МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директор інституту(декан факультету)	Завідувач кафедри
_____ ___Андрій ФОРСЮК___	_____ доц. Ярослав СМІТЮХ
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
«___» лютого 2024 р.	«___» лютого 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності *151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми *«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»*
на тему: ___*Розробка системи автоматизації дільниці приготування тіста* ____

Виконав: здобувач _3_ курсу, групи ЗАВ-3-1
_____*Стовпак Денис Євгенійович*___ _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник ___Зігунов Олександр Михайлович____ _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Валентина ОТЕНКО _____
(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: Завідувач
кафедри АКТСУ
_____Ярослав СМІТЮХ

«___»_____2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Стовпака Дениса Євгенійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації дільниці приготування тіста*

керівник роботи *к.т.н. Зігунов Оександр Михайлович*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «*19*» *грудня 2023* р. №1001-КС .

2. Строк подання здобувачем роботи «*14*» *лютого 2024* р.
3. Вихідні дані 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 необхідно 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 технічних засобів. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

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

3. Монтаж вимірювача рівня CLM-36.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 25 грудня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач _____ Денис СТОВПАК
(підпис)

Керівник роботи _____ Олександр ЗІГУНОВ
(підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації дільниці приготування тіста.

В роботі представлено опис технологічного процесу приготування тіста, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчика рівня Solido-500 LEA, схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічних засобів.

Розроблено алгоритм та програму для системи управління процесом приготування тіста. Програма розроблена для ПЛК-160[M02] в програмному забезпечені CodeSys V2.3. Інтерфейс для сенсорної панелі оператора розроблено в «Конфігуратор СП300».

Ключові слова: дільниці приготування тіста, ПЛК-160[M02], датчик рівня Solido-500 LEA, контроль і регулювання температури в емульгаторі.

Annotation

The qualification work deals with the development of the automation system dough preparation area.

The work presents a description of the technological process of dough preparation, tasks for the automation system, the automation scheme, specification of technical means of automation, assembly diagram of technical automation tool - Solido-500 LEA level sensor, connection diagram sensors and actuators to the PLC and advanced connection schemes technical means.

An algorithm and a program for the control system of the dough preparation process have been developed. The program is developed for ПЛК-160[M02] in CodeSys V2.3 software. The interface for the operator's touch panel is developed in the СП300 Конфігуратор.

Keywords: dough preparation stations, ПЛК-160 [M02], Solido-500 LEA level sensor, control and regulation of temperature in the emulsifier.

Зміст

Вступ *7*

1. Опис об’єкта автоматизації *9*

1.1 Технологічний опис об’єкта автоматизації *9*

1.2 Розробка завдання на систему автоматизації *12*

2. Система автоматизації *14*

2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО) *14*

2.2. Схема автоматизації *22*

2.3. Специфікація засобів автоматизації *25*

3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення *26*

3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) *26*

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК *31*

3.3 Розширені схеми підключення для окремих контурів *35*

4. Креслення встановлення технічних засобів *38*

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК) *40*

6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога *45*

6.1 Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI *45*

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора *47*

7. Комп’ютерне моделювання системи автоматичного регулювання *51*

7.1. Постановка задачі дослідження *51*

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі *51*

7.3. Моделювання САР *53*

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків *56*

Висновок *58*

Список використаної літератури *59*

Вступ

Кондитерська промисловість відіграє важливу роль в харчовій галузі як сектор виробництва, спеціалізований у виготовленні кондитерських виробів. Вона займається виробництвом широкого спектру солодощів, включаючи торти, печиво, цукерки, шоколад, десерти та інші солодкі вироби.

Розвиток кондитерської промисловості постійно зростає завдяки змінюючимся смаковим уподобанням споживачів і підвищенню життєвого рівня населення. Сучасні споживачі все більше прагнуть до різноманітності, інноваційних смаків та естетичного вигляду кондитерських виробів.

Кондитерська промисловість відіграє важливу роль не тільки у задоволенні гастрономічних потреб споживачів, але й у створенні робочих місць та забезпеченні економічного зростання. Вона створює можливості для працевлаштування великої кількості людей, від фахівців у кондитерській галузі до робітників на виробництві. Також, кондитерська промисловість сприяє розвитку сільського господарства, оскільки багато сировинних матеріалів, таких як цукор, какао-боби, молоко та фрукти, використовуються в кондитерських виробах.

Технологічні процеси харчових галузей промисловості мають суттєві особливості [1]:

- різноманітний асортимент, який часто змінюється;
- переробка продуктів, які швидко псуються, що потребує чіткої організації процесів переробки та оптимального режиму управління;
- показники якості сировини змінюються залежно від району вирощування, погодних умов, терміну і умов транспортування та зберігання;
- суворе дотримання рецептур приготування харчових продуктів та технологічних режимів переробки сировини для зберігання смакової та харчової цінності продуктів;
- виключення контакту рук людини з продуктами та сировиною;

- застосування безперервних технологічних процесів та поточних ліній для випуску певних виробів, які забезпечені сучасними машинами та апаратами;

- застосування складних фізико-хімічних та біохімічних методів переробки харчових продуктів.

Усі ці особливості визначають ефективність застосування автоматизації технологічних процесів харчових виробництв на підприємствах усіх рівнів.

Розроблення і впровадження систем автоматизації технологічних процесів на базі мікропроцесорної техніки дозволили перейти до створення принципово нових систем відображення інформації та реалізації управляючих дій оператора - так званих автоматизованих робочих місць (АРМ) оператора-технолога.

Системи автоматизації, побудовані на основі стандартних аналогових регуляторів та централізованих АСУТП, передбачають розміщення на локальних пунктах управління спеціальних щитів автоматизації. На цих щитах розміщуються чисельні вторинні вимірювальні прилади, органи ручного дистанційного управління (ключі, кнопки, панелі дистанційного управління) та ін. Причому відображення інформації відбуваються в незмінних формах (покази, запис, сигналізація).

АРМ оператора-технолога являє собою програмно-технічний комплекс, що складається із кількох мікропроцесорних контролерів, з'єднаних з однією або кількома ПЕОМ, та відповідного програмного забезпечення процесів обміну та відображення інформації [2].

У сучасному світі автоматизація є необхідною складовою виробництва печива. Вона допомагає забезпечити високу якість продукції, підвищити продуктивність, знизити витрати та забезпечити конкурентоспроможність на ринку. Відповідно, вивчення теми автоматизації виробництва печива є важливим для тих, хто працює в цій галузі або планує розвивати бізнес у цій галузі.

При сучасному етапі інтеграції комп’ютерних технологій в соціум, автоматизація технологічних процесів є невід’ємною складовою організації

1 Опис об’єкта автоматизації

1.1 Технологічний опис об’єкта автоматизації

Виробництво борошняних кондитерських виробів є однією з важливих галузей харчової промисловості. Печиво використовується в широкому спектрі продуктів із високим попитом на ринку. Це популярна закуска, солодощі та компаньйон до чаю чи кави.

Характеристика дільниці приготування тіста затяжного печива з точки зору технології включає опис процесу приготування тіста та потенційні можливості автоматизації цього процесу.

Процес приготування тіста затяжного печива зазвичай включає наступні етапи [3]:

1). Дозування інгредієнтів.

Цей етап передбачає точне вимірювання та дозування інгредієнтів, таких як борошно, цукор, масло, яйця, під час якого необхідно забезпечити стабільність та точність додавання кожного компоненту.

2). Змішування.

Після дозування інгредієнтів вони повинні бути змішані до однорідної консистенції. Змішування може виконуватися за допомогою міксера або змішувального пристрою з використанням певних рухових або обертових механізмів.

3). Формування тіста.

Після змішування тіста необхідно сформувати його у відповідну форму або розміри. Цей етап може включати розкатування тіста, використання пресу або інших пристроїв для формування.

4). Обробка тіста.

Після формування тісто може потребувати певної обробки, такої як розпушування, проколювання або нанесення зразків. Це може вимагати додаткових пристроїв або механізмів для виконання цих операцій.

Ділянка замісу тіста безперервним способом складається з емульгатора I, автовагів для цукру II, бункера з цукром III, пластифікатора для жиру IV, бака-мірника молока V, бака емульсії VI, мірника для води і меланжу VII, дозатора для борошна та інших сипких компонентів VIII, тістомісильної машини або збивальної машини IX і бункера для борошна та інших сипких компонентів X (рисунок 1.1) [1].

Усі види сировини, передбачені рецептурою, крім борошна, дозуються в емульгатор I. Готову емульсію, яку збили раніше, додають у борошно в тістомісильну машину IX, де відбувається безперервний заміс тіста. Готове тісто йде на формування.

Цукор-пісок, який подрібнюють до цукрової пудри, потрапляє в бункер III. Як тільки цукор досягає верхньої границі рівня, вмикається шнек подачі цукру або цукрової пудри на автоваги II. Після досягнення певної дози цукру або цукрової пудри відкривається заслінка на виході бункера автовагів і відміряна порція цукру або цукрової пудри пересипається в емульгатор I.

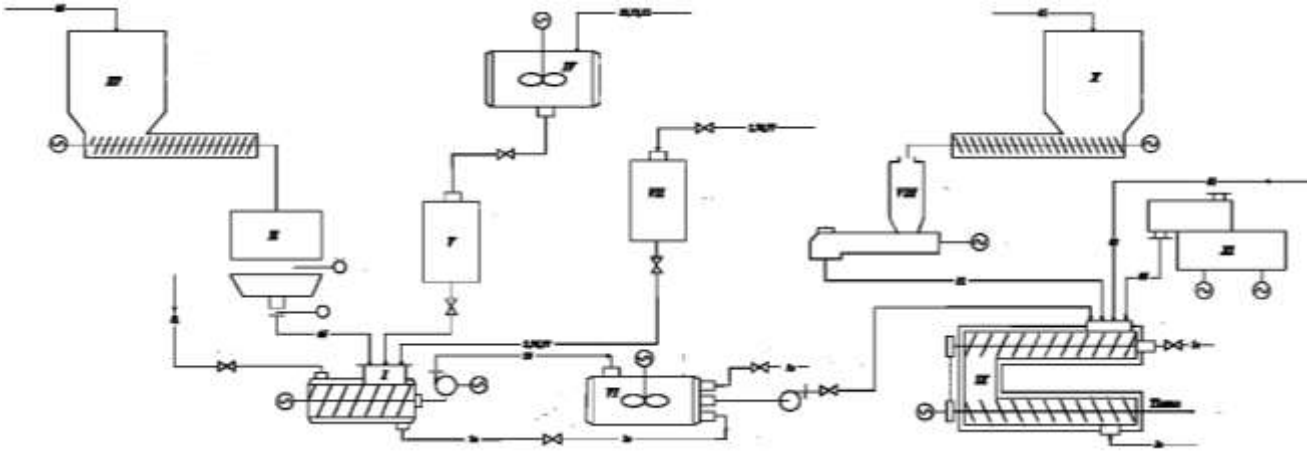


Рисунок 1.1 – Узагальнена схема автоматизації приготування тіста затяжного печива

Далі відбувається дозування вершкового масла й молока, які потрапляють із бака в мірник V. У разі досягнення розтопленим вершковим маслом верхнього рівня у баці VI закривається клапан подачі вершкового масла в мірник V. Одночасно з цим відкривається клапан подачі вершкового масла в емульгатор. Молоко дозується аналогічно.

Наступним етапом є дозування меланжу в мірник VII.

Потрапивши в емульгатор, компоненти перемішуються спеціальними лопатями, які приводяться в рух електродвигуном. Стабілізація температури маси в емульгаторі (30°С) здійснюється шляхом зміни кількості води в сорочку емульгатора.

Дозування компонентів відбувається в суворій послідовності: цукрова пудра або цукор-пісок, вершкове масло, молоко, ванільна пудра, сода питна, меланж. Готова емульсія перекачується насосом у бак емульсії VI, що для підтримання температури емульсії (19...22°С) має водяну сорочку.

Заміс тіста відбувається в місильній машині з двома лопатями IX при визначеному відношенні борошна, що потрапляє з бункера X, і емульсії.

Заздалегідь підготовлені родзинки додають у тістомісильну машину відповідно до рецептури.

Виробництво печива вимагає точного дотримання рецептур, якості сировини та вміння правильно змішувати і обробляти тісто. Для досягнення високої якості продукції потрібно забезпечити стабільність і консистентність процесу приготування тіста.

1.2 Розробка завдання на систему автоматизації

Завданням на розробку на системи автоматизації є: перелік технологічних параметрів, що підлягають автоматизації; вид автоматизації та характер контролю та управління; допустимі значення параметрів. Дані представлені у вигляді таблиці (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 - Завдання на розробку системи автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Допустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління
1	Емульгатор	Температура в емульгаторі	30 ^{0}C	Контроль, регулювання	Відображення, реєстрація, сигналізація, стабілізація
		Привод машини	ввімкн/вимкн	Керування	Керування приводом
2	Бак емульсії	Привод змішувача	ввімкн/вимкн	Керування	Керування приводом
3	Тістомісильна машина	Температура в тістомісильній машині	19 – 22 ^{0}C	Контроль, регулювання	Відображення, реєстрація, сигналізація, стабілізація
		Привод машини	ввімкн/вимкн	Керування	Керування приводом
4	Бункер цукру	Рівень в бункері цукру	5% - 95%	Контроль, регулювання	Сигналізація, керування приводом живильника борошна в дозатор
5	Автоваги цукру	Маса цукру в автовагах	0 – 100 кг	Контроль, регулювання	Відображення, реєстрація, сигналізація, дозування
6	Бак-мірник молока	Рівень в баці-мірнику молока	5% - 95%	Контроль, регулювання	Сигналізація, дозування
7	Дозатор борошна	Маса борошна в дозаторі	0 - 100 кг	Контроль, регулювання	Відображення, реєстрація, керування приводом живильника борошна в тістомісильну машину

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Допустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління
8	Трубопровід емульсії	Витрата в трубопроводі емульсії	0 - 10 кг/год	Контроль, регулювання	Відображення, реєстрація, підтримка співвідношення

2 Система автоматизації

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

У даному проєкті запропонована реалізація системи автоматизації дільниці приготування тіста, у якій використані сучасні технічні рішення та засоби автоматизації.

Термоопори з кабельним виводом ДТС094 (рис. 2.1) призначені для температурних вимірювань твердих, рідких та газоподібних середовищ, які неагресивні до захисної арматури та матеріалу чутливого елементу (ЧЕ) датчика. Кабельний вивід зручність та простоту монтажу, але обмежує верхню межу вимірювальних температур – до 150 °С (ДТС з мідним ЧЕ) та 250 °С (ДТС з платиновим ЧЕ) [4].

Рисунок 2.1 – Термометри опору ДТС094

Датчики рівня Solido-500 LEA (рисунок 2.2) ротаційного типу призначені для контролю граничного рівня різних видів сипучих продуктів [5].

Напруга живлення: 24V, max 2.5 Вт. Ротаційний датчик рівня Solido-500 для сипучих продуктів представляє серію електромеханічних вимикачів для моніторингу рівня заповнення ємності.

Датчики серії Solido-500 підходять для роботи з будь-якими видами порошкоподібних і гранульованих сухих продуктів зі щільністю більше 100 г/л. Датчик може застосовуватися для сигналізації заповнення або спустошення ємності, а також для визначення проміжного рівня продукту.

Вимикачі граничного рівня Solido-500 LAA працюють за простим принципом дії ротаційних датчиків. Для цього на вимірювальну частини датчика встановлений спеціальний маячок (лопать). За допомогою вбудованого електромотора маячок (лопать) постійно обертається з встановленою швидкістю.

У міру досягнення контрольованого продукту заданого рівня – обертання маячка (лопаті) припиняється, приводячи в дію вимикач датчика Solido-500. В результаті подається вихідний сигнал зупинки і відбувається перемикання датчика. При звільненні маячка (лопаті) вимикач повертається у вихідне положення, запускаючи обертання.

Рисунок 2.2 – Датчик рівня Solido-500 LEA

Електронні ваги найбільш часто комплектуються тензорезисторними датчиками ваги - наприклад тензодатчик SQB-A 2.5t (рисунок 2.3). Залежно від типу ваг і умов експлуатації для вимірювання зусилля переданого вантажоприймальною платформою на датчик ваги, вибирається відповідний тип тензодатчика [6].

Рисунок 2.3 – Тензодатчик SQB-A 2.5t

Перетворювачі сигналу тензодатчика KM02H1 (рисунок 2.4) призначені для перетворення стандартних сигналів з тензодатчиків в уніфіковані сигнали по струму. Перетворювачі є додатковим обладнанням і застосовуються в складі різних електронних ваговимірювальних систем [7].

Технічні характеристики тензодатчика.

Рекомендована чутливість - від 1 до 2 мВ/В

Мінімальний сигнал для калібрування - 1 мВ/В

Кількість ліній для підключення тензодатчика -1 (350 Ом)

Нелінійність, % від шкали вимірювання - ≤0,5

Напруга живлення тензодатчика, В - 12

Максимальний струм навантаження на лінії підключення тензодатчика, не більше, мА - 50

Струмовий вихід, мА - 4…20

Напруга живлення постійного струму - 15-24 В, 100мА

Ступінь захисту корпусу - IP65

Габаритні розміри, мм - 64x58x35

Рисунок 2.4 – Перетворювачі сигналу тензодатчика KM02H1

Електромагнітний витратомір EFM-115 (рисунок 2.5) це високоточний вимірювальний прилад, що застосовується для вимірювання витрат струмопровідних рідин [8].

Рисунок 2.5 - Електромагнітний витратомір EFM-115

Лічильники-витратоміри можуть використовуватися для вимірювань, реєстрації, дозування, змішування і т.д. Принцип дії витратоміра заснований на електромагнітному ефекті Фарадея. Відповідно до цього закону, електричний струм активується у електропровідному тілі, яке рухається поперек магнітного поля.

Панель оператора графічна з сенсорним управлінням СП310 (рисунок 2.6) призначена для відображення стану технологічного процесу і внесення змін до його протікання. У більшості випадках панель оператора здатна повністю замінити пульт управління, що складається з кнопок і перемикачів [9].

Основні функціональні можливості СП310:

- графічний дисплей з діагоналлю 10 дюймів і роздільною здатністю 480x234 пікселів;
- кількість кольорів - 256, тип дисплея – TFT;
- сенсорне управління екраном;

- два незалежних порти RS-232 I RS-232/RS-485 для зв'язку з зовнішніми пристроями;
- підтримка поширених протоколів Modbus ASCII і Modbus RTU;
- можливість роботи одночасно в двох режимах Master і Slave;
- живлення від джерела напруги 24В;
- безкоштовна програма "Конфігуратор СП300".

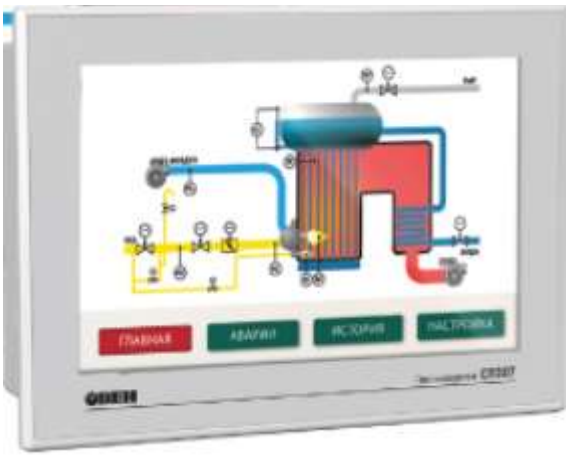


Рисунок 2.6 - Панель оператора графічна СП310

Електропневматичні позиціонери YT-1000R (рисунок 2.7) відносяться до слідкуючих приладів і мають широкий спектр застосування в обладнанні, що регулює параметри роботи трубопроводів різного призначення. Для самостійної роботи ці пристрої не пристосовані і застосовуються тільки при комплектації інших механізмів [10].

Конструктивно пневматичний позиціонер - це пристрій, закріплений на пневмоциліндрі і блок управління. Задача пристрою - забезпечити швидке і точне позиціонування установок і передачу сигналу від приводу лінійного або обертального руху на блок управління з можливістю як локального, так і дистанційного контролю параметрів роботи трубопроводу. Основні технічні характеристики електропневматичного позиціонера - витрата і тиск середовища, поріг чутливості і стійкість до умов навколишнього середовища - вхідний

регулюючий сигнал - 4-20 мА; тиск – 1.4 - 7 бар; переміщення – 10 - 150 мм, 0 - 90 град.

Рисунок 2.7 - Електропневматичний позиціонер YT-1000R

Пневматичний привод Genebre 5800 (рисунок 2.8) є компактним пневматичним приводом, який призначений для керування трубопровідною арматурою, запірний елемент якої повертається на 90°. Корпус приводів однаковий для моделей із пружинним поверненням та подвійної дії. Принцип дії приводів можна легко змінити у робочих умовах. Довговічність та надійність роботи забезпечується рейковою передачею [11].

Рисунок 2.8 - Пневматичний привод Genebre 5800

Приводи обладнані зовнішніми обмежувачами ходу, за допомогою яких регулюються положення "закрито" та "відкрито" на 5°. Для додаткового налаштування ходу положення "відкрито" на торцевих кришках можуть бути

встановлені спеціальні болти. Корпус приводів випускається з анодованого алюмінію, елементи кріплення – з нержавіючої сталі, що забезпечує стійкість до корозії протягом усього терміну служби. Керуючим середовищем є повітря, яке подається під тиском (максимальний тиск подачі – 8 бар). Робоча температура пневматичних приводів – -20…+80 °С. Номінальний крутний момент (при тиску 6 бар) – 463 Нм.

Клапан обертовий BIANCA (рисунок 2.9) з пластомірним покриттям. Сфери використання: для відсікання і регулювання корозійних і агресивних середовищ, а також для роботи з особливо чистими речовинами [12].

Рисунок 2.9 - Клапан поворотний BIANCA

Пристрої плавного пуску УПП1 (рисунок 2.10) призначені для плавного пуску та зупинення 3-фазних двигунів змінного струму, зниження величини пускового струму та усунення можливих негативних наслідків високого пускового моменту. Цифрове керування пристрою плавного пуску дозволяє виконати точне налаштування та легке налаштування. Завдяки регулюванню пускового моменту та унікальної функції «імпульсний старт» пристрій плавного пуску може бути використано для широкого кола завдань [13].

УПП1 рекомендується для застосування з пристроями потужністю до 11 кВт: конвеєри, вентилятори, насоси, компресори.

Рисунок 2.10 - Пристрій плавного пуску УПП1

Для керування приводами машин і апаратів використано частотний перетворювач ПЧВ3 (рисунок 2.11).

Рисунок 2.11 - Частотний перетворювач ПЧВ3

Перетворювач частоти ПЧВ3 призначений для управління по лінійному або квадратичному закону скалярного (безвекторного) управління [14].

Перетворювач є найпростішим по настройці параметрів і введенню в експлуатацію:

- просте регулювання швидкості;
- розгін, гальмування, реверсування;
- захисні функції;
- компактний дизайн.

Система управління побудована на базі контролера ПЛК-160[М02].

2.2 Схема автоматизації

Схемою автоматизації передбачено регулювання і контроль рівня бункера з цукром, рівня молока в баці-мірнику, рівня в збірному баці з емульсією, регулювання температури емульсії в емульгаторі й у збірному баці, регулювання витрати емульсії, регулювання і контроль рівня в бункері й дозаторі для борошна і сипких компонентів, контроль маси дозуючого борошна і її відношення до кількості емульсії, регулювання температури тіста, що йде на формування.

Для початку процесу оператор натискає кнопку "ПУСК" (SB1) або на сенсорній панелі оператора СП310. Після цього на дискретних виходах ПЛК-160[М02] формуються керуючи впливи на пристрої плавного пуску УПП1 (поз. КМ1, КМ2), що вмикають приводи емульгатора та баку емульсії.

Цукор-пісок, який подрібнюють до цукрової пудри, потрапляє в бункер цукру, де встановлені ротаційні датчики рівня Solido-500 LEA верхнього (поз. 1а) і нижнього (поз. 1б) рівнів, сигнали від яких подаються на вхід контролера ПЛК-160[М02]. Як тільки цукор досягає верхньої границі рівня, на дискретному виході ПЛК-160[М02] формується команда на пристрій плавного пуску УПП1 (поз. КМ3), що вмикає шнек подачі цукру або цукрової пудри на автоваги. При досягненні нижнього значення рівня – шнек зупиняється.

Завдана в програмі користувача кількість цукру, визначається за допомогою тензодатчика KELI SQB-A 2.5t (поз. 2а), що встановлений в автовагах та перетворювача сигналу тензодатчика КМ02Н1 (поз. 2б). Сигнал з перетворювача передається на аналоговій вхід ПЛК-160[М02]. Після досягнення певної дози цукру або цукрової пудри в бункері автоматичних ваг ПЛК формує регулюючий вплив на електропневматичний позиціонер YT-1200 (поз. 2в), що керує клапаном обертовим BIANCA з пневмоприводом (поз. 2г). Виконавчий механізм відкриває клапан на виході бункера автовагів і відміряна порція цукру або цукрової пудри пересипається в емульгатор.

Далі відбувається дозування вершкового масла й молока, У баці-мірнику встановлені датчики рівня Solido-500 LEA верхнього (поз. 3а) і нижнього (поз. 3б) рівнів, сигнали від яких подаються на вхід контролера ПЛК-160[М02]. У разі досягнення розтопленим вершковим маслом верхнього рівня закривається клапан BIANCA (поз. 3г) з електропневматичним позиціонером YT-1200 (поз. 3в), чим припиняє подачу вершкового масла в мірник. Одночасно з цим відкривається клапан BIANCA (поз. 3д) з електропневматичним позиціонером YT-1200 (поз. 3е), і відбувається подача вершкового масла в емульгатор.

Молоко дозується аналогічно.

Аналогічно реалізовано контур подачі меланжу.

Потрапивши в емульгатор, компоненти перемішуються спеціальними лопатями, які приводяться в рух електродвигуном.

Стабілізація температури маси в емульгаторі та в тістомісильній машині здійснюється шляхом зміни кількості холодної води в сорочку емульгатора та машини. Температура вимірюється термоопорами з кабельним виводом ДТС 094 (поз. 4а, 6а). Сигнали з датчиків надходить до ПЛК, де обробляються згідно програми. Якщо температура менше або більше завданої то з ПЛК регулюючі сигнали поступають на електропневматичні позиціонери YT-1200 (поз. 4б, 6б, 6г), що керує клапанами обертовими BIANCA з пневмоприводам (поз. 4в, 6б, 6д), що встановлені на трубопроводах подачі води.

Сигналізатори верхнього і нижнього рівнів цукру або цукрової пудри, вершкового масла в бункері виконують функції автоматичного дозування і контролю запасів даних компонентів. Дозування компонентів відбувається в суворій послідовності: цукрова пудра або цукор-пісок, вершкове масло, молоко, ванільна пудра, сода питна, меланж.

Відповідно до алгоритму роботи готова емульсія перекачується насосом у бак емульсії. Насосом керує перетворювач частоти ПЧВ3 (поз. 5а) на який поступає

сигнал з контролера.

Заміс тіста відбувається в місильній машині з двома лопатями при визначеному відношенні борошна, що потрапляє з дозатора, і емульсії.

В програмі користувача встановлюється необхідний об'єм борошна. Сигнал від тензодатчика KELI SQB-A 2.5t (поз. 7а), що встановлений в дозаторі борошна та перетворювача сигналу тензодатчика КМ02Н1 (поз. 7б) потрапляє на вхід контролера ПЛК-160[М02]. Контролер формує керуючий вплив на перетворювач частоти ПЧВ-3 (поз. 7в), що керує приводом живильника, який збільшує або зменшує подачу борошна в тістомісильну машину.

Сигнал про витрату емульсії від електромагнітного витратоміра EFM-115 (поз. 8а) надходить на вхід ОВЕН ПЛК-160[М02], де опрацьовується. Згідно програми користувача (співвідношення "борошно - емульсія") витрата емульсії, порівнюється з сигналом про витрату борошна. Якщо ці сигнали не однакові, то на виході з'являється регулюючий сигнал, що передається на перетворювач частоти ПЧВ3 (поз. 8б). ПЧВ3 керує насосом і відповідно збільшує або зменшує подачу емульсії доти, доки сигнал неузгодженості не буде дорівнювати 0.

У схемі автоматизації передбачена сигналізація роботи приводів, відхилення технологічних параметрів за допомогою світлосигнальної арматури та дублюючі пристрої для керування приводами.

Сенсорна панель оператора СП310 призначена для диспетчерського керування технологічним процесом і для візуалізації процесу.

2.3 Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1 – Специфікація обладнання

№ п/п	№ позиції за схемою	Назва і технічна характеристика приладу	Тип, марка	К-ть	Примітка
1	1а, 1б, 3а, 3б	Ротаційний датчик рівня	Solido-500 LEA	4	UWT GmbH, м. Бетцігау, Німеччина
2	2а, 7а	Тензодатчик	KELI SQB-A 2.5t	2	KELI Sensor, КНР
3	2б, 7б	Перетворювач сигналу тензодатчика	КМ02Н1	2	KELI Sensor, КНР
4	4а, 6а	Термоперетворювач опору. Межа вимір. (-40 … +400°С)	ДТС 094	2	"АКУТЕК", м. Харків, Україна
5	8а	Електромагнітний витратомір (вих. сигн. 4-20 мА)	EFM-115	1	Dinel, s.r.o, Чехія
6	1б – 4б	Електропневматичний позиціонер (вх. сигн. 4-20 мА, вих. сигн. 20-100 кПа)	YT-1000R	6	Young Tech Corporation
7	1в – 4в	Клапан поворотний	BIANCA	2	InterApp AG
8	КМ1 – КМ4	Пристрій плавного пуску	УПП1	4	" АКУТЕК ", м. Харків, Україна
9	5а, 7в, 8б	Перетворювач частоти	ПЧВ3	3	" АКУТЕК ", м. Харків, Україна
10		Промисловий логічний контролер	ПЛК-160 [М02]	1	" АКУТЕК ", м. Харків, Україна
11		Панель оператора	СП 310	1	" АКУТЕК ", м. Харків, Україна

3 Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

3.1 Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Для реалізації функцій регулювання і контролю в представленій схемі автоматизації необхідно: 5 аналогових входів, 9 аналогових виходів, 6 дискретних входи та 17 дискретних виходи.

На основі вище сказаного складається замовна специфікація для ПЛК (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Замовна специфікація

Марка	Найменування	К-ть
ПЛК-160[М02]	Програмуємий логічний контролер	1
МУ110-8И	Модуль аналогового виводу	1
МУ110-16Р	Модуль дискретного виводу	1

Система управління побудована на базі контролера ПЛК-160[М02] (рисунок 3.1), який призначений для [15]:

- вимірювання аналогових сигналів струму або напруги і перетворення їх до вибраної користувачем фізичної величиною;
- вимірювання дискретних вхідних сигналів;
- управління дискретними (релейними) виходами;
- управління аналоговими виходами;
- прийом і передачу даних по інтерфейсах RS-485, RS-232, Ethernet;

- виконання програми користувача з аналізу результатів вимірювання дискретних і аналогових входів, управління дискретними входами і виходами, та прийому даних по інтерфейсах RS-485, RS-232, Ethernet.

Рисунок 3.1 − Мікропроцесорний контролер ПЛК 160[М02]

На передню панель контролера виведена світлодіодна індикація про стан дискретних входів і виходів, наявності живлення, наявності зв'язку з середовищем програмування CoDeSys і про роботу контролера.

У корпусі контролера розташований малопотужний звуковий випромінювач, керований програмою користувача, як спеціальний дискретний вихід. Випромінювач може бути використаний, наприклад, для аварійної сигналізації або при налагодженні програми. Частота і гучність звукового сигналу фіксовані і не підлягають зміні.

Програмовані логічні контролери ПЛК160[М02] виконані в повній відповідності зі стандартом ГОСТ Р 51840-2001 (IEC 61131-2), що забезпечує високу апаратну надійність.

За електромагнітної сумісності контролери відповідають класу А по ГОСТ Р 51522-99 (МЕК 61326-1-97) і ГОСТ Р 51841-2001, що підтверджено неодноразовими випробуваннями виробів.

Умови експлуатації.

Розширений температурний робочий діапазон навколишнього повітря: від мінус 10 ° С до +50 ° С

Закриті вибухобезпечні приміщення або шафи електрообладнання без агресивних парів і газів. Верхня межа відносної вологості повітря - 80% при 25 ° С і більш низьких температурах без конденсації вологи. Атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа.

ПЛК 160[М02] має:

- 16 дискретних входів;
- 12 дискретних виходів;
- 8 аналогових входів;
- 4 аналогові виходи.

Живиться контролер напругою змінного струму 90-265 В з частотою 47 ... 63 Гц. Підтримує вхідні/вихідні модулі розширення типу ОВЕН МВА8, МВУ8. Усі дискретні входи контролера вимірюють сигнал 24В. Тип сигналу може бути як NPN, так і PNP. Кількість «швидких» дискретних входів залежить від модифікації контролера.

Аналогові виходи можуть бути:

- за струмом 4 - 20мА;
- за напругою 0 - 10В;
- універсально – програмні, що перемикаються струм/напруга.

Контролер має потужні обчислювальні ресурси за відсутності операційної системи: високопродуктивний процесор RISC-архітектури ARM9, з частотою 180МГц компанії Atmel; великий обсяг оперативної пам'яті - 8МБ; великий обсяг постійної пам'яті - Flash пам'ять, 4МБ; обсяг енергонезалежної пам'яті, для зберігання значень змінних - до 16Кб; час циклу за замовчуванням становить 1мс при 50 логічних операціях, при відсутності мережевого обміну. Призначений для вимірювання аналогових сигналів струму або напруги, управління аналоговими сигналами, вимірювання дискретних вхідних сигналів, управління дискретними (релейними) виходами.

Додатково використовується 1 модуль виведення аналогових сигналів МУ110-8И та 1 модуль дискретного виводу МУ110-16Р.

Особливості модуля МУ110-8И (рисунок 3.2).

Пристрій призначений для перетворення цифрових сигналів, які передаються за мережею RS-485, в аналогові сигнали діапазоном від 4 до 20 мА для керування виконавчими механізмами або для передавання сигналів пристроям реєстрації та самописцям [16].

Рисунок 3.2 – Модуль виведення аналогових сигналів МУ110-8И

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

МУ110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із працюючою на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор.

До МУ110 надається безкоштовний OPC-драйвер та бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підмиканні пристрою до SCADA-систем та контролерів інших виробників.

Конфігурування МУ110 здійснюється за допомогою ПК через адаптер інтерфейсу RS-485/RS-232 або RS-485/USB (наприклад, АС3-М або АС4,

відповідно) за допомогою програми «Конфігуратор М110», яка входить до комплектності.

Пристрій відповідає вимогам за стійкістю до впливу завад за ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

8 каналів аналогового виводу 4-20 мА.

Напруга живлення*: ~220 В та =24 В (універсальне джерело живлення).

Пристрій дискретного виводу МУ110-16Р призначений для керування вбудованими дискретними ВЕ за сигналами із мережі RS-485, які використовуються для підмикання виконавчих механізмів з дискретним керуванням [17].

Вбудовані ВЕ можуть працювати у режимі ШІМ.

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

МУ110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із працюючою на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор.

До МУ110 надається безкоштовний OPC-драйвер та бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підмиканні пристрою до SCADA-систем та контролерів інших виробників.

Конфігурування МУ110 здійснюється на ПК через адаптер інтерфейсу RS-485/RS-232 або RS-485/USB (наприклад АС3-М абоАС4) за допомогою програми «Конфігуратор М110», яка входить до комплекту.

Основні особливості модуля дискретного виводу МУ110-16Р:

- 16 каналів дискретного виводу, групова розв'язка;
- типи вихідних елементів: Р – е/м реле 3 А ~250 В або =30 В;
- можливість видавання ШІМ-сигналу з будь-якого виходу;
- напруга живлення: ~220 В або =24 В (залежно від модифікації).

Рисунок 3.3 – Модуль дискретного виводу МУ110-16Р

3.2 Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

В кваліфікаційній роботі розроблена принципова електрична конфігураційна схема автоматичного регулювання на базі мікропроцесорного контролера ПЛК 160[М02].

Інформація від датчиків надходить до вхідних модулів ПЛК-160[М02] де всі вхідні сигнали перетворюючись в цифрову форму, обробляються процесором за програмою. Сигнали управляючої дії, що надходять з МПК через перетворювачі (якщо це необхідно), поступають на виконавчі механізми.

Зовнішні сигнали і апаратура вводу-виводу.

Контролер розрахований на прийом і видачу двох видів сигналів:

- аналогових;

- дискретних.

Формування імпульсних сигналів на виході імпульсного регулятора виконуються програмно і ці сигнали надходять на виконавчі механізми через дискретні виходи контролера. Апаратура введення (вхідні ПЗО) перетворює аналогові і дискретні сигнали, що надходять на вхід контролера, у цифрову форму. Апаратура виводу (вихідні ПЗО) здійснює зворотне перетворення.

Зовнішні ланцюги підключаються до контролера через зовнішній рознім і зовнішній клемно-блочний з'єднувач (рисунок 3.4).

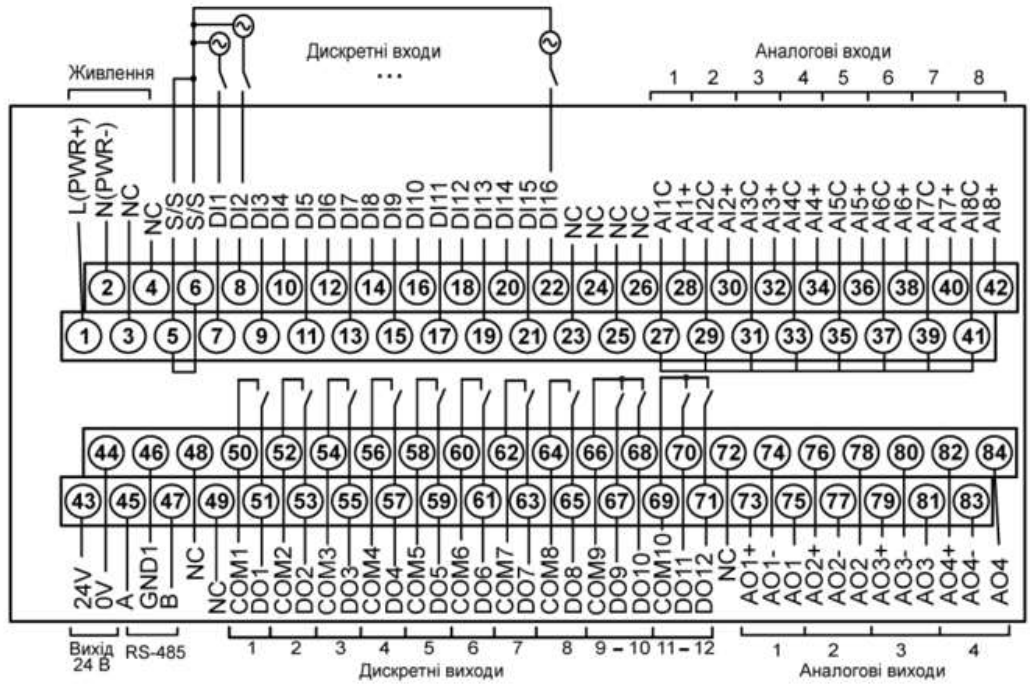


Рисунок 3.4 – Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК-160

Всі аналогові і дискретні входи і виходи контролера цілком універсальні, тобто у вихідному стані вони не "прив'язані" до будь-яких функцій контролера. Така прив'язка здійснюється користувачем і реалізується в процесі програмування.

Аналогові входи.

В системі автоматизації використовуються датчики температури, тиску та витратоміри з уніфікованими струмовими вихідними сигналами 4 – 20 мА. Датчики підключаються до аналогових входів ПЛК-160[М02] (рисунок 3.5).

Аналогові виходи.

В системі використовуються виконавчі механізми з електроприводами 4 – 20 мА та частотний перетворювач ПЧВ3. Аналогові сигнали подаються на аналогові входи частотних перетворювачів та приводів з аналогових виходів ПЛК-160 та модуль виводу аналогових сигналів МУ110-8И (рисунок 3.6).

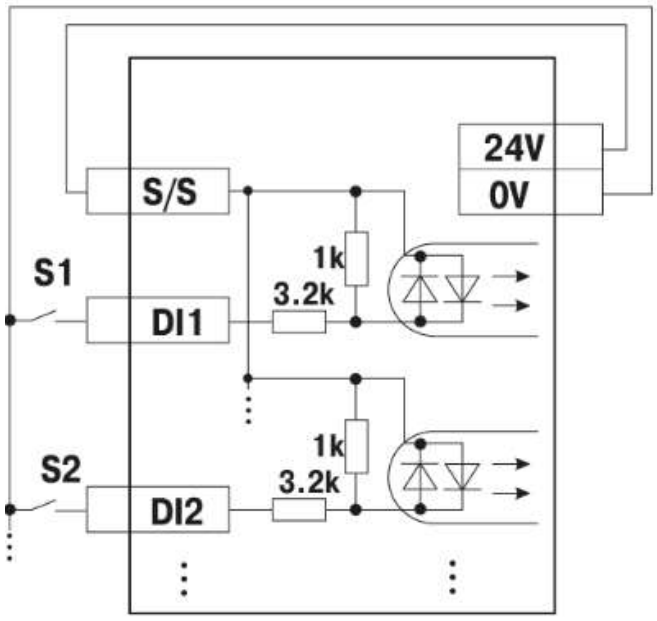


Рисунок 3.5 – Підключення контактних вхідних пристроїв

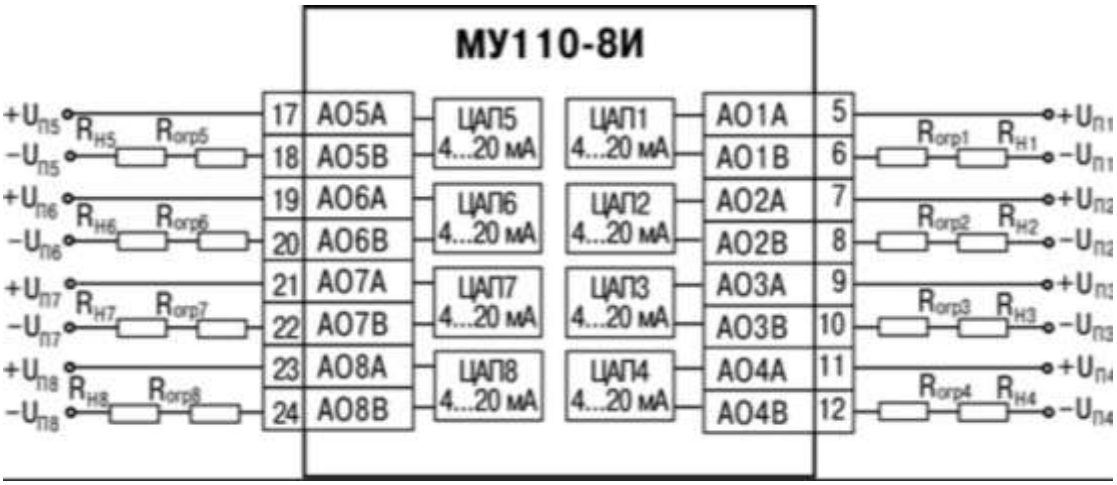


Рисунок 3.6 – Схема підключення модуля виводу аналогових сигналів МУ110-8И

Дискретні виходи.

На дискретних виходах ПЛК та модуля виводу дискретних сигналів МУ110-224.16Р контролера реалізовано керування пристроями плавного пуску УПП та побудована схема сигналізації (рисунок 3.7).

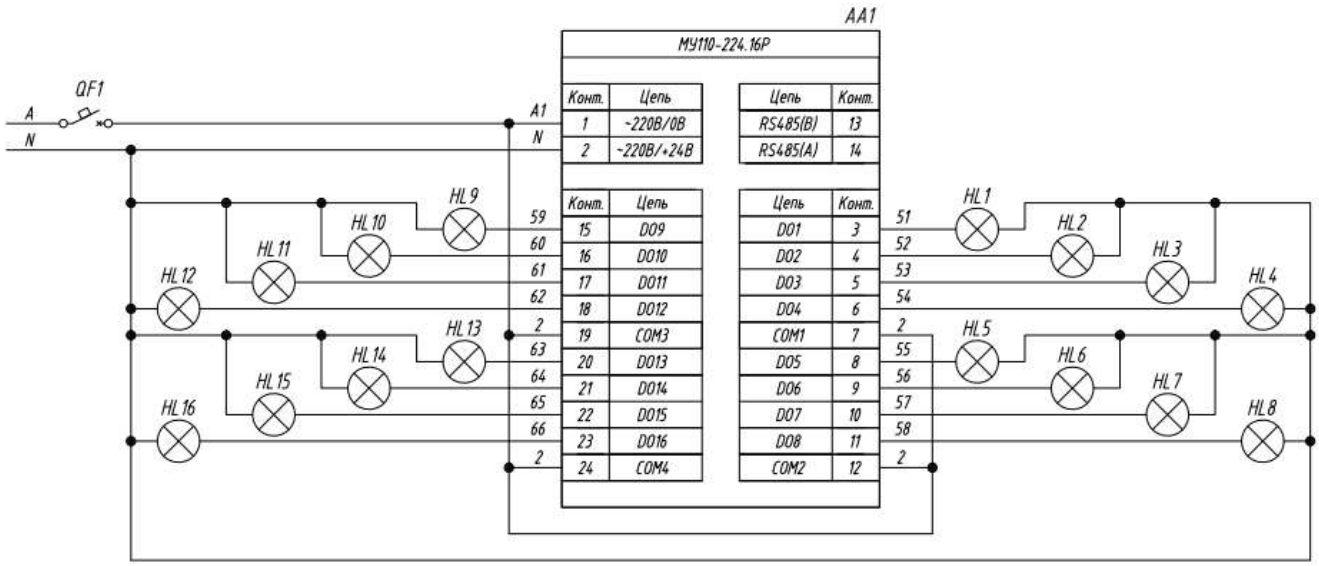
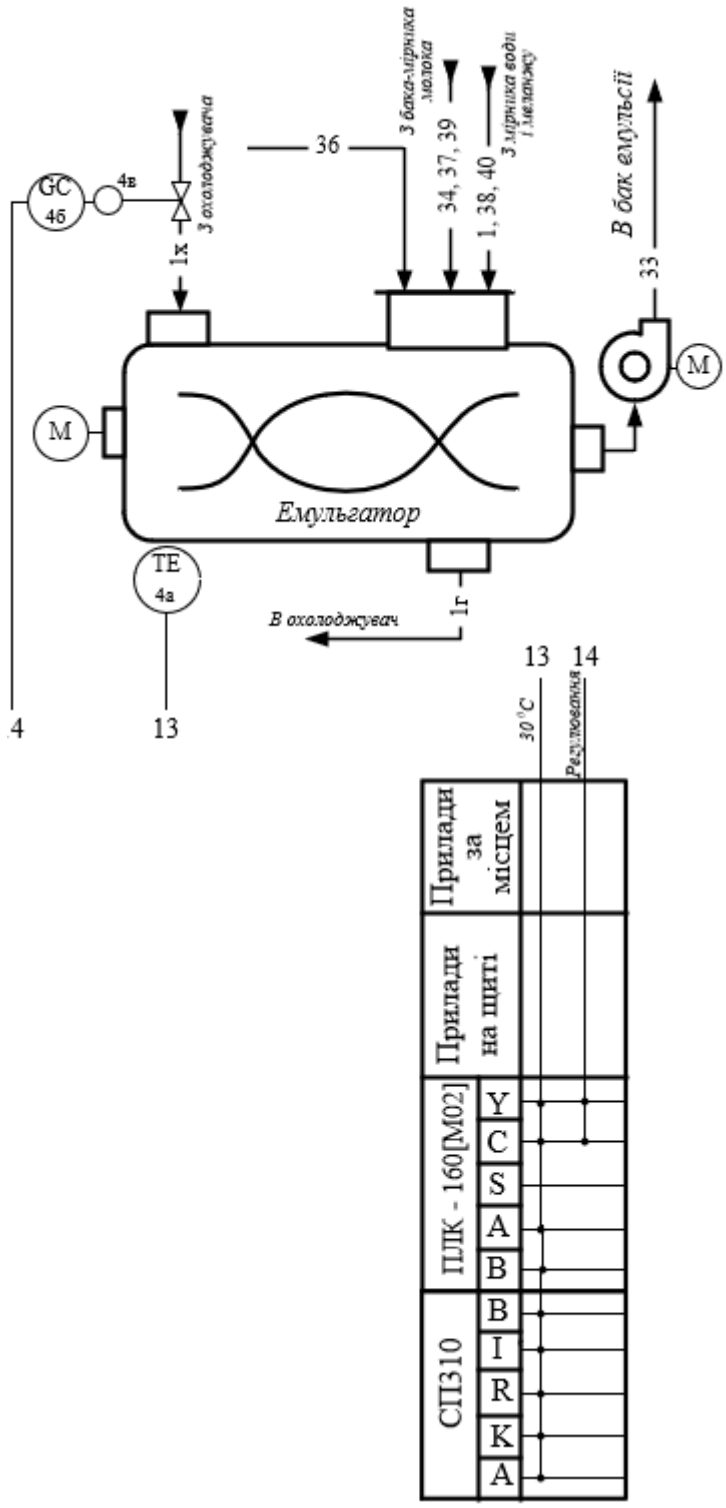


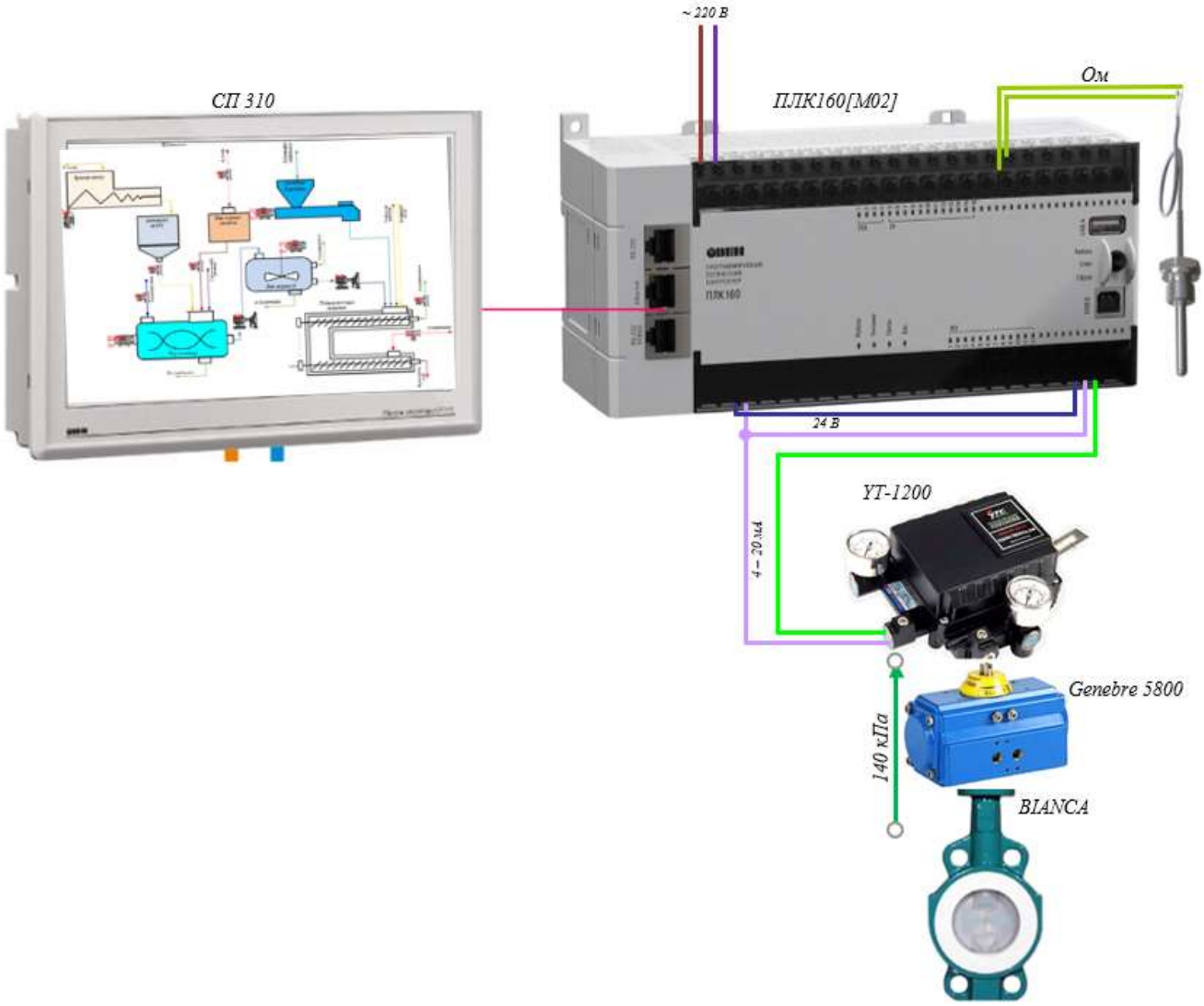
Рисунок 3.7 - Схема підключення вихідних елементів до модуля МУ110-224.16Р

3.3 Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур контролю та регулювання температури в емульгаторі.



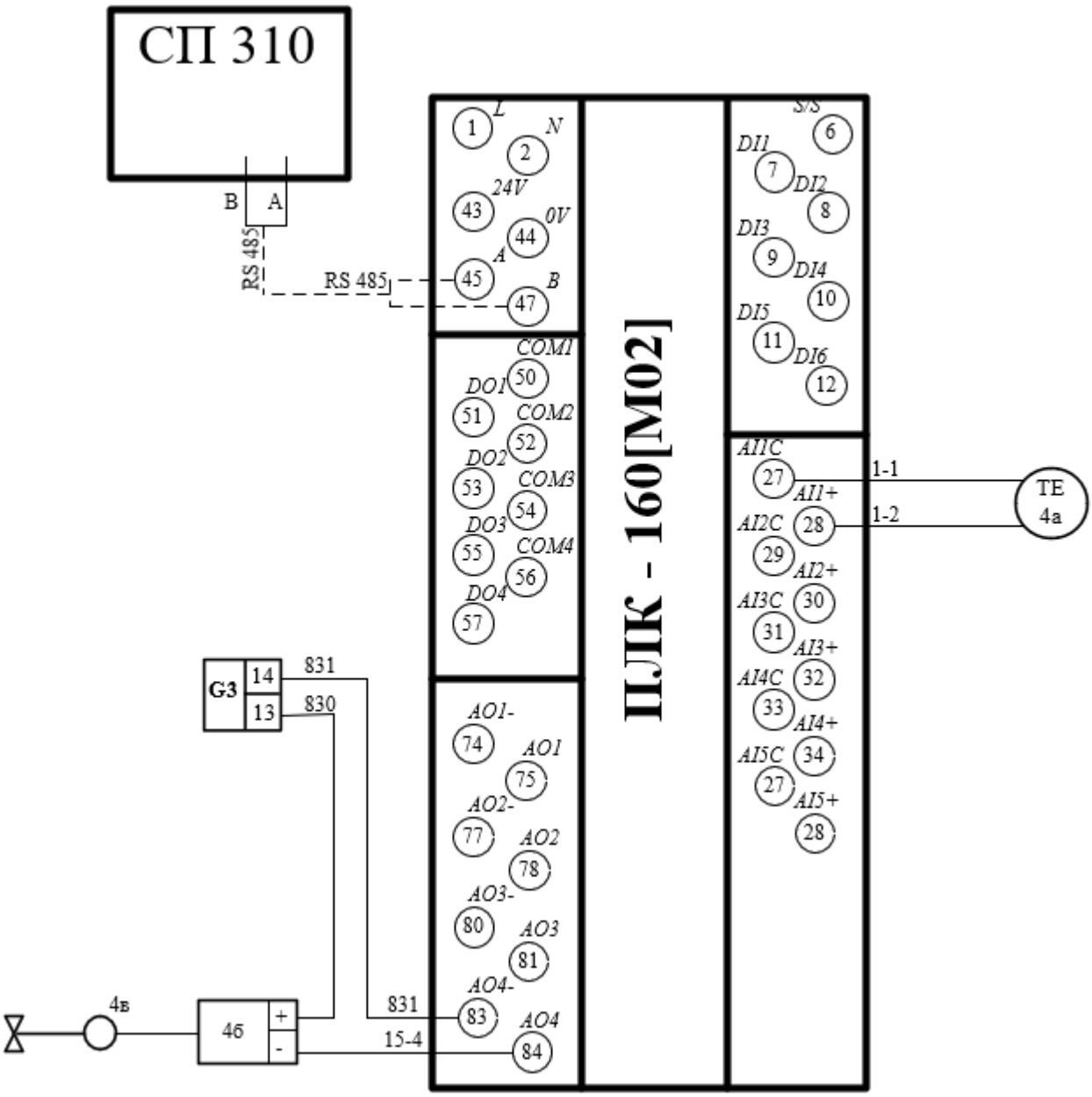
Графічне зображення технічних засобів автоматизації



Опис схеми підключення.

Стабілізація температури емульгаторі здійснюється шляхом зміни кількості холодної води в сорочку емульгатора. Температура вимірюється термоопорам з кабельним виводом ДТС 094 (поз. 4а). Сигнал з датчика надходить до ПЛК, де обробляються згідно програми. Якщо температура менше або більше завданої то з ПЛК регулюючі сигнали поступають на електропневматичний позиціонер УТ-1200 (поз. 4б), що керує клапаном обертовим BIANCA з пневмоприводом (поз. 4в), що встановлений на трубопроводі подачі води.

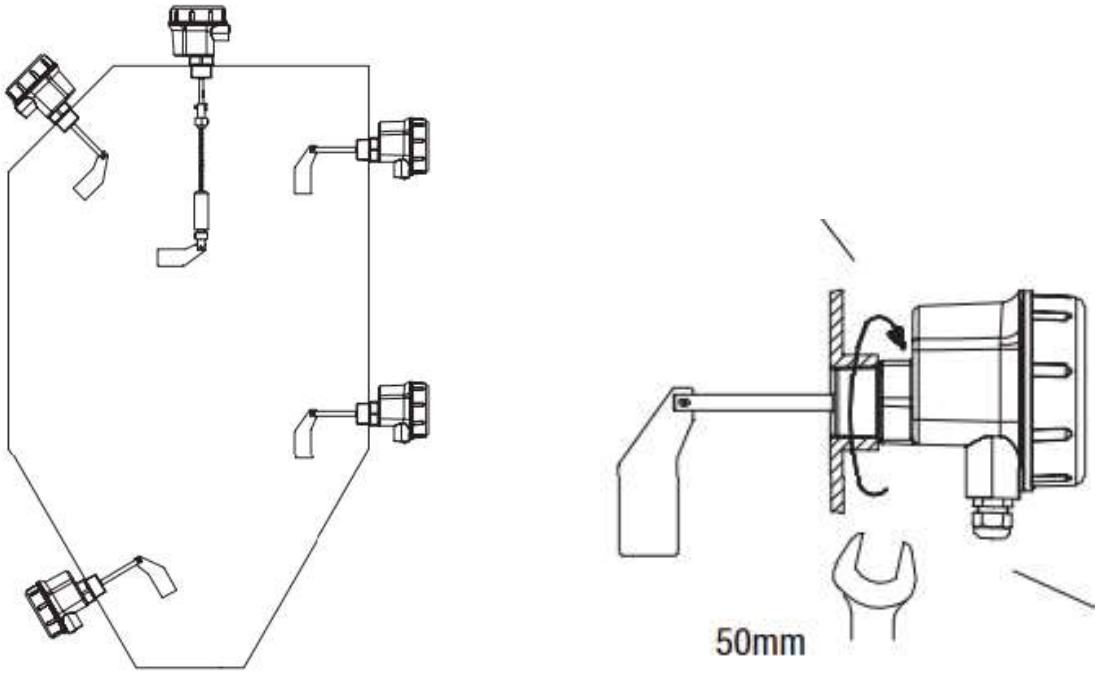
Принципова схема підключення технічних засобів автоматизації



4 Креслення встановлення технічного засобу

Монтаж ротаційних датчиків рівня Solido-500 LEA.

Монтаж повинен проводитися таким чином, щоб була виключена можливість утворення іскор в результаті ударів та тертя між алюмінієвим корпусом та сталевими елементами.



а) б)

Рисунок 4.1 - Монтаж ротаційних датчиків рівня Solido-500 LEA

а) установче креслення, б) монтажне креслення

Встановлювані кабельні різьбові з'єднання та сліпі заглушки повинні відповідати свідоцтву про випробування промислового зразка (EEx-e або EEx-d або EEx-D) і бути призначені для використання в температурному діапазоні від -20°C до +80°C. Крім того, вони повинні бути допущені до застосування та монтуватися згідно з вказівками виробника.

Не використовувані кабельні вводи повинні бути закриті відповідною сліпою заглушкою.

Системи трубопроводів повинні мати конічні різьбові з'єднання NPT 3/4" та повністю відповідати ANSI B 1.20.1. Не використовувані підключення повинні бути щільно закриті відповідними заглушками.

Після монтажу корпус має відповідати мін. класу захисту IP 66 (EN 60529).

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

CoDeSys - це сучасний інструмент для програмування контролерів (CoDeSys утворюється від слів Controllers Development System) [18].

CoDeSys надає програмісту зручне середовище для програмування контролерів мовами стандарту МЕК 61131-3. Використовувані редактори та налагоджувальні засоби базуються на широко відомих і добре зарекомендованих принципах, знайомих по інших популярних середовищах професійного програмування (Visual C++ тощо).

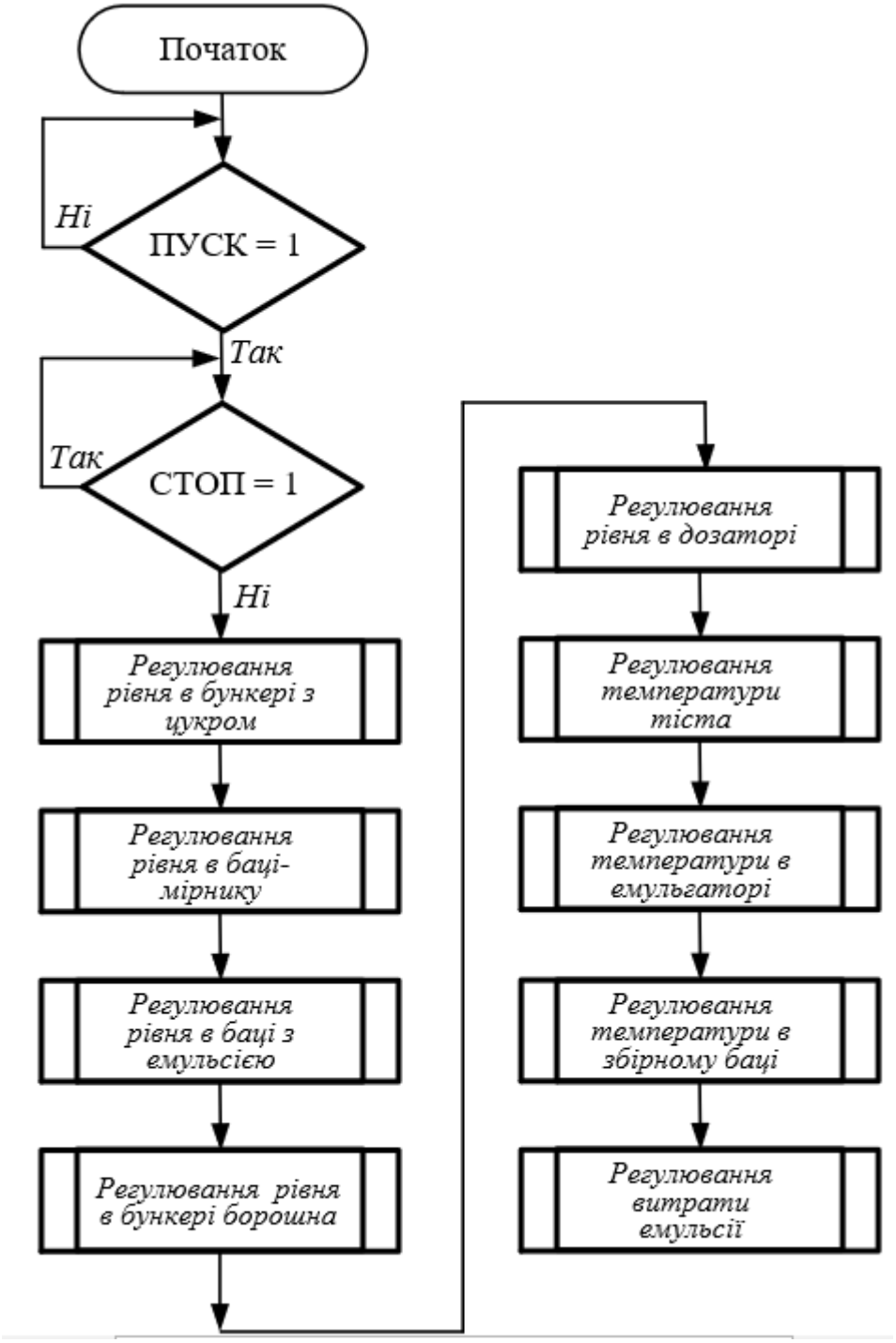
Комплекс CoDeSys не прив'язаній до конкретної апаратної платформі, існує кілька модифікацій спеціально оптимізованих під різні мікропроцесори. Для прив'язки до конкретного ПЛК потрібна адаптація програми до низкорівневнх ресурсів - розподілу пам'яті, інтерфейсів зв'язку та інтерфейсів вводу-виводу.

Серед особливостей середовища CoDeSys можна відзначити такі:

- пряма генерація машинного коду, що забезпечує високу швидкодію програм користувача;
- повноцінна реалізація мов МЕК;
- "розумні" редактори мов побудовані таким чином, що не дають робити типові дня початківців помилки;
- вбудованій емулятор контролера, що дозволяє проводити налагодження проекту без додаткових апаратних засобів;
- вбудовані елементи візуалізації дають можливість створити модель об'єкту керування та проводити налагодження проекту без виготовлення засобів імітації;

- набір бібліотек і готових сервісних функцій.

Алгоритм роботи дільниці приготування тіста.



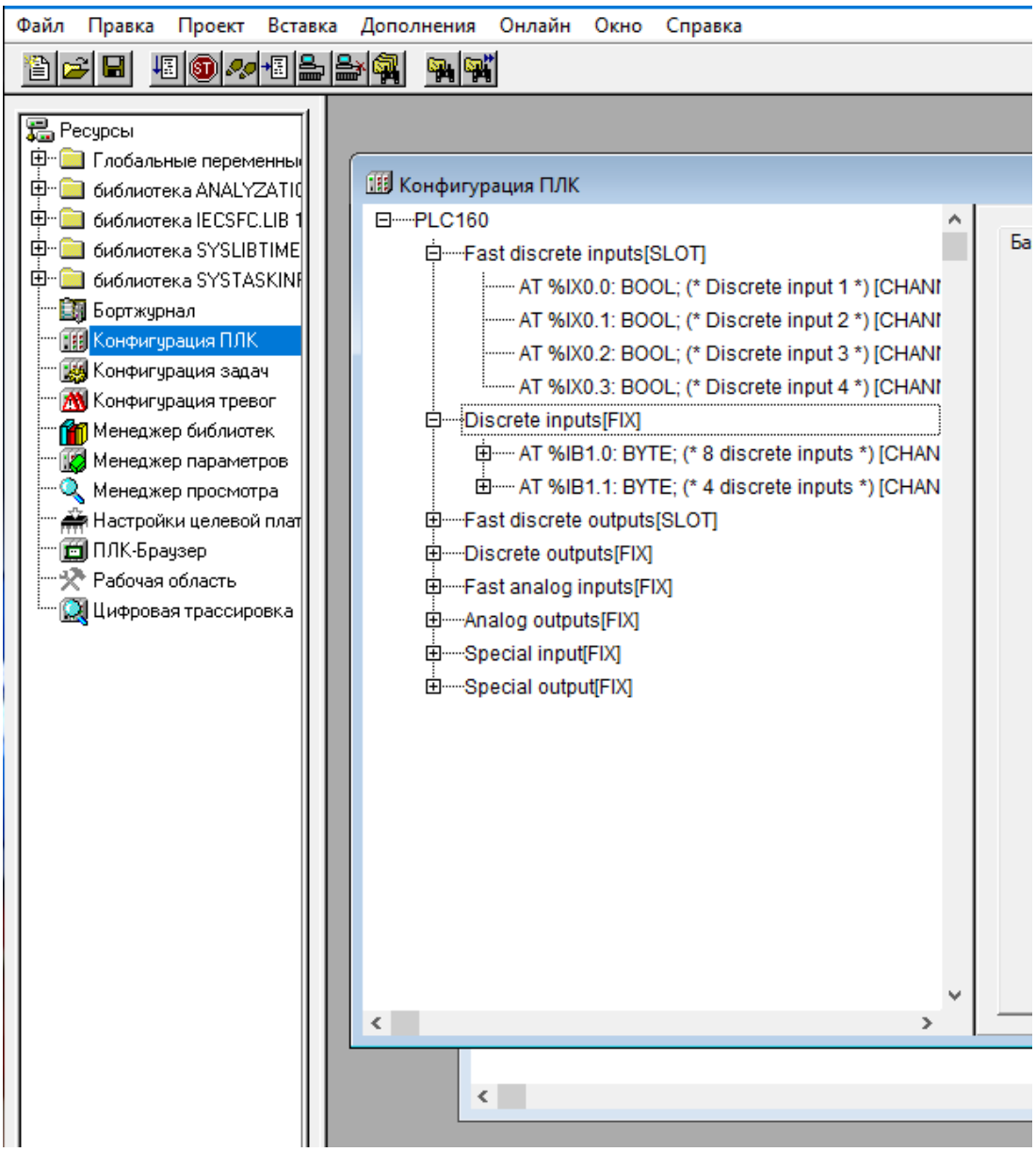
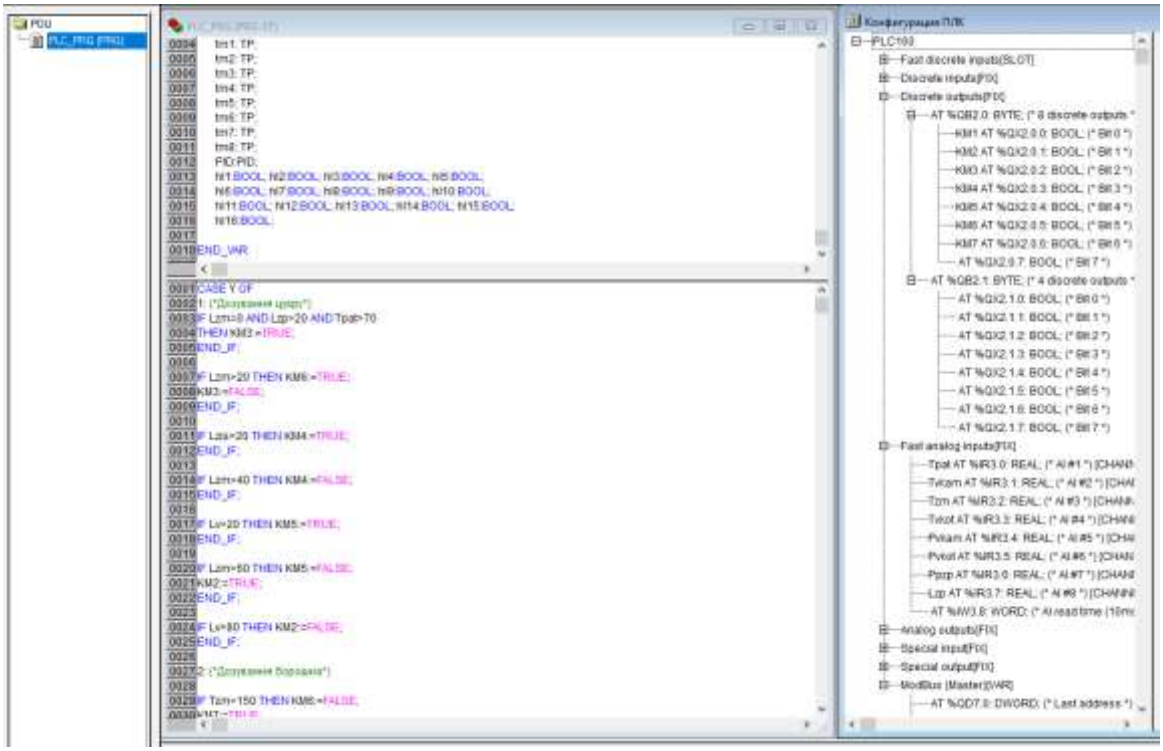


Рисунок 5.1 – Конфігурація ПЛК-160[M02] в середовищі CoDeSys 2.3



```
0004 THEN KM3:=TRUE;
0005 END_IF;
0006
0007 IF Lzm>20 THEN KM6:=TRUE;
0008 KM3:=FALSE;
0009 END_IF;
0010
0011 IF Lzis>20 THEN KM4:=TRUE;
0012 END_IF;
0013
0014 IF Lzm>40 THEN KM4:=FALSE;
0015 END_IF;
0016
0017 IF Lv>20 THEN KM5:=TRUE;
0018 END_IF;
0019
0020 IF Lzm>60 THEN KM5:=FALSE;
0021 KM2:=TRUE;
0022 END_IF;
0023
0024 IF Lv>80 THEN KM2:=FALSE;
0025 END_IF;
0026
0027 2: (*Uvaruvannya siropu*)
0028
0029 IF Tzm>150 THEN KM6:=FALSE;
0030 KM7:=TRUE;
0031 END_IF;
0032
0033 IF Lzm=0 AND Tzm>150 THEN KM7:=FALSE;
```

```
0037 3: (*Reguluvannya*)
0038
0039 PID(
0040     ACTUAL:= Tvkot,
0041     SET_POINT:= 160,
0042     KP:= 10,
0043     TN:=120 ,
0044     TV:= ,
0045     Y_MANUAL:= ,
0046     Y_OFFSET:= ,
0047     Y_MIN:= ,
0048     Y_MAX:= ,
0049     MANUAL:= ,
0050     RESET:= ,
0051     Y=> ,
0052     LIMITS_ACTIVE=> ,
0053     OVERFLOW=> );
0054
0055 PID(
0056     ACTUAL:= Tvkam,
0057     SET_POINT:= 158,
0058     KP:= 10,
0059     TN:=120 ,
0060     TV:= ,
0061     Y_MANUAL:= ,
0062     Y_OFFSET:= ,
0063     Y_MIN:= ,
0064     Y_MAX:= ,
0065     MANUAL:= ,
0066     RESET:=
```

```
0085     OVERFLOW=> );
0086
0087 IF Tpat<>70 THEN HL1:=TRUE; ELSE HL1:=FALSE;
0088 END_IF;
0089 IF Tvkam<>158 THEN HL2:=TRUE; ELSE HL2:=FALSE;
0090 END_IF;
0091 IF Tzm<>150 THEN HL3:=TRUE; ELSE HL3:=FALSE;
0092 END_IF;
0093 IF Pvkot<>0.6 THEN HL5:=TRUE; ELSE HL5:=FALSE;
0094 END_IF;
0095 IF Ppzp<>0.02 THEN HL6:=TRUE; ELSE HL6:=FALSE;
0096 END_IF;
0097 IF Lzp=0 THEN HL7:=TRUE; ELSE HL7:=FALSE;
0098 END_IF;
0099 IF Lzis=0 THEN HL8:=TRUE; ELSE HL8:=FALSE;
0100 END_IF;
0101 IF Lv=0 THEN HL9:=TRUE; ELSE HL9:=FALSE;
0102 END_IF;
0103 IF Lzm=0 THEN HL10:=TRUE; ELSE HL10:=FALSE;
0104 END_IF;
0105 IF KM1=1 THEN HL4:=TRUE; ELSE HL4:=FALSE;
0106 END_IF;
0107 IF KM2=1 THEN HL11:=TRUE; ELSE HL11:=FALSE;
0108 END_IF;
0109 IF KM3=1 THEN HL12:=TRUE; ELSE HL12:=FALSE;
0110 END_IF;
0111 IF KM4=1 THEN HL13:=TRUE; ELSE HL13:=FALSE;
0112 END_IF;
0113 IF KM5=1 THEN HL14:=TRUE; ELSE HL14:=FALSE;
0114 END_IF;
```

6 Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

6.1 Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI

Функціональні особливості операторської панелі СП 310.

Завантаження програми через USB кабель. Підмикання панелі до персонального комп'ютера для завантаження програми здійснюється за допомогою USB-кабелю. Для початку роботи з панеллю достатньо встановити програму «Конфігуратор СП300» із вбудованим драйвером та підімкнути панель до USB-кабелю [20].

Завантаження програми через USB flash накопичувач.

Також є можливість завантажити програму у панель за допомогою USB-flash-накопичувача (доступно тільки в розширених модифікаціях СП307-Р, СП310-Р). Функцію зручно використовувати у випадках, коли немає можливості з'єднати ПК та панель оператора по USB кабелю для завантаження програми.

Архівування на USB flash накопичувач.

Архівування на USB-flash-накопичувач виконується у форматі CSV. У редакторі таблиць на ПК (MS Excel або Google-таблиці) дані можуть подаватись у зручному для вас вигляді, наприклад, у вигляді графіка значень температури за рік. Крім запису архіву, дані можливо зчитати із USB-flash-накопичувача в СП3хх. Зчитані дані можливо подати у вигляді графіка, таблиці або надіслати по мережі у ПЛК.

Створення скриптів.

Написання невеликих програм (скриптів) на мові, що подібна «СИ», значно розширює можливості операторського інтерфейсу. Скрипти використовуються як допоміжні логічні блоки до основних елементів візуалізації.

Скрипти не підходять для написання програми для керування технологічним процесом; для подібних завдань в асортименті ОВЕН є клас таких пристроїв, як панельні контролери (СПК).

Побудова графіків.

Для надання інформації на операторському інтерфейсі у вигляді графіків доступні кілька видів елементів. XY-графік дозволяє побудувати криву по XY координатам. Графік зі збереженням історії відображає криву стану однієї або кількох змінних з можливістю перегляду історії записів, наприклад, графіка температури у минулому місяці. Графік реального часу показує поточний стан змінної без можливості перегляду історії, що економить пам'ять.

Таблиці.

Таблиці підходять для ведення історії подій, є можливість перегортувати історію інформації, що відображається, наприклад, запис аварійних станів. Також у таблицях можливо підтверджувати подію натискаючи на повідомлення, що відображається.

Завантаження зовнішніх зображень.

Є можливість завантажити зображення у форматі jpg та використовувати його у програмі як підкладку або як активний елемент, наприклад, як кнопку.

Створення анімації.

Завдяки анімації інтерфейс системи ЛМІ стає інтуїтивно зрозумілим. Із зображень, які завантажені у форматі jpg можливе створення анімованих зображень. Наприклад, обертання вентилятора із встановленою швидкістю або переміщення якогось об'єкту за встановленими координатами.

Налаштування рівнів доступу.

Закладено багаторівневе обмеження прав доступу до операторського інтерфейсу панелі. Налаштувати можливо до 12 рівнів. Для кожного із рівнів встановлюється свій логін та пароль.

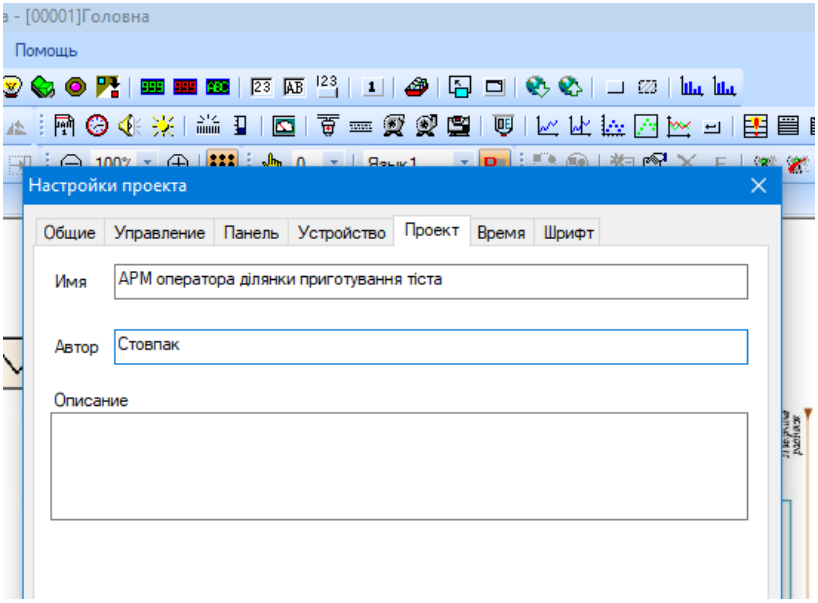


Рисунок 6.1 - Створення нового проєкту

6.2 Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхеми оператора для операторської панелі СП 310 наведено нижче.

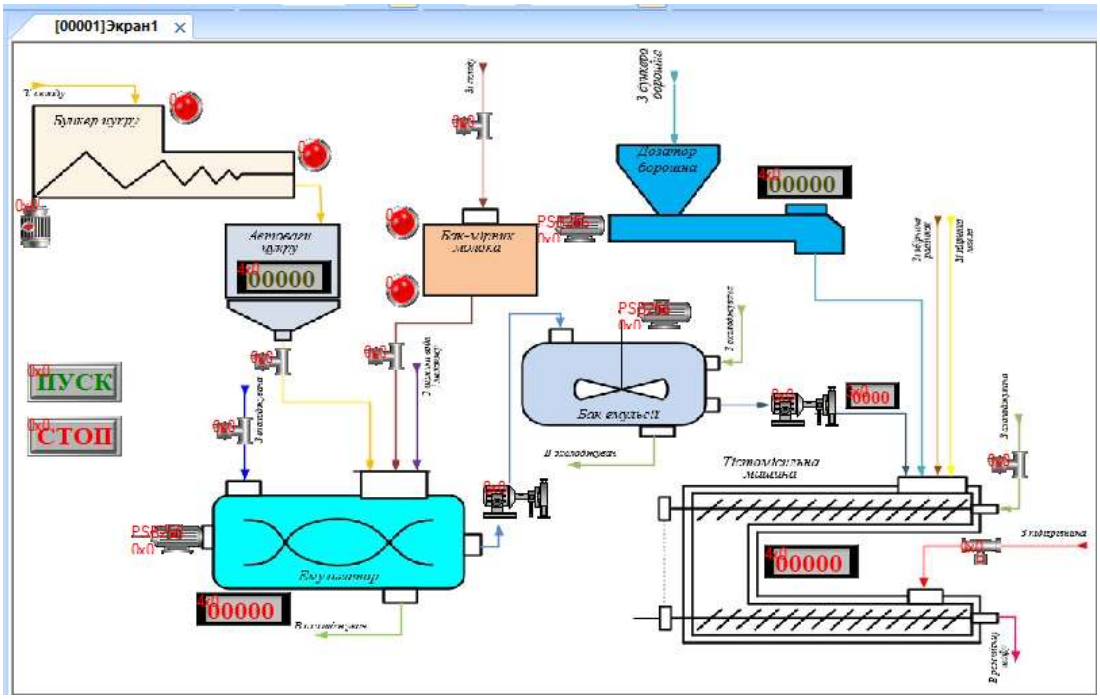


Рисунок 6.2 – Розміщення динамічних елементів (цифрові індикатори, сигнальні лампи, кнопки)

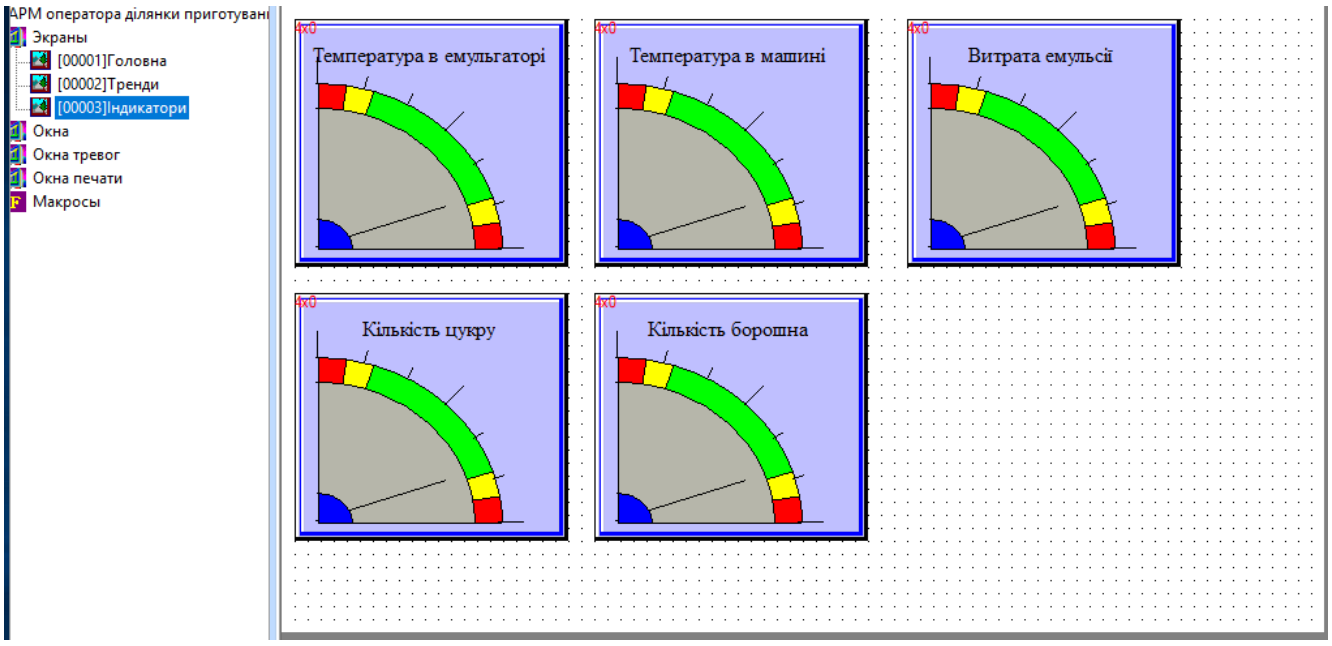


Рисунок 6.3 – Вікно "Індикатори"

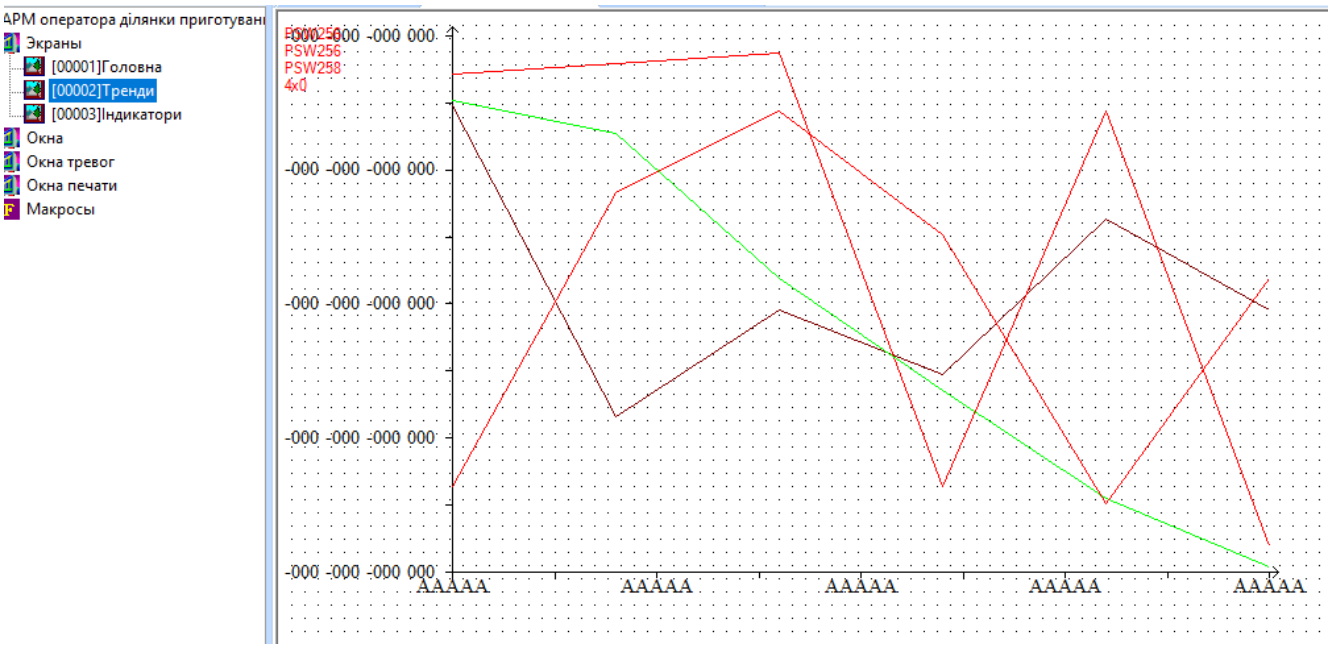


Рисунок 6.4 – Вікно "Тренди"

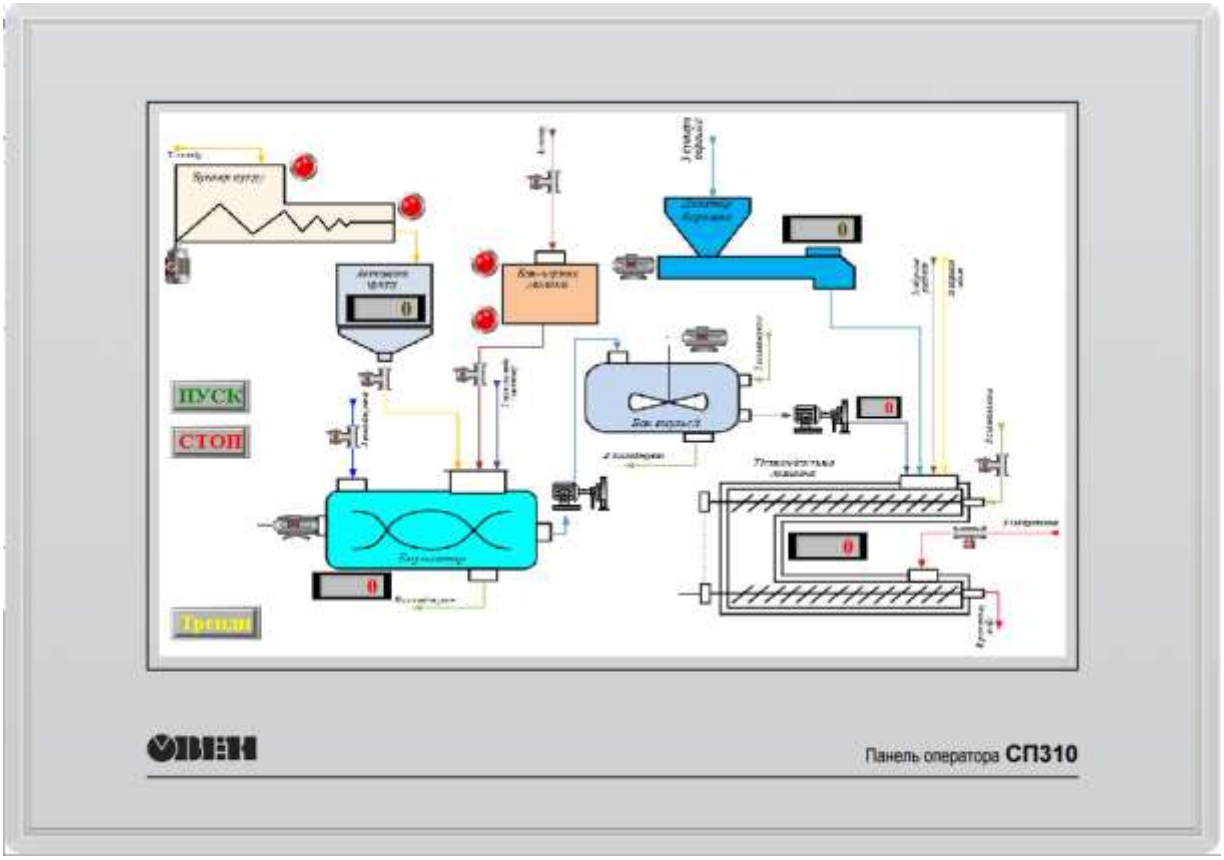


Рисунок 6.5 – Головна мнемосхема в режимі емуляції

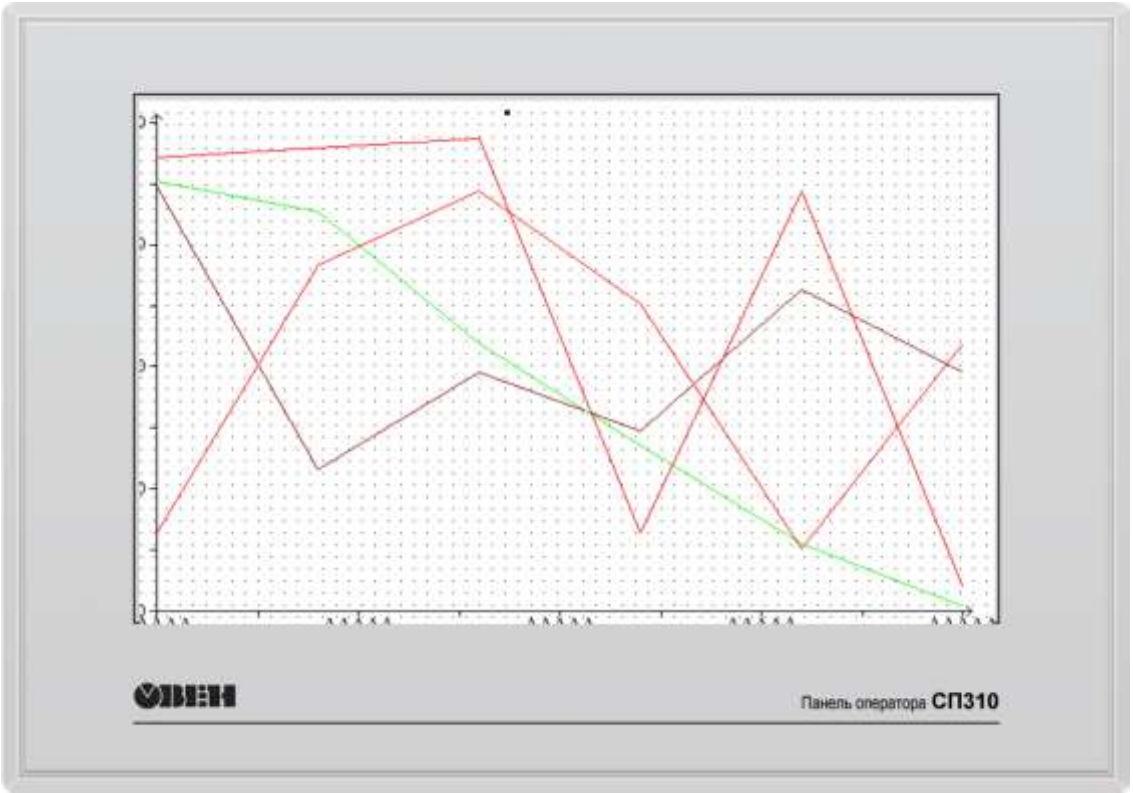


Рисунок 6.6 – Вікно "Тренди" в режимі емуляції

Рисунок 6.7 – Вікно "Індикатори" в режимі емуляції

7 Комп’ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1 Постановка задачі дослідження

При автоматизації повинні бути сформульовані технологічні вимоги на одержання визначеної якості. Повинні бути обґрунтовані обмеження на статичну і динамічну похибки системи регулювання, на час регулювання, зазначені діапазони можливих збурень параметрів у виробничих умовах, для яких АСР повинна забезпечувати стійкість і якість процесу регулювання.

Повна математична модель дозволяє проводити дослідження процесу, збільшити продуктивність, визначати оптимальні режими керування при використанні критеріїв оптимальності і цільової функції процесу, дозволяє розраховувати обґрунтовану САР процесу.

7.2 Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Передаточні функції змішувач по основних каналах керування, виходять громіздкими і складними для безпосереднього використання. Тому передаточні функції найчастіше визначаються експериментально й описуються наближеними залежностями.

Одним з найважливіших параметрів, що підлягають обов'язковому автоматичному регулюванню на даній стадії виробництва є рівень суміші у змішувачі. Автоматичне регулювання процесу повинне забезпечити підтримку в заданих межах рівня в збірній машині.

Об’єктом регулювання в даному випадку є емульгатор, в якому підтримується температура. Регулювання температури здійснюється шляхом зміни кількості холодної води, що подається в сорочку емульгатора.

Для моделювання перехідного процесу використаємо середовище Simulink програмного пакету MATLAB.

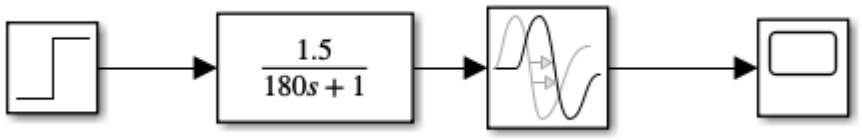


Рисунок 7.1 – Структурна схема об’єкта регулювання

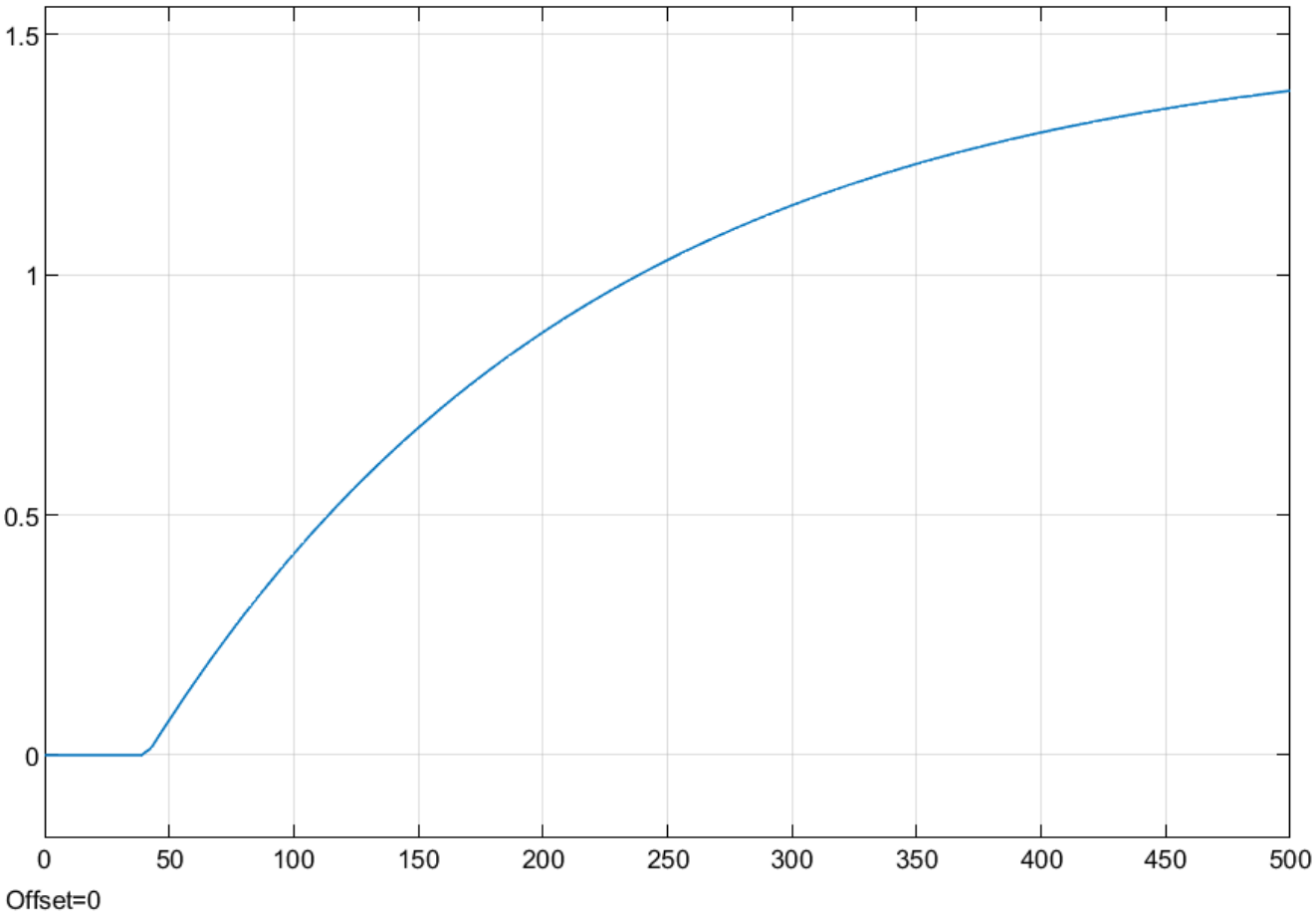


Рисунок 7.2 – Крива розгону

7.3. Моделювання САР

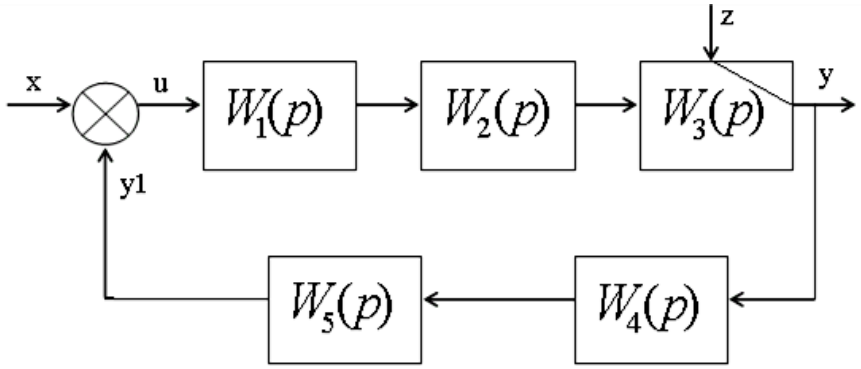


Рисунок 7.3 - Структурна схема одноконтурної САР.

До складу системи входять:

$W_1(p)$ – передаточна функція автоматичного регулятора;

$W_2(p)$ – передаточна функція виконавчого механізму;

$W_3(p)$ – передаточна функція об’єкта регулювання;

$W_4(p)$ – передаточна функція давача (чутливого елементу);

$W_5(p)$ – передаточна функція приладу дистанційної передачі.

Система працює наступним чином: вихідний сигнал рівня у поступає на чутливий елемент (рівномір), який має передаточну функцію W_4. Сигнал з чутливого елементу поступає на прилад дистанційної передачі W_5, який передає його на елемент порівняння. Різниця сигналів у та х, тобто відхилення вихідного сигналу від заданого, з порівняльного елементу поступає на регулятор W_1, який за певним законом здійснює регулювання. Сигнал з регулятора поступає на виконавчий механізм W_2, який діє на регулюючий клапан. Регулювання виконується доти, поки не зникне розузгодження.

Передаточні функції елементів наведені нижче:

- виберемо ПІ-закон регулювання автоматичного регулятора:

$$W_1(p) = k_П + \frac{k_i}{p} \quad (7.1)$$

- виконавчого механізму:

$$W_2 = \frac{k_2}{T_2 p + 1}, \quad (7.2)$$

де k_2 – коефіцієнт передачі виконавчого механізму;

T_2 – стала часу виконавчого механізму.

- об'єкта регулювання:

$$W_3 = k_3 e^{-\tau p}, \quad (7.3)$$

де k_3 – коефіцієнт передачі об'єкта регулювання;

τ – час чистого запізнення.

- чутливого елементу:

$$W_4 = k_4, \quad (7.4)$$

де k_4 – коефіцієнт підсилення.

- приладу дистанційної передачі:

$$W_5 = \frac{k_5}{T_5 p + 1}, \quad (7.5)$$

де k_5 – коефіцієнт підсилення;

T_5 – стала часу приладу дистанційної передачі.

Розрахунок оптимальних параметрів настройки ПІ регулятора одноконтурної САР температури.

Схема змодельованої одноконтурної САР рівня зображена на рис. 7.3.

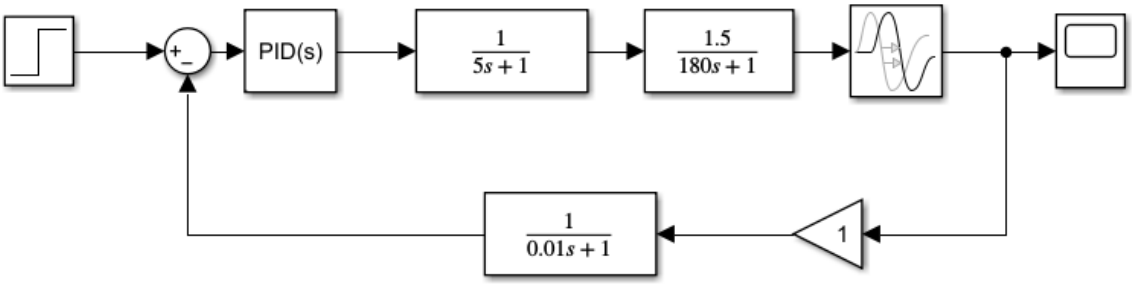


Рисунок 7.4 - Схема змодельованої одноконтурної САР рівня.

Відповідно до кривої розгону об’єкт регулювання: $k_3=1;\ \tau=1;\ T=4.$

Виконавчий механізм: $k_2=1;\ T_2=0,01$.

Чутливий елемент: $k_4=1$.

Прилад дистанційної передачі: $k_5=1;\ T_5=0,01$

Проведемо оптимізацію методом покоординатного спуску при настройках $k_п$ від 0,1 до 1,4 і $k_і$ від 0,1 до 1,4. ЦФ обчислювалась 20 разів і досягла значення 0,999327. В моделі встановились оптимальні значення настройки регулятора $k_п$=0,579444, $k_і$=0,927555.

Значення вихідного сигналу об’єкту регулювання в різні проміжки часу наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Час, t	Вихідний сигнал
0,0	0,0
1,12121	0,692312
2,24242	0,901234
3,21212	0,950342
4,34343	0,986544
5,01101	0,992353
6,12312	0,999412
7,12121	1,000012
8,19191	0,998321
9,41414	1,000412
10,31320	0,998123
11,41230	0,999991
12,65640	0,999413
13,21200	0,999789
14,23230	1,005460

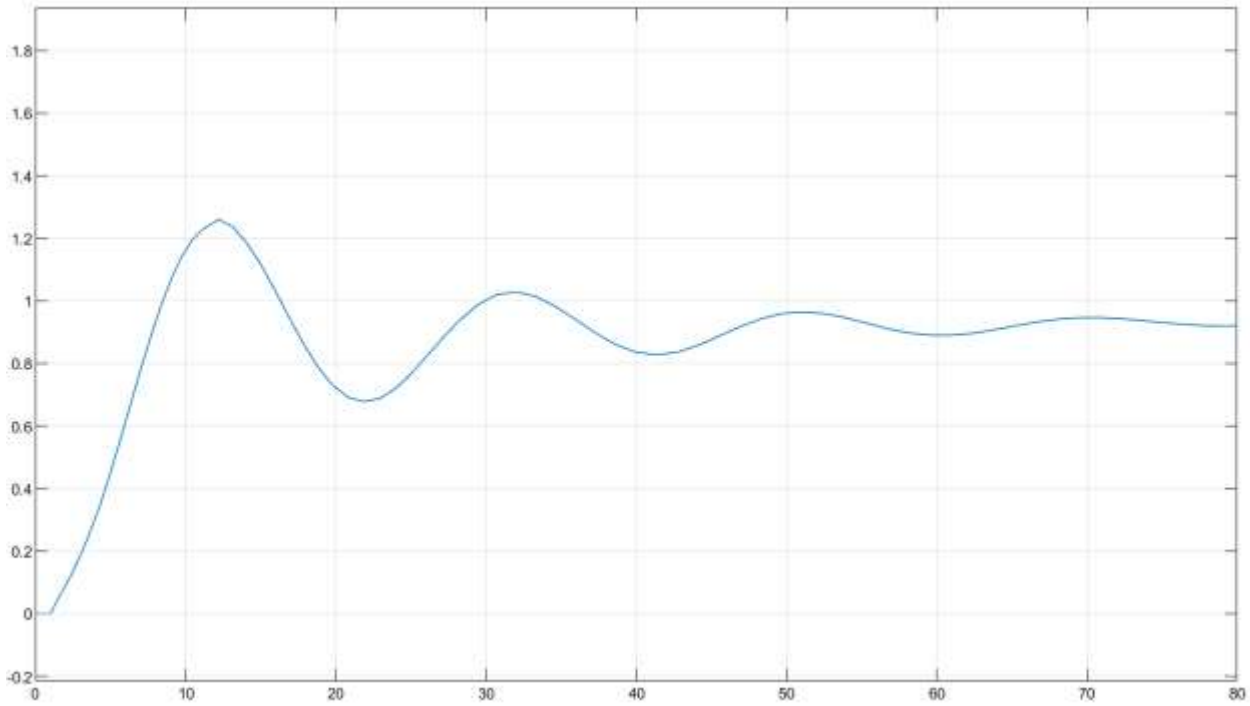


Рисунок 7.4 - Графік перехідної характеристики об’єкту при оптимальних параметрах регулятора.

З графіку перехідного процесу визначаємо прямі показники якості:

- перерегулювання – 18 %;
- час регулювання – 100 с;
- коливальність – 0,45;
- усталена похибка – 0.

7.4 Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

В результаті виконання даного етапу була досліджена система автоматичного регулювання температури. Застосування системи підвищеної динамічної точності дозволить покращити прямі та інтегральні показники

перехідних процесів, але застосування таких систем автоматичного регулювання не дає гарантій, що внаслідок дії значних неконтрольованих збурень не будуть порушені регламентні зони технологічного процесу.

Отримані результати дослідження можуть бути використані у проєктуванні системи автоматичного управління технологічними процесами кондитерського виробництва.

Висновки

Завданням кваліфікаційної роботи є автоматизація дільниці приготування тіста. Для цього було здійснено аналіз технологічного процесу як об’єкта керування. Вибрано і обґрунтовано функціональну схему автоматизованої системи керування та технічні засоби автоматизації. Розроблено алгоритм функціонування технологічної лінії, і написано програмне забезпечення для функціонування контролера.

Впроваджена система дозволяє швидко та без втрат за часом конфігурувати входи-виходи, задавати величину електричного сигналу, діапазон зміни технологічного параметру, ступінь демпферування та іншої обробки сигналу за певним законом регулювання тощо. На виносній мнемосхемі відображається загальна інформація про стан обладнання та відхилення важливих технологічних параметрів від норм технологічного режиму. В системі автоматизації використовуються електричні дискретні та аналогові загальноприйняті сигнали. Всі сигнали від об’єкта подаються на ПЛК, де обробляються відповідно до завдання та алгоритму регулювання.

Переваги запропонованої системи автоматизації:

- дана система є спеціалізованою АСУТП, основою якої є програмуємий логічний контролер (ПЛК-160[М02]) та сенсорна панель оператора СП 310;

- керуюча програма і програма візуалізації технологічного процесу, що реалізується за допомогою CODESYS та Конфігуратор СП300. У зв'язку з цим, система може легко нарощуватися і переконфігуровуватись без значних труднощів по перепрограмуванню;

- апаратні засоби прості, однотипні, взаємозамінні і зручні в експлуатації (не вимагають високої кваліфікації обслуговуючого персоналу).

Перелік джерел інформації

1. Кіптела Л. В. Автоматизація харчових виробництв малого та середнього бізнесу: навч. посібник / Л. В. Кіптела, О. Є. Загорулько, А. М. Загорулько. Х.: ХДУХТ, 2017. – 1 18 с.

2. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — Вид. 2-ге, виправлене. — К.: Вид. Ліра-К, 2015. — 378 с.

3. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Загальна технологія переробних і харчових виробництв» для підготовки фахівців у вищих навчальних закладах III–IV рівнів акредитації. Галузь знань – 13 «Механічна інженерія». Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування». Спеціалізації – «Обладнання переробних і харчових виробництв» і «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» Освітній ступінь – «Бакалавр» / В.П.Янович, О.В. Цуркан, В.М. Пазюк ; Вінн. нац. аграр. ун-т. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 92 с.

4. ДТСxx4. Термоопори з кабельним виводом - Режим доступа: www.URL: https://aqteck.com.ua/ua/datchyky/dtsxx4-termoopory-z-kabelnym-vyvodom

5. Ротаційний датчик рівня Solido-500 - Режим доступа: www.URL: https://aplisens.com.ua/product_uwt/solido-500/

6. Аналоговий датчик для бункерних ваг Keli SQB-A - Режим доступа: www.URL: https://kvz.in.ua/tenzodatchiki/analogovyj-datchik-dlya-bunkernyh-vesov-keli-sqb-a/

7. Перетворювач сигналу тензодатчика KM02H1 (4-20мА) - Режим доступа: www.URL: https://keli.com.ua/product/peretvoryuvach-signalu-tenzodatchika-km02h1-4-20ma/

8. Електромагнітний витратомір EFM-115- Режим доступа: www.URL: - https://www.dinel.cz/izdeliya/raskhodomery/elektromagnitnyi-raskhodomer-efm-115

9. СП3xx. Сенсорні панелі оператора - Режим доступа: www.URL: https://aqteck.com.ua/ua/paneli-operatora/sp3xx-sensorni-paneli-operatora

10. Позиціонери Young Tech YT-1000 - Режим доступа: www.URL: https://fct.com.ua/shop/product/young-tech-yt-1000rdm532s00

11. Пневмопривод Genebre 5800 - Режим доступа: www.URL: https://genebre.pro/product/pnevmoprivody-genebre/pnevmoprivody-genebre-s-vozvratnoy-pruzhinoy/pnevmoprivod-s-vozvratnoy-pruzhinoy-genebre-5800-gnp2500s-8-5-5/

12. BIANCA – Butterfly valve DN - Режим доступа: www.URL: https://www.interapp.net/en/products/butterfly-valves/metal-butterfly-valves/bianca

13. УПП1. Пристрої плавного пуску - Режим доступа: www.URL: https://aqteck.com.ua/ua/pryvidna-tehnika/upp1-prystroji-plavnogo-pusku

14. ПЧВ3. Перетворювач частоти векторний - Режим доступа: www.URL: https://aqteck.com.ua/ua/pryvidna-tehnika/pchv3-peretvorjuvach-chastoty-vektornyj

15. ПЛК160[М02]. Програмований логічний контролер - Режим доступа: https://aqteck.com.ua/ua/programovani-logichni-kontrolery/plk160-m02-programovanyj-logichnyj-kontroler

16. МУ110-8И. Модуль аналогового виводу - Режим доступа: https://aqteck.com.ua/ua/moduli-vvodu-vyvodu/mu110-8i-modul-analogovogo-vyvodu

17. МУ110-16Р. Модуль дискретного виводу - Режим доступа: www.URL: https://aqteck.com.ua/ua/moduli-vvodu-vyvodu/mu110-16r-modul-dyskretnogo-vyvodu

18. Середовище програмування CODESYS - Режим доступа: www.URL: https://aqteck.com.ua/ua/programne-zabezpechennja/seredovyshche-programuvannja-codesys-2-3

19. Конфігуратор СП300 V2.D3k-5 - Режим доступа: www.URL: https://aqteck.com.ua/ua/paneli-operatora/sp3xx-sensorni-paneli-operatora/programne-zabezpechennja

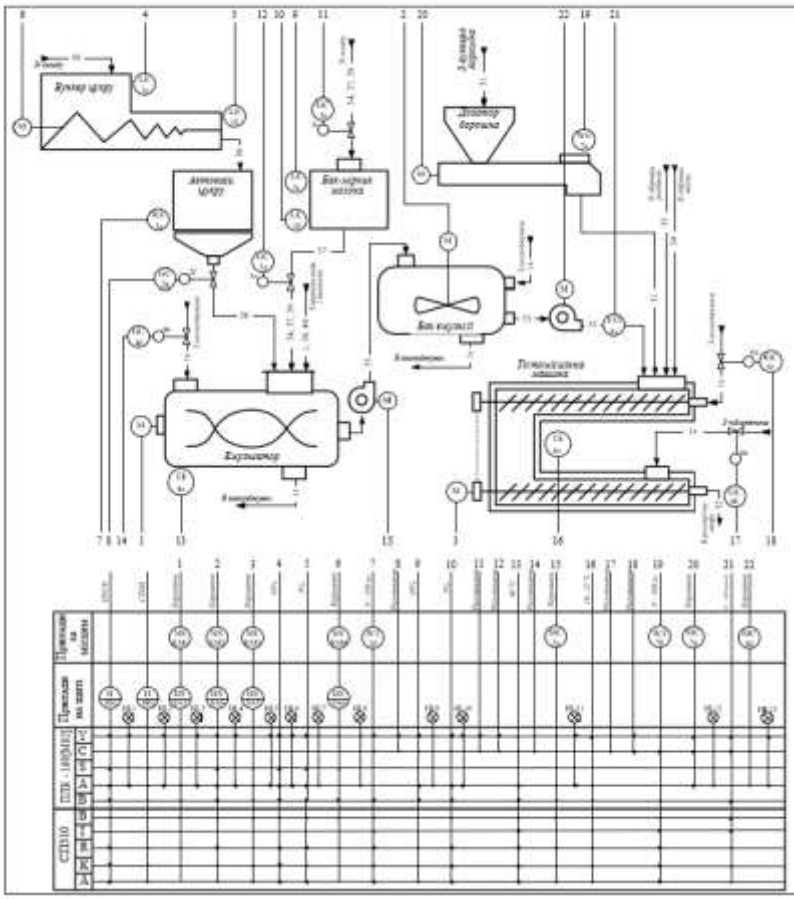
20. Гончаренко, Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій : підручник / Б. М. Гончаренко, А. П. Ладанюк ; Нац. ун-т харч. технол. - К. : НУХТ, 2014. - 530 с.

21. Ельперін, І.В. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.050202 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 4. / Уклад.: І.В.Ельперін, О.М.Пупена. – К.: НУХТ, 2013. – 96 с.

22. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації / Трегуб В.Г., Видавництво “Ліра-К”, 2014. – 344 с.

23. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання / Уклад.: І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. [Електронний ресурс]. – К. : НУХТ, 2020. – 73 с.

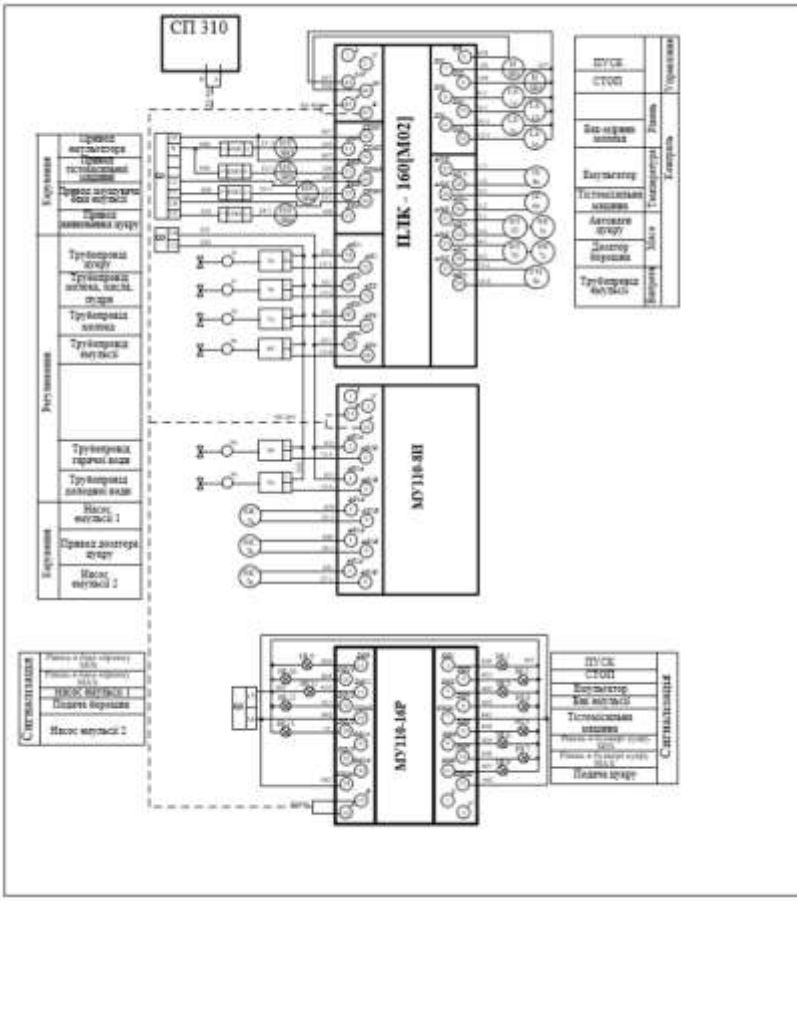
24. Проектування систем автоматизації: Метод. рекомендації до виконання курс. проекту для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання./Уклад.: В.М. Сідлецький, В.Г. Трегуб – К.: НУХТ, 2013. – 46 с.



Поз.	Найменування	К-ть	Примітка
	Прилади на місцях		
1а, 1б, 2а, 3б	Ротаційний датчик рівня Solido-300 LEA	4	
2а, 7а	Тензодатчик ВВЦ1 SQB-A 2.5t	2	
2в, 7в	Перетворювач сигналу тензодатчика КМ02М1	2	
4а, 6а	Термопара з кабельним виводом ДТС 004	2	
8а	Електромагнітний витратомір ВРМ-115	1	
1а, 1б, 1г, 4а, 4б, 4г, 5а, 5г	Електропневматичний позиціонер YT-1000R	8	
1а, 1б, 1в, 4а, 4б, 4в, 5а, 5в	Клапан обертовий BIANCA з пневмоприводом Genebre 3430	8	
КМ1 – КМ4	Пристрій плавного пуску УПП1	4	
2б, 7б, 8в	Перетворювач частоти ПЧВ1	3	
	Прилади на щиті		
ПЛК	Контролер ПЛК-160[М02]	1	
	Панель оператора СП310	1	

Позначення	Найменування
– 1 –	Вода
– 1г. –	Холодна вода
– 1т –	Гаряча вода
– 31 –	Верхнє положення
– 32 –	Тісто
– 33 –	Емульсія
– 34 –	Масло вершкове
– 35 –	Родзинки
– 36 –	Цукор
– 37 –	Мелясо
– 38 –	Меляса
– 39 –	Вінегьєвий цукор
– 40 –	Сода питна

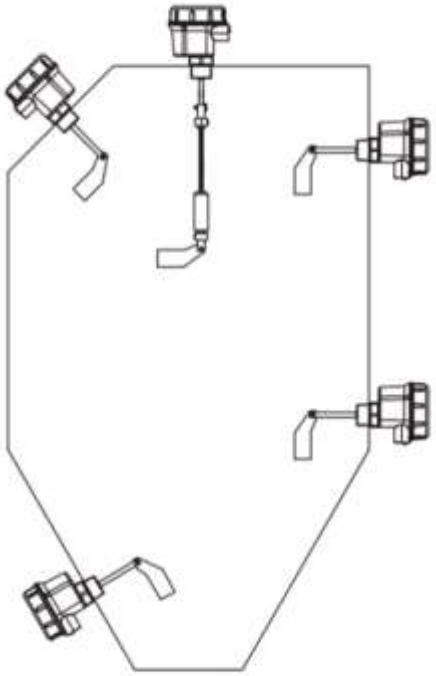
								КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Сімонов			*Розробка системи автоматизації дільниці приготування тіста*		Літ.	Маса	Масштаб
Перевір.		Бурлов					Арк. 7	Аркушів 7	
Зав. каф.		Ковтун			Схема автоматизації		Стислова філія НУХТ гр. ЗАВ-3-1		
Студ. ІІІ		Кравченко							



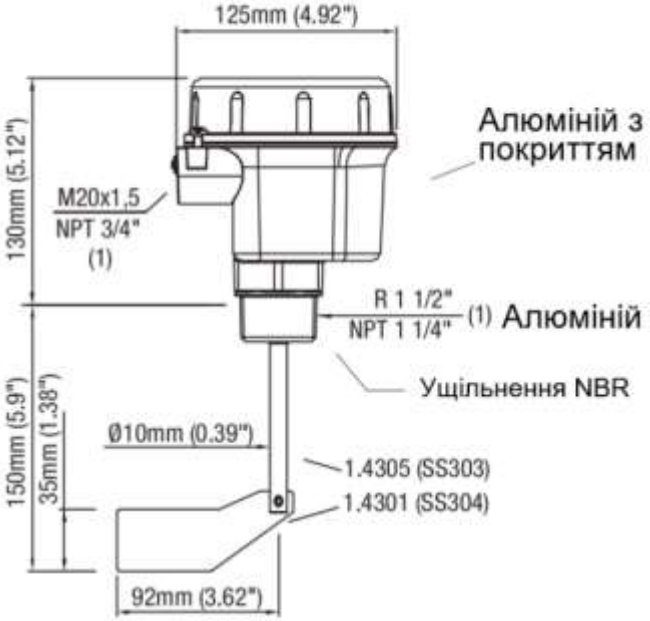
Поз.	Найменування	К-ть	Примітка
	Прилади на місцях		
1а, 1б, 2а, 3б	Ротаційний датчик рівня Solido-300 LEA	4	
2а, 7а	Тензодатчик ВВЦ1 SQB-A 2.5t	2	
2в, 7в	Перетворювач сигналу тензодатчика КМ02М1	2	
4а, 6а	Термопара з кабельним виводом ДТС 004	2	
8а	Електромагнітний витратомір ВРМ-115	1	
1а, 1б, 1г, 4а, 4б, 4г, 5а, 5г	Електропневматичний позиціонер YT-1000R	8	
1а, 1б, 1в, 4а, 4б, 4в, 5а, 5в	Клапан обертовий BIANCA з пневмоприводом Genebre 3430	8	
КМ1 – КМ4	Пристрій плавного пуску УПП1	4	
2б, 7б, 8в	Перетворювач частоти ПЧВ1	3	
	Прилади на щиті		
ПЛК	Контролер ПЛК-160[М02]	1	
	Модуль аналогового вводу МУ110-8И	1	
	Модуль дискретного вводу МУ110-16Р	1	
	Панель оператора СП310	1	
SB1	Кнопка зелена MTB1-BAZ113	1	
SB2	Кнопка грибоподібна червона MTB1-BCZ124	1	
КМ1 – КМ5	Перемикач MTB1-BDZ112	4	
HL1, HL2, HL3	Сигнальна лампа зелена 24V MTB1-BV813	3	
HL4, HL5, HL6	Сигнальна лампа червона 24V MTB1-BV814	3	
HL7, HL8, HL9	Сигнальна лампа жовта 24V MTB1-BV815	3	

								КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Сімонов			*Розробка системи автоматизації дільниці приготування тіста*		Літ.	Маса	Масштаб
Перевір.		Бурлов					Арк. 7	Аркушів 7	
Зав. каф.		Ковтун			Схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК		Стислова філія НУХТ гр. ЗАВ-3-1		
Студ. ІІІ		Кравченко							

Монтаж датчика рівня Solido-500 LEA



Габаритні розміри датчика рівня Solido-500 LEA



					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		
Зм.	Арк.	Чайковська	Підпис	Дата	*Розробка системи автоматизації дільниці приготування тіста*	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		*Стеценко*						
Керівник		*Зарічна*				*Арк. 1*	*Аркушів 1*	
Зав. каф.		*Сайтова*			*Креслення встановлення датчика рівня Solido-500 LEA*	**Сумський філіал НУХТ гр. ЗАВ-3-1**		
Конр. ЕК		*Крупенко*						