

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Декан факультету

Завідувач кафедри

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

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

« ____ » червня 2020 р.

« ____ » червня 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

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

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

на тему: Розробка системи автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної
установки молокопереробного заводу

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-2 Дехтярьова Діана Анатоліївна
(прізвище та ініціали)

Керівник Смітюх Ярослав Володимирович _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Харкянен Олена Валеріївна _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2020 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

«27» квітня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Дехтярьовій Діані Анатоліївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу*

керівник роботи *к.т.н., доцент Смітюх Ярослав Володимирович*

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

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

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

3. Вихідні дані до роботи

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

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

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

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

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 27 квітня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Дехтярьова Д.А.

_____ (підпис)

Керівник роботи Смітюх Я.В.

_____ (підпис)

Анотація

У кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу.

У роботі представлено опис технологічного процесу пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчика рівня NivoCAP C-400, схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічних засобів.

Розроблено алгоритм та програму для управління процесом пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу. Програма розроблена для ПЛК VIPA 300s. Інтерфейс дисплейної мнемосхеми процесу пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу розроблено в програмному забезпеченні Zenon Scada від фірми COPA-DATA та її вигляд представлено в записці.

Ключові слова: VIPA 300s, NivoCAP C-400, молоко.

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

Annotation

The qualification work considers the development of the automation system of the pasteurization and cooling unit of the dairy plant.

The paper presents a description of the technological process of pasteurization and cooling plant of the dairy plant, tasks for the automation system, automation scheme, specification of technical means of automation, assembly diagram of the technical means of automation - NivoCAP C-400 level sensor, connection scheme of sensors and actuators to PLC and extended schemes connection of technical means.

An algorithm and a program for controlling the process of pasteurization and cooling installation of a dairy plant have been developed. The program is designed for VIPA 300s PLC. The interface of the display mnemonic of the process of pasteurization and cooling installation of the dairy plant is developed in the software Zenon Scada from the company COPA-DATA and its appearance is presented in the note.

Keywords: VIPA 300s, NivoCAP C-400, milk.

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

Зміст

Вступ	6
Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації	7
1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації.....	7
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	11
Розділ 2. Опис системи автоматизації	13
2.1. Схема автоматизації	13
2.2. Специфікація засобів автоматизації	14
2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів.....	16
Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК	29
3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера.....	29
3.2. Загальна схема підключення.....	35
3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів.....	39
Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів	46
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	49
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	55
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	57
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	59
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання ...	64
Висновки	70
Список використаної літератури	71

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

Вступ

Сьогодні дуже актуально стежити за своїм здоров'ям, як наслідок, – за якістю свого харчування. Суперечки щодо користі і шкоди пастеризованого молока розбурхують розуми споживачів вже не один рік.

Для початку варто розповісти, що ж таке пастеризація.

Пастеризація – процес одноразового нагрівання продукту (в нашому випадку молока), до 80 градусів за Цельсієм, на протязі визначеного часу. При процесі пастеризації всі шкідливі мікроорганізми гинуть, тоді як корисні речовини і бактерії залишаються життєздатними і здатними до розмноження, що робить необхідним зберігання пастеризованого продукту при низькій температурі і зовсім нетривалий час. Таким чином пастеризація лише знищує всі потенційно небезпечні організми, при цьому зберігає всі корисні властивості продукту. На підставі цього можна виділити основні плюси пастеризації:

- відсутність шкідливих мікроорганізмів на фоні збережених корисних бактерій, вітамінів і мінералів;
- простота проведення самої процедури;
- доступність методу.

Також можливо виділити і мінуси пастеризації:

- пастеризований продукт може зберігатися нетривалий час і лише в охолодженому приміщенні;
- необхідність дотримуватися чіткого алгоритму проведення процедури;
- менш ефективний процес обробки продукту в порівнянні з тією ж стерилізацією, яка повністю знищує всі речовини в продукті.

Як ми бачимо, пастеризація це зовсім не те, що говорять багато сайтів, і що в народі плутають зі стерилізацією, а лише теплова обробка продукту для забезпечення повної безпеки споживачів.[1]

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

Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації

1.1. Аналіз технологічної дільниці як об'єкта автоматизації

Пастеризаційно-охолоджувальні установки пластинчастого типу призначені для теплової обробки молока при виробленні пастеризованого молока і молока, що використовується для виробництва кисломолочних продуктів, а також для пастеризації вершків і суміші морозива.

Для пастеризації молока в безперервному потоці, в основному, використовують пластинчасто-охолоджувальні пастеризаційні пристрої. Автоматичні системи керування такими пристроями повинні забезпечувати підтримання заданих режимів нагрівання і охолодження молока, часу його витримки за постійної температури, а також перешкоджати виходу недогрітого продукту із пристрою. Основними функціями системи керування тут є контроль, реєстрація і регулювання температур нагрівання і охолодження молока, стабілізація його витрат, автоматичне керування поверненням недогрітого продукту, запуском, зупинкою і циркуляційною мийкою пристрою після використання.

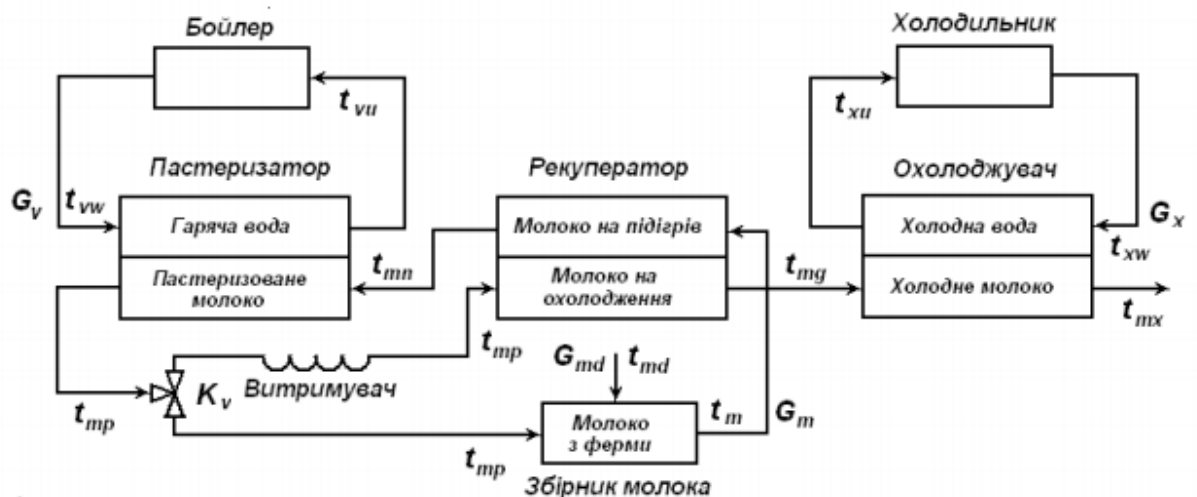


Рис.1.1. Структурна схема пастеризатора молока

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дехтярьова Д.А.			Розробка системи автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Смітюх Я.В.					7	
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ АК-4-2		
Зав. кафедри		Ельперін І.В.						

де $t_m, t_{mn}, t_{mg}, t_{mx}, t_{mp}$ – температура на вході в рекуператор, підігрітого на виході рекуператора, охолодженого після рекуператора, холодного і пастеризованого молока; t_{xw}, t_{xu} – температура холодної води на вході і виході охолоджувача; t_{vw}, t_{vu} – температура гарячої води на виході і вході в бойлер, t_{md} – температура молока з ферми, °C; V_{md}, V_m, V_v, V_x – об’ємні витрати молока з ферми і холодного на рекуператор, витрати гарячої води і води в охолоджувачі, м³/с; G_{md}, G_m, G_v, G_x – масові витрати молока, кг/с, ρ_{mgv} – середня густина молока і води, кг/м³; C_m, C_v – теплоємність молока і води, Дж/(кг·°C); $F_p, F_{п}, F_x$ – поверхні теплообміну в пастеризаторі, в рекуператорі і в охолоджувачі, м²; V_{vp}, V_{mp} – об’єми води і молока в пастеризаторі; V_{n1}, V_{n2} – холодного і гарячого молока в рекуператорі, V_{vx}, V_{mx} – холодної води і молока в охолоджувачі, м³.

Визначимо коефіцієнти теплопередачі $k_p, k_{п}, k_x$ – між теплоносіями в рекуператорі, пастеризаторі і охолоджувачі, Вт/(м²·°C). Регулюючий параметр (коефіцієнт рециркуляції) позначимо як K_v . Основними причинами, що викликають коливання температури пастеризації t_{mp} молока, є непостійність витрат молока на вході G_{md} , зміни температури молока, що надходить з ферми t_{md} , зміни витрат гарячої води з бойлера t_{vw} , зміна коефіцієнтів теплопередачі $k_p, k_{п}, k_x$ внаслідок забруднення поверхні теплопередачі секцій пастеризаторам коагульованим білком молока. Через конструктивні особливості пастеризатора прийнято наступне: $V_{vp}=V_{mp}, V_{n1}=V_{n2}, V_{vx}=V_{mx}$. Для стабілізації температури пастеризованого молока t_{mp} в якості керуючої дії приймають витрати енергоресурсів на підігрів гарячої води, що приводить до зміни температури води на виході з бойлера t_{vw} і витрати гарячої води G_v . На процес рекуперації молока, підігрів холодного молока гарячим, з одночасним охолодженням пастеризованого молока, і стабілізації температури молока на виході рекуператора t_{mn} , яке переходить в пастеризатор. Керуючими діями може бути коефіцієнт рециркуляції молока K_v , а збуреннями – температура молока з ферми t_{md} і витрати молока на пастеризацію G_{md} .

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

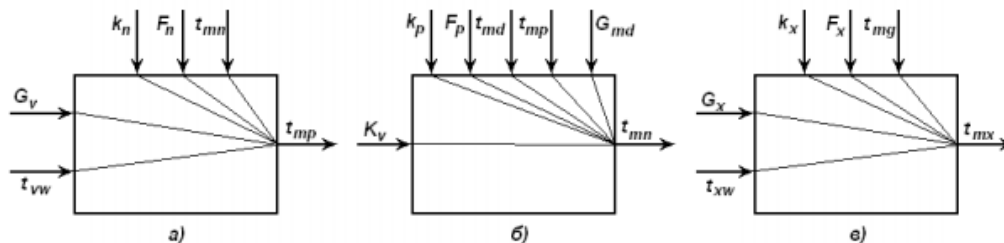


Рис.1.2. Параметрична схема секцій пастеризатора молока: а) об'єкткерування пастеризатором; б) об'єкткерування рекуператором; в) об'єкткерування охолоджувачем

Основним джерелом коливань температури молока на виході охолоджувача t_{mx} є зміна температури холодної води t_{xw} і її витрат G_x , на що може впливати тиск холодоагенту в холодильнику для води, витрати молока, щонадходить на охолодження. В якості керуючої дії в контурі стабілізації температури холодного молока можна взяти витрати холодної води на охолодження молока G_x . Інформаційно-параметричні схеми секцій пастеризатора як об'єкти керування за пастеризатором, – рекуператором і охолоджувачем представлені на рис. 2, де зліва показаний керуючий параметр, зверху – вхідні параметри і дії збурень, а з правого боку – параметри керування[2].

Виходячи з параметричних схем секцій пастеризатора молока була розроблена функціональна схема автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки (Креслення 1).

До складу пастеризаційно-охолоджувальної установки пластинчастого типу входять пластинчастий теплообмінний апарат, зрівняльний бак з поплавковим регулятором рівня молока в баку, відцентровий насос, сепаратор – молокоочишувач, витримувач, установка для підготовки теплоносія, пульт управління з приладами контролю і регулювання процесу.

Пластинчастий теплообмінний апарат має секції, в яких здійснюються такі процеси: пастеризація (нагрівання продукту до температури пастеризації), охолодження (водою, охолодження розсолем або крижаною водою), рекуперація теплообмін між гарячим і холодним продуктами.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На двох стійках (передній і задній) апарату укріплені дві штанги, які є опорами теплообмінних пластин, кутові отвори пластин оточені прокладками. По периферії пластини покладена прокладка.

При складанні апарату і стисненні пластин утворюються дві ізольовані системи герметичних каналів. В одному каналі рухається гаряче середовище, а в іншому - холодне. Зібрані пластини об'єднуються в секції. Всередині секцій пластини групуються в пакети, в каналах яких продукт рухається паралельно. Зрівняльний бак представляє собою ємність з патрубками для входу і виходу продукту. Усередині бака встановлено клапан регулювання, що підтримує постійний рівень продукту в баку.

Відцентровий насос призначений для забору молока з бака і подачі його в пластинчастий теплообмінний апарат. У сепараторі-молокоочиснику підігріте в апараті молоко очищається від механічних домішок.

Пастеризація питного молока, кисломолочних продуктів, питних вершків і морозива здійснюється в різних пастеризаційно-охолоджувальних установках.

У пастеризаційно-охолоджувальній установці для питного молока сире молоко надходить в зрівняльний бак, а якому за допомогою поплавкового регулятора підтримується постійний рівень продукту. Відцентровий насос забирає продукт з бака і подає його в рекупераційну секцію теплообмінника, де молоко нагрівається до 40-45°C, встановлений за відцентровим насосом регулятор потоку забезпечує постійну витрату молока, що надходить в теплообмінник.

Нагріте молоко надходить в сепаратор - молокоочишувач, де очищається від механічних домішок, і потім подається в другу секцію пастеризації, де нагрівається, водою до 76-78°C. Молоко витримується при температурі пастеризації і направляється на охолодження в секцію охолодження. Охоложене до 4-6°C молоко проходить через поворотний клапан, який спрямовує потік молока або в ємності зберігання (при дотриманні режимів обробки), або на повторну пастеризацію в зрівняльний бак (при порушенні режимів пастеризації).[3]

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

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Розробка СА передбачає деталізацію основних контурів контролю, регулювання. Основні контури, які необхідно автоматизувати, основні змінні які контролюються та регулюються наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	Установка для пастеризації молока	Температура в секції охолодження	5°C ± 2°C	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату теплоносія	Ручне управління зі АРМ оператора
2	Установка для пастеризації молока	Температура в секції пастеризації	43°C ± 2°C	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату холодоносія	Ручне управління зі АРМ оператора
3	Установка для пастеризації молока	Температура в секції рекуперації	77°C ± 2°C	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
4	Зрівняльний бак	Рівень	90% ± 1%	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі молока	Ручне управління зі АРМ оператора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

11

5	Трубопровід відводу молока	Витрата	8м ³ /год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
6	Трубопровід подачі молока	Витрата	10м ³ /год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі молока у зону рекуперації	Ручне управління зі АРМ оператора

Розділ 2. Опис системи автоматизації

2.1. Схема автоматизації

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

Контур вимірювання та регулювання температури:

Вимірювання і регулювання температури відбувається в охолоджувальній, рекупераційній та пастеризаційній зонах. Вимірюємо за допомогою термометрів опору pt100, сигнал із датчика передається на вторинні перетворювачі ТА2002 (1б, 2б, 3б), сигнал із датчика на модуль аналогових входів МПК, сигнал опрацьовується в програмі, і якщо є розузгодження із заданим значенням, то на виході з МПК подається управляючий сигнал 4-20мА, який надходить на електро – пневматичні перетворювачі РС-28G/A (1в,2в), сигнал 4-20мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа, який в свою чергу надходить на пневмоклапани Item 375(1г,2г), що регулюють подачу гарячої і холодної води.

Контур вимірювання та регулювання витрати:

Регулювання і контроль витрати відбувається в трубопроводі подачі молока та зливу пастеризованого молока. Вимірюємо за допомогою витратомірів FLUXUS® ADM 8027 (5б, 6б). Сигнал подається із датчика на модуль аналогових входів МПК, сигнал опрацьовується в програмі, і якщо є розузгодження із заданим значенням, то на виході з МПК подається управляючий сигнал 4-20 мА, який надходить на електро-пневно перетворювач РС-28G (5в), сигнал 4-20 мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа, який в свою чергу надходить на

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Дехтярьова Д.А.</i>			<i>Розробка системи автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>					13
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>				<i>НУХТ АК-4-2</i>	
<i>Зав. кафедри</i>		<i>Ельперін І.В.</i>					

пневмоклапан Item 375 (4в), який змінює кількість поданого молока у зону рекуперації.

Контур вимірювання рівня:

Вимірювання і регулювання рівня відбувається у баці молока. Вимірюємо за допомогою рівнеміру NivoCap C-400 (4а), сигнал подається із датчика на модуль аналогових входів МПК, сигнал опрацьовується в програмі, і якщо є розузгодження із заданим значенням, то на виході з МПК подається управляючий сигнал 4-20мА, який надходить на електро – пневматичні перетворювачі РС-28G (4в), сигнал 4-20мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100кПа, який в свою чергу надходить на пневмоклапани Item 375(4г), що регулюють подачу молока у бак.

Двигуни насосів М1,М2,М3 управляються через частотні перетворювачі Danfoss VLT 2800 (7а,8а,9а).

2.2. Специфікація засобів автоматизації

Однією з найважливіших та складних задач розробки системи автоматизації є вибір технічних засобів автоматизації. При виборі засобів ми керувалися такими загальними принципами:

- вид та характер технологічного процесу;
- умови пожежо- та вибухобезпеки;
- агресивність і токсичність навколишнього та робочого середовищ;
- параметри та фізико-хімічні властивості вимірюваного середовища;
- відстань від місця встановлення датчиків, допоміжних пристроїв, виконавчих механізмів, приводів машин та запірних органів до пунктів керування та контролю;
- потрібну точність та швидкодію засобів автоматизації;

Обрані прилади, які задовольняють всім нашим умовам наведені у таблиці 1.2.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Таблиця 2.1

№ п. п.	№ По-зиції за схе-мою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Оди-ниця вимі-рюва-ння	Кіль-кість, шт.	Приміт-ка
1	1б,2б, 3б	Вторинний перетворювач температури Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50...1000°C, Клас точності-0,25.	Aplisens AT	С	3	Aplisens, Польща
2	1а,2а, 3а	ПВП вимірювання температури. Термометр опору. Тип: МКн (Спеціалізація - низькі температури, вакуум, інертні і відновні атмосфери, окислювальні - частково) Позначення: Т (Cu-CuNi) Робочий діапазон: -200 ... 260°C(Pt100)	Pt100		3	ОАО «Тера», Україна, м. Чернігів
3	1в,2в, 4в,5в, 10а	Елект.-пневмат. перетворювач. Вх.сиг. 4-20 мА. Вих. сиг. 20-100 кПа. Номінальний тиск повітря живлення: 140 кПа	РС-28G / А		4	Aplisens, Польща
4	1г,2г, 4г,5г	Пневматичний клапан. Вх. Сиг: 20-100 кПа. Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного проходу: 160 мм. Тиск умовний: 2 ... 5 МПа	Item 375		4	Omal, Італія
5	4б	Ємнісний рівнемір: Напруга живлення: 24 V DC, 115 V AC, 230 V AC Температура: -40 ° C до +200 ° C Тиск: макс. 10 bar Спосіб приєднання: 3/4 \ "NPT, 1 1/4 \ " NPT, 1 1/2 \ "BSPT Вихід: Relay (SPDT) . Ступінь захисту: IP 66	NivoCap С-400	%	1	Nivelco, Венгрія
6	7а,8а, 9а	Перетворювач частоти Аналоговий вхід (0-10В, 0-20mA, 4- 20mA); Напруга живлення: 180...380 V AC; Діапазон вихідної частоти: 0...240 Гц; Робоча температура: 0..55 ° C;	DanfossV LT 2800		3	Danfoss, Данія
7	5а,6а	Електромагнітний витратомір ABB ASC355 призначений для вимірювання об'ємної витрати електропровідних рідин. Витратомір може вимірювати витрату і об'єм рідини, що пройшла через нього, як в прямому, так і в зворотньому напрямку.	FLUXUS ® ADM 8027	шт.	2	Aplisens, Польща, м.Варша- ва

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

№ п. п.	№ По-зиції за схе-мою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Оди-ниця вимі-рюва-ння	Кіль-кість, шт.	Приміт-ка
8	5б,6б	Вторинний перетворювач витрати витратоміра ABB ASC355. Основна похибка $\pm 0,5\%$ - Ступінь захисту корпусу IP67 - Компактне ALW і роздільне NW виконання.	FLUXUS ® ADM 8027	шт.	2	Aplisens, Польща, м.Варша- ва
9	HL1, HL2, HL3, HL4, HL5, HL6	Сигнальна лампа LED E.AD22.24.RED AC/DC 24V S009021 Монтаж: панельний Напруга: 24V Номинальний струм: 0,02 А Тип напруги: AC/DC Тип індикації: світлодіодна матриця Ступінь захисту: IP40 Діаметр: 22 мм	E.AD22.24 .RED	шт.	6	E.NEXT, Україна, м.Київ
10	10б	КПР-Т3 - це нержавіючий (сталевий) трьох-ходовий клапан з пневмоприводом. Технічні характеристики: Кульовий кран триходовий нержавіючий з пневмоприводом. G 1\2 "- 2", DN15-50, PN16. Функція: запірна. Корпус з нержавіючої сталі, ущільнення PTFE. Середовище: холодна або гаряча вода, газ, повітря, розчин гліколю, спирти, нафтопродукти, паливо, кислоти, луги, пар і ін. Робоча температура: -20 ... +150 °С. Робочий тиск приводу: 2-8 бар. Час відкриття/закриття: менше 1 секунди.	КПР-Т3	Шт.	1	ТЕРАІНВ ЕСТ

2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів

Температура:

У якості приладів, що вимірюють температуру у нашій системі автоматизації, як оптимальний варіант були обрані перетворювачі Aplisens AT.



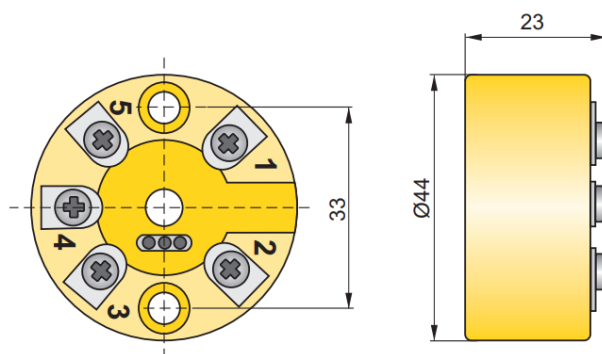
					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Перетворювач температури типу АТ призначений для перетворення збільшень активного опору термометрів опору типу Pt100 або 100Н в уніфікований струмовий сигнал 4 ... 20 мА.

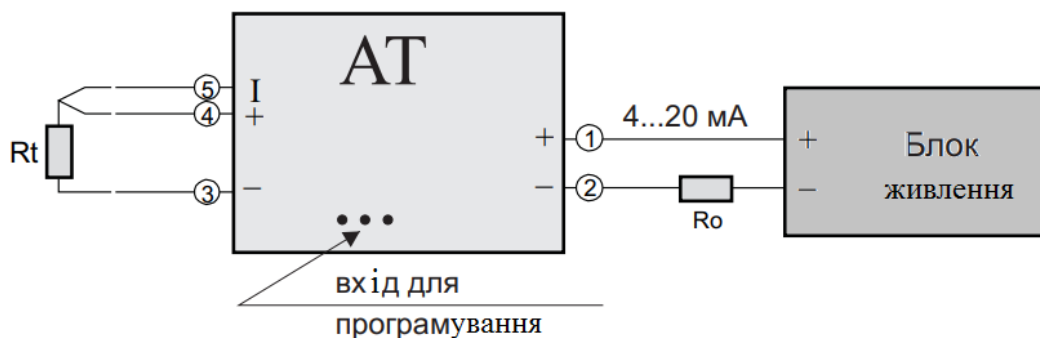
Здійснює цифрову фільтрацію і компенсацію не лінійності сигналу термометра опору.

Корпус перетворювача забезпечує можливість монтажу безпосередньо в голівці датчика типу СТР. Електричне приєднання можна виробляти проводом з перетином до 2,5 мм². [4]

Монтаж:



Підключення:



Технічні характеристики:

Таблиця 2.2

Вхідний сигнал	Pt100	W100 1,385
	Pt100	W100 1,391
	Cu100 (50)	W100 1,426
	Cu100 (50)	W100 1,428
	Ni100	W100 1,617
Межі вимірювання	20 Ω ≤ R ≤ 380 Ω	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

17

Мінімальна ширина вимір.діапазону	10 Ω			
Вихідний сигнал	4...20 мА (двох провідна лінія зв'язку)			
Напруга живлення (Uz)	6...29 В Пост.		струм	
Максимальна амплітуда пульсацій (50 Гц)	1 В			
Активний опір навант. (Ro)	$R_o [k\Omega] \leq (U_z - 8 \text{ В}) / 25 \text{ мА}$			
Сигналізація обриву датчика	23 мА або 3,8 мА			
Основна похибка при $\Delta R > 20 \Omega$	$\pm 0,2\%$			
Похибка викл. вимір. температури навк. серед.	$\pm 0,1\% / 10^\circ\text{C}$			
Похибка викл. вимір. напруги живлення	$\pm 0,1\%$			
Діапазон температур навк. середов.	-25...+80°C			
Гранично-допустимі вхідні параметри АТ Ех				
Вхідні затискачі (4, 5) к 3:	$U_o = 28 \text{ В}, I_o = 3,3 \text{ мА}, P_o = 20 \text{ мВт},$ $L_o = 100 \mu\text{Гн}, C_o = 0,022 \mu\text{Ф}$			
Затискачі живлення 1(+), 2(-):	$U_i = 28 \text{ В}, I_i = 100 \text{ мА}, P_i = 1,2 \text{ Вт}, L_i = 20 \mu\text{Гн},$ $C_i \sim 0$			
$P_i [\text{Вт}]$	80 [°C]	70 [°C]	60 [°C]	50 [°C]
1,2	Т4	Т5	Т5	Т6
1			Т6	
0,8	Т5			
0,7				
0,6				
0,5				

Рівень:

У якості приладів, що вимірюють рівень у нашій системі автоматизації, як оптимальний варіант були обрані рівнеміри NivoCap C-400.



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

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

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

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

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модельний ряд представлений приладами зі штирьовим зондом (для вимірювання рівня в діапазоні від 0,2 до 3 метрів), кабельним і кабельним утяжуючим вантажем для вимірювання рівня в діапазоні від 1 до 20 метрів.[5]

Принцип роботи:

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



C_0 - вихідна ємність конденсатора

C_t - кінцева ємність конденсатора

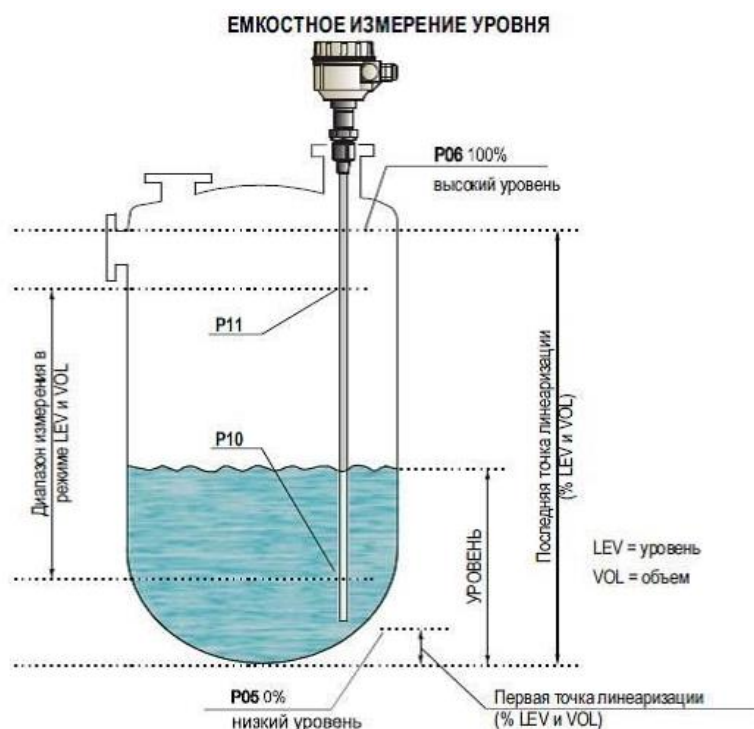
ΔC - різниця ємностей

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

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

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

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



Технічні характеристики:

- діапазон вимірювання: 0,2...3м для стрижневого зонда, 1...20м для тросового зонда;
- діапазон вимірювання ємності: 0 пФ ... 5 нФ;
- мінімальна чутливість по ємності: макс. (Iout) шкала: 10 пФ або 10% повної шкали;
- ємність насичення ізолюваного зонда: 200 або 600 пФ/м;
- мінімальна діелектрична проникність середовища ϵ_r : $\epsilon_r \geq 1,5$;
- приєднання: різьба BSP, NPT, 3/4 ", 1", 1 1/2 ";
- матеріали змочуваних частин: PFA, FEP, 1.4301;
- матеріали корпусу: пластик PBT, алюміній пофарбований, нержавіюча сталь;
- температура вимірюваного середовища: -30...+130°C, високотемпературна версія: + 200°C;

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

- температура зовнішнього середовища: -25 ... + 70°C;
- живлення: 12...36V DC, споживання енергії макс. 800 мВт, захист від перехідних процесів;
- вихідний сигнал: аналоговий: 4...20мА (3,9...20,5мА), $R_{\text{макс}}=U_t-11,4V/0,02A$, індикація помилки: 3,8 мА або 22 мА, цифровий інтерфейс: 4 ... 20 мА + HART®, тест струмового петлі 10 мВ/1 мА через резистор;
- індикатор-програматор: SAP-202, 6-ти розрядний РКІ, барографи;
- час демпфірування: 0, 3, 6-300с вибірково;
- похибка: $\pm 0,3\%$ повної шкали;
- температурна похибка: $\pm 0,02\%/^{\circ}\text{C}$ повної шкали;
- електричне приєднання: 2x M20x1,5 кабельні сальники + внутрішня різьба 2x 1/2 "NPT кабельний захисний прохід, зовнішній діаметр кабелю: $\varnothing 7 - 13$ мм, клемник: макс. 1,5 мм²;
- електричний захист: Class III;
- клас захисту: IP67;
- маса приладу: 2,5...3кг на 0,5 метра стрижневого зонда, 2 кг на 3 метри тросового зонда.

Витрата:

У якості приладів, що вимірюють витрату у нашій системі автоматизації, як оптимальний варіант були обрані витратоміри FLUXUS® ADM 8027.



					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Витратомір оснащений міцним, водонепроникним корпусом для польових умов, має сертифікацію по АТЕХ (зони 1 і 2) і тому придатний до постійного вимірювання витрати рідини у вибухонебезпечній зоні.

Всі електронні частини знаходяться у вибухонепроникній оболонці. Клемні контакти і сполучна коробка додатково мають тип захисту "підвищена безпека". Відділення для підключення входів і виходів і відділення для підключення датчиків герметично розділені.

Управління витратоміром FLUXUS ADM 8027 здійснюється магнітним олівцем, тому для цього не потрібно відкривати корпус і не потрібні додаткові прилади.[6]

Принцип дії:

Для вимірювання потоку середовища застосовуються ультразвукові сигнали з використанням так званого методу часу проходження. Ультразвукові сигнали посилаються першим датчиком, встановленим на трубі, і приймаються другим датчиком.

Сигнали поперемінно посилаються за і проти напрямку потоку.

Оскільки середовище, через яке поширюється сигнал, знаходиться в русі, то час проходження звукового сигналу в напрямку потоку коротший, ніж час проходження сигналу проти потоку.

Регулятор потоку вимірює різницю в часі проходження Δt і на підставі цієї величини розраховує середню швидкість потоку уздовж шляху поширення сигналу. З поправкою наперетин потоку, прилад розраховує швидкість потоку через поперечний переріз, яка пропорційна об'ємній витраті.

Весь процес вимірювання управляється інтегрованими мікропроцесорами. Регулятор потоку перевіряє спеціальним електронним блоком надходять ультразвукові сигнали на придатність для поведінки вимірювань і оцінює достовірність результатів значень. Шкідливі сигнали знешкоджуються.

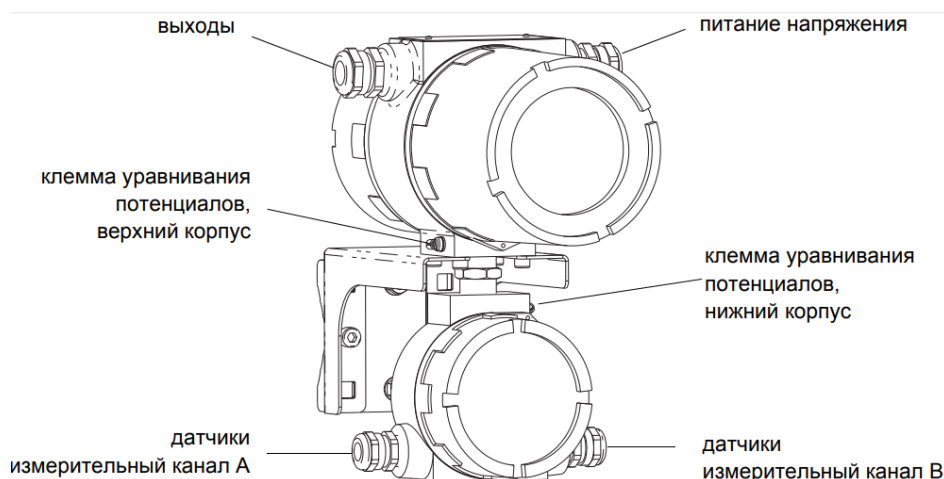
Якщо зміст газових або твердих включень в середовищі час від часу сильно зростає, то це унеможливило подальше застосування режиму різниці

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

часу проходження. Замість нього включається режим NoiseTrek, метод, що дозволяє домогтися стабільності вимірювання також при високому вмісті газових і твердих домішок.

Перемикання перетворювача між режимом різниці часу проходження і режимом NoiseTrek відбувається автоматично без необхідності зміни вимірювальної схеми.

Підключення:



Технічні характеристики:

- метод вимірювань: часово-імпульсний кореляційний метод;
- вага приладу: 8027 - 2,8 кг;
- електроживлення: 100 ... 240В AC, 12 ... 36В DC;
- робоча температура: блоку електроніки -20°C...+60°C; накладних датчиків -55°C...+225°C (в залежності від типу);
- вимірювальні канали: 1 або 2;
- ступінь захисту: 8027 - IP 66 згід. EN60529;
- варіанти комплектації і наявність аналогових виходів: Basic: Виходи: 1х токовий, 2хреле. Опціонально: Виходи: 0/4 ... 20 мА, реле;
- засоби комунікації: Modbus RTU (по інтерфейсу RS485) (опція), HART (опція);
- вибухозахист по ГОСТ-Р: 2ExdeICIT6 ... T3;
- накладні ультразвукові датчики: діаметри труб від 20 мм до 1200 мм, робоча температура від -40 С до 200°C, вибухонебезпечні зони 1 або 2;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- сертифікат про затвердження типу СІ: Свідоцтво про затвердження типу № 47097-11, міжповірочний інтервал 4 роки.

Частотний перетворювач:

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



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

VLT 2800 - передова розробка універсального і простого в експлуатації перетворювачів частоти. Меню швидкого доступу містить всі основні параметри, необхідні для введення приводу в експлуатацію. Можливість швидкого монтажу та обслуговування.[7]

Переваги застосування пристрою:

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

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливі функції DANFOSS VLT 2800 series:

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

Принцип дії:

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

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

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

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

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

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

Технічні характеристики:

- бренд: Danfoss;
- серія: VLT 2800;
- потужність: 0.5 кВт;
- число фаз / напруга на вході: 1-ф / 220 (однофазний 220в) В;
- число фаз / напруга на виході: 3-ф / 220 В;
- M_{max} (1 min)%: 160-200;
- струм номінальний (150%): 3.20 А;
- струм в перебігу 1 хвилини: 5.1 А;
- максимальна вихідна частота: 1000 Гц;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ступінь захисту по IP: 20;
- ЕМС фільтр: є;
- гальмівний модуль: Є;
- вбудований ПЛК: Немає;
- вбудований регулятор: ПД;
- скалярний режим управління: є;
- векторний режим керування без енкодера: є;
- лінійний закон управління U/f : є;
- квадратичний закон управління U/f^2 : є;
- панель програмування в комплекті з ПЧ: Незнімна;
- базова панель програмування: LCP 2;
- максимальне число фіксованих швидкостей: 4;
- число / тип аналогових входів: 2 (1: 1-10V; 1: 0 (4) -20mA);
- число дискретних входів: 6;
- число / тип аналогових виходів: 0 (4) -20mA;
- число дискретних (транзисторних) виходів: 1;
- число релейних виходів: 1;
- вбудований потенціометр (або номінал опору): Немає;
- інтерфейс RS-485 / Modbus: Є.

Електро-пневматичний перетворювач:

Оскільки всі клапани у системі є пневматичними, для керування ними були обрані електро-пневматичні перетворювачі PC-28G\A.



					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Електропневматичний перетворювач призначений для перетворення уніфікованого струмового сигналу 4 ... 20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20 ... 100 кПа. Прилад дозволяє забезпечити спільну роботу засобів автоматизації працюють в електричному і пневматичному стандарті, наприклад, управляти пневматичним виконавчим пристроєм від аналогового виходу електронного контролера.[8]

Основні характеристики:

- вхідний сигнал: 0...20 мА, 4...20 мА, 20...0 мА, 20 ..4 мА;
- вихідний сигнал: 20 ... 100 кПа;
- тиск живлення: 140 кПа \pm 10%;
- основна приведена похибка: 0,5%;
- додаткова похибка від вим. температури навк. серед. макс. 0,8%/10°C;
- додаткова похибка від вим. тиску живлення на 10% макс. 0,5%;
- вхідний опір: макс. 250 Ом
- маса: 1,1 кг;
- ступінь захисту: IP54;
- діапазон робочих температур: -40...+70°C;
- вологість: 98%;
- іскробезпечний виконання II 2G Exia IIC T6 / T5 / T4.

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

Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК

3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера

VIPA 300s:



Серія ПЛК 300S базується на технології SPEED7, завдяки якій вона є однією з найшвидших і ефективних в застосуванні систем управління в своєму класі. Програмування здійснюється за допомогою WinPLC або STEP7 компанії Siemens.

Контролери відрізняє не тільки їх високу швидкодію. При необхідності їх швидкість реакції додатково може бути істотно збільшена за допомогою швидкісної системної шини SPEED-bus.

Завдяки нашій унікальній технології управління пам'яттю збільшення обсягу робочої пам'яті контролера може бути виконано шляхом використання спеціальних MMC-карт без заміни модуля ЦПУ. Наша система захисту ноу-хау з розширеними функціональними можливостями дозволяє гарантовано захистити програму користувача від копіювання. Широкий набір вбудованих комунікаційних інтерфейсів, включаючи Ethernet, забезпечує легке і просте впровадження наших контролерів в різні мережеві структури.

Важлива особливість: для роботи наших модулів ЦПУ серії 300S не потрібні будь-які додаткові карти пам'яті. При необхідності обсяг робочої пам'яті в залежності від моделі може бути розширений до 8 Мбайт за допомогою карт VIPA MCC (MemoryConfigurationCard). Крім того, всі модулі ЦПУ серії 300S мають вбудований порт Ethernet для PG/OP функцій зв'язку.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Дехтярьова Д.А.</i>			<i>Розробка системи автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>					29
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>			НУХТ АК-4-2		
<i>Зав. кафедри</i>		<i>Ельперін І.В.</i>					

Наші модулі ЦПУ класу Compact, також базуються на технології SPEED7, мають вбудовані канали введення-виведення і тому особливо добре підходять для бюджетних систем.

Найвища продуктивність, можливість нарощування обсягу пам'яті і широкі комунікаційні можливості дозволяють використовувати контролери System 300S для вирішення найрізноманітніших ресурсоємних завдань автоматизації.[9]

Особливості VIPA System 300S:

- висока швидкодія для будь-якого завдання;
- вбудований процесор SPEED7 для забезпечення високої продуктивності;
- опціональна системна шина SPEED-Bus для підключення високошвидкісних сигнальних модулів і комунікаційних процесорів;
- гнучке управління пам'яттю і захист даних;
- вбудована робоча пам'ять - робота без додаткової карти пам'яті;
- гнучке розширення обсягу пам'яті з використанням карт МСС (MemoryConfigurationCard);
- вбудоване ОЗУ з резервним живленням від акумулятора;
- система захисту ноу-хау з розширеними функціональними можливостями;
- розширені комунікаційні можливості і підтримка сучасних протоколів;
- вбудовані порти Ethernet, PROFIBUS DP, RS-485 і MPI;
- додатково: Profinet, CANopen, Interbus, ASCII, Modbus RTU, Modbus TCP, UDP, RFC1006, EtherCAT;
- висока гнучкість при використанні і застосуванні;
- конструктивна сумісність з системою SIMATIC S7-300 фірми Siemens;
- можливість одночасного використання в ПЛК модулів VIPA і Siemens;
- можливість застосування в складі централізованих і розподілених систем управління;
- модульна конструкція;

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

- швидкі аналогові модулі: час перетворення 100 мкс для 4 каналів;
- швидкі дискретні модулі: час реакції каналів встановлюється в діапазоні від 2,65 мкс до 40 мс;
- довгострокова захист інвестицій;
- можливість підключення до ЦПУ до 32 модулів розширення в один ряд;
- великий запас по продуктивності і розширюваний обсяг пам'яті;
- гарантія 24 місяці.

Конфігурування МПК VIPA 300s:

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

Таблиця 3.1. Конфігурування МПК

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	6
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	7
Кількість дискретних виходів	1

Вибір процесорного модуля:

Враховуючи кількість каналів вводів/виводів, кількість пам'яті під програму користувача і наявність комунікацій обираємо процесорний модуль CPU 314 6ES7314-1AG14-0AB0.

Вибір модулів вводу/виводу:

8 VA 4-20 mA – 331-7KF01

8 AV 4-20 mA – 332-5HD01

Таблиця 3.2. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу.

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Найменування	Кількість	
390-1AE80 Профільна шина	1	Механічна основа (стійка) для розміщення модулів контролера VIPA 300s Кріплення на плоскі поверхні Підвищення механічної міцності контролера Для розміщення модулів можуть бути використані профільні шини довжиною:482 мм
307-1BA00 Блок живлення	1	Блокживлення, Вхід: = 24/48/60/110 В, Вихід: = 24 В / 2А, Розширений діапазон робочих температур. З ізолюваної сполучної скоби для підключення живлення до CPU або IM
CPU 312-5BE13 Центральний процесор	1	Споживання струму (номінальна) 650 mA Споживання струму (в режимі холостого ходу), тип. 140 mA Нормальний потік включення 3,5 А Нормальна розсіює потужність 4 W Оперативний пристрій: вбудований 128 kbyte Ємність залишкової пам'яті для залишкових блоків даних 64 kbyte пам'ять завантаження вставна (MMC) Так вставна (MMC), макс. 8 Mbyte
331-7KF01 Модуль аналогових входів	1	Вхідний струмз шини на задній стійці 5 В пост. струму, макс. 90 mA Нормальна розсіюча потужність 0,4 W Число аналогових входів 8 Макс. допустима вхідна напруга для входу напруги (межа руйнування) 30 V; 12 В тривало; 30 В макс. Макс. допустимий вхідний струм для токового входу (межа руйнування) 40 mA

Модулі вводу/виводу		Характеристики
332-5HD01 Модуль аналогових виходів	2	<p>Напруга живлення</p> <p>Напруга навантаження L +</p> <p>Номінальне значення (пост. Струм) 24 V</p> <p>Захист від змішування полярності Так</p> <p>вхідний струм</p> <p>з джерела напруги навантаження L + (без навантаження), макс. 340 mA</p> <p>з шини на задній стійці 5 В пост. струму, макс. 100 mA</p> <p>потужність, що розсіюється</p> <p>Нормальна розсіює потужність 6 W</p> <p>аналогові висновки</p> <p>Число аналогових виходів 8</p> <p>Макс. вихідна напруга, струм короткого замикання 25 mA</p> <p>Макс. вихідний струм, напруга при роботі без навантаження 18 V</p>
322-1BH41 Модуль дискретних виходів	1	<p>Тип продукту : Цифровий модуль виведення серії SM 322 ; Кількість виходів: 16;</p> <p>Тип виходу: Цифровий ; тип модуля: Вихідний ;</p> <p>вихідний струм: 2 A;</p> <p>Напруга живлення : 24 В постійного струму.</p>

Аналогові входи:

В даному проекті використовуються датчики та перетворювачі з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4-20 mA. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 mA послідовно проходить клемну колодку та потрапляє на аналогово-цифровий перетворювач модуля 331-7KF01.

За допомогою написаної програми виробляється сигнал управління в залежності від тих значень сигналу, що надійшли до модуля 331-7KF01.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Технічні характеристики:

Тип блоку : Модуль розширення.

Аналогові входи: 8.

Тип аналогового входу: 0-20 mA, 0-10 V, -10...+10V, -20...+20 mA.

Напруга живлення: 24 VDC.

Ступінь захисту: IP 20.

Робоча температура: 0 - 60°C.

Ширина: 40 мм.

Висота: 125 мм.

Глибина: 130 мм.

Аналогові виходи:

Сигнал з виходу модуля 332-5HD01 подається на клемну колодку.

Модуль 332-5HD01 перетворює сигнал з цифрової форми в аналогову у вигляді струму від 4 до 20 mA. Цей сигнал йде на електропневматичні перетворювачі, де перетворюється в пневматичний, та управляє пневматичними клапанами.



					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Технічні характеристики:

Тип блоку : Модуль розширення.

Аналогові виходи: 4.

Тип аналогового виходу: 0-20 mA, 0-10 V, -10...+10 V, -20...+20 mA.

Напруга живлення: 24 VDC.

Ступінь захисту: IP 20.

Робоча температура: 0-60°C.

Ширина: 40 мм.

Висота: 125 мм.

Глибина: 130 мм.

3.2. Загальна схема підключення

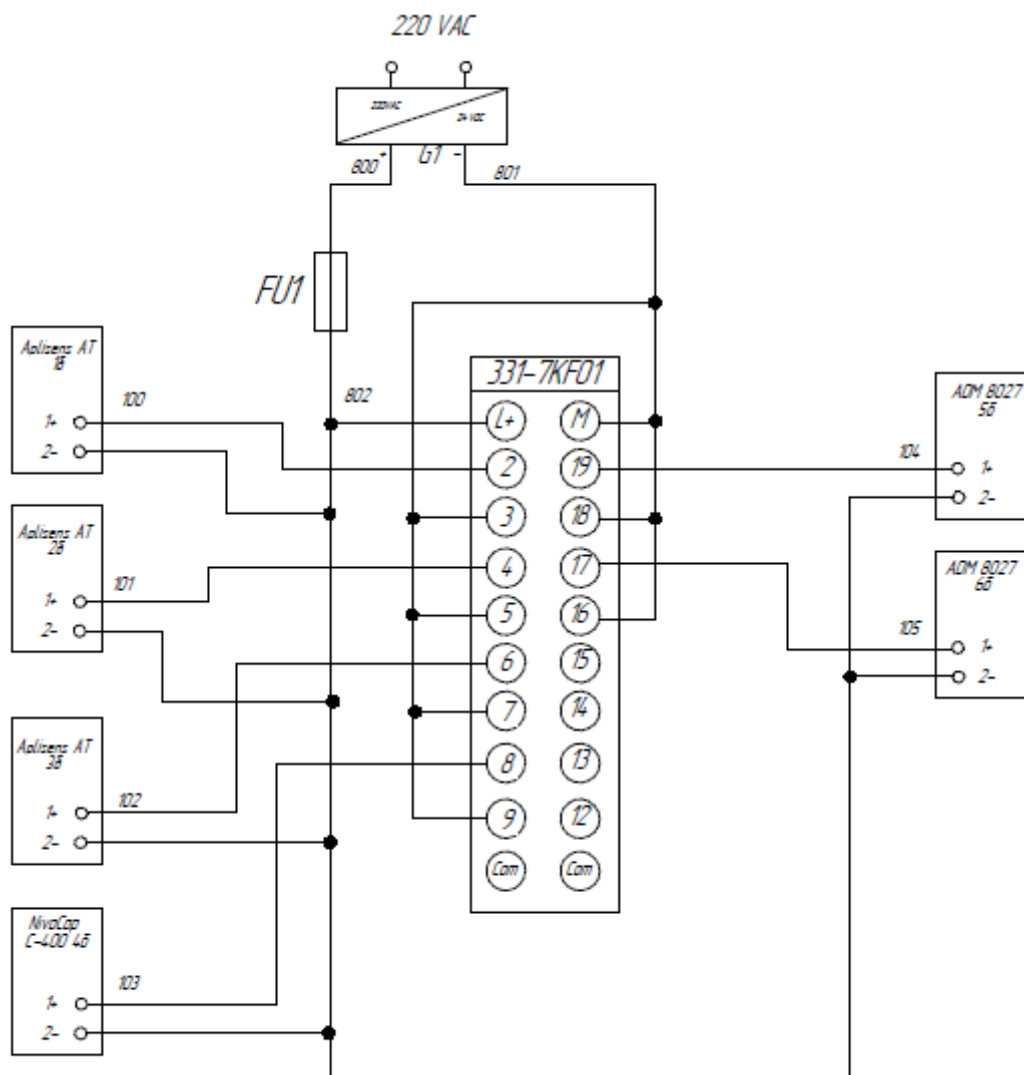


Рис.3.1. Підключення датчиків до модуля аналогових входів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

35

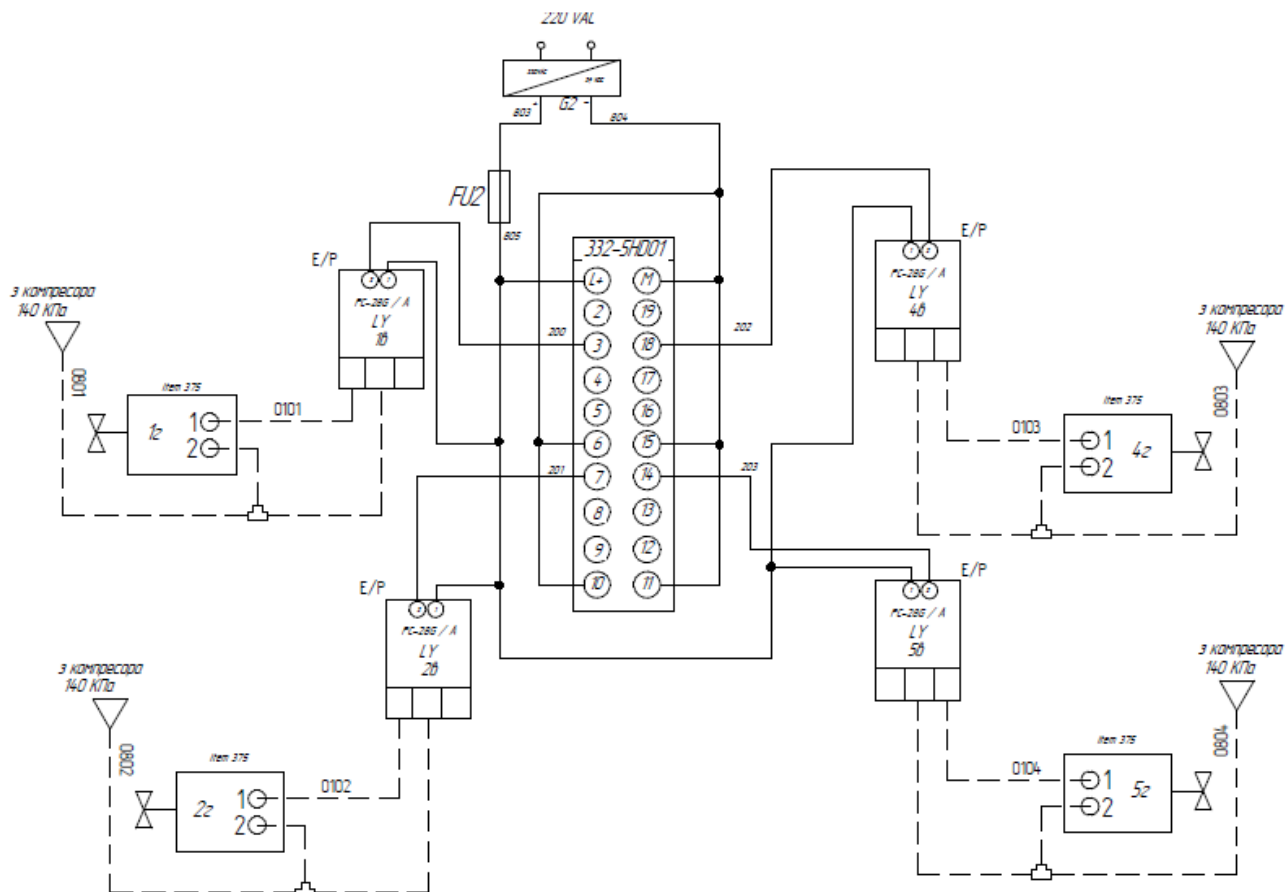


Рис.3.2. Підключення датчиків до першого модуля аналогових виходів

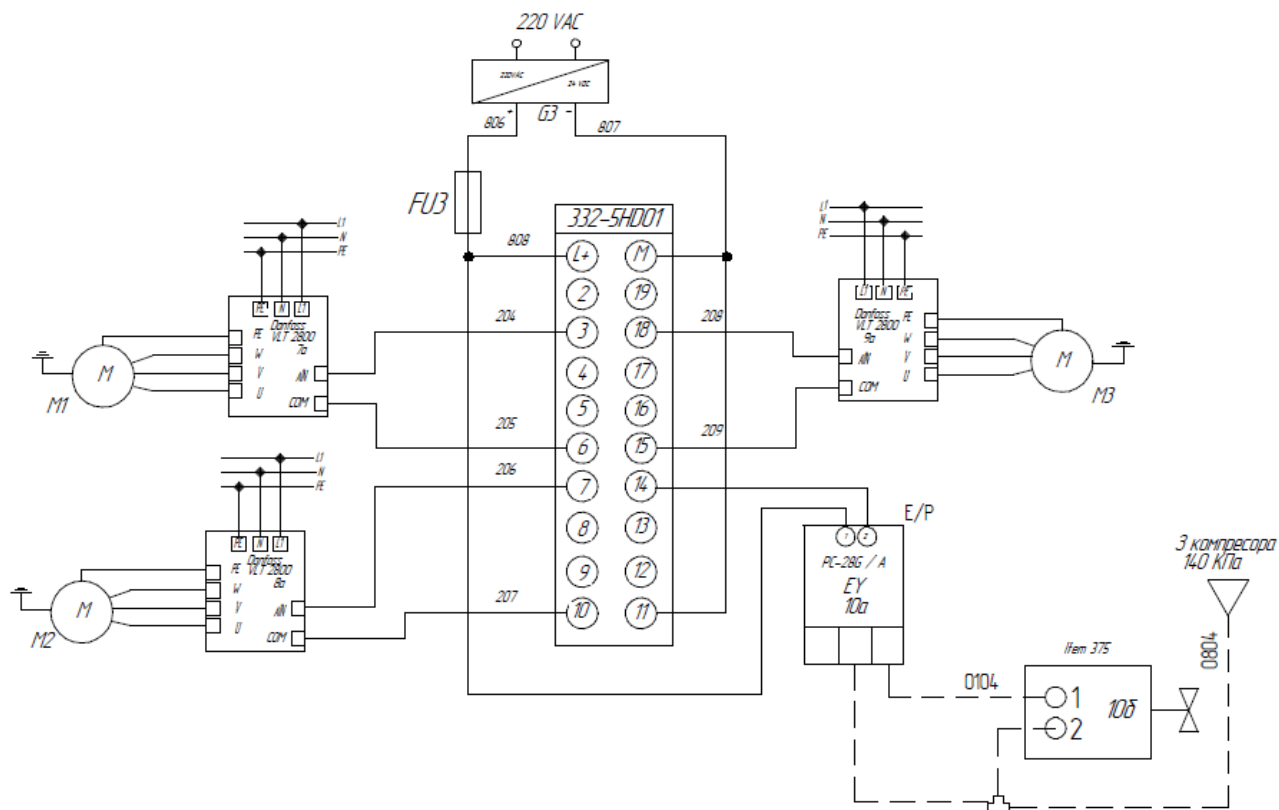


Рис.3.3. Підключення датчиків до другого модуля аналогових виходів

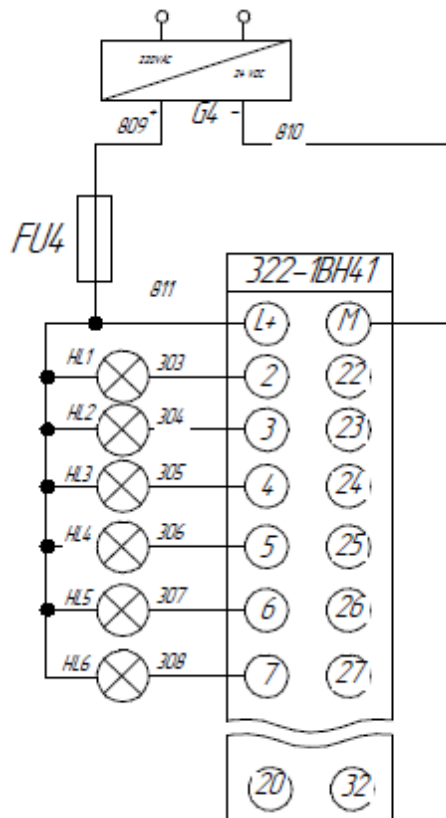


Рис.3.4. Підключення датчиків до модуля дискретних виходів

Вторинний перетворювач температури ТТ (16) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 331-7KF01 на 2 та 3 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 331-7KF01 від датчика температури, інформація передається в контролер 312-5BE13, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 332-5HD01. Де до нього на 3 та 6 клеми під'єднаний електропневматичний перетворювач (1в), який керує пневматичним клапаном (1г), що керує подачею теплоносія.

Вторинний перетворювач температури ТТ (26) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 331-7KF01 на 4 та 5 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 331-7KF01 від датчика температури, інформація передається в контролер 312-5BE13, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 332-5HD01. Де до нього на 7 та 10 клеми під'єднаний

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електропневматичний перетворювач (2в), який керує пневматичним клапаном (2г), що керує подачею холодоносія.

Вторинний перетворювач температури ТТ (3б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 331-7KF01 на 6 та 7 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 331-7KF01 від датчика температури, інформація передається в контролер 312-5BE13, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється та служить додатковою інформацією для функціонування системи автоматизація процесу пастеризації молока.

Датчик рівня LT (4б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 331-7KF01 на 8 та 9 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 331-7KF01 від датчика рівня, інформація передається в контролер 312-5BE13, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 332-5HD01. Де до нього на 15 та 18 клеми під'єднаний електропневматичний перетворювач (4в), який керує пневматичним клапаном (4г), що керує подачею молока у зрівняльний бак.

Датчик витрати FT (5б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 331-7KF01 на 18 та 19 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 331-7KF01 від датчика витрати, інформація передається в контролер 312-5BE13, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 332-5HD01. Де до нього на 11 та 14 клеми під'єднаний електропневматичний перетворювач (5в), який керує пневматичним клапаном (5г), що регулює кількість молока, яка подається у пастеризатор.

Датчик витрати FT (6б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 331-7KF01 на 16 та 17 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 331-7KF01 від датчика витрати, інформація передається в

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролер 312-5BE13, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється та служить додатковою інформацією для функціонування системи автоматизація процесу пастеризації молока.

Частотний перетворювач (7а) підключений до другого модуля аналогових виходів 331-7KF01 на 3 та 4 клеми, звідки надходить керуючий вихідний сигнал та керує двигуном насосу М1.

Частотний перетворювач (8а) підключений до другого модуля аналогових виходів 331-7KF01 на 7 та 10 клеми, звідки надходить керуючий вихідний сигнал та керує двигуном насосу М2.

Частотний перетворювач (9а) підключений до другого модуля аналогових виходів 331-7KF01 на 15 та 18 клеми, звідки надходить керуючий вихідний сигнал та керує двигуном насосу М3.

Трьох-ходовий клапан (10а) підключений до другого модуля аналогових виходів 322-1ВН41 на 11 та 14 клеми. Та після команди відправляє молоко на повторну пастеризацію у разі необхідності.

3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

Розширений контур контролю та регулювання температури:

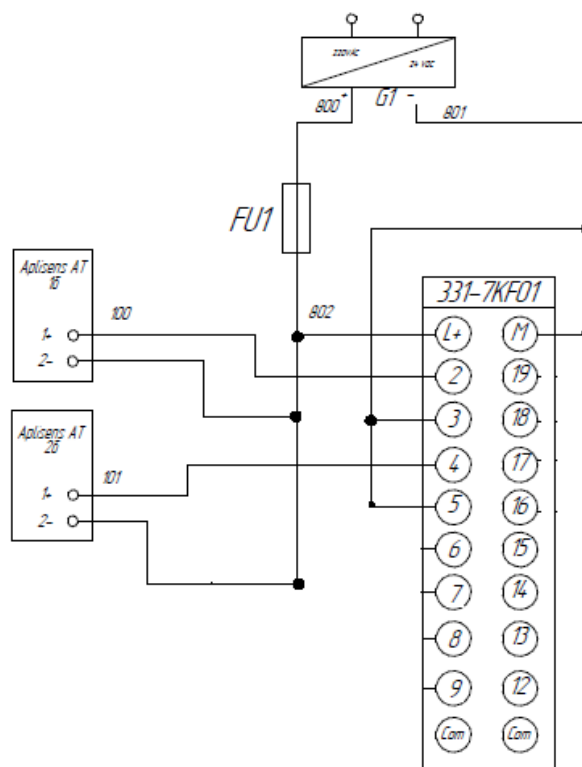


Рис.3.5. Підключення датчиків температури до модуля аналогових входів

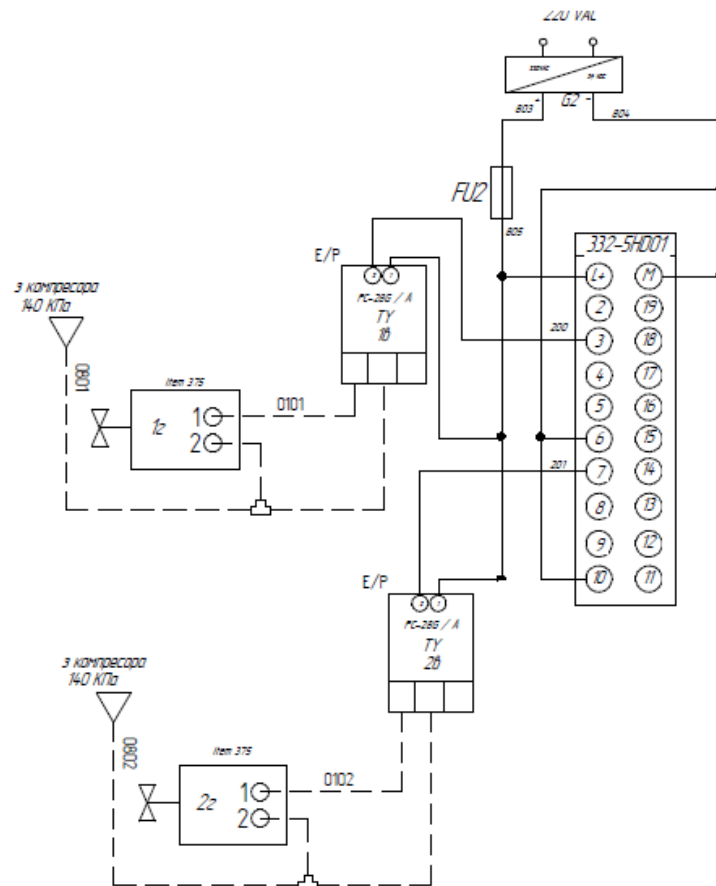


Рис.3.6. Підключення електронне pneumatичних перетворювачів до модуля аналогових виходів

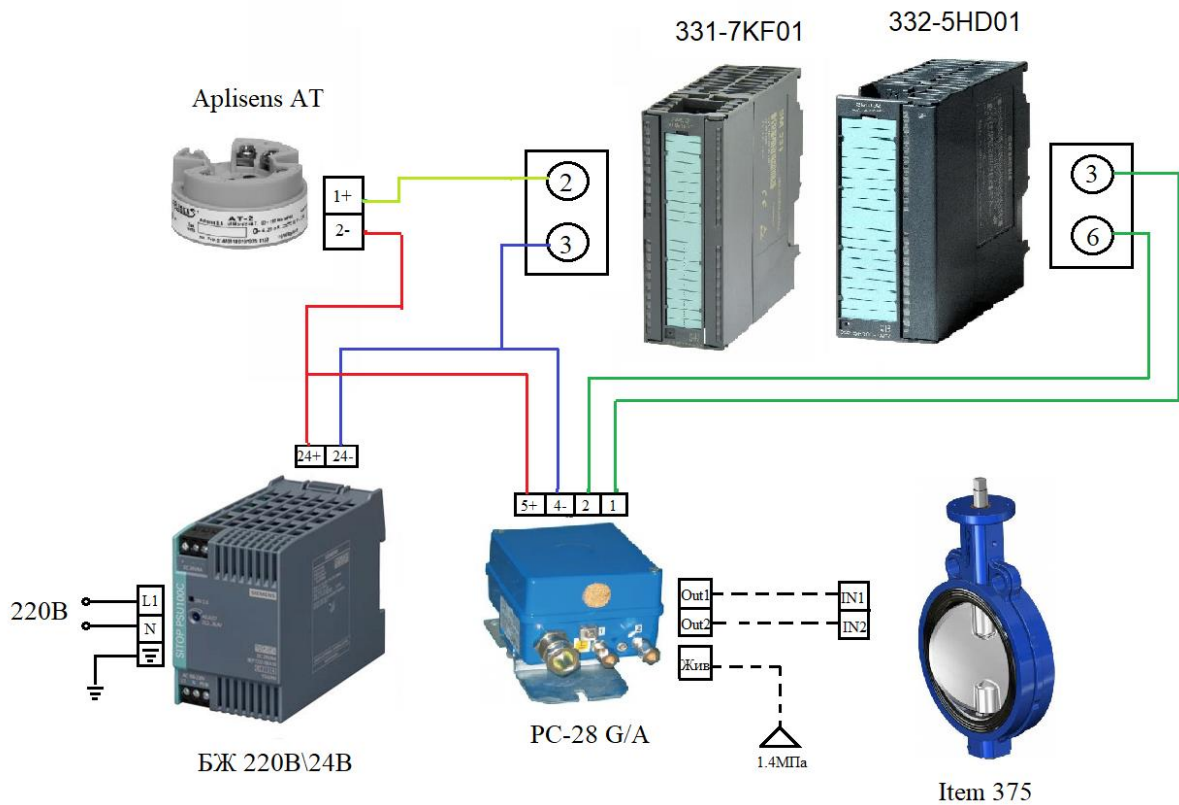


Рис.3.7. Графічне зображення підключення засобів автоматизації контуру контролю та регулювання температури

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Опис схеми з'єднання:

Вторинний перетворювач температури ТТ (1б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 331-7KF01 на 2 та 3 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 331-7KF01 від датчика температури, інформація передається в контролер 312-5BE13, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 332-5HD01. Де до нього на 3 та 6 клеми під'єднаний електропневматичний перетворювач (1в), який керує пневматичним клапаном (1г), що керує подачею теплоносія.

Вторинний перетворювач температури ТТ (2б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 331-7KF01 на 4 та 5 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 331-7KF01 від датчика температури, інформація передається в контролер 312-5BE13, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 332-5HD01. Де до нього на 7 та 10 клеми під'єднаний електропневматичний перетворювач (2в), який керує пневматичним клапаном (2г), що керує подачею холодоносія.

Розширений контур контролю та регулювання рівня:

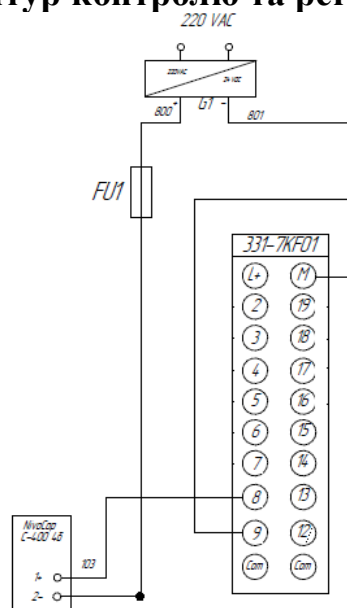


Рис.3.8. Підключення датчику рівня до модуля аналогових входів

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

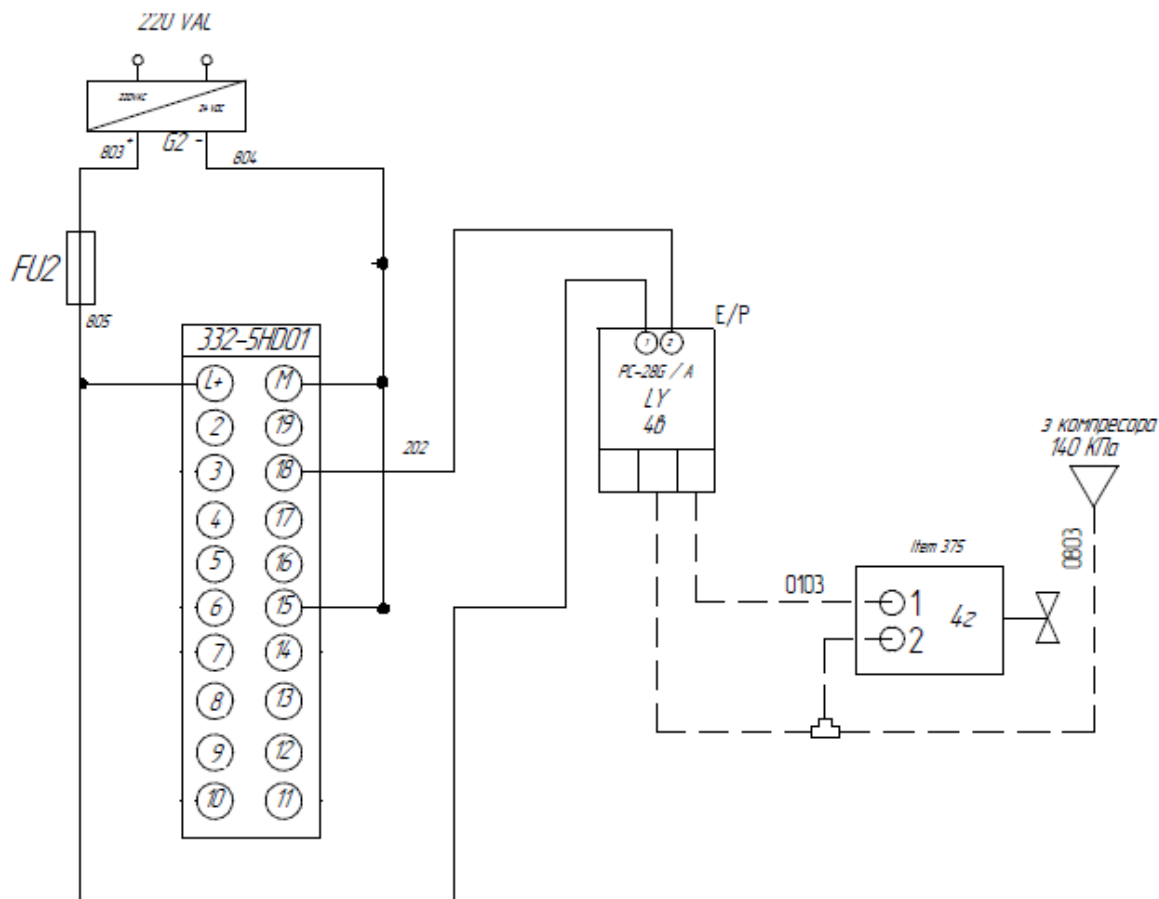


Рис.3.9. Підключення електронпневматичних перетворювачів до модуля аналогових виходів

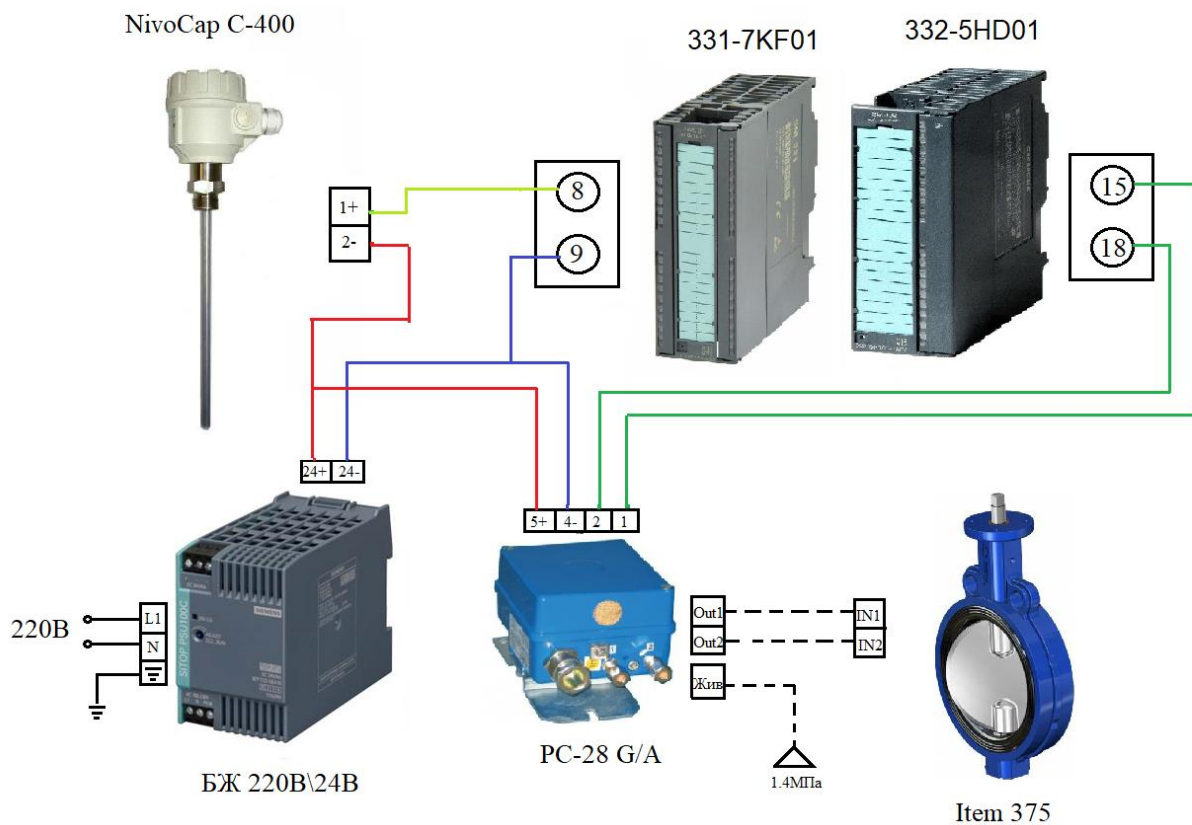


Рис.3.10. Графічне зображення підключення засобів автоматизації контуру контролю та регулювання рівня

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

Опис схеми з'єднання:

Датчик рівня LT (4б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 331-7KF01 на 8 та 9 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 331-7KF01 від датчика рівня, інформація передається в контролер 312-5BE13, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 332-5HD01. Де до нього на 15 та 18 клеми під'єднаний електропневматичний перетворювач (4в), який керує пневматичним клапаном (4г), що керує подачею молока у зрівняльний бачок.

Розширений контур контролю та регулювання витрати:

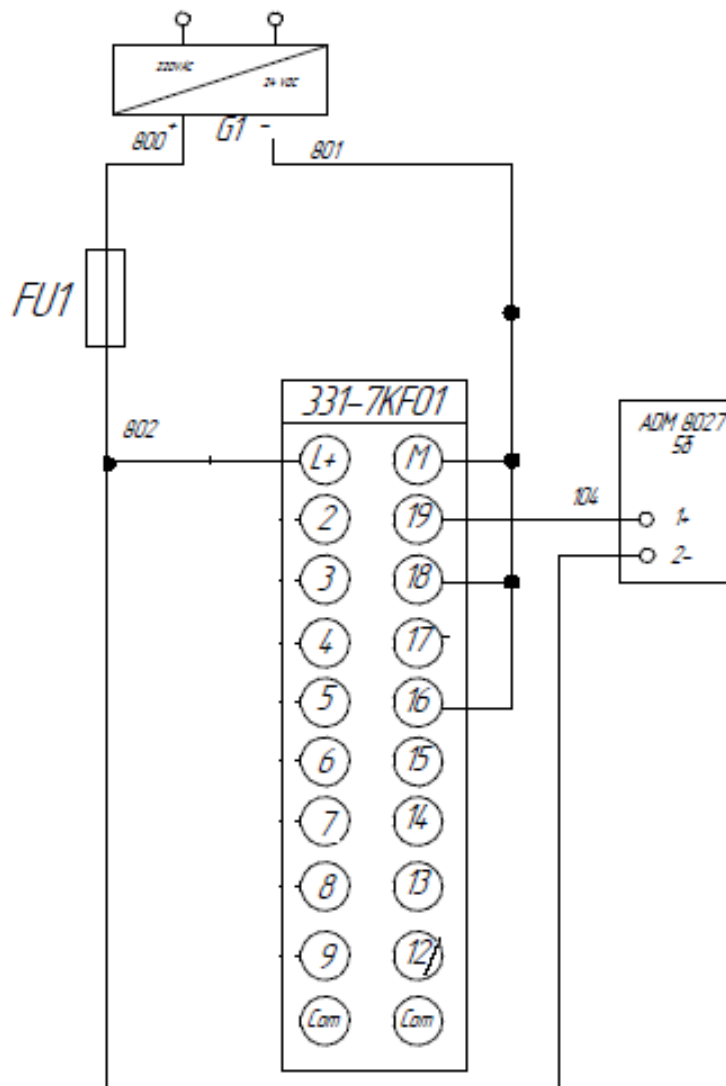


Рис.3.12. Підключення датчика витрати до модуля аналогових входів

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

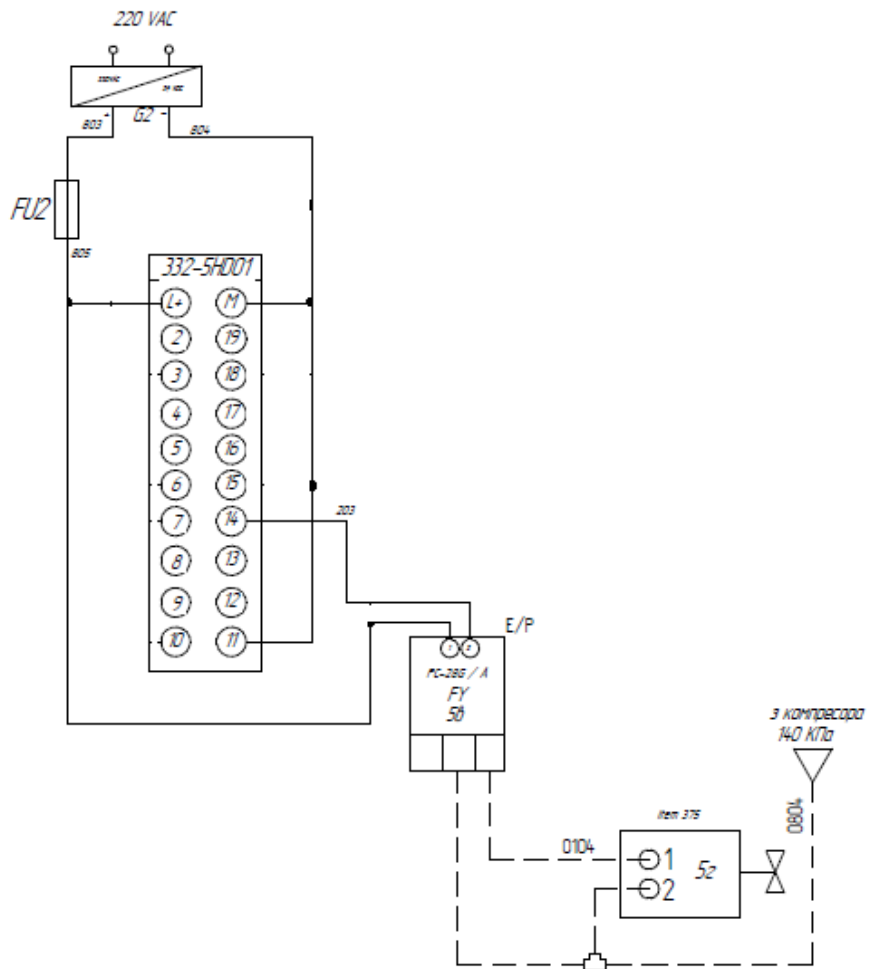


Рис.3.12. Підключення електропневматичних перетворювачів до модуля аналогових виходів

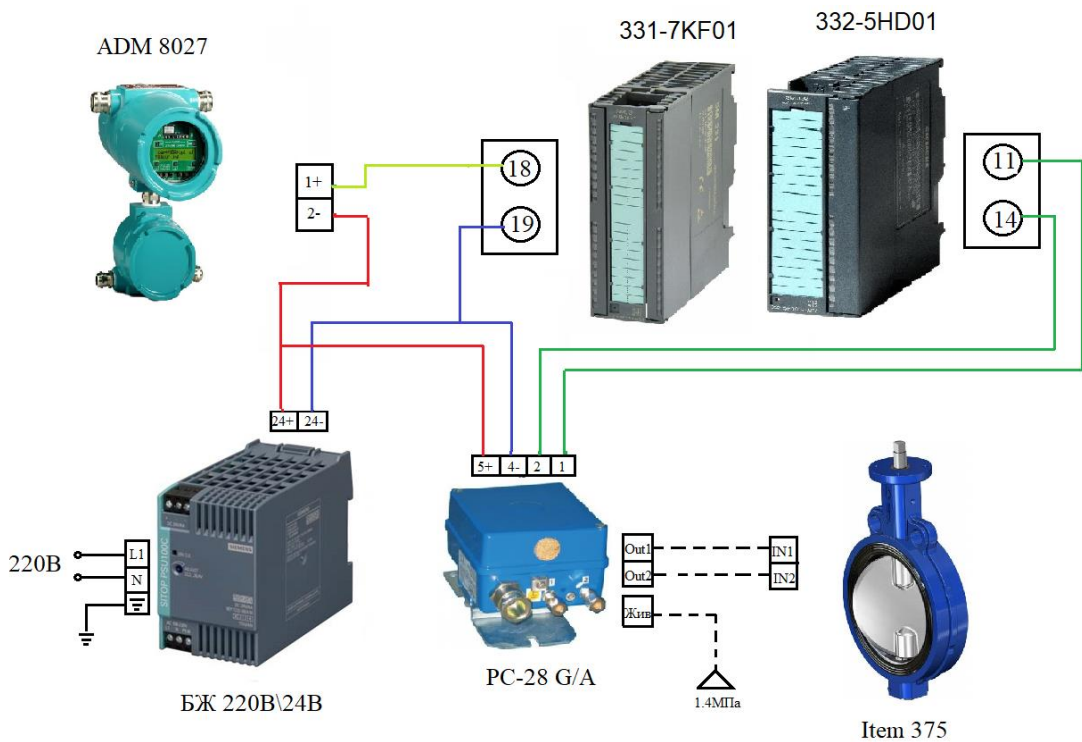


Рис.3.13. Графічне зображення підключення засобів автоматизації контуру контролю та регулювання витрати

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

Опис схеми з'єднання:

Датчик витрати FT (5б) під'єднаний до першого модуля аналогових входів 331-7KF01 на 18 та 19 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля 331-7KF01 від датчика витрати, інформація передається в контролер 312-5BE13, де в залежності від отриманої інформації та написаної програми, опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на перший модуль аналогових виходів 332-5HD01. Де до нього на 11 та 14 клеми під'єднаний електропневматичний перетворювач (5в), який керує пневматичним клапаном (5г), що регулює кількість молока, що подається у пастеризатор.

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

Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів

(Ємнісний рівнемір NivoCAP C-400)

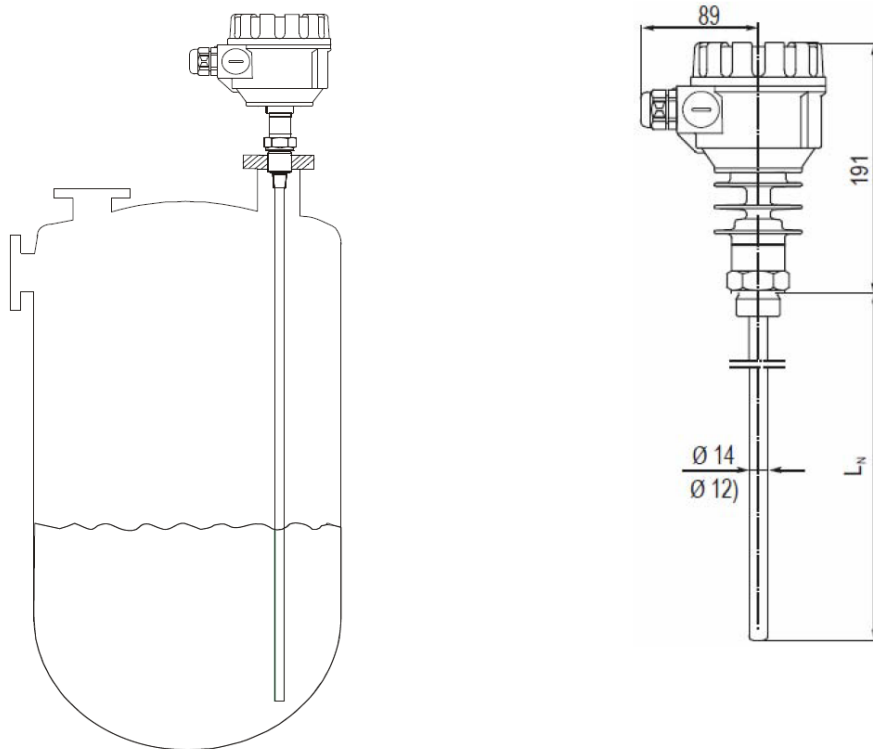


Рис.4.1. Габаритні розміри датчика рівня NivoCAP C-400 та приклад його монтажу

Зонд повинен бути встановлений вертикально і при вимірюванні не проводять продуктів встановлено відповідний зонд або коаксіальна труба. Установку приладу і зонда виробляти в відповідне отвір для гвинта, і для затягування використовувати ключ з розміром по ключ S=41 або S=55 відповідно.

Рекомендується зафіксувати кінець кабельного зонда. Це можливо зробити використавши кабельну петлю або висвердлений отвір у дні ємності або використавши на кінці зонда більшу вагу.

Активний зонд і у відповідь пасивний зонд повинні бути встановлені паралельно відносно один одного.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дехтярьова Д.А.			Розробка системи автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.					46	
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ АК-4-2		
Зав. кафедри		Ельперін І.В.						

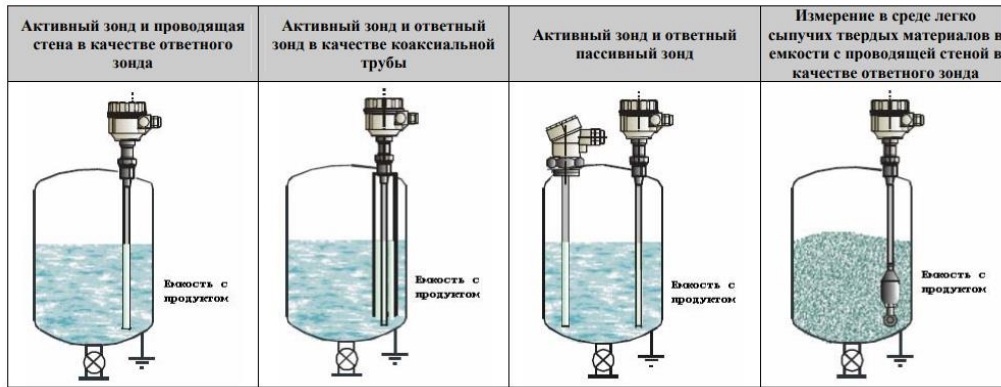


Рис.4.2. пример монтажу датчика уровня NivoCAP C-400

Програмування приладу:

Цей пристрій не вимірює рівень безпосередньо, основним елементом є програмування (навчання) приладу в 2-х точках рівнях, завдяки яким прилад в прилад запишуться реальні умови його застосування (форма ємності, міра вимірювання, і т.д.). Задані в таблиці технічних характеристик точність досягається вимірами 2-х точок рівня якомога ближчим до верхнього і нижнього кінця (як кабельного так і штирьового) зонда. У приладі без модуля відображення рівень буде пропорційний вихідному струму, в той час як функція швидкого налаштування уможливило відображення на екрані тільки у відсотках. Якщо будуть виміряні рівень та обсяг у відсотках ($a \neq 0$ в P01), то і виміряне значення має бути відображено в інженерних одиницях: висоті (наприклад, м) або обсязі (наприклад, м³) дві пари даних в лінеаризованій таблиці (0% відповідає мінімальному рівню в той час як 100% відповідає максимальному рівню). Звичайно функція лінеаризації повинна бути включена.

Не тільки мінімальний (0%) і максимальний (100%) рівень може бути призначений пропорційно значенням 4 і 20 мА відповідно. У багатьох випадках технологія на виробництві не дозволяє повністю спустошити або заповнити ємність тоді настройку приладу можна здійснити на проміжні значення (наприклад на 15% і 80%), але для підвищення точності вимірювання зробіть калібрування приладу на мінімальний і максимальний рівень в ємності як тільки це стане можливим. Прилад також може бути запрограмований на зворотні свідчення (4 мА повна і 20 мА порожня ємність).[10]

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

Програмування з модулем відображення SAP-202:

- Швидке налаштування приладу - чотири параметри які можуть бути запрограмовані. Програмування основних параметрів буде відображено на екрані модуля. Відображення вимірених значень рівня може бути тільки у відсотках.

- Налаштування всіх параметрів приладу - всі параметри приладу можуть бути змінені такі як (конфігурація вимірювання, вихідний сигнал, оптимізація вимірювання, 11 запрограмованих форм ємностей для визначення обсягу продукту, 32 точкова лінеаризація.

- Відображення вимірених значень в інженерних одиницях - під час програмування прилад буде продовжувати вимірювання з попередніми значеннями. Вимірювання з новими, модифікованими параметрами стане можливо тільки після повернення в меню "MeasurementMode". Якщо прилад буде помилково переведений в режим програмування, то після 30 хвилин він автоматично повернеться в режим вимірювання з останніми успішно збереженими параметрами.

Установка значень за замовчуванням:

Струмовий вихід і барографи пропорційні (ємкісному) рівню у відсотках. 4 мА і 0% відповідає 0% значенням ємності (низький рівень). 20 мА і 100% відповідає 100% значенням ємності (вищий рівень). Струмовий вихід для значення помилки 22 мА. Час затримки спрацьовування приладу 10с.

Програмування приладу без модуля відображення:

Прилад повністю працездатний без модуля відображення і програмування. Основні параметри такі як відповідність 4 і 20 мА мінімального і максимального рівня, індикація помилки вихідним струмом і час затримки спрацьовування приладу можуть бути запрограмовані.

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

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

У кваліфікаційній роботі програма для функціонування системи автоматизації була розроблена за допомогою програмного середовища SIMATIC STEP 7 Professional V13 (TIAPortal V13) від фірми Siemens.

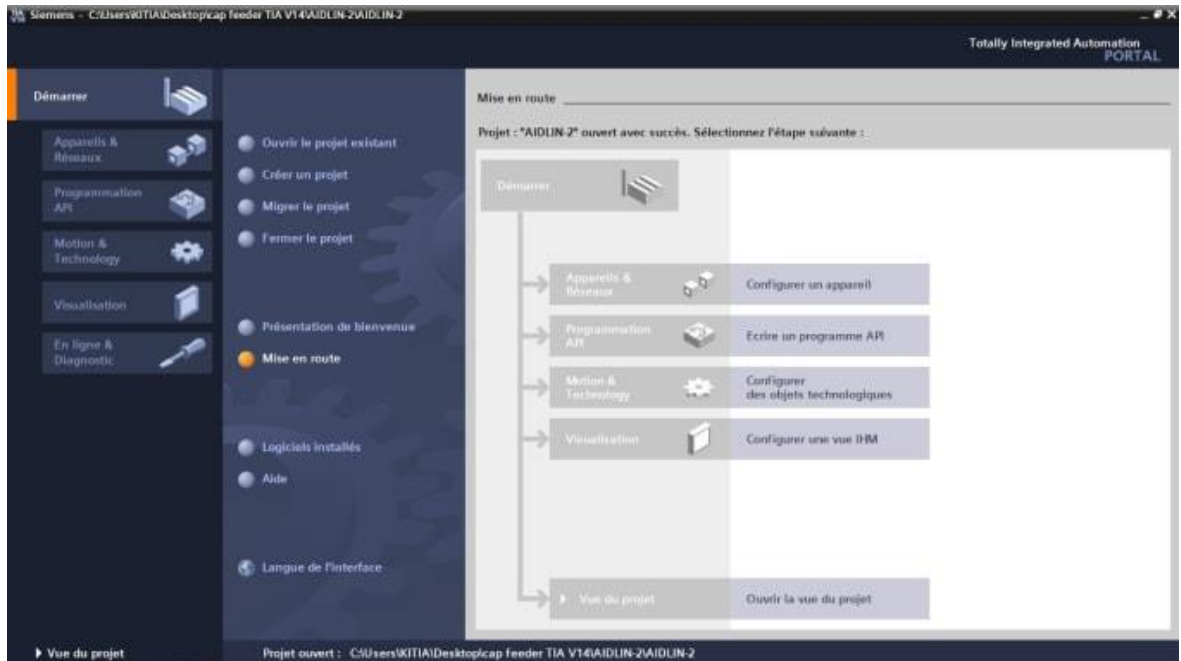


Рис.5.1.Зовнішній вигляд меню створення нового проекту у середовищі TIAPortal

SIMATICSTEP 7 ProfessionalV13 - це система проектування для програмованих контролерів SIMATIC серій S7-1200, S7-300, S7-400, WinAC, VIPA, та забезпечує оптимальну підтримку нових програмованих контролерів серії SIMATICS7-1500.

STEP 7 V13 базується на функціональних можливостях єдиної робочої середовища проектування TotallyIntegratedAutomationPortal (TIAPortal), яка дозволяє виконувати однорідну, ефективну і інтуїтивно зрозумілу розробку рішень для всіх завдань автоматизації.[11]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дехтярьова Д.А.			Розробка системи автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу	Лім.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.					49	
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ АК-4-2		
Зав. кафедри		Ельперін І.В.						

Галузь застосування:

SIMATICSTEP 7 ProfessionalV13 є інтегрованою системою проектування для програмованих контролерів VIPA, SIMATICS7-1200, S7-300, S7-400, S7-1500 і WinAC, а також для інтелектуальних станцій SIMATICET 200. Робота з пакетом відрізняється простотою і зручністю. У комплект поставки STEP 7 Professional V12 входить програмне забезпечення PLCSIM для імітації роботи центральних процесорів S7-1500, а також програмне забезпечення WinCCBasic для конфігурації панелей операторів SIMATIC BasicPanel.

STEP 7 V13 забезпечує підтримку всіх фаз розробки проектів автоматизації:

- конфігурація та налаштування параметрів апаратури;
- конфігурація систем промислового зв'язку;
- конфігурація приладів людино-машинного інтерфейсу і систем візуалізації;
- тестування, виконання пуско-налагоджувальних робіт та обслуговування готової системи автоматизації.

Функції:

- чудова інтеграція нових контролерів SIMATIC S7-1500;

- безліч нововведень, використовуваних в програмованих контролерах S7-1500, встановлює нові стандарти продуктивності систем автоматизації. Ідеальна інтеграція в STEP 7 Professional V13 забезпечує отримання максимальної ефективності при виконанні проектних робіт. Подальше розширення функціональних можливостей забезпечує використання PROFINET в якості стандартного інтерфейсу всіх центральних процесорів.

- ефективно проектування з використанням потужних редакторів програм STEP 7 V13 підтримує роботу потужних редакторів програм контролерів S7, оснащених оптимізованими компіляторами.

Захист доступу:

Парольний захист від несанкціонованого читання і зміни вмісту програмних блоків.

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

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

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

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

Міграція проектів:

Інструментальні засоби міграції пакета STEP 7 Professional V13 підтримують міграцію проектів програмованих контролерів S7-300/S7-400 в проекти S7-1500 з автоматичним перетворенням програмного коду. Частина програм, які не можуть бути конвертовані автоматично, реєструються і піддаються ручній обробці. У режимі сумісності проекти STEP 7 V12 SP1 можуть використовуватися і в середовищі STEP 7 V13.

Особливості:

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

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- Підтримка функцій міграції для існуючих програмних і апаратних продуктів.
- Сумісність з іншими продуктами SIMATIC та VIPA.

Для процесу пастеризації молока був розроблений алгоритм роботи програми для контурів контролю та регулювання температури, витрати і рівня.

Алгоритм програми:

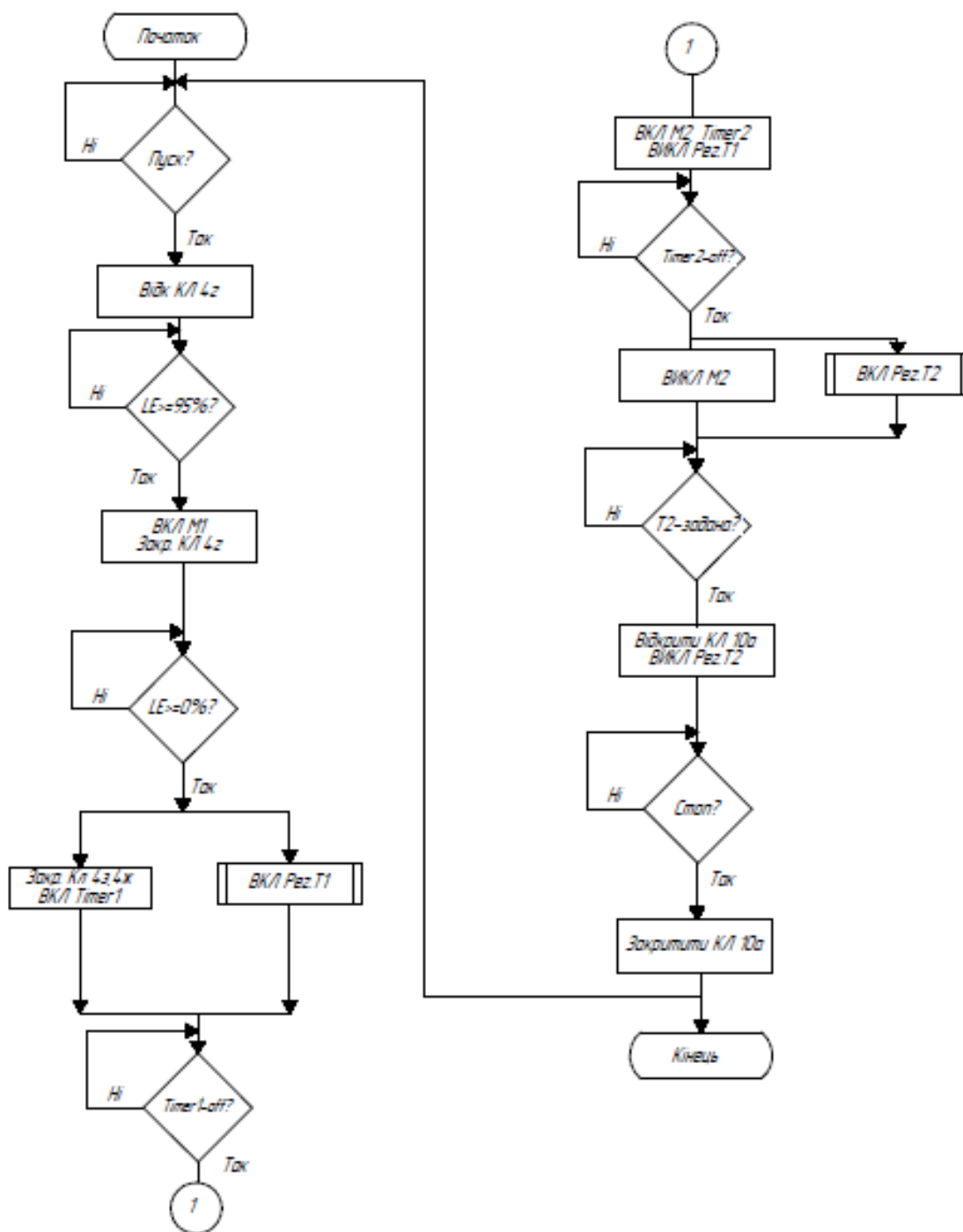


Рис. 5.2. Алгоритм програми для контурів контролю та регулювання температури, витрати і рівня

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

За розробленим алгоритмом була виконана програма у середовищі ПІАPortal з використанням мов програмування ST (StructuredText) та FBD (FunctionBlockDiagram)

<pre> 1 IF "Pusk" THEN 2 "Kl4g" := 10000; 3 "St0" := TRUE; 4 END_IF; 5 IF "St0" AND "LE">=10000 THEN 6 "St0" := FALSE; 7 "St1" := TRUE; 8 "Kl4g" := 0; 9 "Dvygun1" := 3000; 10 END_IF; 11 IF "St1" AND "LE"<=0 THEN 12 "Dvygun1" := 0; 13 "St1" := FALSE; 14 "St2" := TRUE; 15 "Timer_1".TON(IN:="St2", 16 PT:=t#1000s); 17 END_IF; 18 IF "Timer_1".Q AND "St2" THEN 19 "Dvygun2" := 3000; 20 "St2" := FALSE; 21 "St3" := TRUE; 22 "Timer_2".TON(IN:="St3", 23 PT:=t#1000s); 24 END_IF; 25 IF "Timer_2".Q AND "St3" THEN 26 "St3" := FALSE; 27 "St4" := TRUE; 28 "Dvygun2" := 0; 29 END_IF; 30 IF "TE2">="TE2_zd" AND "St4" THEN 31 "St4" := FALSE; 32 "St5" := TRUE; 33 "KL10a" := 10000; 34 END_IF; 35 IF "Stop" AND "St5" THEN 36 "St5" := FALSE; 37 "KL10a" := 0; 38 END_IF; </pre>	<table border="1"> <tr><td>"Pusk"</td><td>%M0.0</td></tr> <tr><td>"Kl4g"</td><td>%MD32</td></tr> <tr><td>"St0"</td><td>%M0.2</td></tr> <tr><td>"St0"</td><td>%M0.2</td></tr> <tr><td>"St0"</td><td>%M0.2</td></tr> <tr><td>"St1"</td><td>%M0.3</td></tr> <tr><td>"Kl4g"</td><td>%MD32</td></tr> <tr><td>"Dvygun1"</td><td>%MD2</td></tr> <tr><td>"St1"</td><td>%M0.3</td></tr> <tr><td>"Dvygun1"</td><td>%MD2</td></tr> <tr><td>"St1"</td><td>%M0.3</td></tr> <tr><td>"St2"</td><td>%M0.4</td></tr> <tr><td>"Timer_1"</td><td>%DB1</td></tr> <tr><td>"Timer_1"</td><td>%DB1</td></tr> <tr><td>"Dvygun2"</td><td>%MD40</td></tr> <tr><td>"St2"</td><td>%M0.4</td></tr> <tr><td>"St3"</td><td>%M0.5</td></tr> <tr><td>"Timer_2"</td><td>%DB2</td></tr> <tr><td>"Timer_2"</td><td>%DB2</td></tr> <tr><td>"St3"</td><td>%M0.5</td></tr> <tr><td>"St4"</td><td>%M0.6</td></tr> <tr><td>"Dvygun2"</td><td>%MD40</td></tr> <tr><td>"TE2"</td><td>%MD12</td></tr> <tr><td>"St4"</td><td>%M0.6</td></tr> <tr><td>"St5"</td><td>%M0.7</td></tr> <tr><td>"KL10a"</td><td>%MD36</td></tr> <tr><td>"Stop"</td><td>%M0.1</td></tr> <tr><td>"St5"</td><td>%M0.7</td></tr> <tr><td>"KL10a"</td><td>%MD36</td></tr> </table>	"Pusk"	%M0.0	"Kl4g"	%MD32	"St0"	%M0.2	"St0"	%M0.2	"St0"	%M0.2	"St1"	%M0.3	"Kl4g"	%MD32	"Dvygun1"	%MD2	"St1"	%M0.3	"Dvygun1"	%MD2	"St1"	%M0.3	"St2"	%M0.4	"Timer_1"	%DB1	"Timer_1"	%DB1	"Dvygun2"	%MD40	"St2"	%M0.4	"St3"	%M0.5	"Timer_2"	%DB2	"Timer_2"	%DB2	"St3"	%M0.5	"St4"	%M0.6	"Dvygun2"	%MD40	"TE2"	%MD12	"St4"	%M0.6	"St5"	%M0.7	"KL10a"	%MD36	"Stop"	%M0.1	"St5"	%M0.7	"KL10a"	%MD36
"Pusk"	%M0.0																																																										
"Kl4g"	%MD32																																																										
"St0"	%M0.2																																																										
"St0"	%M0.2																																																										
"St0"	%M0.2																																																										
"St1"	%M0.3																																																										
"Kl4g"	%MD32																																																										
"Dvygun1"	%MD2																																																										
"St1"	%M0.3																																																										
"Dvygun1"	%MD2																																																										
"St1"	%M0.3																																																										
"St2"	%M0.4																																																										
"Timer_1"	%DB1																																																										
"Timer_1"	%DB1																																																										
"Dvygun2"	%MD40																																																										
"St2"	%M0.4																																																										
"St3"	%M0.5																																																										
"Timer_2"	%DB2																																																										
"Timer_2"	%DB2																																																										
"St3"	%M0.5																																																										
"St4"	%M0.6																																																										
"Dvygun2"	%MD40																																																										
"TE2"	%MD12																																																										
"St4"	%M0.6																																																										
"St5"	%M0.7																																																										
"KL10a"	%MD36																																																										
"Stop"	%M0.1																																																										
"St5"	%M0.7																																																										
"KL10a"	%MD36																																																										

Рис.5.3. Текст програми на мові ST

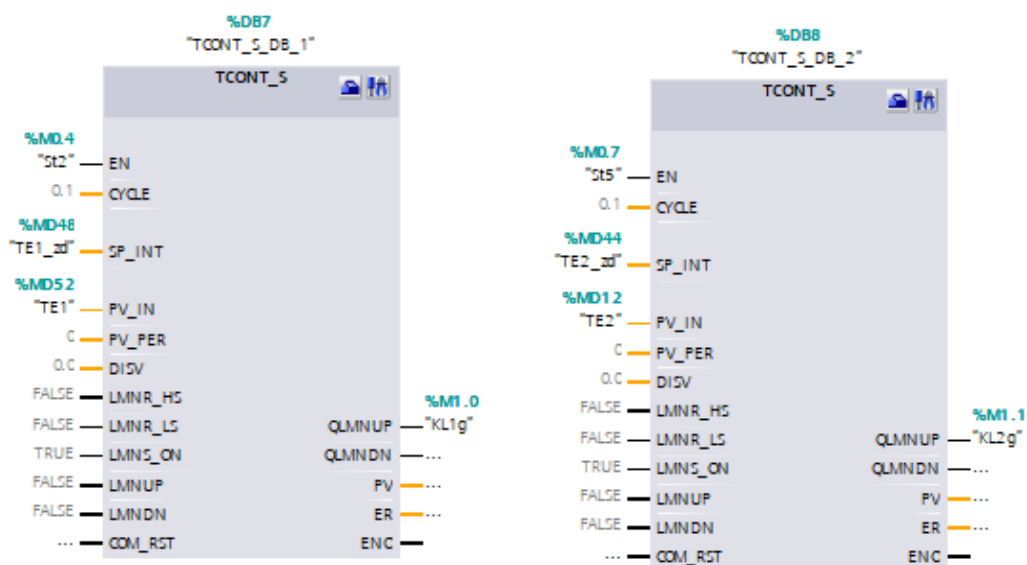


Рис.5.4. Блоки регуляторів температури на мові FBD

PLC tags							
	Name	Data type	Address	Ret...	Visibl...	Acces...	Comment
1	Pusk	Bool	%M0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Кнопка Пуск
2	Stop	Bool	%M0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Кнопка Стоп
3	St0	Bool	%M0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Внутрішня змінна
4	St1	Bool	%M0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Внутрішня змінна
5	St2	Bool	%M0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Внутрішня змінна
6	St3	Bool	%M0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Внутрішня змінна
7	St4	Bool	%M0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Внутрішня змінна
8	St5	Bool	%M0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Внутрішня змінна
9	Kl4g	Real	%MD32		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Клапан 4г
10	KL10a	Real	%MD36		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Клапан 10а
11	LE	Real	%MD28		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Рівень-шкальоване значення
12	TE2	Real	%MD12		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Температура 2 - шкальоване значення
13	TE2_zd	Real	%MD44		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Температура 2 - задане значення
14	Dvygun1	Real	%MD2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Двигун 1
15	Dvygun2	Real	%MD40		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Двигун 2
16	LE_PV	Int	%MW16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Рівень - не шкальоване значення
17	Kl4g_PV	Int	%MW18		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Клапан 4г - не шкальоване значення
18	KL10a_PV	Int	%MW20		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Клапан 10а - не шкальоване значення
19	M1_PV	Int	%MW22		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Двигун 1 - не шкальоване значення
20	M2_PV	Int	%MW24		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Двигун 2 - не шкальоване значення
21	T2_PV	Int	%MW26		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Температура 2 - не шкальоване значення
22	TE1_zd	Real	%MD48		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Температура 1 задане значення
23	KL1g	Bool	%M1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Клапан 1г
24	KL2g	Bool	%M1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Клапан 2г
25	TE1	Real	%MD52		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Температура 1 - шкальоване значення

Рис.5.5. Змінні, що використовуються у програмі

Для зручності використання змінних у програмі було проведено їх шкалювання з діапазону 0..32767 (4-20мА у програмних середовищах від фірми Siemens), до 0..10000 для клапанів та 0..3000 для двигунів. Нешкальовані змінні подаються на вхід IN блоку SCALE, шкальоване значення записується у змінну на виході OUT.

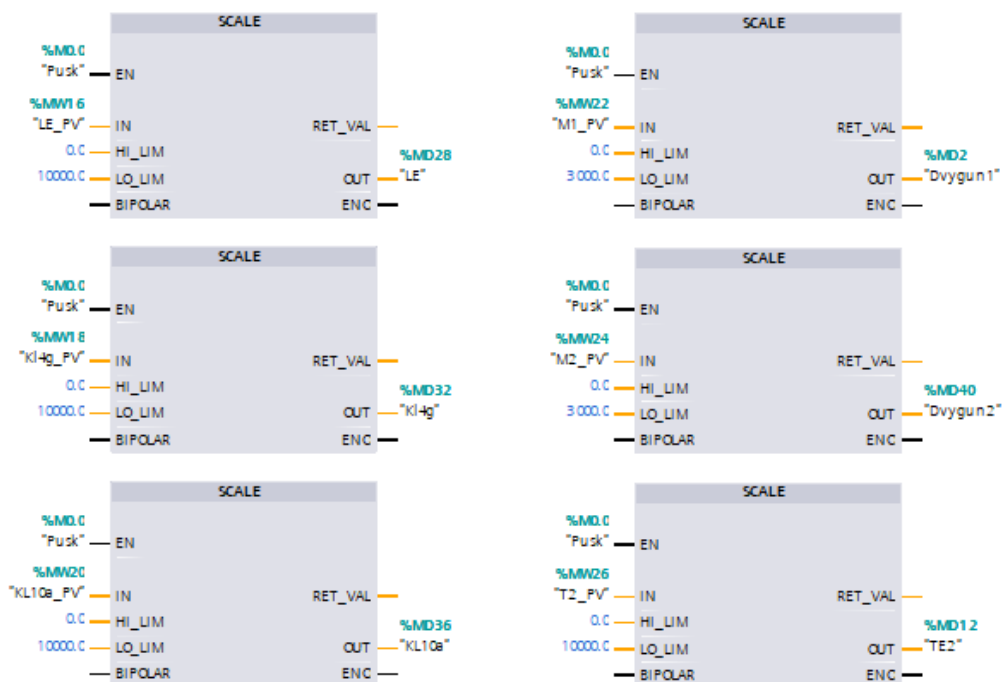
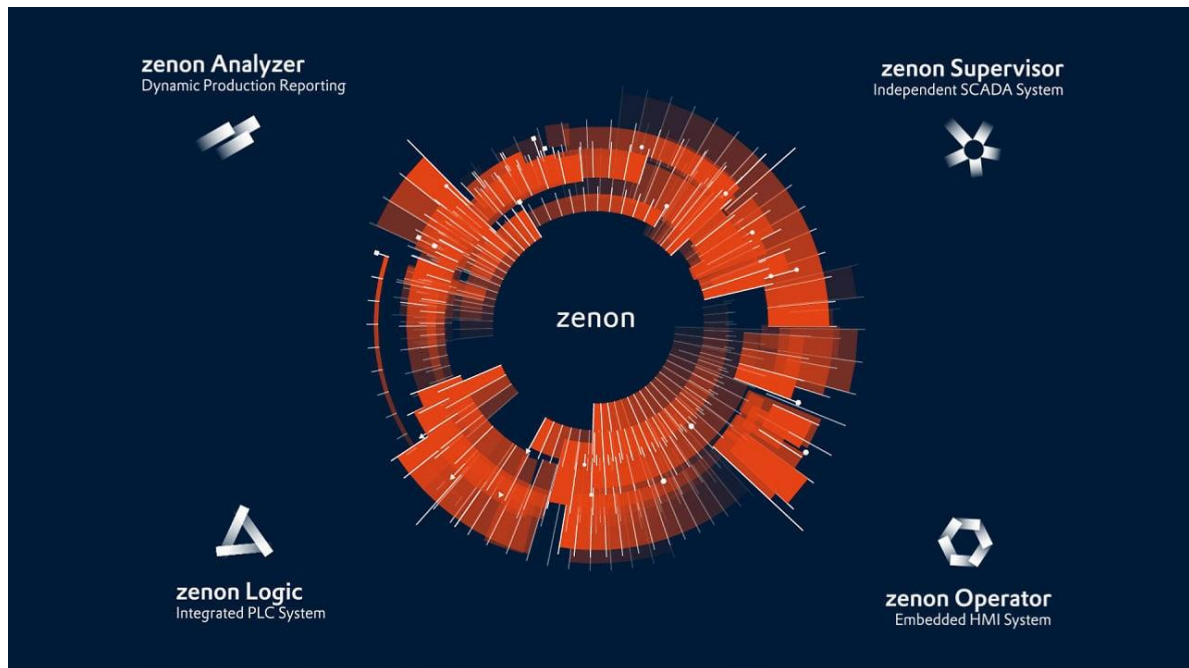


Рис.5.6. Блоки шкалювання змінних на мові FBD

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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



Zenon - це програмне забезпечення для візуалізації, диспетчерського управління, збору і аналізу даних SCADA-система Zenon є основним продуктом австрійської компанії COPA-DATA GmbH. Розроблена в середині 80-х років, вона була першим комплексним рішенням графічної візуалізації для Windows-систем. Завдяки постійній модернізації, вдосконалення та впровадження новітніх технологій Zenon займає лідируючі позиції на ринку HMI / SCADA-систем. Zenon повністю вирішує всі можливі завдання, які ставляться перед HMI / SCADA-системами. Дозволяє здійснювати зручне і наочне управління, чітка взаємодія всіх інженерних комплексів, автоматичну адаптацію, інтелектуалізацію режимів роботи підсистем. Базується на стандартній Відкритий технологіях і пропонує величезний набір простих у використанні графічних функцій для побудови систем візуалізації.[12]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дехтярьова Д.А.			Розробка системи автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.					55	
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ АК-4-2		
Зав. кафедри		Ельперін І.В.						

Переваги Zenon:

- висока надійність;
- велика гнучкість;
- можливість децентралізованої розробки;
- високу швидкодію;
- ефективність і масштабованість;
- використовується в сфері автоматизації наступних галузей:
 - промислове виробництво;
 - енергетика;
 - транспорт;
 - нафтогазовий комплекс;
 - споруди.

Автоматичне проектування:

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

Відкрита архітектура:

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

Широкі комунікаційні можливості:

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

Розробка розрахована на багато користувачів:

Система дозволяє здійснювати розподілену розробку, завдяки чому не існує жорсткої прив'язки до одного робочого місця. Проектувальники, що створюють проект, можуть розподілити між собою обсяг робіт і займатися

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конкретно своєю частиною проекту. Це дозволяє значно прискорити час розробки.

Гнучкість:

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

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

Таблиця 6.1. Аналогові входи

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Температура в зоні пастеризації	TE 1a	%MD52
Температура в зоні охолодження	TE 2a	%MD12
Температура в зоні рекуперації	TE 3a	%MD50
Рівень в зрівнювальному баці	LE4a	%MD28
Витрата молока на вході у пастеризатор	FE5a	%MD20
Витрата молока на виході із пастеризатора	FE6a	%MD22

Таблиця 6.2. Аналогові виходи

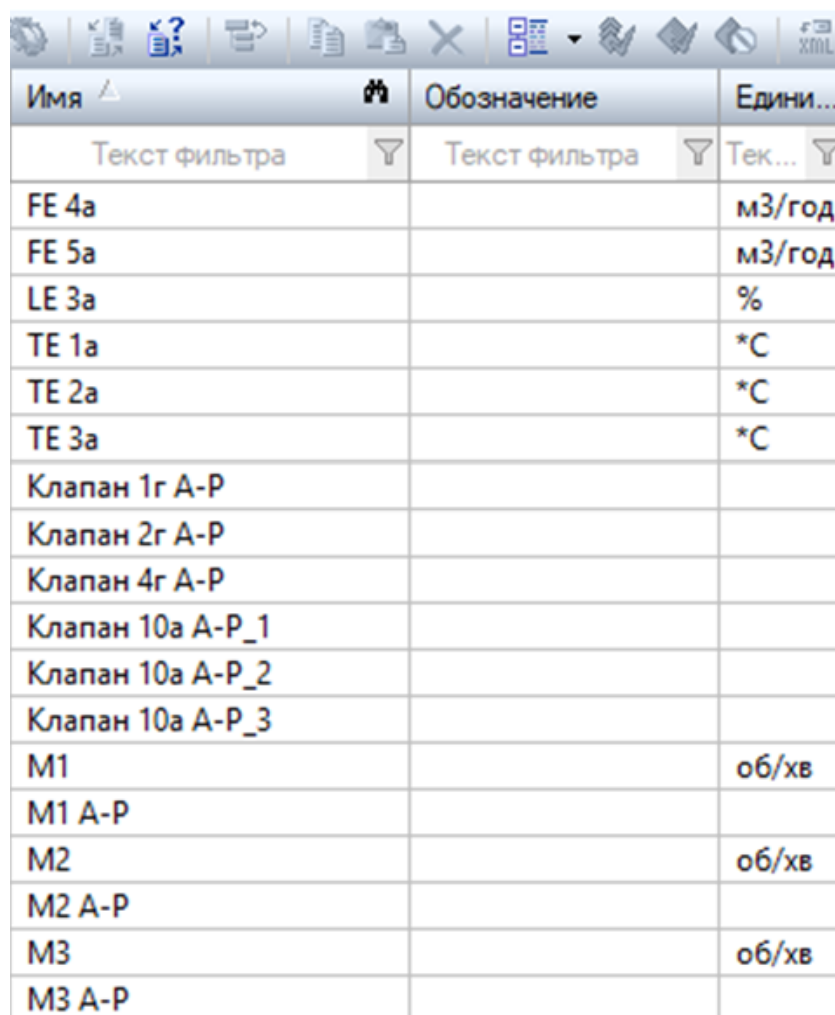
Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M1	%MD2
Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M2	%MD40

Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	МЗ	%MD24
--	----	-------

Таблиця 6.3. Дискретні виходи

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Клапан регулювання витрати теплоносія	1Г	%M1.0
Клапан регулювання витрати холодної води	2Г	%M1.1
Клапан регулювання витрати молока	4Г	%M1.2

Дані SCADA/HMI:



Имя	Обозначение	Едини...
Текст фильтра	Текст фильтра	Тек...
FE 4а		м3/год
FE 5а		м3/год
LE 3а		%
TE 1а		*С
TE 2а		*С
TE 3а		*С
Клапан 1г А-Р		
Клапан 2г А-Р		
Клапан 4г А-Р		
Клапан 10а А-Р_1		
Клапан 10а А-Р_2		
Клапан 10а А-Р_3		
М1		об/хв
М1 А-Р		
М2		об/хв
М2 А-Р		
М3		об/хв
М3 А-Р		

Рис. 6.1. Таблиця даних Scada\HMI з програмного середовища Zenon

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора:

Нормальний стан системи автоматизації. Всі параметри в межах норми.

Робочий вид для оператора

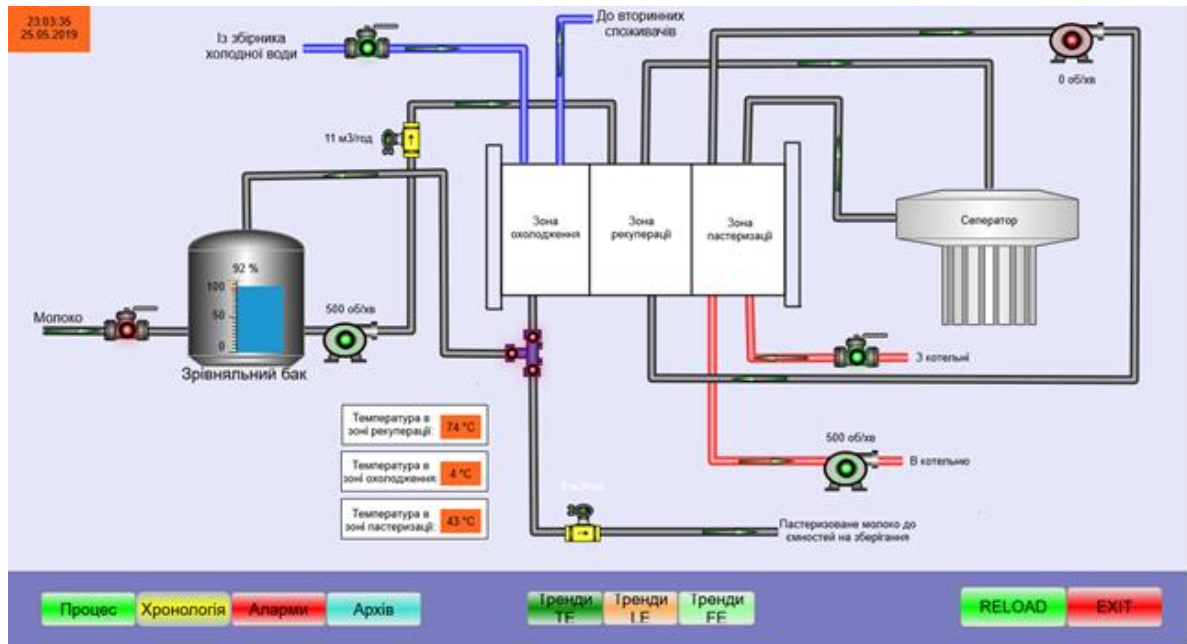


Рис.6.2. Мнемосхема системи автоматизації у нормальному стані. Головний екран контролю процесу

У системі автоматизації виникло відхилення від норми, SCADA показує повідомлення про відхилення в верхній частині екрану оператора, та вказує який саме параметр вийшов з норми

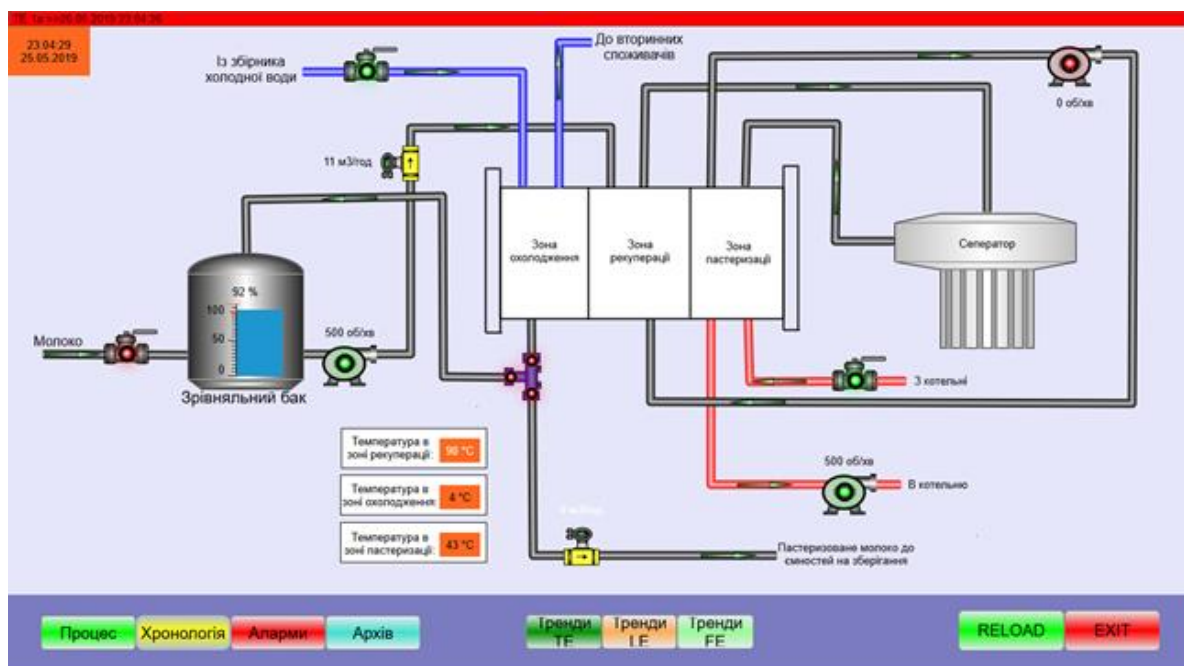


Рис.6.3. Мнемосхема системи автоматизації з вікном сигналізації про помилку. Головний екран контролю процесу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

59

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

Time received	Text	Variable name	Value	Meas.	User - full name	Computer name	Comment
25.05.2019 22:57:45	Изменение значения в режиме опроса: (76 °C)	TE 1a	76	°C	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 22:57:50	Изменение значения в режиме опроса: (45 °C)	TE 2a	45	°C	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 22:57:55	Изменение значения в режиме опроса: (6 °C)	TE 3a	6	°C	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 22:57:55	Изменение значения в режиме опроса: (6 °C)	TE 3a	6	°C	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 22:58:36	Проект SCADA_LOM44INSKIY перезагружен				SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 22:58:42	Изменение значения в режиме опроса: (5 °C)	TE 2a	5	°C	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 22:58:44	Изменение значения в режиме опроса: (44 °C)	TE 3a	44	°C	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:00:29	Система остановлена				SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:00:43	Система запущена	FE 5a	500	м3/год	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:00:43	Система запущена	FE 5a	500	м3/год	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:01:05	Система запущена	FE 5a	500	м3/год	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:01:05	Система запущена				SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:02:47	Проект SCADA_LOM44INSKIY перезагружен				SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:02:55	Изменение значения в режиме опроса: (92 %)	LE 3a	92	%	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:02:57	Изменение значения в режиме опроса: (0 %)	Клапан 4г	0	%	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:02:59	Изменение значения в режиме опроса: (1)	Клапан 2г А-Р	1		SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:03:04	Изменение значения в режиме опроса: (11 м3/год)	FE 4a	11	м3/год	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:03:07	Изменение значения в режиме опроса: (1)	M1 A-P	1		SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:03:12	Изменение значения в режиме опроса: (0)	M2 A-P	0		SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:03:14	Изменение значения в режиме опроса: (0 об/хв)	M2	0	об/хв	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:03:17	Изменение значения в режиме опроса: (1)	Клапан 1г А-Р	1		SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:03:19	Изменение значения в режиме опроса: (1)	M3 A-P	1		SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:03:20	Изменение значения в режиме опроса: (0 м3/год)	FE 5a	0	м3/год	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:03:20	Изменение значения в режиме опроса: (0 м3/год)	FE 5a	0	м3/год	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
25.05.2019 23:03:24	Изменение значения в режиме опроса: (74 °C)	TE 1a	74	°C	SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	

Рис.6.4. Вікно вкладки хронологія

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

Сос...	Время появления	Время исчезновения	Время подтверждения	Имя переменной	Знач...	Едини...	Текст	Пользователь ...	Имя компьютера	Коммент
●	>>25.05.2019 23:03:20		-25.05.2019 23:04:14	FE 5a	0	м3/год		SYSTEM	DESKTOP-EQCUPC	
●	>>25.05.2019 23:04:26			TE 1a	90	°C				
●	>>25.05.2019 23:05:04	<<25.05.2019 23:05:09		LE 3a	80	%				
●	>>25.05.2019 23:05:12	<<25.05.2019 23:05:14		TE 2a	70	°C				
●	>>25.05.2019 23:05:14	<<25.05.2019 23:05:15		TE 2a	3	°C				

Рис.6.5. Вікно вкладки алармів

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

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

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

Вікно вкладки архів системи автоматизації, де можна побачити та переглянути дані про параметри за будь який період

The screenshot shows a software interface for an archive window. At the top, there is a 'Filter' section with a text input field containing 'Относительный период времени: 0 01:00:00', a 'Filter...' button, a 'Filter profile' dropdown menu, and buttons for 'Save', 'Import', 'Export', and 'Delete'. Below this is a table with the following columns: 'Дата / время', 'Переменная', 'Обозначение', 'Значение', 'Текст', 'Единица измер', and 'Статус'. The table contains 30 rows of data with various values and statuses. At the bottom of the window, there is a navigation bar with buttons for 'Процес', 'Хронологія', 'Аларми', 'Архів', 'Тренди TE', 'Тренди LE', 'Тренди FE', 'RELOAD', and 'EXIT'.

Дата / время	Переменная	Обозначение	Значение	Текст	Единица измер	Статус
25.05.2019 23:01:00.000	FE 4a		0		м3/год	INVALID
25.05.2019 23:01:00.000	FE 5a		0		м3/год	INVALID
25.05.2019 23:01:00.000	LE 3a		0		%	INVALID
25.05.2019 23:01:00.000	TE 1a		0		°C	INVALID
25.05.2019 23:01:00.000	TE 2a		0		°C	INVALID
25.05.2019 23:01:00.000	TE 3a		0		°C	INVALID
25.05.2019 23:02:00.000	FE 4a		500		м3/год	SPONT
25.05.2019 23:02:00.000	FE 5a		500		м3/год	SPONT
25.05.2019 23:02:00.000	LE 3a		50		%	SPONT
25.05.2019 23:02:00.000	TE 1a		100		°C	SPONT
25.05.2019 23:02:00.000	TE 2a		0		°C	INVALID
25.05.2019 23:02:00.000	TE 3a		0		°C	INVALID
25.05.2019 23:03:00.000	FE 4a		500		м3/год	SPONT
25.05.2019 23:03:00.000	FE 5a		500		м3/год	SPONT
25.05.2019 23:03:00.000	LE 3a		92		%	SPONT
25.05.2019 23:03:00.000	TE 1a		100		°C	SPONT
25.05.2019 23:03:00.000	TE 2a		100		°C	SPONT
25.05.2019 23:03:00.000	TE 3a		100		°C	SPONT
25.05.2019 23:04:00.000	FE 4a		11		м3/год	SPONT
25.05.2019 23:04:00.000	FE 5a		0		м3/год	SPONT
25.05.2019 23:04:00.000	LE 3a		92		%	SPONT
25.05.2019 23:04:00.000	TE 1a		74		°C	SPONT
25.05.2019 23:04:00.000	TE 2a		4		°C	SPONT
25.05.2019 23:04:00.000	TE 3a		43		°C	SPONT
25.05.2019 23:05:00.000	FE 4a		11		м3/год	SPONT
25.05.2019 23:05:00.000	FE 5a		0		м3/год	SPONT
25.05.2019 23:05:00.000	LE 3a		92		%	SPONT
25.05.2019 23:05:00.000	TE 1a		90		°C	SPONT
25.05.2019 23:05:00.000	TE 2a		4		°C	SPONT
25.05.2019 23:05:00.000	TE 3a		43		°C	SPONT

Рис.6.6. Вікно вкладки архіву

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



Рис.6.7. Вікно вкладки трендів температури



Рис.6.8. Вікно вкладки трендів рівня

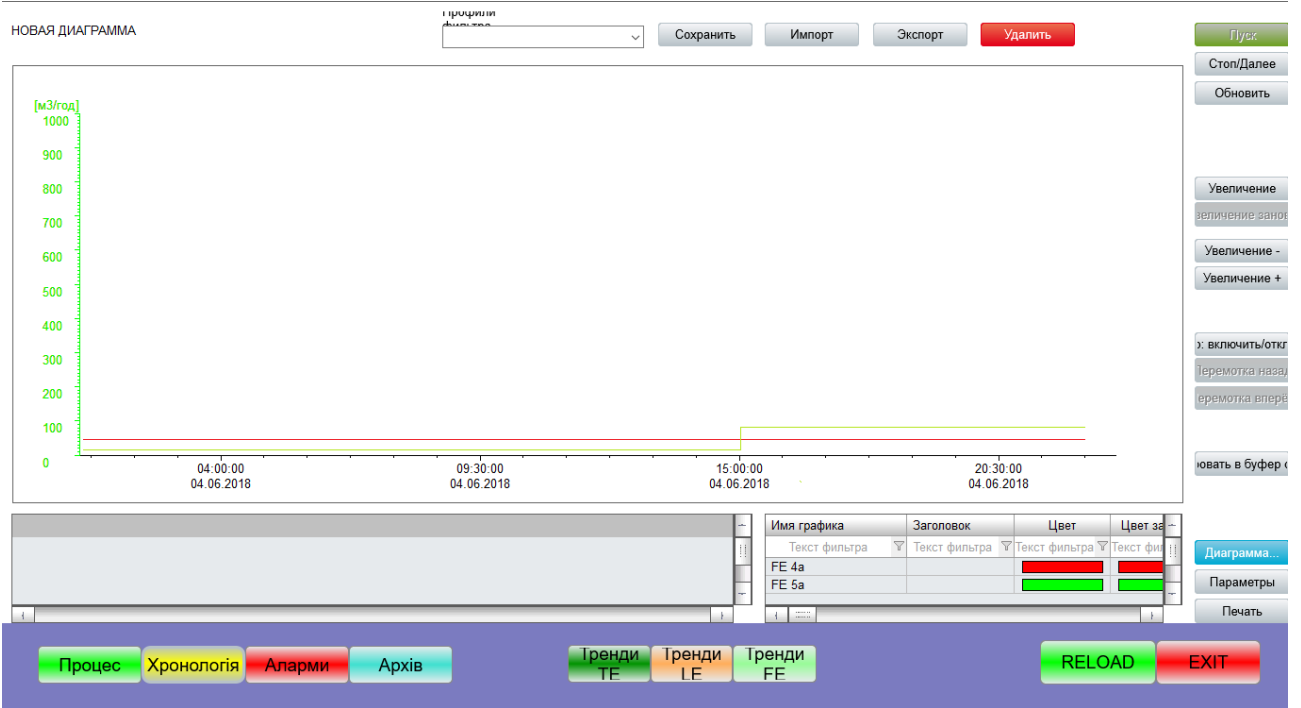


Рис.6.9. Вікно вкладки трендів витрати

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

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

У комп'ютерне моделювання виконується для підсистеми регулювання технологічної змінної для наступних задач:

- визначення оптимальної структури та/або параметрів САР;
- дослідження властивостей САР (стійкість, якість, енерговитрати);
- дослідження САР технологічними об'єктами, що функціонують в умовах нестационарності/нелінійності/невизначеності і т.п.

Комп'ютерне моделювання проводиться в програмному середовищі Matlab, з використанням зовнішніх функцій Toolbox та Simulink. [13]

Постановка задачі: Для системи автоматизації пастеризації молока провести розрахунки перевірки системи на стійкість за допомогою методу Рауса-Гурвіца.

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

У даній кваліфікаційній роботі за систему регулювання було взято АСР системи автоматизації пастеризації молока. На показники впливають зміна температури, витрата холодоносія, теплоносія, молока, рівні у ємностях.

Для проведення зазначеного вище аналізу потрібно вивести передаточні функції для об'єкту за каналами різних діянь, скласти структурну схему об'єкта.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Дехтярьова Д.А.</i>			<i>Розробка системи автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				64	
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>				<i>НУХТ АК-4-2</i>	
<i>Зав. кафедри</i>		<i>Ельперін І.В.</i>					

За потреби виконати структурні перетворення (перенесення суматорів, точок), в результаті чого структурна схема зводиться до еквівалентної однолінійної.

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

Система набуває вигляду:

$$(30p + 1)\Delta X_1(p) = 1.4\Delta U_1(p) + 1.2\Delta Z_1(p)$$

$$(35p + 1)\Delta X_2(p) = 1.0\Delta Z_2(p) + 1.2\Delta X_1(p) + 0.2\Delta X_3(p)$$

$$(25p + 1)\Delta X_3(p) = 0.9\Delta X_2(p) + 1.0\Delta U_3(p)$$

Визначимо передаточні функції:

$$W_{U1}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{1.4}{30p+1}; W_{U3}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta U_3(p)} = \frac{1.0}{25p+1}; W_{Z1}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{Z_1(p)} = \frac{1.2}{30p+1}$$

$$W_{Z2}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta Z_2(p)} = \frac{1.0}{35p+1}; W_{12}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta X_1(p)} = \frac{1.2}{35p+1}; W_{32}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta X_3(p)} = \frac{0.2}{35p+1}$$

$$W_{23}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0.9}{25p+1};$$

Складаємо структурну схему об'єкта, користуючись отриманою системою та визначеними передаточними функціями:

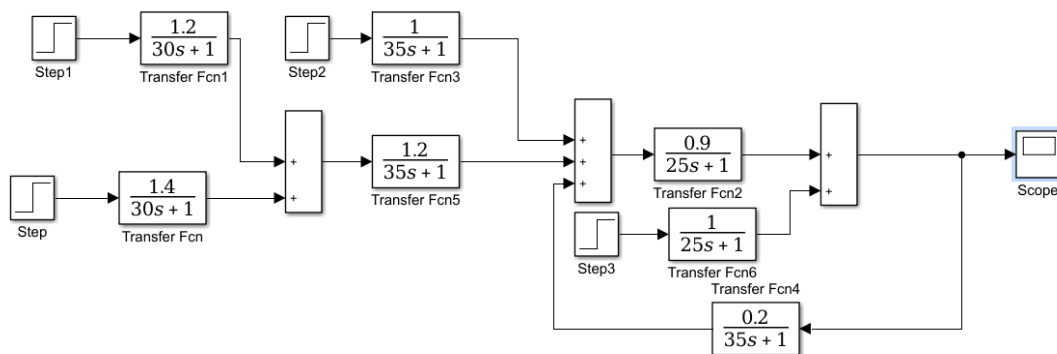


Рис. 7.1. Структурна схема об'єкта

7.3. Моделювання САР

Аналіз стійкості системи:

Розроблену САР в перевіряємо на стійкість. Найбільше розповсюдження для перевірки стійкості отримали алгебраїчний критерій стійкості Рауса-Гурвіца та частотний критерій Найквіста.

Коефіцієнт передачі П-регулятора $K_p > 10,63$.

У відповідності до критерію Гурвіца потрібно скласти визначник Гурвіца за характеристичним рівнянням замкненої системи $W_{зам}(p)$ за каналом управління із розрахованим коефіцієнтом передачі $K_{p\ min}$:

$$W_{зам}(p) = \frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} = \frac{\frac{1,844 \cdot 10,63}{320121p^3 + 3262p^2 + 109p + 1}}{1 + \frac{1,844 \cdot 10,63}{320121p^3 + 3262p^2 + 109p + 1}}$$
$$= \frac{19,6}{320121p^3 + 3262p^2 + 109p + 20,6}$$

$a_3 \ a_2 \ a_1 \ a_0$

Складаємо визначник Гурвіца:

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 & 0 \\ a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & a_2 & a_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3262 & 20,6 & 0 \\ 320121 & 109 & 0 \\ 0 & 3262 & 20,6 \end{vmatrix}$$

Звідси діагональні мінори:

$$\Delta_1 = 3262 > 0;$$

$$\Delta_2 = 3262 \cdot 109 - 320121 \cdot 20,6 = 355558 - 6595132,842 = -6239574,842 > 0;$$

Робимо висновок, що відповідно до критерію Гурвіца замкнена система є нестійкою.

Проводимо додаткові розрахунки у середовищі MatLab:

```
clear all
>>Wzam=tf([19.6],[32012 3262 109 20.6])
```

```
Wzam = 19.6
-----
32012 s^3 + 3262 s^2 + 109 s + 20.6
```

Continuous-time transfer function.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
>> sys=ss(Wzam)
```

```
sys =
```

```
A =
```

```
      x1      x2      x3
x1 -0.1019 -0.02724 -0.08237
x2  0.125      0      0
x3   0  0.0625      0
```

```
B =
```

```
      u1
x1 0.25
x2  0
x3  0
```

```
C =
```

```
      x1      x2      x3
y1  0      0 0.3135
```

```
D =
```

```
      u1
y1  0
```

Continuous-time state-space model.

```
>> D3=det([3262 20.6 0; 32012 109 0;0 3262 20.6])
```

```
D3 =
```

```
-6.2601e+06
```

```
>> d2=det([3262 20.9; 32012 109])
```

```
d2 =
```

```
-3.1349e+05
```

Оскільки детермінанти третього і другого порядку менше нуля, то система нестійка.

При дослідженні системи за допомогою критерія Рауса-Гурвіца було визначено, що система не стійка. Ми це можемо спостерігати на графіку.

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

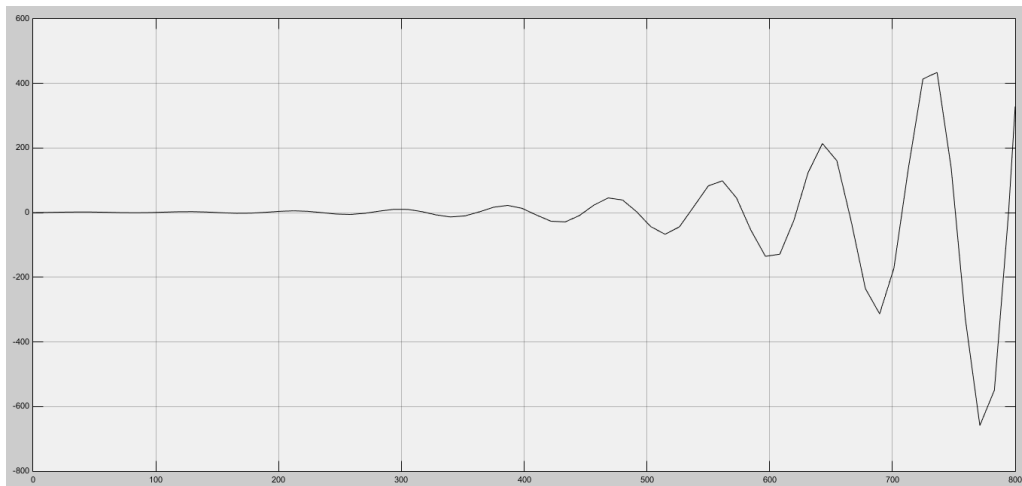


Рис. 7.2. Перехідний процес системи з П-регулятором ($K_p = 10.63$)

Для того щоб система стала стійкою використовуємо ПІ-регулятор. Налаштували так, щоб перехідний процес був оптимальним. Для цього знаходимо K_p критичне, при якому система знаходиться на межі стійкості. Наближеними параметрами налаштування ПІ-регулятора будуть:

Параметры типовых регуляторов

	k_p	k_i	k_d
П-регулятор	$0,50k_p^*$		
ПИ-регулятор	$0,45k_p^*$	$0,54k_p^*/T^*$	
ПИД-регулятор	$0,60k_p^*$	$1,2k_p^*/T^*$	$0,075k_p^*T^*$

$$K_{p(\text{крит})} = 10.63 \cdot T_p = 1195,875 \text{ (с)}$$

Для ПІ-регулятора налаштування будуть наступними:

$$K_p = K_{p(\text{крит})} \cdot 0,45 = 4,7834$$

$$K_i = (0,54 \cdot K_{p(\text{крит})})/T_p = 0,0048$$

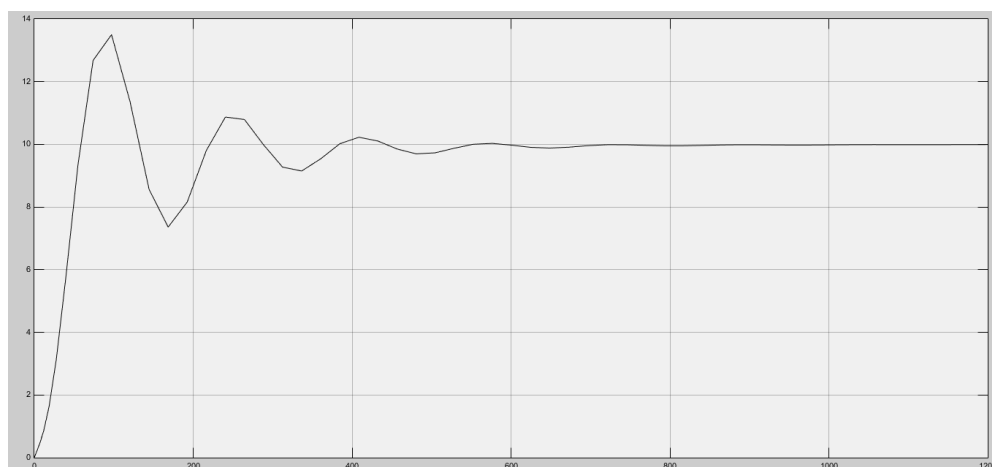


Рис.7.3. Перехідний процес системи з ПІ-регулятором
($K_p = 4.7835$, $K_i = 0,0048$, $\psi = (A1-A3)/A1 = (3-0, 7)/3 = 0,77$)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Висновок: В даному розділі була складена структурна схема АСР лінії пастеризації молока. При дослідженні САР на стійкість було використано ресурси програмної оболонки Matlab, що значно скоротило час і збільшило точність дослідження системи автоматичного керування на стійкість і визначення запасу стійкості.

Оптимальний режим роботи САР було визначено шляхом параметричної оптимізації системи, де були обраховані оптимальні налаштування ПІ-регулятора та показники якості синтезованої системи відповідно до цих налаштувань. Робимо висновок, що використання ПІ- регулятора в даному випадку доцільне для забезпечення стійкості системи і її функціонування.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Висновки

В даній кваліфікаційній роботі була розглянута система автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки молокопереробного заводу. Мною була розроблена АСУ на базі контролера Modicon M340 від Schneider Electric, для даного об'єкта, тут були застосовані пристрої для виміру температури, пристрою для вимірювання рівня, засоби обліку витрати молока. Всі пристрої сумісні з роботою в парі з контролером, що дало змогу реалізувати роботу всього об'єкта на АРМ оператора. Я розробила алгоритм роботи об'єкта, реалізувала програму та імітацію роботи об'єкта, підбрала пристрої для підключення до контролера, навела схеми підключень, складена специфікація на замовлення пристроїв, відповідно була розроблена та реалізована SCADA/НМІ для оператора.

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

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

Список використаної літератури

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Ліра-К, 2015. — 378 с.
2. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
3. Дехтярьова Д.А., Смітюх Я.В. Використання новітніх засобів автоматизації для зменшення витрат енергоресурсів, збільшення техніко-економічних показників та реалізація системи керування рецептурним виробництвом при пастеризації молока: тези доп. XIX міжнар. наук. – практ. конф. «SCIENTIFIC BASES OF SOLVING OF THE MODERN TASKS», Франкфурт на Майні, Німеччина, 2020. С. 183-184. URL: <http://isg-konf.com>. (дата звернення 31.05.2020).
4. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
5. Ельперін, І.В. Програмування промислових контролерів у середовищі UnityPro: навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. — Київ: Ліра-К, 2013. —340 с.
6. Кишенько В. Д. Інтелектуальні системи [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.
7. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
8. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
9. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.

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

10. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
11. Ладанюк, А.П. Системний аналіз складних систем управління: навч. посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко. – Київ: НУХТ, 2013. – 274 с.
12. Методи сучасної теорії управління [Текст] : підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.
13. Методи сучасної теорії управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
14. 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. – НУХТ, 2020. – 73 с.[13]
15. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – Київ: Ліра-К, 2011. – 552 с.
16. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
- 17.Трегуб, В.Г. Основи комп’ютерно-інтегрованого управління: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – Київ: НУХТ, 2006 – 139 с.
18. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. — Київ: Ліра-К, 2014. — 344 с.

19. Вторинна обробка молока. URL: <https://buklib.net/books/34172/> (дата звернення 12.05.2020).[1]
20. Пастеризаційний апарат. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica/article/viewFile/8866/8173> (дата звернення 12.05.2020).[2]
21. Технологічна схема пастеризації молока. URL: <https://studfile.net/preview/5355233/> (дата звернення 12.05.2020).[3]
22. Aplisens AT. URL: https://aplisens.com.ua/data/pdfs/AT_AT_Ex.pdf (дата звернення 18.05.2020).[4]
23. Nivelcap C-400. URL: <https://nivelco.com.ua/> (дата звернення 18.05.2020).[5]
24. Fluxus ADM-8027. URL: http://triada.com.ua/device/123-flexim-fluxus_adm_8027_rashodomer_zhidkosti_dlya_ekspluatacii_vo_vzryvoopasnoy_zon_e.html (дата звернення 19.05.2020).[6]
25. Danfoss VLT-2800. URL: https://euroec.by/assets/files/danfoss/Rukovodstvo_VLT_2800.pdf (дата звернення 19.05.2020).[7]
26. PC\28 G\A. URL: <https://aplisens.com.ua/ru/prod/64> (дата звернення 21.05.2020).[8]
27. Vipa 300s. URL: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/300s.html> (дата звернення 22.05.2020).[9]
28. Nivelcap C-400. URL: <https://www.nivelco.com/ru/news?id=stainless%20steel%20housing> (дата звернення 23.05.2020).[10]
29. Tia portal. URL: <https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/avtomatizacia/industry-software/automation-software/tia-portal/programmnoe-obespechenie.html> (дата звернення 23.05.2020).[11]
30. Zenon SCADA. URL: <https://www.copa-data.com.ua/> (дата звернення 23.05.2020).[12]

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

Додаток

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

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

Система набуває вигляду:

$$(30p + 1)\Delta X_1(p) = 1.4\Delta U_1(p) + 1.2\Delta Z_1(p)$$

$$(35p + 1)\Delta X_2(p) = 1.0\Delta Z_2(p) + 1.2\Delta X_1(p) + 0.2\Delta X_3(p)$$

$$(25p + 1)\Delta X_3(p) = 0.9\Delta X_2(p) + 1.0\Delta U_3(p)$$

Визначимо передаточні функції:

$$W_{U1}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{1.4}{30p+1}; W_{U3}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta U_3(p)} = \frac{1.0}{25p+1}; W_{Z1}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{Z_1(p)} = \frac{1.2}{30p+1}$$

$$W_{Z2}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta Z_2(p)} = \frac{1.0}{35p+1}; W_{12}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta X_1(p)} = \frac{1.2}{35p+1}; W_{32}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta X_3(p)} = \frac{0.2}{35p+1}$$

$$W_{23}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0.9}{25p+1};$$

Складаємо структурну схему об'єкта, користуючись отриманою системою та визначеними передаточними функціями:

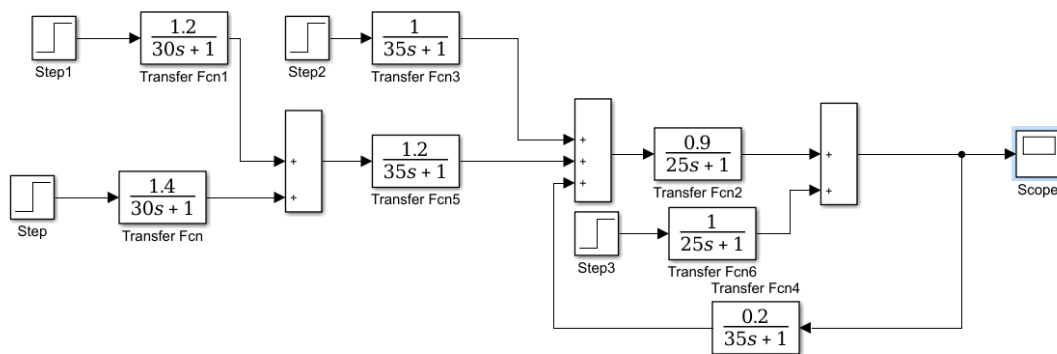


Рис. 8.1. Структурна схема об'єкта

Вибір закону регулювання:

При створенні системи автоматичного регулювання застосовується принцип регулювання за відхиленням (рис. 3.1). Вибір закону регулювання ґрунтується на основі вимог до якості процесу регулювання (див. п. 2.1.2). В першу чергу оцінюється можливість розроблення одноконтурної САР з використанням лінійних стандартних регуляторів, що реалізують П-, ІІ- або ІІІД-закони регулювання.

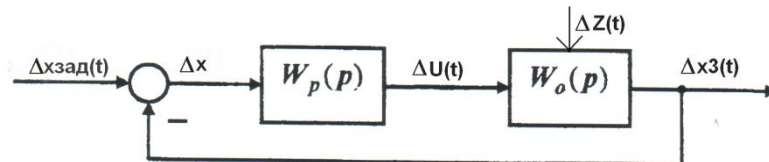


Рис. 8.2. Структурна схема одноконтурної АСР за відхиленням

Зображення за Лапласом регульованої величини $\Delta X_3(p)$, а також похибки регулювання $\Delta X(p)$ отримують із співвідношень [3, 4, 7]:

$$\Delta X_3(p) = \Delta X_{зад}(p) \frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} + \sum_{i=1}^n \Delta Z_i \frac{W_{Zi}}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)}, \quad (3.1)$$

$$\Delta X(p) = \Delta X_{зад}(p) \frac{1}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} - \sum_{i=1}^n \Delta Z_i \frac{W_{Zi}}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)}. \quad (3.2)$$

де $\Delta X_{зад}(p)$ – зображення за Лапласом заданого значення регульованої величини; $W_{U1}(p)$, $W_{Zi}(p)$ – передаточні функції об'єкта за каналами управління та збурень; $W_p(p)$ – передаточна функція регулятора.

Синтез САР починається із створення системи із застосуванням ІІ-регулятора. Спочатку перевіряється відповідність статичної похибки системи її заданому значенню (додаток 2).

Похибка регулювання (розузгодження) в АСР має дві складові:

$$\Delta x(t) = \Delta x_{зад}(t) + \Delta x_z(t), \quad (3.3)$$

де $\Delta x_{зад}(t)$ – похибка відтворення завдання; $\Delta x_z(t)$ – похибка, створювана збуренням.

За кількох збурень похибка $\Delta x_z(t)$ має відповідно кілька доданків. Значення статичної похибки $\Delta x(t)$ вибирається згідно варіанту із додатку 2. Якщо $\Delta x_{зад}(t) \neq 0$, то додається складова похибки відтворення завдання.

Отже, для визначення статичної похибки системи потрібно спочатку підставити значення $p=0$ у відповідні передаточні функції об'єкта та регулятора, які входять до формули (3.2). Підстановка $p=0$ рівнозначна рівності нулю всіх похідних, тобто статичному режиму роботи системи.

Для **системи стабілізації** похибку відтворення завдання приймають рівною нулю ($\Delta x_{зад}(t) = 0$).

Одноконтурна система стабілізації температури складається з об'єкта, описуваного системою рівнянь (2.2), та пропорційного регулятора. На об'єкт діють два ступінчасті (стрибкоподібні) збурення $\Delta Z_2 = 10 \% XPO$; $\Delta Z_3 = 15 \% XPO$.

Передаточні функції за каналом управління та збурень відповідають виразам (2.7...2.9). Визначити коефіцієнт передачі регулятора, за якого статична похибка регулювання не перевищить за модулем $5^\circ C$.

Приймаємо передаточну функцію регулятора $W_p(p) = K_p$. Значення модуля статичної похибки $\Delta x(\infty)$ визначається за виразом (3.2) з урахуванням $x_{зад}(t) = 10^\circ C$. За цих умов отримаємо мінімальне значення $K_p = K_{p\min}$, за якого статична похибка буде дорівнювати $5^\circ C$:

$$|\Delta X(p)| = 10 \frac{1}{1 + K_p \cdot 1,844} + 10 \frac{1,5804}{1 + K_p \cdot 1,844} + 40 \frac{0,9}{1 + K_p \cdot 1,844}; \quad (3.4)$$

$$|3| = \frac{10 + 15,804 + 36}{1 + K_p \cdot 1,844}, \text{ звідки } |K_p| = 10,63 \% XPO / ^\circ C.$$

Можна зробити висновок, що при значеннях $K_p \geq K_{p\min} = 10,63 \% XPO / ^\circ C$ статична похибка за модулем не буде перевищувати $3^\circ C$. У випадку, коли статична похибка неприпустима, створюється системи стабілізації (використовується регулятор з астатичною складовою – ІІІ- або ІІД-регулятор).

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз стійкості системи:

Розроблену САР в перевіряємо на стійкість. Найбільше розповсюдження для перевірки стійкості отримали алгебраїчний критерій стійкості Рауса-Гурвіца та частотний критерій Найквіста.

Коефіцієнт передачі П-регулятора $K_p > 10,63$

У відповідності до критерію Гурвіца потрібно скласти визначник Гурвіца за характеристичним рівнянням замкненої системи $W_{зам}(p)$ за каналом управління із розрахованим коефіцієнтом передачі $K_{p\ min}$:

$$W_{зам}(p) = \frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} = \frac{\frac{1,844*10,63}{320121p^3 + 3262p^2 + 109p + 1}}{1 + \frac{1,844*10,63}{320121p^3 + 3262p^2 + 109p + 1}}$$
$$= \frac{19,6}{320121p^3 + 3262p^2 + 109p + 20,6}$$

$a_3 \ a_2 \ a_1 \ a_0$

Складаємо визначник Гурвіца:

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 & 0 \\ a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & a_2 & a_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3262 & 20,6 & 0 \\ 320121 & 109 & 0 \\ 0 & 3262 & 20,6 \end{vmatrix}$$

Звідси діагональні мінори:

$$\Delta_1 = 3262 > 0;$$

$$\Delta_2 = 3262 * 109 - 320121 * 20,6 = 355558 - 6595132,842 = -6239574,842 > 0;$$

Робимо висновок, що відповідно до критерію Гурвіца замкнена система є нестійкою.

Проводимо додаткові розрахунки у середовищі MatLab:

```
clear all
>> Wzam=tf([19.6],[32012 3262 109 20.6])
```

```
Wzam = 19.6
-----
32012 s^3 + 3262 s^2 + 109 s + 20.6
```

Continuous-time transfer function.

```
>> sys=ss(Wzam)
sys =
```

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

A =

	x1	x2	x3
x1	-0.1019	-0.02724	-0.08237
x2	0.125	0	0
x3	0	0.0625	0

B =

	u1
x1	0.25
x2	0
x3	0

C =

	x1	x2	x3
y1	0	0	0.3135

D =

	u1
y1	0

Continuous-time state-space model.

```
>> D3=det([3262 20.6 0; 32012 109 0;0 3262 20.6])
```

D3 =

-6.2601e+06

```
>> d2=det([3262 20.9; 32012 109])
```

d2 =

-3.1349e+05

Оскільки детермінанти третього і другого порядку менше нуля, то система нестійка.

При дослідженні системи за допомогою критерію Рауса-Гурвіца було визначено, що система не стійка. Ми це можемо спостерігати на графіку.

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

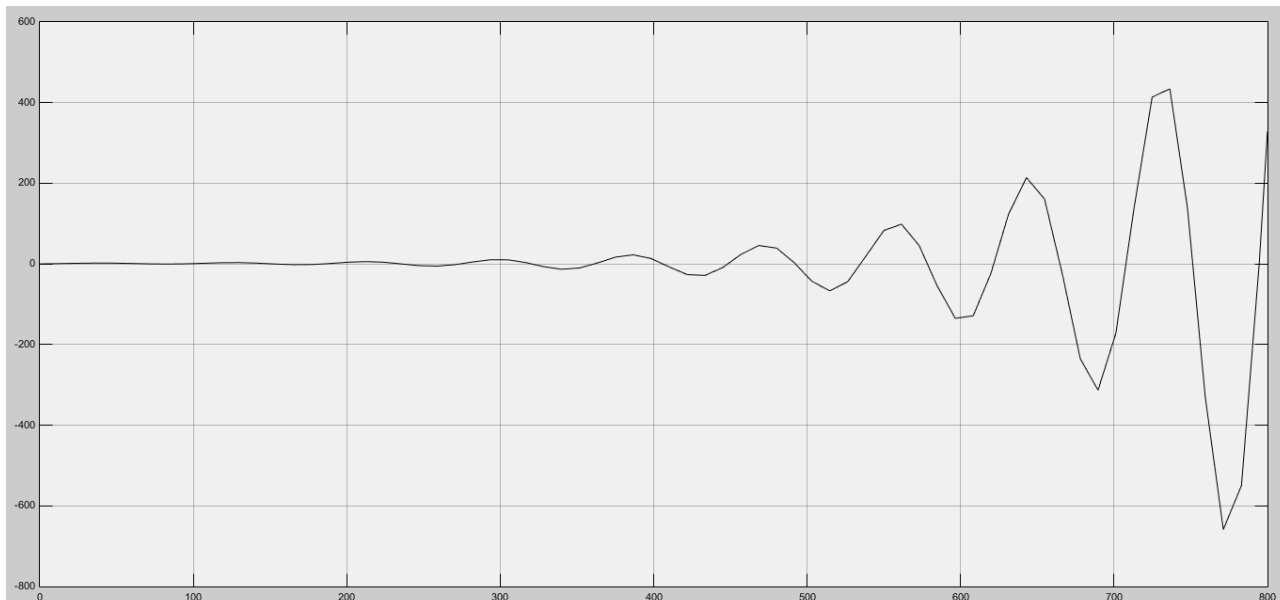


Рис. 8.3. Перехідний процес системи з П-регулятором ($K_p = 10.63$)

Для того щоб система стала стійкою використовуємо ПІ-регулятор. Налаштували так, щоб перехідний процес був оптимальним. Для цього знаходимо K_p критичне, при якому система знаходиться на межі стійкості. Наближеними параметрами налаштування ПІ-регулятора будуть:

Параметры типовых регуляторов

	k_p	k_i	k_d
П-регулятор	$0,50k_p^*$		
ПИ-регулятор	$0,45k_p^*$	$0,54k_p^*/T^*$	
ПИД-регулятор	$0,60k_p^*$	$1,2k_p^*/T^*$	$0,075k_p^*T^*$

$$K_{p(\text{крит})} = 10.63 \cdot T_p = 1195,875 \text{ (с)}.$$

Для ПІ-регулятора налаштування будуть наступними:

$$K_p = K_{p(\text{крит})} \cdot 0,45 = 4,7834$$

$$K_i = (0,54 \cdot K_{p(\text{крит})})/T_p = 0,0048$$

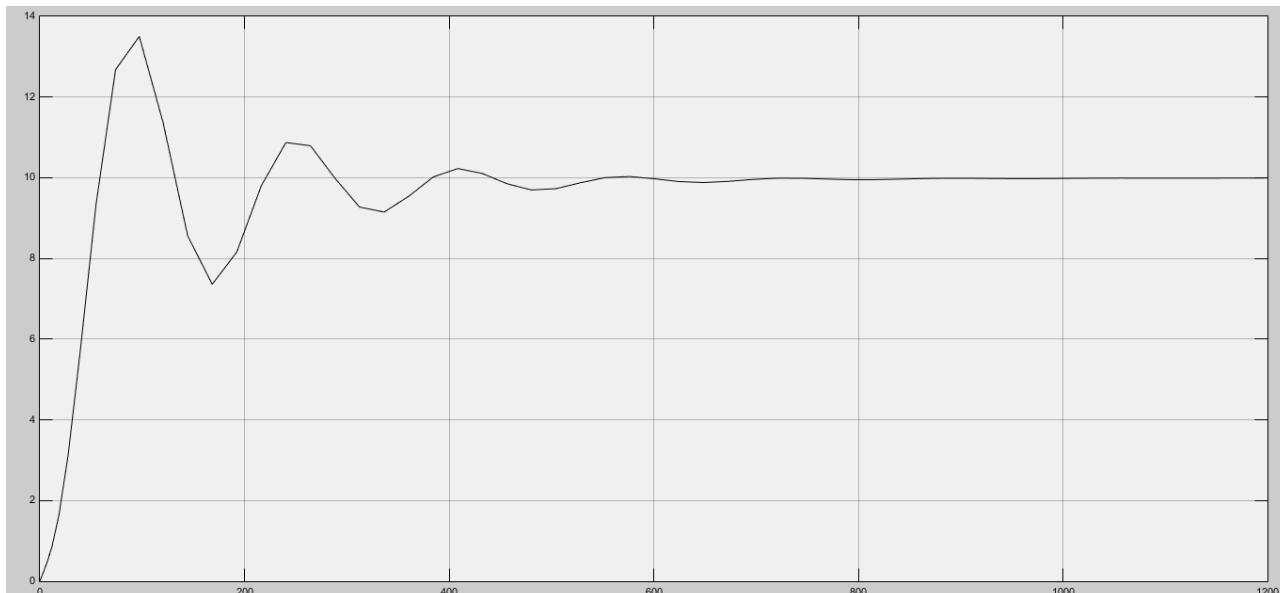


Рис.8.4. Перехідний процес системи з ПІ-регулятором
 $(K_p = 4.7835, K_i = 0,0048, \psi = (A1-A3)/A1 = (3-0, 7)/3 = 0,77)$

При розробленні системи автоматичного керування закон регулювання вибирався на основі вимог до якості процесу регулювання, що відображається такими показниками якості, як статична та динамічна похибки, перерегулювання, ступінь затухання. Синтезована САР повністю відповідає всім вимогам якості і задовольняє критеріям, що її визначають.

При дослідженні САР на стійкість було використано ресурси програмної оболонки Matlab, що значно скоротило час і збільшило точність дослідження системи автоматичного керування на стійкість і визначення запасу стійкості.

Оптимальний режим роботи САР було визначено шляхом параметричної оптимізації системи, де були обраховані оптимальні налаштування ПІ-регулятора та показники якості синтезованої системи відповідно до цих налаштувань.