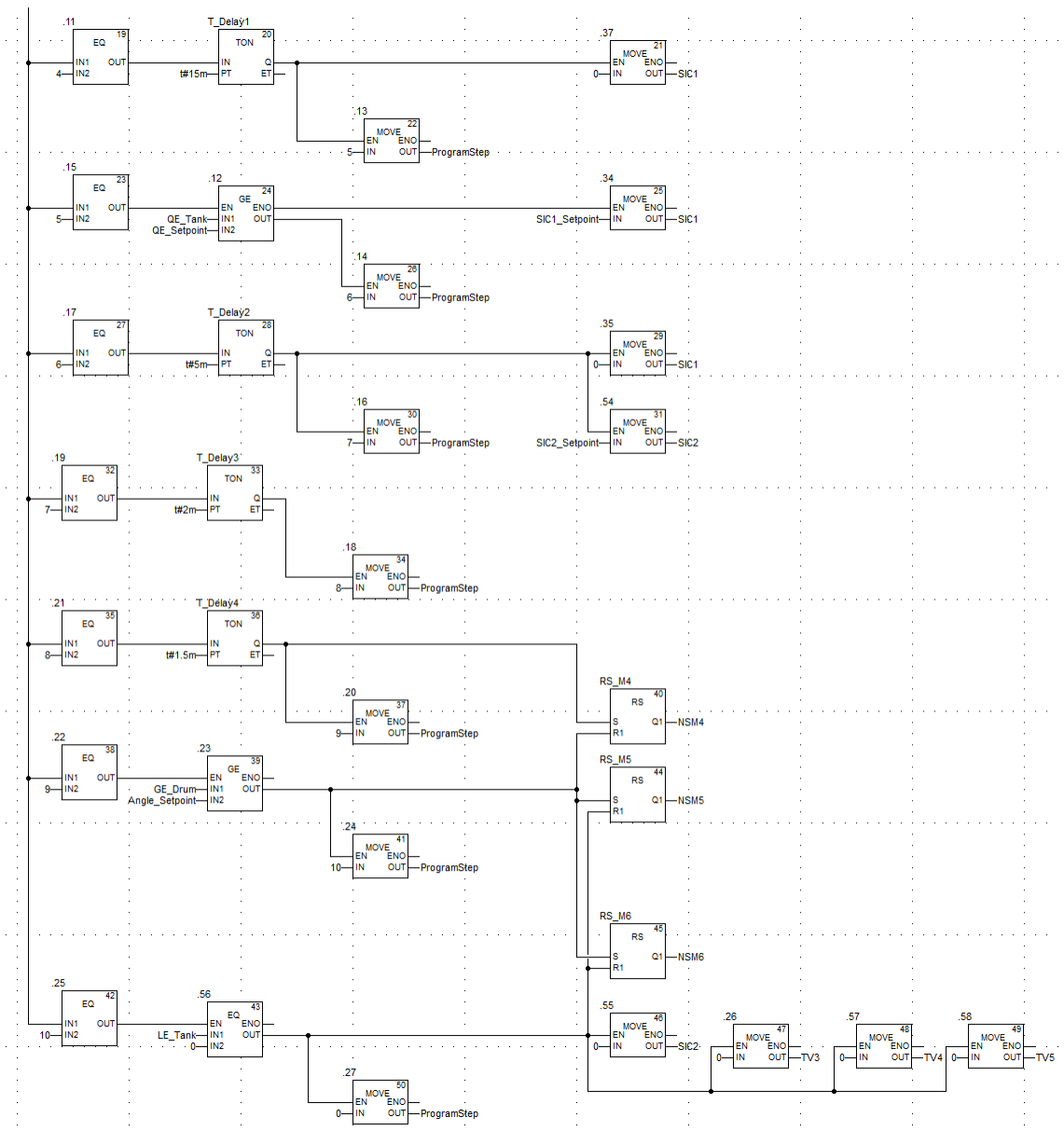


Рис. 5.14. Реалізація алгоритму управління у секції Program1 (частина 2)

Реалізація контуру регулювання температури на мові FBD показана на рис. 5.15. У програмі використаний періодичний виклик 1 раз кожні 100мс за допомогою функціонального блоку SAMPLETM. Режим слідування необхідний для можливості зміни виходу на виконавчий механізм безпосередньо з програми а не з алгоритму ПІ. У даному випадку для зручності використовуємо для режиму слідування значення 0.0. На всіх кроках програми крім TR_S кроків TC буде пропускати на VM значення TV_R.

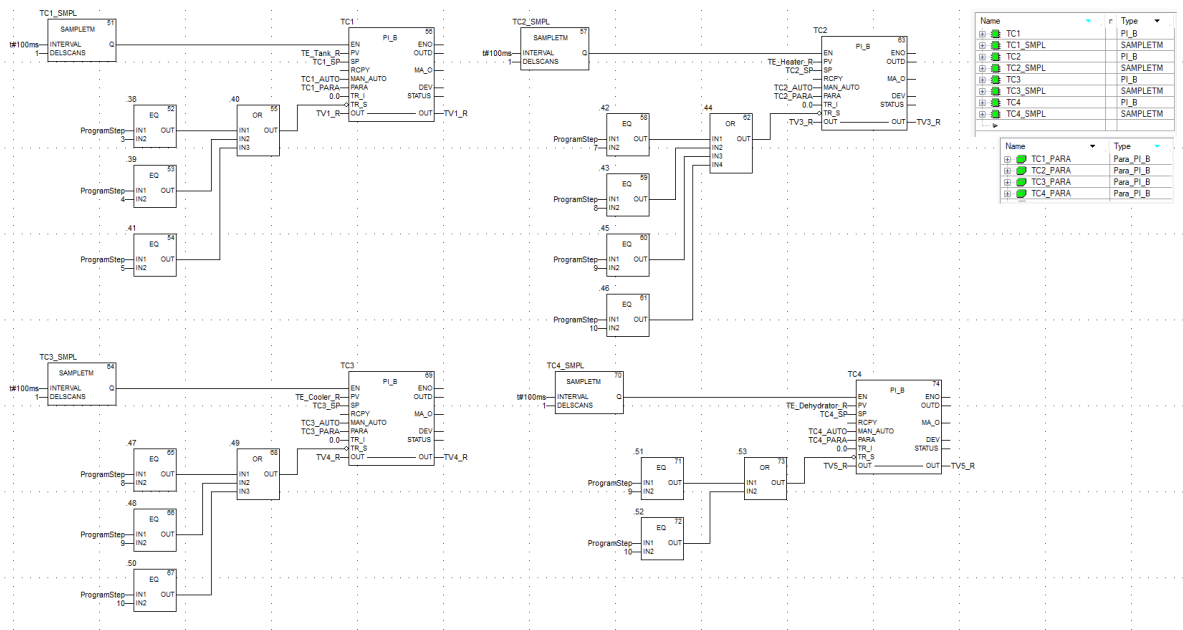


Рис. 5.15. Реалізації контуру регулювання температури у секції Program1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Таблиця 6.1. Змінні для SCADA-програми.

Ім'я змінного тегу	Адреса	Мінімальне вихідне значення	Максимальне вихідне значення	Мінімальне значення в одиницях виміру	Максимальне значення в одиницях виміру	Тип даних
LE_Tank	%MW100	0	10000	0,0	20,0	REAL
TE_Tank	%MW101	0	10000	-50,0	200,0	REAL
TE_Heater	%MW102	0	10000	-50,0	200,0	REAL
TE_Cooler	%MW103	0	10000	-50,0	200,0	REAL
TE_Dehydrator	%MW104	0	10000	-50,0	200,0	REAL
QE_Tank	%MW105	0	10000	0,0	14,0	REAL
FE_Starter	%MW106	0	10000	0	5000	INT
GE_Drum	%MW107	0	10000	0	360	INT
TV1	%MW108	0	10000	0	100	INT
TV2	%MW109	0	10000	0	100	INT
TV3	%MW110	0	10000	0	100	INT
TV4	%MW111	0	10000	0	100	INT
TV5	%MW112	0	10000	0	100	INT
TV6	%MW113	0	10000	0	100	INT
SIC1	%MW114	0	10000	0	3000	INT
SIC2	%MW115	0	10000	0	3000	INT
NSM1	%M0	0	1	0	1	BOOL
NSM4	%M1	0	1	0	1	BOOL
NSM5	%M2	0	1	0	1	BOOL
NSM6	%M3	0	1	0	1	BOOL

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхеми відіграють важливу роль у забезпеченні наочного представлення функціональних схем контрольованих або керованих об'єктів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Верес Д. М.			<i>Розробка системи автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Клименко О. М.					67	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Вони є графічними зображеннями структур систем, що значно полегшує роботу оператора, дозволяючи йому легше запам'ятовувати структуру системи, взаємозв'язки параметрів, призначення органів управління, приладів тощо.

Мнемосхема відображає графічну структуру всієї автоматизованої системи виготовлення, зокрема всі основні і допоміжні елементи обладнання, а також зв'язки між ними. Це полегшує розуміння операторами процесів, що відбуваються в системі, допомагає швидко орієнтуватися у її структурі, а також відстежувати поточний статус системи, включаючи аварійні ситуації та порушення нормальних режимів роботи.

Основою для створення мнемосхеми є технологічна схема, яка є умовним графічним зображенням сукупності основних і допоміжних елементів обладнання та зв'язків між ними. При цьому схема виконується в площинному зображенні без дотримання масштабу і не враховує дійсного просторового розташування елементів або враховує його наближено.

Мнемосхема, наведена нижче, ілюструє основні елементи автоматизованої системи виготовлення, такі як насоси, клапани, резервуари, датчики, а також їх взаємозв'язки і потоки речовини. Це графічне зображення дозволяє оператору ефективно керувати процесами, швидко реагувати на аварійні ситуації, налаштовувати та оптимізувати систему.

Таким чином, мнемосхема є одним з найважливіших джерел інформації для оператора, забезпечуючи візуальне представлення структури і характеру процесів, що відбуваються в системі, та дозволяючи ефективно контролювати та керувати її роботою. Мнемосхема процесу виготовлення кисломолочного сиру представлена на рис. 6.1.

Вікно трендів процесу виготовлення кисломолочного сиру в Citect SCADA призначене для відображення динамічних змін параметрів технологічного процесу в режимі реального часу. Це графічне вікно, яке забезпечує оператора візуальною інформацією про поведінку ключових показників процесу, таких як температура, тиск, рівень рідини тощо. Вікно трендів дозволяє відстежувати історичні дані та аналізувати їх, що є важливим для виявлення тенденцій,

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

прогнозування можливих збоїв та оптимізації процесу. Завдяки цьому інструменту оператор може швидко реагувати на зміни в технологічному процесі, приймати обґрунтовані рішення щодо його коригування та забезпечувати стабільність і ефективність виробництва. Вікно трендів процесу виготовлення кисломолочного сиру представлено на рис. 6.2.

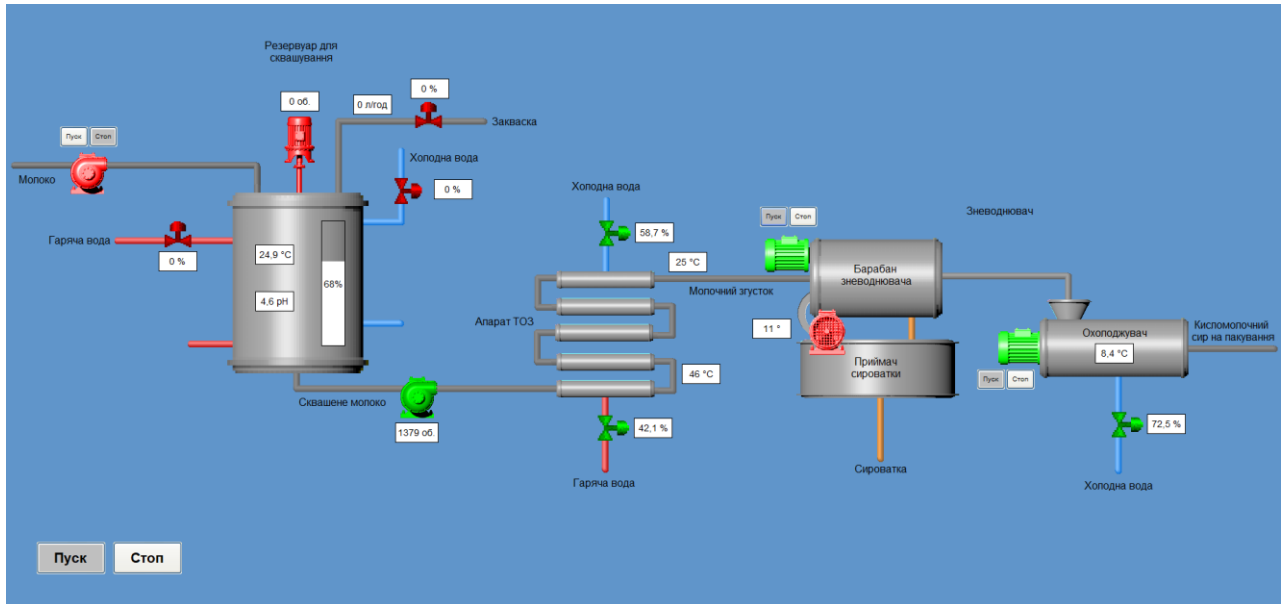


Рис. 6.1 Мнемосхема процесу виготовлення кисломолочного сиру.

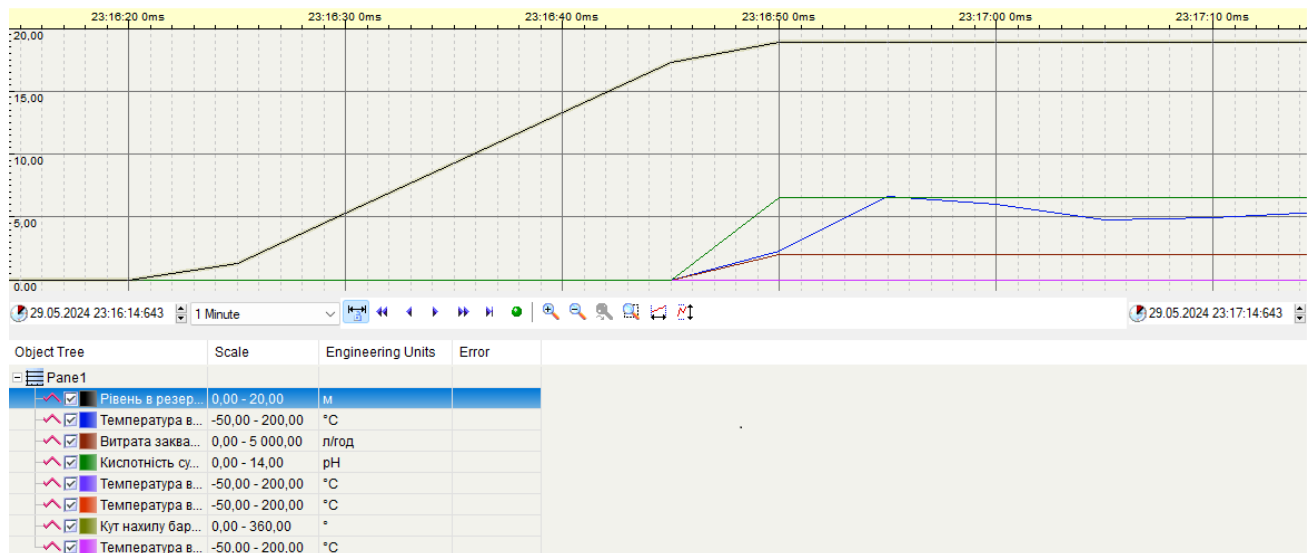


Рис. 6.2. Вікно трендів процесу виготовлення кисломолочного сиру

Висновки

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено та впроваджено систему автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру. Результати дослідження підтвердили досягнення поставленої мети та вирішення поставлених завдань.

Система автоматизації дозволяє ефективно керувати технологічним процесом, забезпечуючи стабільність та високу якість продукції. Впровадження системи призвело до підвищення ефективності виготовлення та зменшення витрат, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку.

Забезпечення стабільності якості продукції є однією з ключових переваг впровадження автоматизації, що позитивно впливає на споживачів та підвищує рівень довіри до продукції.

У цій роботі відповідно до завдання було розглянуто і розроблено технологічний процес виготовлення кисломолочного сиру, складено завдання на систему автоматизації, вибрано необхідні технічні засоби для реалізації системи автоматизації, розроблено систему автоматизації процесу виготовлення кисломолочного сиру, вибрано промисловий логічний контролер Schneider Electric M340, зроблено опис датчику температури Sitrans TF2 і розроблено його монтажну схему, складено алгоритм перебігу процесу і розроблено його в програмному середовищі Unity Pro XL за допомогою мов ST та FBD, а також розроблялася мнемосхема процесу виготовлення кисломолочного сиру в програмному забезпеченні Citect SCADA.

Розроблена система автоматизації є ефективним інструментом для підвищення якості та ефективності процесу виготовлення кисломолочного сиру, що дозволить підприємствам харчової промисловості зайняти сильну позицію на ринку.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Панов, А. О., Скляр, Д. А. Розробка системи автоматизованого керування технологічним процесом виробництва кисломолочного сиру, 2019. 96 с.
2. Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія молока і молочних продуктів, 2006. 353 с.
3. ДСТУ 4554:2006. Сир кисломолочний. Технічні умови, 2007. 20 с.
4. ДСТУ 2212:2003. Молочна промисловість. Виробництво молока та кисломолочних продуктів. Терміни та визначення понять, 2004. 35 с.
5. Радарний рівнемір Siemens SITRANS LR200. URL: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109807458/A5E32337676_AFen_LR200_HA_OI_en-US.pdf
6. Вимірювальний перетворювач температури Siemens SITRANS TF2. URL: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/18239067/A5E00263328-02_TF2.pdf
7. Електропневматичний позиціонер Siemens SIPART PS2. URL: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109775480/A5E00074631-AEen_PS2HART_OI_en-US.pdf
8. Пневматичний регулюючий клапан Samson 3241. URL: <https://www.samsongroup.com/document/e80120en.pdf>
9. Датчик вимірювання рН Endress+Hauser Memosens CPS77E. URL: https://bdih-download.endress.com/files/DLA/005056A500261EEE9DE3B043BDFFB4EF/TI01617CEN_0223-00.pdf
10. Цифровий багатопараметричний вторинний вимірювальний перетворювач Endress+Hauser Liquiline CM442. URL: https://pdf.cdn.endress.com/_pdf?url=https%3A%2F%2Fwww.eus.endress.com%2Fen%2Fexternal%2Fproduct-html2pdf%2Fdigital-field-transmitter-cm442&downloadName=Endress-Hauser_Liquiline_CM442_EN.pdf

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

11. Електромагнітний витратомір Siemens SITRANS FM MAG 1100 F. URL: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109810685/A5E03433301en_MA_G1100_OI_en-US.pdf

12. Перетворювач сигналу витратоміра Siemens SITRANS FM MAG 6000 URL: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109821380/A5E02338368en_MA_G_5000-6000_OI_en-US.pdf

13. Частотний перетворювач Schneider Electric Altivar ATV 320. URL: <https://www.se.com/ua/uk/product-range/63440-altivar-machine-atv320/>

14. Автоматизація технологічних процесів та виробництв (Модуль 1) [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для студентів освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання // уклад.: Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць. – К.: НУХТ, 2016. – 29 с.

15. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014. 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.

16. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об’єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с

17. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.

18. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.

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

19. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.

20. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.

21. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.

22. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.

23. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.

24. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.

25. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.

26. Кишенько В.Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно- інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.

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