

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2023 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему:

«Автоматизація процесу виробництва кисломолочного сиру»

Керівник проекту:

асистент, к.т.н., доцент

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

Здобувач:

Студент групи СУ-91

Іван ДЕРИПАСКІН

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ І УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ .....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ .....	5
1.1 Аналіз технічного завдання.....	5
1.2 Актуальність виробництва кисломолочного сиру .....	5
1.3 Опис структури лінії виробництва сиру .....	6
1.4 Технологічний процес з схемою інформаційно матеріальних потоків.....	7
РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ.....	9
2.1 Функціональні задачі керування .....	9
2.2 Опис контурів керування.....	9
2.2.1 Контур керування температурою .....	9
2.2.2 Контур керування заповнення резервуару для сквашування.....	10
2.2.3 Контур керування кислотністю .....	11
2.2.4 Контур керування процесом зневоднення сиру .....	12
2.3 Висновок .....	12
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	17
3.1 Вибір давачів на основі складеної таблиці вхідних сигналів .....	17
3.2 Виконавчі механізми .....	22
3.3 Вибір ПЛК та ПК.....	26
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА НМІ ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА.....	33
4.1 Загальні поняття .....	33
4.2 Програмне забезпечення .....	33
4.3 Проектування інтерфейсу.....	34
ВИСНОВКИ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	42
Додаток А.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

					СУ-91 6.151.01. ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дерипаскін І.С.			Автоматизація процесу виробництва кисломолочного сиру. Пояснювальна записка	Літ.	Аркш.	Аркуші
Перев.		Журавльов О.Ю.					2	45
Реценз.						СумДУ СУ-91		
Н. Контр.								
Утверд.								

## СКОРОЧЕННЯ І УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

СУ – система управління;

САУ – система автоматичного управління;

СА – схема автоматизації;

ОК – об'єкт керування;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПК – програмований контролер;

ТОЗ – термічна обробка згустку;

ВМ – виконавчий механізм.

					СУ-91 6.15101.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

У сучасних умовах автоматизація виробництва є одним з найважливіших завдань, які стоять перед підприємствами харчової промисловості. Особливо актуальним є це для виробників сиру, які повинні забезпечити високу якість продукції та оптимальні витрати на її виробництво.

Метою роботи є розробка системи автоматизації, що забезпечує високу продуктивність та якість виробництва кисломолочного сиру, а також зниження витрат на його виробництво.

У процесі дослідження було проведено аналіз сучасних технологій виробництва сиру та було розроблено концепцію автоматизації лінії виробництва сиру, включаючи в себе вибір обладнання та програмного забезпечення.

Даний дипломний проект є важливим етапом в розвитку виробництва сиру, а також вносить свій вклад у загальну проблему підвищення ефективності виробництва харчової продукції за допомогою сучасних технологій та інновацій.

					СУ-91 6.15101.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

# РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ

## 1.1 Аналіз технічного завдання

Розробка автоматизації лінії виробництва сиру має бути налаштована під сквашене молоко. Необхідно враховувати об'єми виробництва та своєчасне постачання молока.

При розробці автоматизації лінії найбільшу роль відіграє забезпечення допустимих теплових режимів для ефективного функціонування [1-2].

Для забезпечення стабільної роботи лінії необхідно врахувати характеристики давачів, виконавчих механізмів та здійснити розподіл навантаження на мікроконтролери.

Важливим є створення мнемосхеми та НМІ панелі, для досягнення ефективного керування комплексом.

## 1.2 Актуальність виробництва кисломолочного сиру

Виробництво сиру – це одна з найбільш перспективних галузей харчової промисловості, яка має великий потенціал для розвитку та забезпечення стабільного прибутку для підприємств. У сучасному світі сир є дуже популярним продуктом харчування, який користується великим попитом серед споживачів. Це пов'язано з його високою харчовою цінністю, корисними властивостями для здоров'я людини та різноманітністю смаків та видів.

Одним з головних факторів, який робить виробництво сиру актуальним для дослідження, є його економічна важливість. Виробництво сиру може стати важливим джерелом доходу для підприємств та допомогти розвивати економіку країни. За даними Міжнародного союзу молочної промисловості, світове виробництво сиру зростає щорічно на 2-3%, що свідчить про його високий потенціал для розвитку.

Крім того, виробництво сиру може бути екологічно чистим та сталим. За умови використання високоякісної сировини та сучасних технологій, виробництво сиру може бути безпечним для навколишнього середовища та забезпечувати

					СУ-91 6.15101.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

стабільний приріст продуктивності. Також, зростаючий інтерес споживачів до екологічно чистих продуктів може забезпечити виробництву сиру додатковий попит.

Дослідження та аналіз виробництва сиру є важливим для розуміння його потенціалу та можливостей для розвитку. Для цього необхідно досліджувати ринок сиру, його конкурентоспроможність, технології виробництва та якість сировини. Також, необхідно досліджувати споживачів сиру та їхні вимоги до продукту, що допоможе забезпечити його успішну комерціалізацію.

### 1.3 Опис структури лінії виробництва сиру

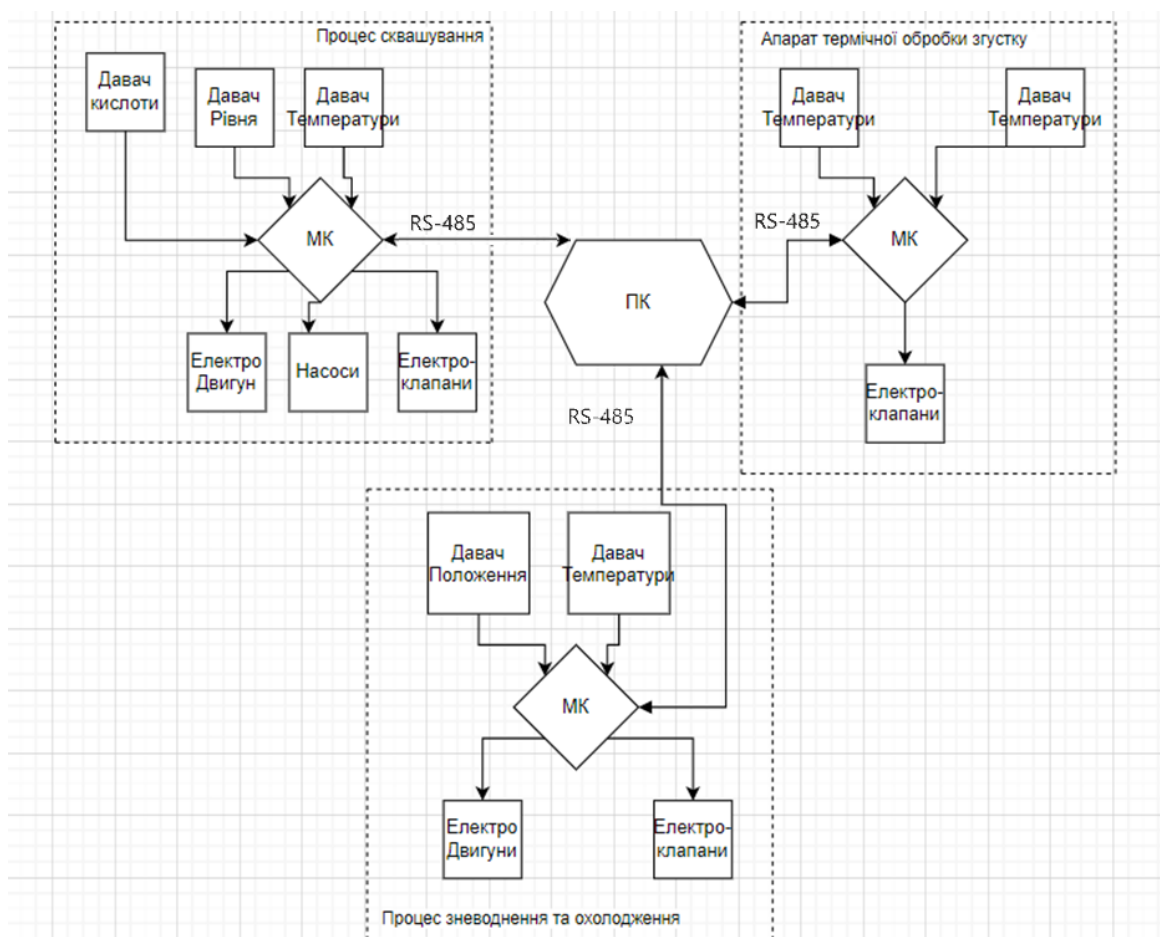


Рис. 1.1 – Структурна схема

Спочатку розберемось з **процесом сквашування**. В резервуар заливають молоко та закваску (використовуються електроклапани), в цей час вмикається двигун(використовується електродвигун) та молоко змішується з закваскою, потім молоко нагрівають та охолоджують декілька разів за допомогою холодної чи

гарячої води (використовуються електроклапани). При досягненні заданої температури та кислотності (використовуються датчі температури та кислоти) молоко перекачується до теплової обробки згустку (ТОЗ).

В апараті ТОЗ згусток нагрівається в перших секціях за допомогою гарячої води (використовуються електроклапани), що подається в сорочку секцій, витримується певний час в другій секції, а потім охолоджується в третій секції крижаною водою (використовується електроклапан), що подається в секцію. Перед апаратом та після стоять датчі температури.

Далі згусток приходить до **зневоджувача** та з нього відділяється сироватка в барабані, є можливість корегувати кут нахилу цього барабану для регулювання вологості сиру. Коли сир відділився від сироватки він висипається до охолоджувача, при необхідності (висока температура сиру) охолоджується крижаною водою [4].

#### 1.4 Технологічний процес з схемою інформаційно матеріальних потоків

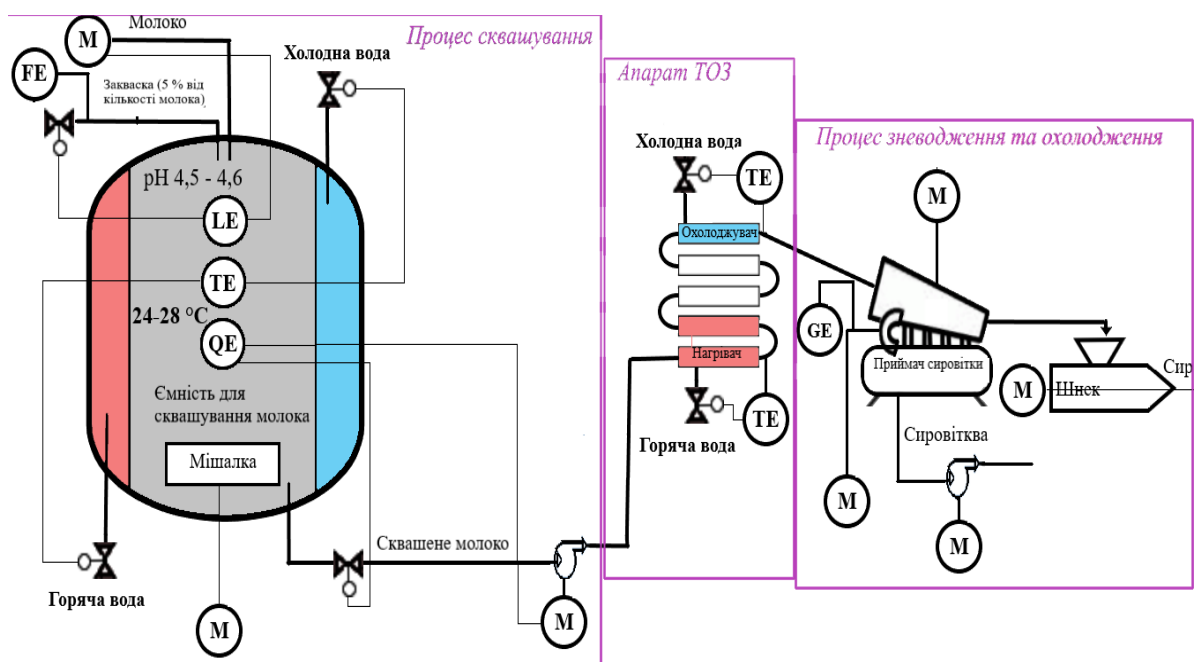


Рис. 1.2 – Схема інформаційно-матеріальних потоків.

Процес виготовлення сиру на лінії є складним та детальним. Починається він з пастеризації та гомогенізації молока, які потім подаються до ємності для сквашування. Закваску додають у кількості 1 -5 % маси молока, щоб запустити

										Лист
										7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-91 6.15101.ПЗ					

процес сквашування. Важливо дотримуватися правильних пропорцій та технології, щоб отримати якісний та смачний сир.

Температура заквашування молока залежить від сезону: у літній період вона коливається в межах 24-28 °С, а в зимовий період - від 26 до 30 °С. Процес заквашування передбачає перемішування молока та закваски за допомогою мішалки, яке відбувається під час наповнення резервуара та через 15 хвилин після цього. Згусток вважається готовим, коли рН досягає значення 4,5-4,6. Після цього сировину перемішують протягом 3-5 хвилин та подають в апарат теплової обробки згустку (ТОЗ) у потоці.

В апараті ТОЗ потік нагрівається в секціях за допомогою гарячої води, яка подається в сорочку секцій. Потім згусток витримується протягом певного часу в секціях, а після цього охолоджується в секції охолодження за допомогою крижаної води, яка також подається в секцію.

Далі згусток надходить у зневоджувач барабанного типу, звідки сир прямує в охолоджувач, а сироватка - в окремий приймач. Окрім того, в процесі виробництва сиру використовуються спеціальні технології та обладнання, що дозволяють отримати продукт найвищої якості та зберегти корисні властивості молока [3-4].

					<b>СУ-91 6.15101.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8



## РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ.

### 2.1 Функціональні задачі керування

На базі схеми інформаційно матеріальних потоків було сформовано функціональні задачі керування автоматизованою лінією виробництва сиру, а саме:

1. Контроль температури сировини на всіх технологічних процесах;
2. Контроль кислотності сировини;
3. Контроль подачі закваски;
4. Контроль рівня заповнення резервуару;
5. Контроль процесом зневоднення та охолодження.

### 2.2 Опис контурів керування

Зі схеми інформаційно матеріальних потоків можемо скласти контури керування.

#### 2.2.1 Контур керування температурою

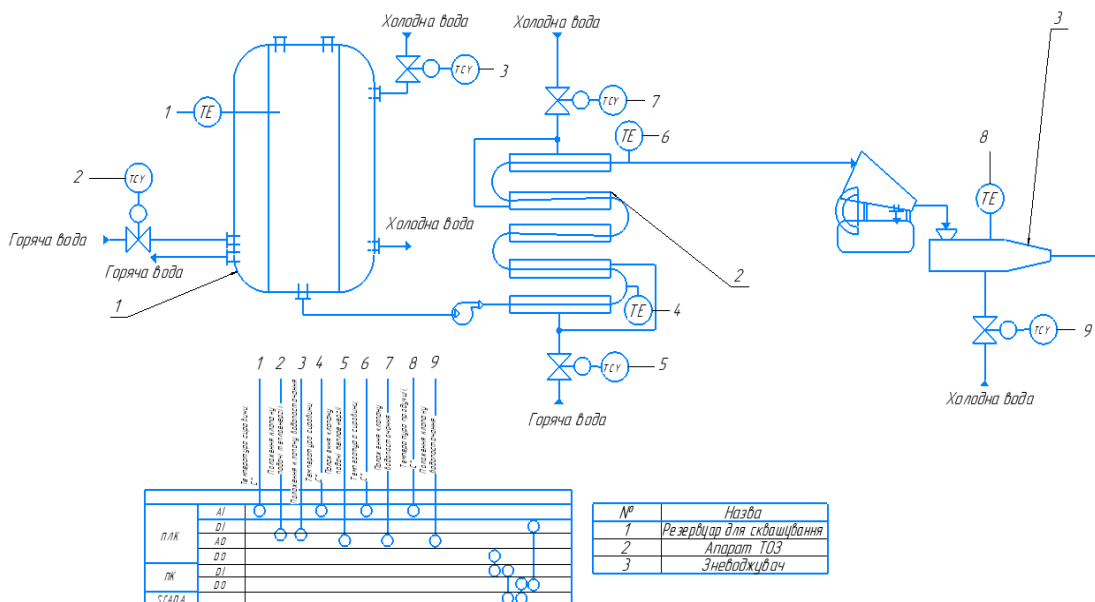


Рис. 2.1 – Схема контуру керування температурою

Задачею контуру (рис. 2.1) є дотримання температурних норм в резервуарі для змішування, в апараті ТОЗ та зневоднювачі. Керування відбувається за

допомогою електромагнітних клапанів ТСУ, встановлених на трубопроводах з холодною та гарячою водою. У ролі зворотного зв'язку виступають давачі температури ТЕ. ПЛК опитує весь час давачі температури та зрівнює з заданою величиною та при необхідності подає керуючий сигнал на електроклапани трубопроводів з гарячою або холодною водою.

### 2.2.2 Контур керування заповнення резервуару для сквашування

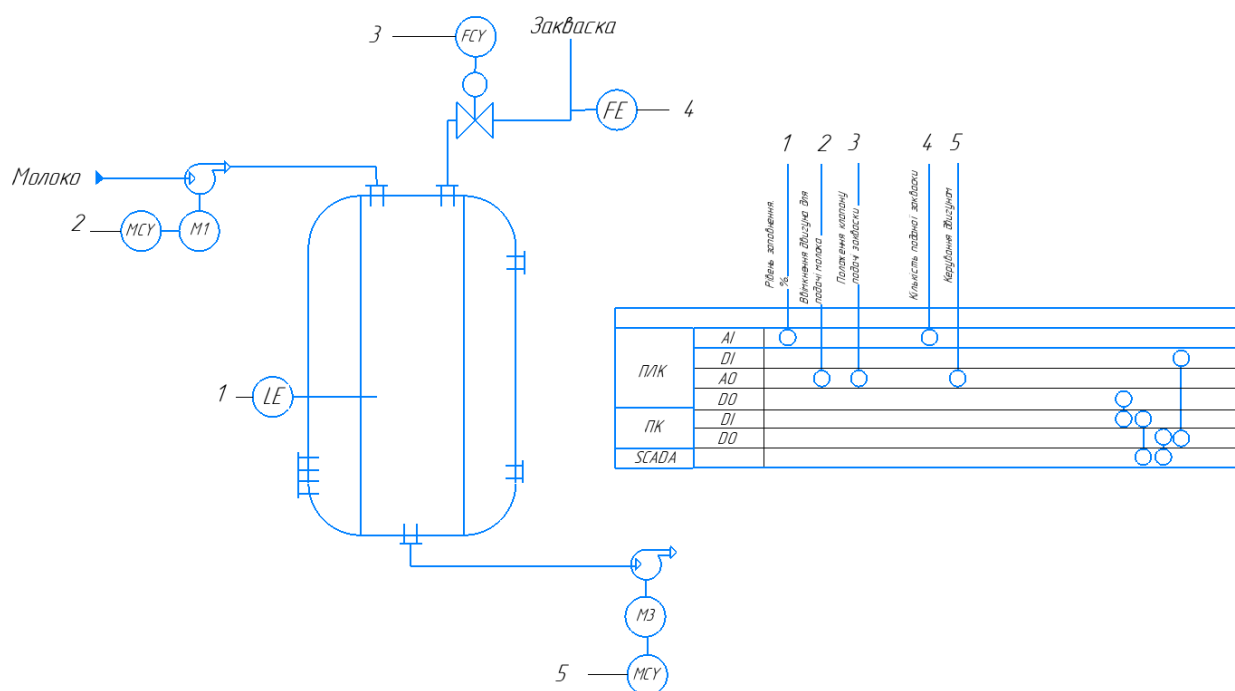


Рис. 2.2 – Схема контуру керування заповнення резервуару для сквашування.

Даний контур регулює рівень сировини в резервуарі, за допомогою двигуна М1 (помпи) завантажуються молоко, електромагнітним клапаном ФСУ регулюється подача закваски, FE – відстеження кількості поданої закваски, давач рівня LE – зворотній зв'язок, а двигун М3 перекачує готову сировину далі.



## 2.2.4 Контур керування процесом зневоднення сиру

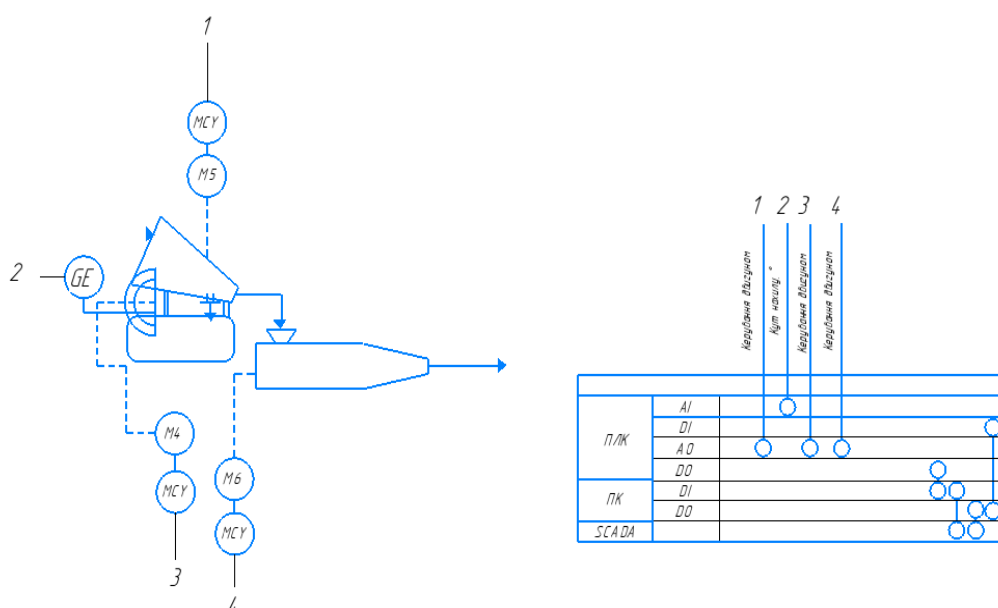


Рис. 2.4 – Схема контуру керування процесом зневоднення

На даному контурі датчик куту нахилу виступає зворотним зв'язком у регулюванні нахилу барабану, для корегування вологості сиру, а двигун М4 – керуючим впливом. Двигун М5 потрібен для передачі моменту обертання на барабан. Двигун М6 повертає шнек для вивантаження готового продукту.

## 2.3 Висновок

Виходячи з даних контурів керування було складено функціональну схему автоматизації, таблицю вхідних сигналів (Таблиця 2.1) та вихідних сигналів (Таблиця 2.2) [6].

Таблиця 2.1 – Таблиця вхідних сигналів

№	Найменування параметра, місце відбирання вимірювального імпульсу	Діапазон вимірювань	Характеристика сигналу	Регулювання	Точка ОК	Характеристика середовища	
						Агресивне	Пожежо-вибухонебезпечне
1	Кислотність сировини	0 – 5 рН	4 – 20 мА	+	Резервуар для сквашування	+	-
2	Температура сировини в резервуарі	0-100 С <sup>0</sup> +- 1 С <sup>0</sup>	4 – 20 мА	+	Резервуар для сквашування	+	-
3	Рівень заповнення резервуара	0-100 % +- 1%	4 – 20 мА	+	Резервуар для сквашування	+	-
4	Кількість поданої закваски	0 – 1000 л	4 – 20 мА	+	Резервуар для сквашування	-	-
5	Температура на вході в апарат ТОЗ	0-100 С <sup>0</sup> +- 1 С <sup>0</sup> .	4 – 20 мА	+	Апарат ТОЗ	+	-
6	Температура на виході з апарату ТОЗ	0-100 С <sup>0</sup> +- 1 С <sup>0</sup>	4 – 20 мА	+	Апарат ТОЗ	+	-
7	Температура сиру в охолоджувачі	0-100 С <sup>0</sup> +- 1 С <sup>0</sup>	4 – 20 мА	+	Зневоднювач	-	-

8	Давач куту нахилу	0 – 90 °	4 – 20 мА	+	Зневоднювач	-	-
---	----------------------	----------	--------------	---	-------------	---	---

					СУ-91 6.15101.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Таблиця 2.2 – Таблиця вихідних сигналів

№	Найменування параметра, місце відбирання вимірювального імпульсу	Діапазон вимірювань	Характеристика сигналу	Регулювання	Точка ОК	Характеристика середовища	
						Агресивне	Пожежо-вибухо-небезпечне
1	Швидкість обертання двигуна «1»	0 - 3000 об/хв	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Резервуар для сквашування	-	-
2	Положення клапана на трубопроводі гарячої води	0 – 100%	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Резервуар для сквашування	-	-
3	Положення клапана на трубопроводі холодної води	0 – 100%	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Резервуар для сквашування	-	-
4	Швидкість обертання двигуна «2»	0 - 3000 об/хв	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Резервуар для сквашування	-	-
5	Положення клапана подачі закваски	0 – 100%	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Резервуар для сквашування	+	-

					СУ-91 6.15101.ПЗ			Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				15

6.	Швидкість обертання двигуна «3»	0 - 3000 об/хв	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Резервуар для сквашування	-	-
7	Положення клапана на трубопрово ді гарячої води	0 – 100%	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Апарат ТОЗ	-	-
8	Положення клапана на трубопрово ді холодної води	0 – 100%	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Апарат ТОЗ	-	-
9	Положення клапана на трубопрово ді холодної води	0 – 100%	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Зневоднювач	-	-
10	Швидкість обертання двигуна «4»	0 - 3000 об/хв	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Зневоднювач	-	-
11	Швидкість обертання двигуна «5»	0 - 3000 об/хв	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Зневоднювач	-	-
12	Швидкість обертання двигуна «6»	0 - 3000 об/хв	4 – 20 мА Лог.«0» / «1».	+	Зневоднювач	-	-



## РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 3.1 Вибір датчиків на основі складеної таблиці вхідних сигналів

#### Датчик температури.

Для порівняння взято TOPCV-1 та TOPSZ-157, характеристики датчиків представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння характеристик TOPCV-1 та TOPSZ-157

Датчик	TOPSZ-157	TOPCV-1
Робоча температура, оС	0 - 500°С	0 - 100°С
Здатність працювати в агресивному середовищі	так	так
Вологозахист , Ір	Ір 54	Ір 54
Матеріал	боросилікатне скло	метал
Ціна, грн	4800	2100

Під наші умови підходить датчик TOPCV-1, ціна його менша тому обираю його [9].



Рис. 3.1 – Давач TOPCV-1

**Давач рівня.**

Вибір здійснювався між ультразвуковими давачами dVi Profibus, UT2F/E6-0AUL Micro detectors та UT1B/G6-0ESY Micro detectors. Було обрано давач UT2F/E6-0AUL Micro detectors тому, що в даному давачі найменша похибка та найбільша номінальна відстань виявлення [10]. Характеристику давача відображено в таблиці 3.2, а схему підключення на рис. 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристика UT2F/E6-0AUL Micro detectors

Номінальна відстань виявлення	6000 мм
Кут відкривання променю	9°
Гістерезис	1%
Теплова компенсація	+
Мінімальна відстань виявлення	350 мм
Похибка	1%
Тип виходу	4...20мА
Ступінь захисту	IP67

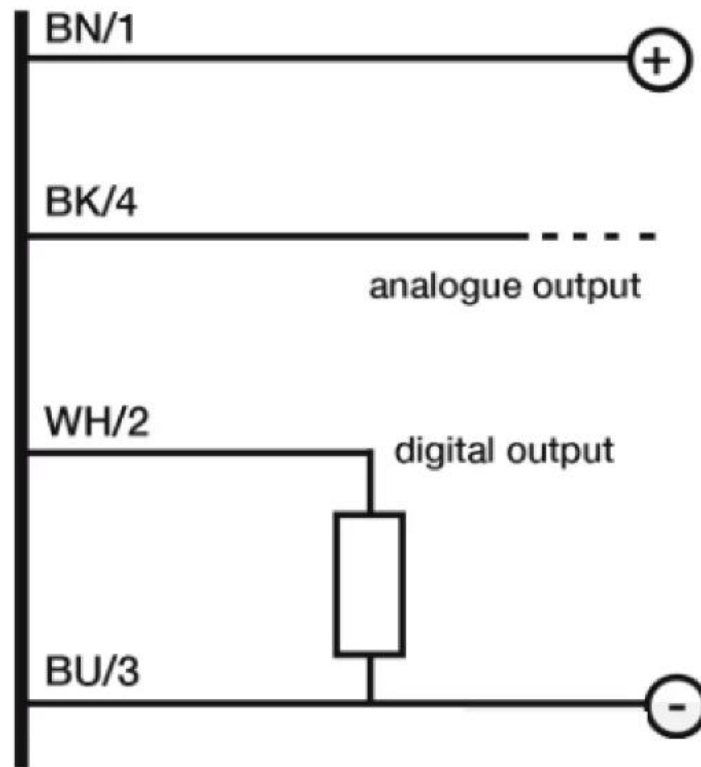


Рис.3.2 – Схема підключення UT2F/E6-0AUL Micro.

### Витратомір.

Проведено аналіз характеристик таких витратомірів : OPTIFLUX 1300 та ProcessMaster FEP610, порівнявши характеристики в таблиці 3.3, було обрано OPTIFLUX 1300 за більшу точність та меншу ціну [11]. Схему підключення відображено на рис. 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняння характеристик витратомірів OPTIFLUX 1300 та ProcessMaster FEP610

	OPTIFLUX 1300	ProcessMaster FEP610,
Температура процесу	-25 – 120 °C	-30 – 130 °C
Протокол	4-20 mA	4 – 20 mA
Технологія	Електромагнітний	Електромагнітний, з вертушкою
Похибка	0,3%	0,5%
Захист	IP67	IP67

Connection diagram

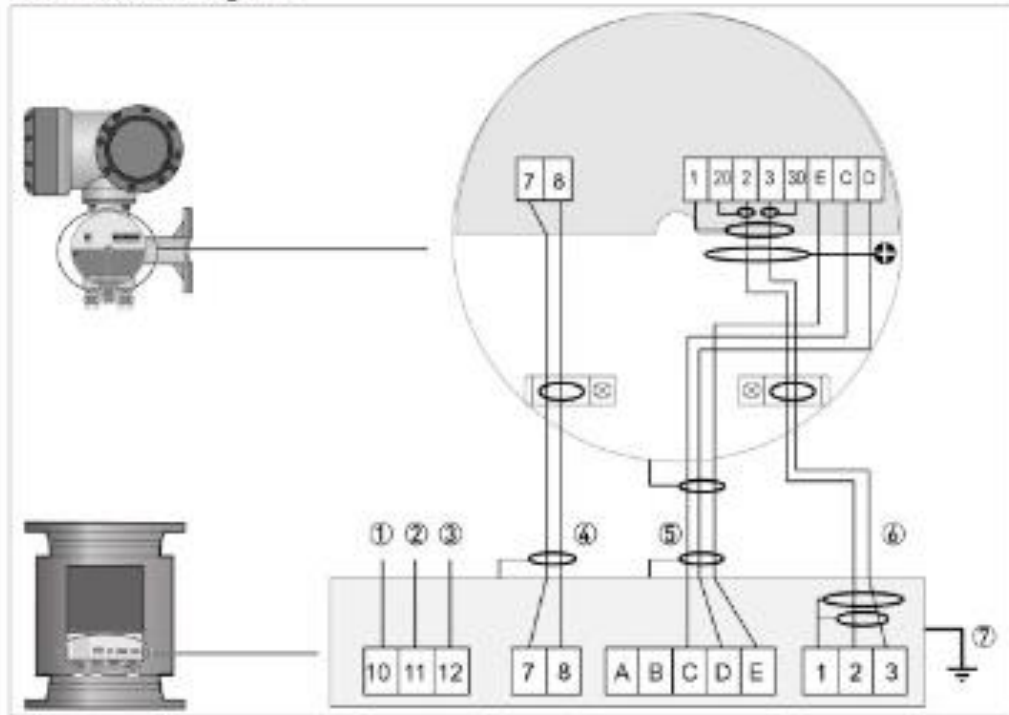


Figure 4-12: Connection diagram

- ① Protective Earth connection (PE)
- ② Mains power neutral (N)
- ③ Mains power live (L)
- ④ Field current cable
- ⑤ Interface cable
- ⑥ Signal cable. Shown is the BTS cable. In case of DS cable, do not use connectors 20 and 30.
- ⑦ Connect housing to PE

Рис. 3.3 – Схема підключення OPTIFLUX 1300

Давач куту нахилу барабану. Для порівняння обрано давачі інклінометр серії INC 110 та інклінометр серії INC 210, порівняння характеристик наведено в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Порівняння характеристик інклінометра серії INC 110 та інклінометра серії INC 210

	інклінометр серії INC 110	інклінометр серії INC 210
Діапазон вимірювання	+ - 90 °	360 °
Похибка	+ - 0,1 °	+ - 0,1 °
Стійкість до ударів та вібрації	так	так

Чутливість до зміни температури та вологості	Низька чутливість	Нечутливий
Захист	IP67	IP67
Ціна	7 101	7 101

Проаналізувавши характеристики цих датчиків обираємо датчик інклінометр серії INC 210, бо при однаковій ціні діапазон вимірювання більше та цей датчик не чутливий до зміни температури. Схема підключення наведена на рис. 3.4

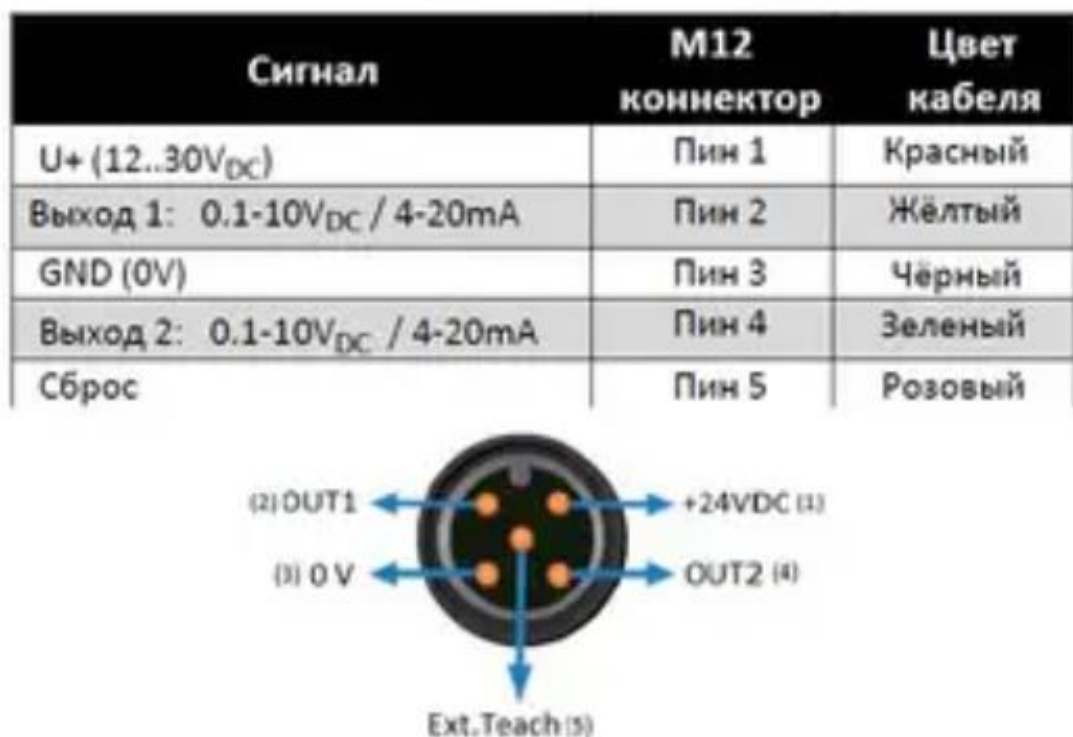


Рис 3.4 – Схема підключення інклінометру серії INC 210

Для вимірювання кислотності сировини використовується рН-метр рН-101П. Характеристики наведені в таблиці 3.5, а зовнішній вигляд на рисунку 3.5.

Таблиця 3.5 – Характеристики рН-метр рН-101П

Діапазон виміру	0 – 14 рН
Діапазон вимірювання температури	0 – 150 °С
Роздільна здатність по рН/рХ	0,01
Вихідний сигнал	4...20 мА



Рис. 3.5 – Зовнішній вигляд рН-метр рН-101П

### 3.2 Виконавчі механізми

Для порівняння електроклапанів було взято Velimo AVK24A-SZ-TPC, Velimo EV230A-TPC та Velimo AVK230A-3, Для лінії виробництва сиру було обрано Velimo EV230A-TPC за його меншу вагу та рівень шуму, більше зусилля та хід штоку в порівнянні з іншими [12], технічні характеристики наведені в таблиці 3.6, а схему підключення на рисунку 3.6.

Таблиця 3.6 – Харакатеристики Velimo EV230A-TPC

Зусилля	2500 Н
Хід штоку	40 мм
Рівень шуму	55 Дб
Клас захисту	(все ізольовано)
Ступінь захисту корпусу	IP 54
Вага	4,25 кг





Рис. 3.7 – Зовнішній вигляд двигуна AIP 80B2

Таблиця 3.7 – Характеристики AIP 80B2

Коефіцієнт потужності	0,87
ККД, %	79,7
Номінальний обертовий момент, Нм	7,48
Потужність, кВт	2,2
Маса, кг	15



Рис. 3.8 – Схема підключення AC70E





Рис. 3.9 – Зовнішній вигляд АІР 71В2

Таблиця 3.8 – Характеристики АІР 71В2

Коефіцієнт потужності	0,84
ККД, %	76,2
Момент інерції, кг*м <sup>2</sup>	0,0008
Потужність, кВт	1,1
Маса, кг	7,5



3. Надійність. ПЛК має високу надійність і стійкість до перешкод, що дозволяє йому працювати в умовах високих температур, пилу та вологості.

4. Гнучкість. ПЛК може бути налаштований на різні типи обладнання та виробничих процесів, що дозволяє йому використовуватися у різних галузях промисловості.

5. Віддалений доступ. Завдяки можливості підключення до мережі Інтернет, ПЛК може бути керований з віддалених місць, що дозволяє операторам відстежувати роботу обладнання та виробничих процесів з будь-якої точки світу.

6. Економічність. Застосування ПЛК дозволяє знизити витрати на виробництво та забезпечити якість продукції завдяки точному та надійному керуванню обладнанням.

Для вибору ПЛК потрібно визначитись з виробником, було проаналізовано Siemens та Mitsubishi, у порівнянні з Mitsubishi, Siemens має більш широкий вибір моделей та легший інтерфейс програмування. Також, ПЛК Siemens мають високу надійність та широку сумісність з іншим обладнанням. Тому розглянемо ПЛК SIMATIC S7-1200 та SIMATIC S7-1500 від фірми Siemens [13].

Переваги SIMATIC S7-1200 від SIMATIC S7-1500:

1. Вартість: SIMATIC S7-1200 є менш дорогим варіантом, що робить його ідеальним для малих виробництв або для тих, хто має обмежений бюджет.

2. Розмір: SIMATIC S7-1200 має компактний дизайн, що робить його ідеальним для використання в обмеженому просторі.

3. Простота програмування: SIMATIC S7-1200 має більш простий інтерфейс програмування, що дозволяє швидко налаштувати систему та знизити час налагодження

4. Енергоефективність: SIMATIC S7-1200 має низьке споживання енергії, що дозволяє знизити витрати на електроенергію

5. Доступність: SIMATIC S7-1200 доступний для широкого кола користувачів та легко доступний на ринку.

З іншого боку, SIMATIC S7-1500 має більш високу продуктивність, точність та надійність, що робить його ідеальним для великих виробництв з високими

					<b>СУ-91 6.15101.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		27

вимогами до якості продукції. Також, SIMATIC S7-1500 має більш широкі можливості з підключення до різних пристроїв та систем, що дозволяє налаштувати більш складну систему автоматизації. Для лінії виробництва сиру необхідно два SIMATIC S7-1200, технічні характеристики наведені в таблиці 3.9, а схему підключень на рисунку 3.11.

Таблиця 3.9 - Характеристики два SIMATIC S7-1200

Живлення	24 В
Інтерфейс	PROFINET
Кількість аналогових входів	2
Кількість дискретних входів	6
Кількість дискретних виходів	4
Фізичний рівень інтерфейсу	Ethernet, RS - 485
Робоча пам'ять	25 Кбайт
Завантажування пам'ять	1 Мбайт
Потужність	12 Вт
Захист	IP20



Таблиця 3.11 – Характеристики 6ES7232-4HD32-0XB0

Живлення	24 В
Струм на виході	0-20 mA
Кількість аналогових виходів	4
Захист	IP20
Аварійні сигнали	+
Діагностична функція	+

ПК був обраний теж від Siemens, а саме SIMATIC IPC647C, за його процесор та компактність, характеристики наведені в таблиці 3.12.



Рис. 3.12 – Загальний вигляд 6ES7231-4HF32-0XB0



Рис. 3.13 – Загальний вигляд 6ES7232-4NH32-0XB0

Таблиця 3.12 Характеристики SIMATIC IPC647C

Процесор	Intel Core i7-610E(2 ядра/4 потоки, 2.53 ГГц, 4 MB cache, Turbo Boost, VT-d, iAMT, EM64T).
Оперативна пам'ять	Від 1 до 8 Гб DDR3 1066 SDRAM
Вбудовані інтерфейси	PROFIBUS/MPI, CP5611-совместимый или PROFINET, 3 x RJ45, CP1616-совместимый
Слоти	2 x PCI 1 x PCI-Express x16.
Графічний контролер	Вбудований графічний контролер Intel GMA HD в процесор та

	PCI Express карта 512 Мб.
ОС	Windows або без ОС.
Блок живлення	100 ... 240 В
Ступінь захисту	IP41



## РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА НМІ ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА

### 4.1 Загальні поняття

НМІ (Human-Machine Interface) панелі - це електронні пристрої, які використовуються для керування та моніторингу промислових процесів. Вони забезпечують інтерфейс між оператором та машинами, що дозволяє здійснювати різноманітні налаштування та контролювати роботу обладнання. НМІ панелі можуть бути різних розмірів, від невеликих до великих, залежно від потреб користувача. Вони можуть бути використані для керування різними системами, такими як автоматизовані лінії зборки, обладнання для обробки матеріалів, нафтогазова промисловість, системи контролю доступу та багато інших.

Одним з головних переваг НМІ панелей є їх зручний інтерфейс, який дозволяє операторам легко керувати обладнанням та виконувати різноманітні завдання. Крім того, вони забезпечують швидкий доступ до важливої інформації, що дозволяє операторам швидко реагувати на будь-які проблеми, які можуть виникнути під час роботи обладнання.

Найбільш поширеними типами НМІ панелей є ті, що використовують сенсорні екрани для керування та моніторингу промислових процесів. Це дозволяє операторам легко взаємодіяти з обладнанням та зменшує кількість необхідних кнопок та перемикачів.

У загальному, НМІ панелі є незамінним елементом у сучасних промислових процесах, які дозволяють операторам керувати та моніторити роботу обладнання, забезпечуючи ефективну та безпечну роботу промислових систем.

### 4.2 Програмне забезпечення

Для створення інтерфейсу оператора потрібно визначитись з ПО, яке буде використовуватись, вибір здійснювався з таких програм:

1. Zenon Scada;
2. CodeSys;
3. TIA Portal;

					<b>СУ-91 6.15101.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		33

4. SCADA KVisionOPC;
5. Rapid SCADA.

Я обрав TIA Portal за її функціонал та такі переваги [14]:

1. Ефективна розробка програмних кодів за допомогою генераторів, підключених через інтерфейс TIA Portal Openness.
2. Комплексне моделювання функціональних можливостей контролерів, включаючи комунікації та веб-сервер, а також взаємодія з віртуальним обладнанням і підприємствами з використанням PLCSIM Advanced.
3. Якісні аналітичні інструменти і різні сервіси, які доступні в усьому світі і підтримуються за допомогою MindSphere - відкритої хмарної операційної системи IoT від Siemens.
4. Створення резервних копій проектів TIA Portal всього підприємства зі збереженням копій в архіві Teamcenter.
5. Управління та моніторинг в будь-який час, в будь-якому місці, з будь-якого пристрою - ефективно, мобільно і безпечно.

### 4.3 Проектування інтерфейсу

Для початку в TIA Portal необхідно обрати ПЛК та НМІ та зв'язати їх (рис. 4.1), потім створити екрани (рис. 4.2).

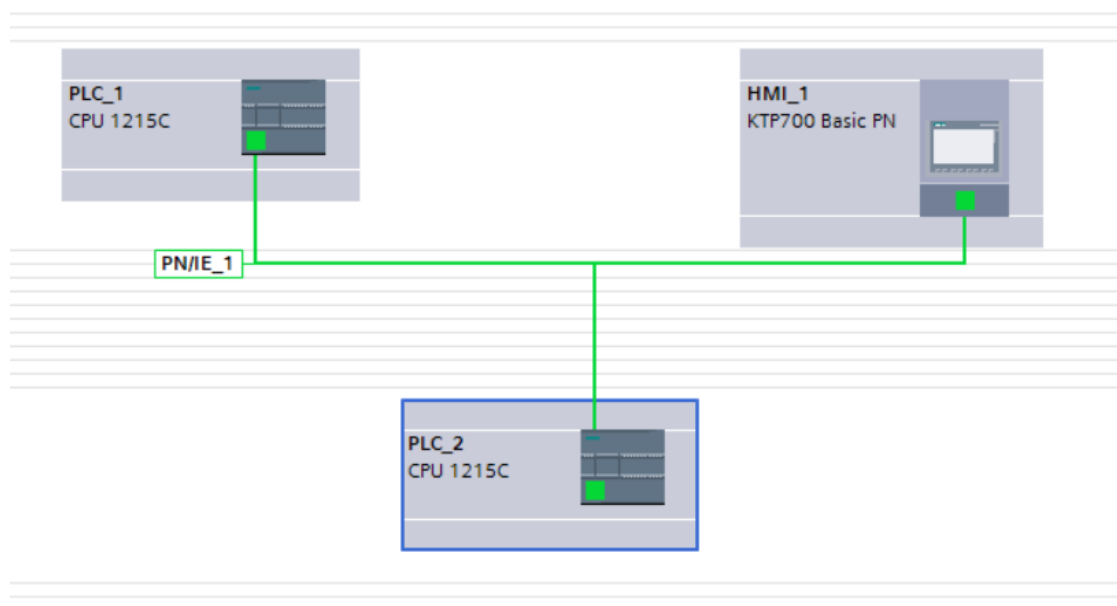


Рис. 4.1 – З'єднання ПЛК 1, ПЛК 2 та НМІ

					СУ-91 6.15101.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

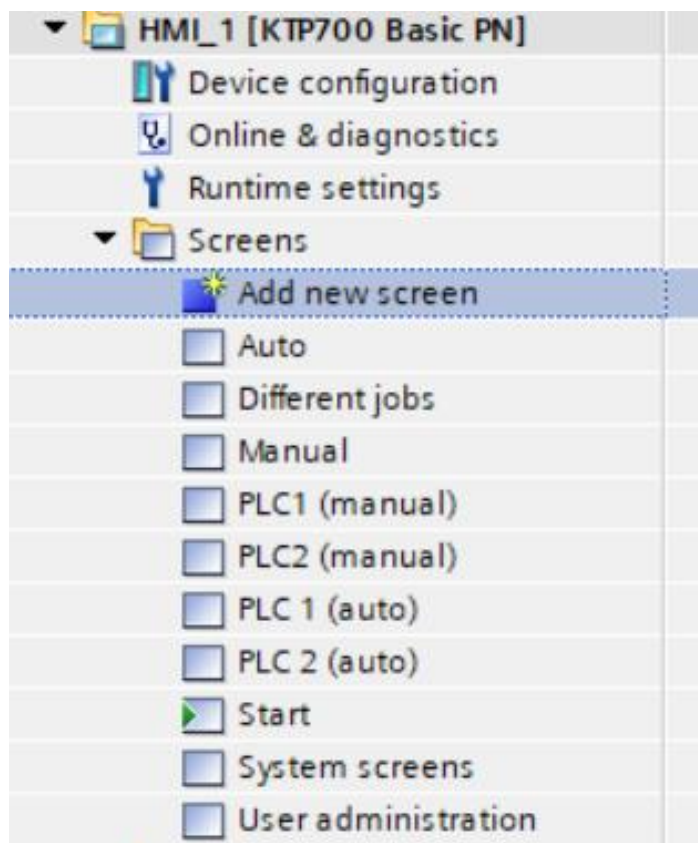


Рис. 4.2 – Список екранів

Наступним кроком треба додати інформацію, яку необхідно бачити оператору. Початковий екран оператора представлений на рис. 4.3

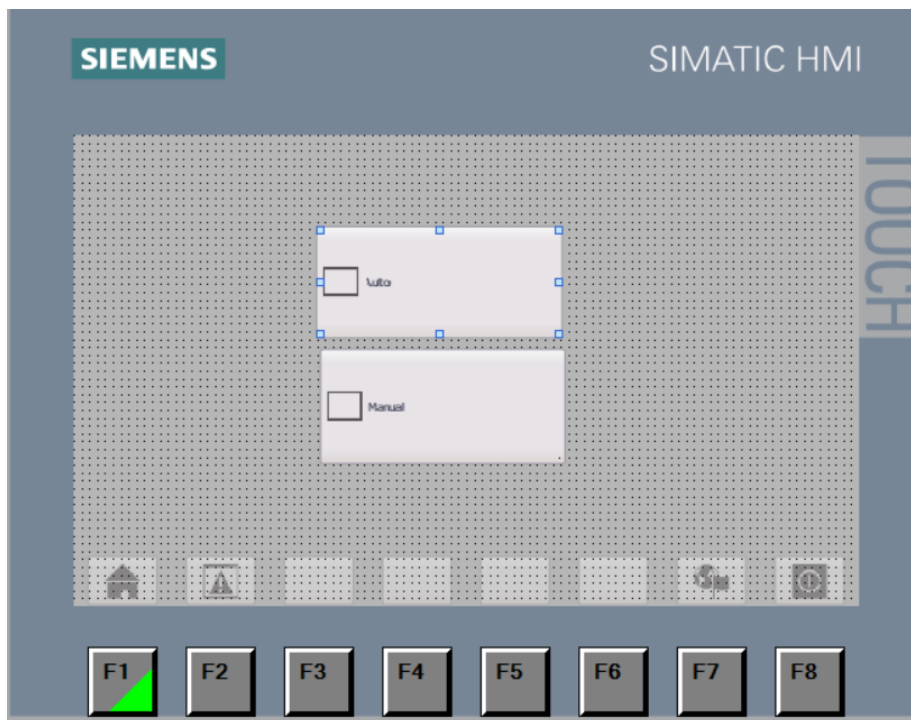


Рис. 4.3 – Початковий екран.

Оператору необхідно обрати режим управління в якому буде працювати лінія, автоматичний або ручний, після вибору режиму оператор побачить екран (рис. 4.4) з вибором ПЛК.

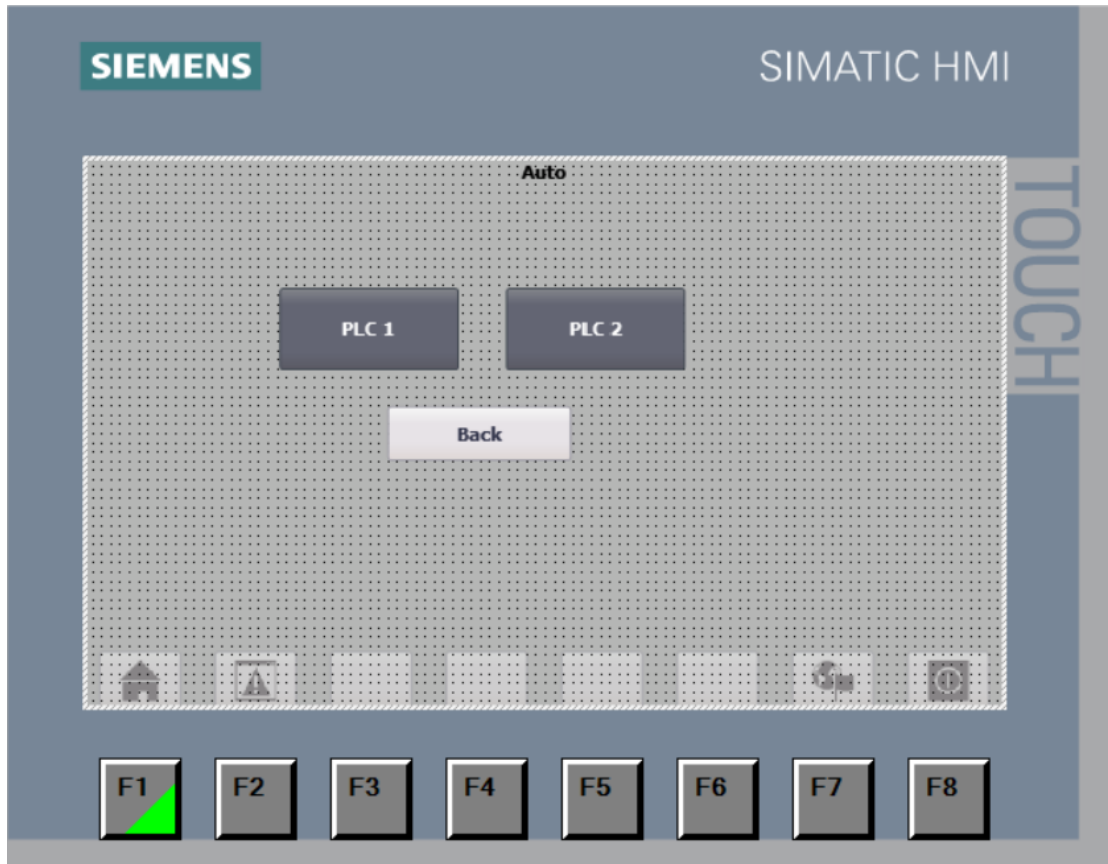


Рис. 4.4 – Вибір ПЛК

Якщо обраний автоматичний режим та ПЛК 1, оператору буде представлено екран на якому відображаються характеристики процесу (рис. 4.5), а саме температура сировини, кислотність сировини, рівень в резервуарі та кількість поданої закваски.

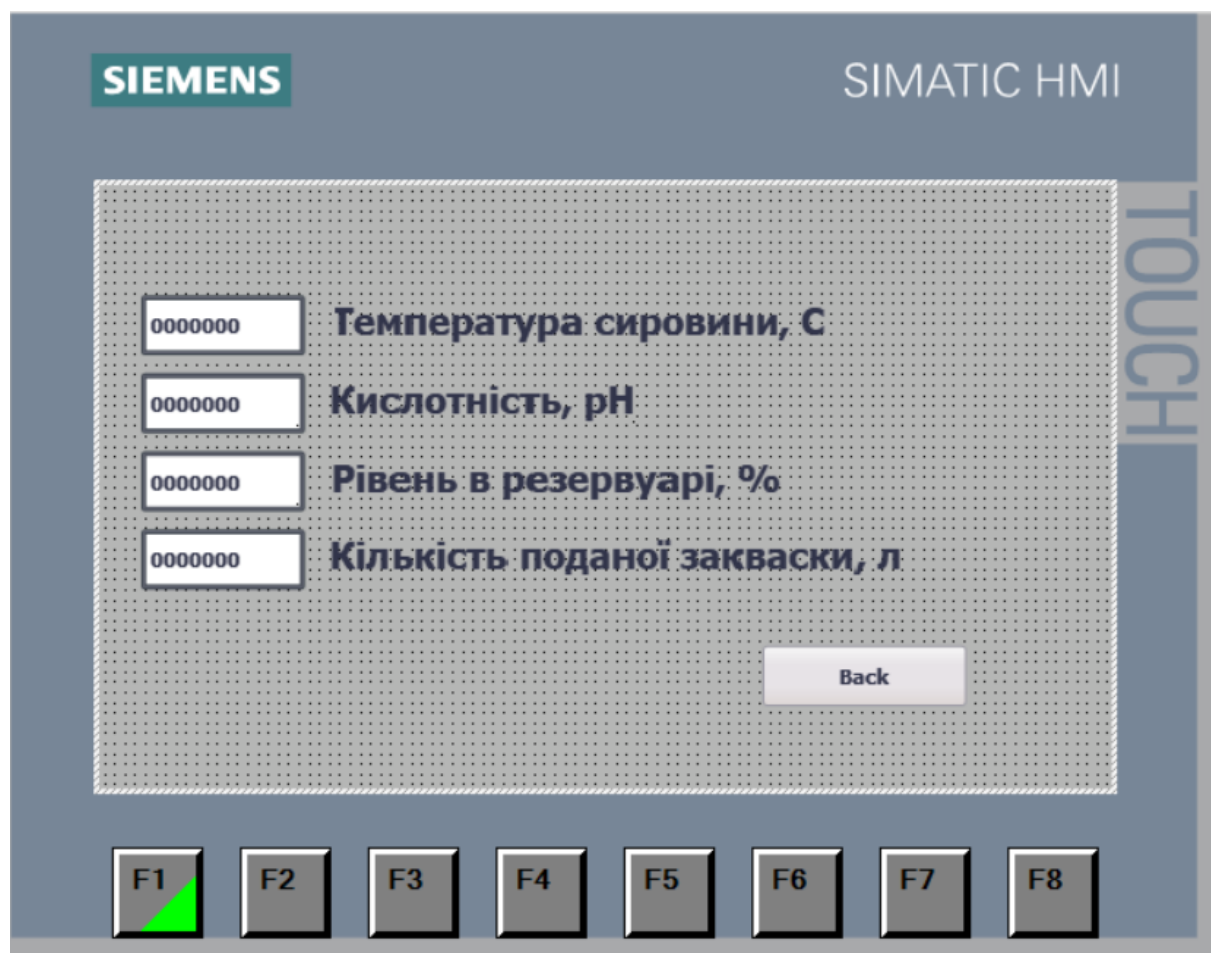


Рис. 4.5 – Екран при виборі ПЛК1 в автоматичному режимі.

При виборі ПЛК 2, оператору буде представлено екран на якому відображаються температура сировини перед та після апарата ТОЗ, кут нахилу барабану та температура готової сировини. Вигляд екрану представлено на рисунку 4.6.

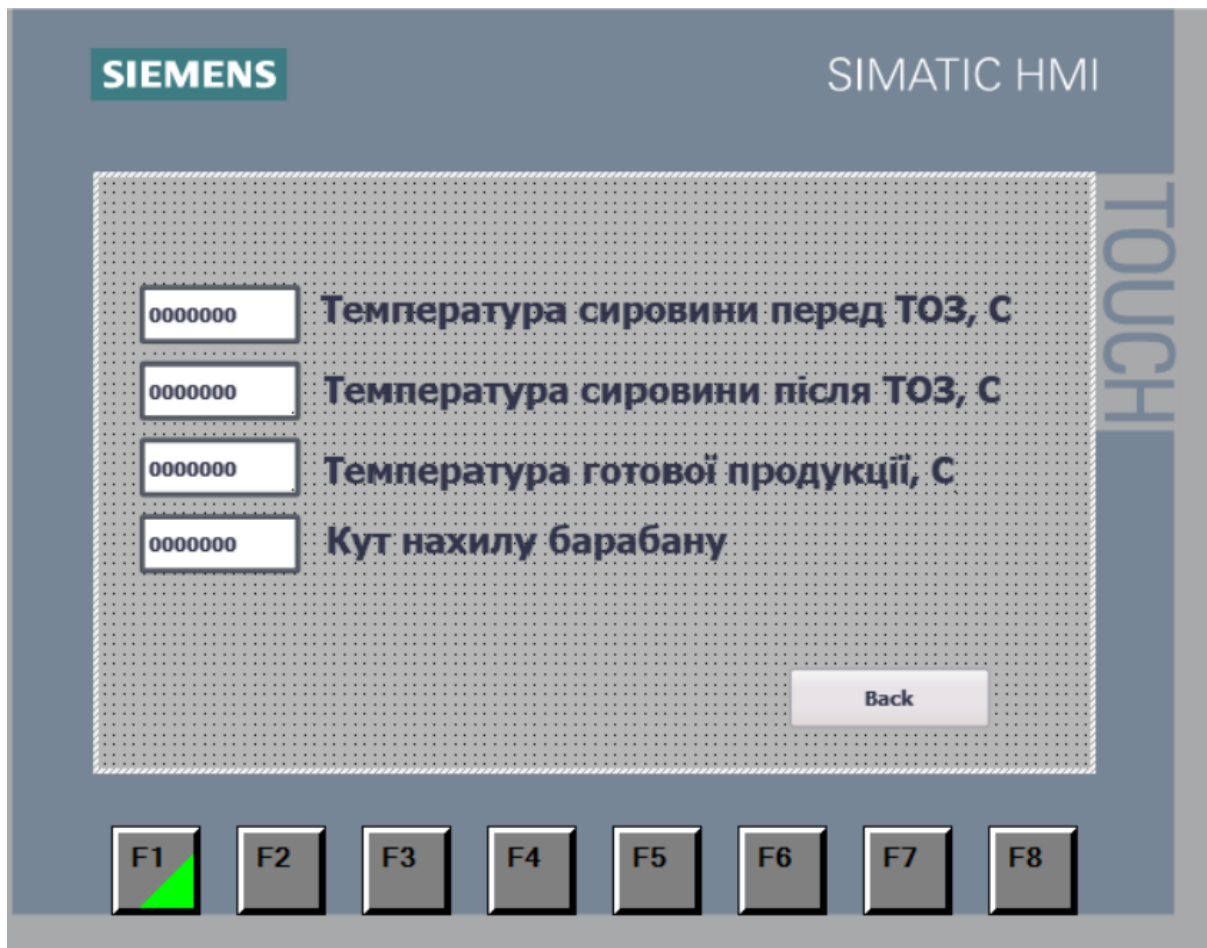


Рис. 4.6 - Екран при виборі ПЛК2 в автоматичному режимі.

Вибравши ручне управління та обравши ПЛК 1, ми переходимо до екрану (рис.4.7), на якому можна керувати температурою сировини, кислотністю сировини, рівнем в резервуарі та кількістю поданої закваски за допомогою подачі молока, подачі закваски, ввімкнення міксеру, подачі холодної та гарячої води, та є можливість ввімкнути перекачування сировини до апарату ТОЗ.

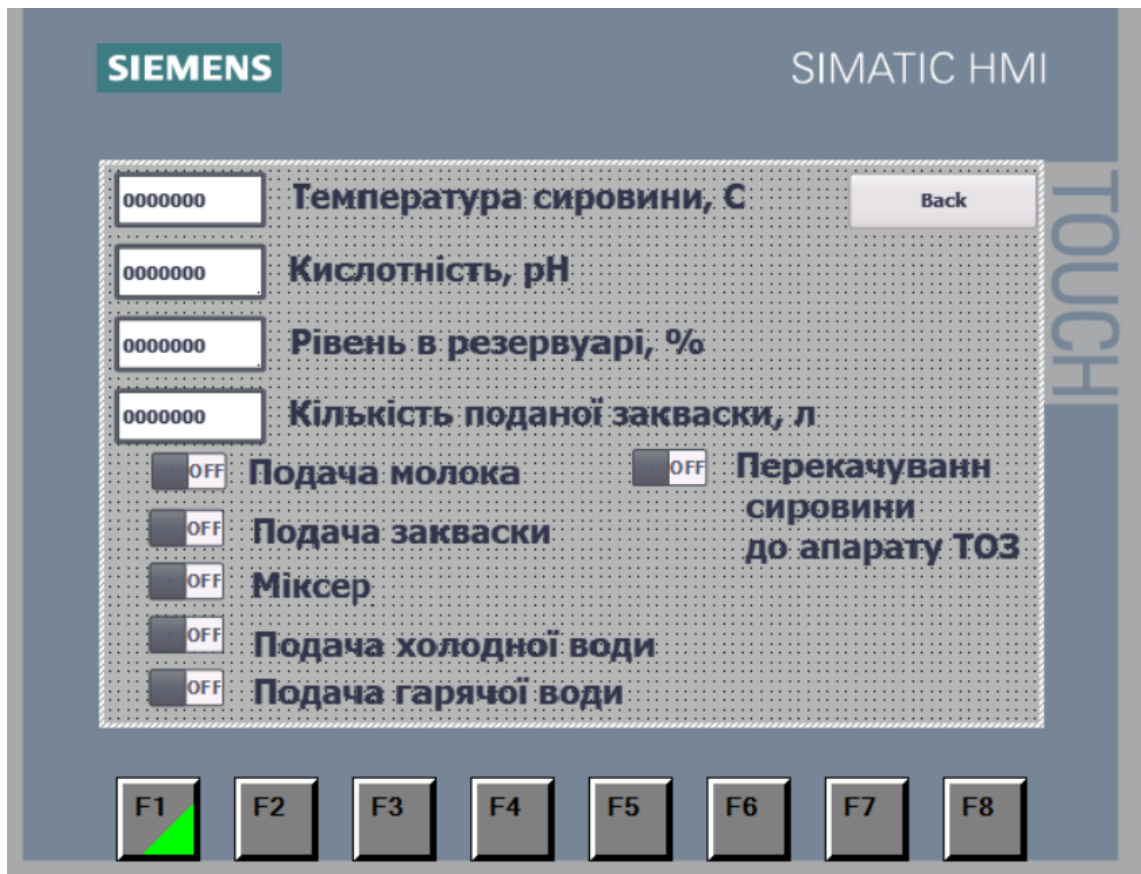


Рис. 4.7 – Екран при виборі ПЛК1 в ручному керуванні

В ручному керуванні процесом при виборі ПЛК 2, можемо керувати температурою на вході та виході до апарату ТОЗ, кутом нахилу барабану та температурою готового продукту за допомогою подачі холодної та гарячої води до апарату ТОЗ, вибору куту нахилу барабану, увімкнення обертання барабану та шнеку та подачою холодної води до охолоджувача.

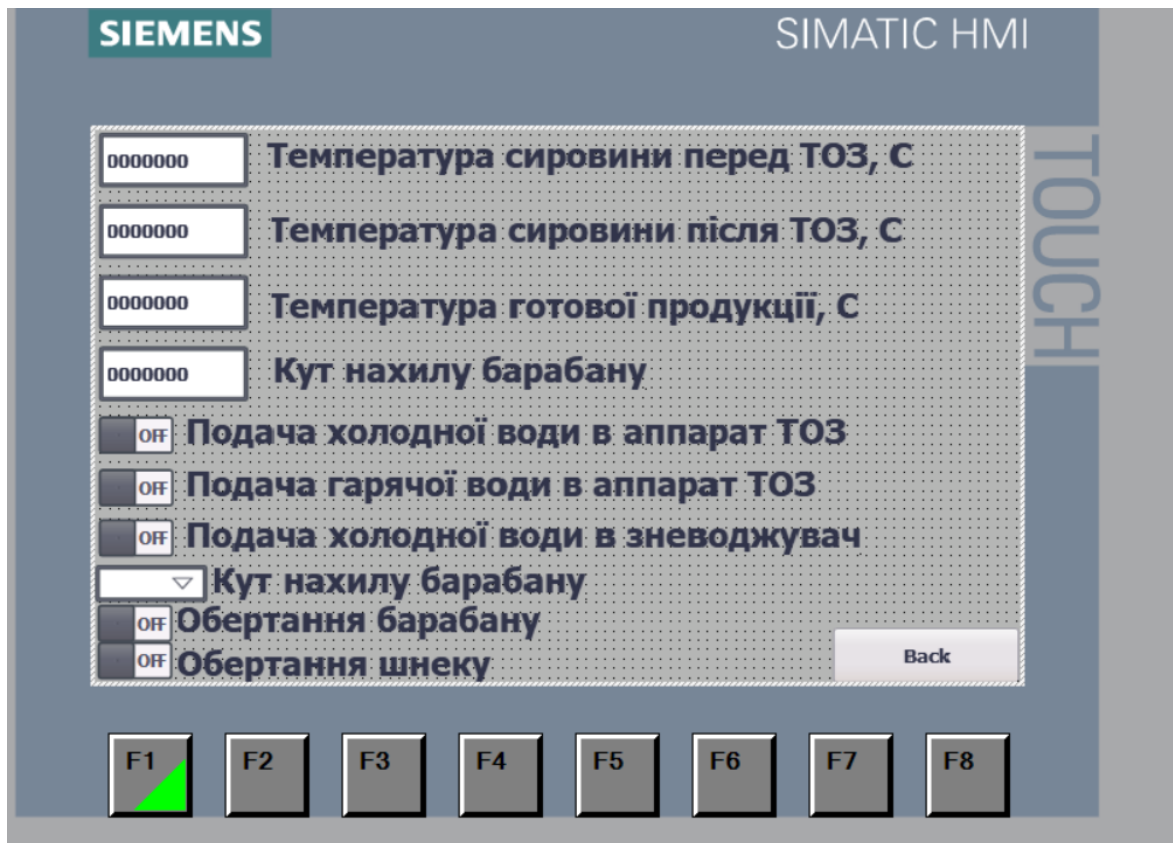


Рис. 4.8 - Екран при виборі ПЛК2 в ручному керуванні

Також за допомогою TIA Portal було розроблено мнемосхему, яку наведено в додатку А.



## ВИСНОВКИ

В цій роботі було розроблено систему автоматизованого керування лінії виробництва сиру. Після розглянутого технологічного процесу виробництва сиру було розроблено структурну схему та інформаційно матеріальних потоків. На основі даних схем було розроблені такі контури керування:

1. Контур керування температурою;
2. Контур керування заповненням резервуару;
3. Контур керування кислотністю
4. Контур керування процесом зневоднення.

Після цього було розроблену функціональну схему автоматизації.

Було підібрано технічні засоби автоматизації, датчики : датчик температури, датчик кислотності, датчик рівня, витратомір та датчик куту нахилу; виконавчі механізми такі, як двигуни та електроклапани; ПК та ПЛК з модулями вводу та виводу.

Розроблен НМІ-інтерфейс на базі панелі КТР700 Basic PN та мнемосхема для лінії виробництва в програмному забезпечення TIA Portal.

					СУ-91 6.15101.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Виробництво кисломолочного сиру : веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/7273165/page:133/> (дата звернення 03.06.2023).
2. Шляхи розвитку та удосконалення технології виробництва СК : веб-сайт. URL: [https://vuzlit.com/760752/tehnologiya\\_virobnitstva\\_kislomolochnogo\\_siru](https://vuzlit.com/760752/tehnologiya_virobnitstva_kislomolochnogo_siru) (дата звернення 03.06.2023).
3. Самілик М.М. Удосконалення технології м'якого кисломолочного сиру підвищенням біологічної цінності. Сумський національний аграрний університет. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького*. 2017. т 19. № 80.
4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ ВИРОБНИЦТВА СИРУ : веб-сайт. URL: <https://jak.koshachek.com/articles/tehnologichna-linija-virobnictva-siru.html> (дата звернення 03.06.2023).
5. ДСТУ Б А.2.4-16 – 2008. Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів. Автоматизації в схемах. Введеній у 2008 році зі скасуванням ГОСТ 21.404-85.
6. Правила виконання схем автоматизації : веб-сайт. URL : [https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%A1%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0\\_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97\\_%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0](https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%A1%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97_%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0) (дата звернення 03.06.2023).
7. Cottage cheese products from concentrated raw materials. Retrieved from <https://medcraveonline.com/JNHFE/cottage-cheese-products-from-concentrated-raw-materials.html> (дата звернення 03.06.2023).
8. The Complete Practical Guide to Siemens Tia Portal Programming : веб-сайт. URL: <https://www.solisplc.com/tutorials/a-practical-guide-to-siemens-tia-portal-programming> (дата звернення 03.06.2023).

					СУ-91 6.15101.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

9. DATASHEET TOPCV-1. [Електронний ресурс] : URL: [https://www.limathermsensor.pl/files/k-do-srodowisk-agresywnych/page\\_148\\_TOPCV-1,-TOPCVE-1.pdf](https://www.limathermsensor.pl/files/k-do-srodowisk-agresywnych/page_148_TOPCV-1,-TOPCVE-1.pdf) (дата звернення 03.06.2023).

10. DATASHEET UT2F/E6-0AUL Micro detectors. [Електронний ресурс] : URL: [http://microdetectors.rs/pdf/201801\\_MD\\_product\\_catalogue\\_UT%20UTR\\_ENG.pdf](http://microdetectors.rs/pdf/201801_MD_product_catalogue_UT%20UTR_ENG.pdf) (дата звернення 03.06.2023).

11. DATASHEET OPTIFLUX 1300. [Електронний ресурс] : URL: <https://www.instrumart.com/assets/krohne-optiflex1300-manual.pdf> (дата звернення 03.06.2023).

12. DATASHEET Belimo. [Електронний ресурс] : URL: [https://www.belimo.com/mam/general-documents/datasheets/en-gb/belimo\\_EV230A-TPC\\_datasheet\\_en-gb.pdf](https://www.belimo.com/mam/general-documents/datasheets/en-gb/belimo_EV230A-TPC_datasheet_en-gb.pdf) (дата звернення 03.06.2023).

13. DATASHEET SIMATIC S7 S7-1200 Programmable controller [Електронний ресурс] : URL: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att\\_106119/v1/s71200\\_system\\_manual\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf) (дата звернення 03.06.2023).

14. Програмне забезпечення в TIA Portal : веб-сайт. URL: <https://www.siemens.com/ua/uk/produkty/avtomatyzatsiya-promyslovosti/prohramne-zabezpechennya-dlya-promyslovosti/prohramne-zabezpechennya-dlya-avtomatyzatsiyi/tia-portal/prohramne-zabezpechennya-v-tia-portal.html> (дата звернення 03.06.2023).

15. Гісіна І.Б. Технологія молока і молочних продуктів. М. : Харчова промисловість, 1973. 374 с.

16. Власенко В.В. Головка М. П., Семко Т. В., Головка Т. М. Технологія молока та молочних продуктів: навчальний посібник. Харківський державний університет харчування та торгівлі. Харків : ХДУХТ, 2018. 202 с.

17. Воробйова Н. І. Основи автоматизації технологічних процесів в м'ясній і молочній промисловості. *Легка і харчова промисловість*. Москва, 1983. 328 с.

					СУ-91 6.15101.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

18. Бабанов І. Г., Гавва О. М., Бабанова О. І. [та ін.]. Інноваційне обладнання молокопереробних підприємств : підручник. Нац. ун-т харч. технол. Київ : Інкос, 2019. 718 с.

					СУ-91 6.15101.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

