

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

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

Завідувач кафедри

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

«05» червня 2023 р.

«05» червня 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

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

технології»

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

на тему: Розробка системи автоматизації кристалізації цукру

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

_____ Юрін Владислав Вадимович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

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

_____ (підпис)

Консультанти _____

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент _____ Сергій Грибков
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2023 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

_____ Я.В.Смітюх

«03» квітня 2023р

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Юріну Владиславу Вадимовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації кристалізації цукру

керівник роботи кандидат технічних наук, доцент Клименко Олег Миколайович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03» квітня 2023 р. № 204-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «05» червня 2023 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. 7.1 Постновка 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 03 квітня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Юрін В.В.

_____ (підпис)

Керівник роботи Клименко О.М.

_____ (підпис)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації кристалізації цукру.

В даній кваліфікаційній роботі була розроблена проектна документація для системи автоматизації, до складу якої входить: опис технологічного об'єкта керування, схема автоматизації, специфікація на засоби автоматизації, принципова схема підключення до програмованого логічного контролера Schneider Electric, M340, розроблена програма для контролера з обробкою усіх сигналів, а також, розроблений людино-машинний інтерфейс.

Система автоматизації побудована на основі сучасних уніфікованих технічних засобів автоматизації, програмованим логічним контролером обрано Schneider Electric M340, розроблений алгоритм роботи вакуум-апарату.

За рахунок комп'ютерного моделювання у програмному забезпеченні MATLAB (Simulink), дослідили САР на стійкість, а саме дослідили контур регулювання температури. Здійснили досліди, як поводить себе система з різними настройками регуляторів.

Ключові слова: кристалізація, утфель, затравка, вакуум-апарат, система автоматизації, людино-машинний інтерфейс, комп'ютерне моделювання.

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

ANNOTATION

The qualification work is devoted to the development of a sugar crystallization automation system.

In this qualification work, project documentation for the automation system was developed, according to which it includes: a description of the technological control object, an automation scheme, a specification of automation tools, a schematic diagram of the connection to the software logic controller Schneider Electric, M340, a developed program for the controller with processing of all signals and a human-machine interface was also developed.

The automation system is built on the basis of modern unified technical means of automation, Schneider Electric M340 is selected as the software logic controller, and the vacuum vacuum machine operation algorithm was developed.

Due to computer simulation in the MATLAB (Simulink) software, the stability of the SAR was studied, as well as the temperature control circuit was studied. Conducted research on how math model is reacting to different settings of P- and PI- regulators.

Key words: crystallization, utfel, seed, vacuum machine, automation system, human-machine interface, computer modeling.

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

Зміст

ВСТУП.....	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації	13
Розділ 2. Система автоматизації.....	14
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)	14
2.2. Схема автоматизації	23
2.3. Специфікація засобів автоматизації	25
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	27
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)	27
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК	28
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	29
Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу	36
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	39
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	50
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	50
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора	52
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	56
7.1. Постановка задачі дослідження	56
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	57
7.3. Моделювання САР	60
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків	65
ВИСНОВОК.....	66
Список використаної літератури	67

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

ВСТУП

Цукор є одним із найважливіших інгредієнтів у харчовій промисловості. Він задіяний у виготовленні величезної кількості продуктів: алкоголю, хліборобській промисловості і т.і.

Білий цукор дістають з цукрового буряку. Окрім, буряку цукор можуть виробляти з цукрової тростини, але, через те, що для цукрової тростини потрібен більш специфічний клімат, більшу частину цукру виготовляють саме з буряка.

Буряк спочатку миють, ріжуть, роблять сік, а потім за рахунок спеціального обладнання випаровують цукор. Після цього починається процес очищення та варіння сиропу. Температура потрібна підтримуватись у межах 60-70°C. Під час варіння починається утворюватися утфель і починається один з фінальних етапів виготовлення цукру, кристалізація.

Кристалізація - це заключна стадія виробництва цукру. Цукрова кристалізація - це процес виділення цукрів у вигляді кристалів шляхом випаровування води або охолодження кристалізованої маси. Для максимального отримання цукру при мінімальних витратах на паливо, кристалізація сахарози проводиться багато разів. Раціональною являється схема трьох кристалізаційна з афінацією цукру 3-ї кристалізації першим відтіком утфеля 1-ї кристалізації. Ця схема, враховуючи використання ідеального обладнання, забезпечує отримання стандартної якості цукру з мінімальним вмістом цукру в мелісі.

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

Ефект очищення цукру досягається за рахунок того, що при зростанні кристалів з розчину виділяється майже чиста сахароза. Отримана в результаті уварювання сиропу суміш кристалів та між кристальної рідини, званої утфелем, розділяється шляхом центрифугування. Чистий білий цукор, промитий водою, направляють у сушильно-пакувальне відділення, а рідину, звану відтіком, уварюють вдруге у вакуум-апаратах. Утфель, що утворюється при цьому, розділяють на центрифугах. Відтік, званий мелясою і який містить всі домішки, є відходом цукрового виробництва, а цукор повертається на переробку.

Уварювання сиропу або відтіку, зване також варінням утфеля, здійснюється у вакуум-апаратах періодичної дії, що знайшли найбільше застосування у цукровому виробництві. Вакуум-апарат, схема якого наведена на Рис. 1.2,



Рис. 1.2 Вакуум-апарат ВАА-400

являє собою вертикально розташований циліндричний корпус з конічним днищем, у якому влаштовано широкий спускний отвір, що закривається шибером. Апарат має парову камеру, пронизану трубами, що обігрівають. Усередині труб і навколо парової камери знаходиться уварюваний продукт. Обігрів здійснюється вторинною парою випарної установки. Вода, що випаровується з утфельної маси у вигляді пари відбирається в барометричний

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

конденсатор, вакуум у якому підтримується за рахунок різкого зменшення об'єму води, переходячи з газоподібного стану в рідкий.

Процес варіння утфелю починається з набору сиропу, який всмоктується в апарат зі збірника при відкритій наборній комунікації. Сироп, який поступає в вакуум-апарат, містить у собі 7.5% води і приблизно 55% кристалізованого цукру. Далі вмикають обігрів, і сироп під тиском кипить при температурі близько 70°C. На цій стадії процесу рівень підтримується постійно, концентрація сиропу і його в'язкість збільшуються, розчин стає перенасиченим. При досягненні необхідного перенасичення в апарат вводять порцію цукрової пудри, яка називається затравкою. Кожен з безлічі дрібних кристалів, які складають цукрову пудру, служать центром кристалізації. Починається наступна стадія - вирощування кристалів і доведення утфелю до заданих кондицій. Для отримання рівномірних кристалів застосовують підкачування сиропу, розчиняючи знову утворені дрібні некондиційні кристали. Подальше уварювання при безперервних підкачуваннях призводить до утворення утфельної маси, що заповнює весь корисний об'єм апарата.

Ефективність процесу варіння утфелю характеризується величиною і рівномірністю кристалів, відсотковим вмістом їх в утфелі, тривалістю варіння, масою звареного утфелю. Ці показники залежать від багатьох вхідних і проміжних величин, таких як, хімічний склад і вміст домішок у сиропі, розрідження, температура гріючої пари, перенасичення цукрового розчину на різних стадіях процесу.

Найкращі умови протікання кристалізації створюються шляхом стабілізації розрідження в апаратах, підтримки заданого рівня сиропу при уварюванні його до створення кристалів, дозування підкачуваного сиропу за програмою, яка забезпечує найбільшу швидкість зростання кондиційних кристалів за рахунок підтримки заданого перенасичення розчину. Недостатнє розрідження викликає підвищення температури кипіння, що прискорює розкладання цукрози. Недостатній рівень сиропу при наборі його та уварюванні до утворення кристалів призведе до недостатньої кількості

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

повноцінних кристалів, а надлишок сиропу на цій стадії до збільшення часу варіння. Надлишок підкачуваного сиропу може призвести до розчинення вже виниклих центрів кристалізації, а недолік до зменшення швидкості росту кристалів, а отже, і до зниження продуктивності вакуум-апарату.

Основними задачами, розв'язуваними при автоматизації процесу, є стабілізація розрідження у вакуум-апараті, стабілізація рівня сиропу при уварюванні його до моменту ведення затравки та підтримання заданого правила зміни перенасичення цукрового розчину на наступній стадії процесу.

Вакуум-апарат як об'єкт автоматизації має ряд особливостей, а саме:

- Періодичність його роботи
- Довготривала варка утфеля (2-3 годин)

Дані показники спрощують задачу вибору регуляторів для системи автоматизації. Також, завдяки, інтенсивному перемішуванню утфельної маси, можна вважати перенасичення якісним параметром, який можливо вираховувати в одній точці апарату, певним рефрактометром.

На початку роботи циклу варіння в вакуум-апараті періодичної дії, оператор завдяки, керуванню через операторський екран, запускає регулятор рівня, у якому задає уставку на який рівень потрібно щоб задана величина вирівнялась і підтримує заданий рівень. Одночасно з включенням регулятора відкривається клапан подачі пари і починається варіння сиропу. Коли перенасичення та в'язкість сиропу досягне певного рівня, відкривається клапан з подачею утфеля до вакуум-апарата, спрацьовує сигнал який повідомляє оператору, що значення перенасичення та в'язкості досягло певного рівня.

Через певний проміжок часу, коли утворилась достатня кількість кристалів, програма контролера запускає регулятор в'язкості між кристальної речовини, який дає змогу змінювати програму регулювання в'язкості в процесі варіння утфеля. Коли утфель готовий сигнал надходить на ПК оператора після чого відбувається спуск утфеля.

На Рис. 1.3 зображено якісні показники цукру-піску.

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

№ п/п	Показник	Норма
1.	Частота розчину, %	99,75
2.	Вміст редукуючих речовин, %, не більше	0,05
3.	Вміст золи, %, не більше	0,04
4.	Кольоровість, не більше, умовних одиниць	0,8
5.	Вміст вологи, %, не більше	0,14
6.	Вміст феродомішок, %, не більше	0,0003

Рис. 1.3 Якісні показники цукру-піску

Автоматичний контроль розрідження, рівня, температури в апараті, дає змогу оператору слідкувати за виконанням необхідних умов правильної організації процесу варіння утфеля і виконується за допомогою показуючих та реєструючих приладів.

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

№	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	2	3	4	5	6	7	8
1	Вакуум апарат	Рівень	0-100%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі сиропу	
		Вміст сухих речовин	92-92.5%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пудри та патоки	
		Тиск	-0.78 МПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на стан роботи клапана спуску повітря	
		Температура	68-70°C	Регулювання	Покази, запис, Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари у вакуум-апарат	
2	Електро-дигун мішалки	Стан	-	Керування (ручне та дистанційне)	Пуск, зупинення	-	

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

Розділ 2. Система автоматизації

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

Вимірювання температури

Для виміру температури сиропу під час варіння задіяно термоперетворювач опору JUMO 902120/11 (рис. 2.1).



Рис. 2.1 Термоперетворювач опору JUMO 902120/11

Технічні характеристики датчика температури:

- Діапазон вимірювання температури становить від -50 до +600 °С.
- Зі змінною мірною вставкою
- Підключення за 3 або 4 проводами

Принцип вимірювання температури:

Принцип вимірювання даних термометрів полягає у використанні

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Юрін В.В.			Розробка системи автоматизації кристалізації цукру		
Керівник		Клименко О.М.				14	13
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1	
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

чутливого елемента Pt100. Змінні електричного опору провідників або напівпровідників під впливом температури. Оскільки, даний датчик включає в себе платиновий резистор, має опір 100 Ом чутливого елемента при 0°C.

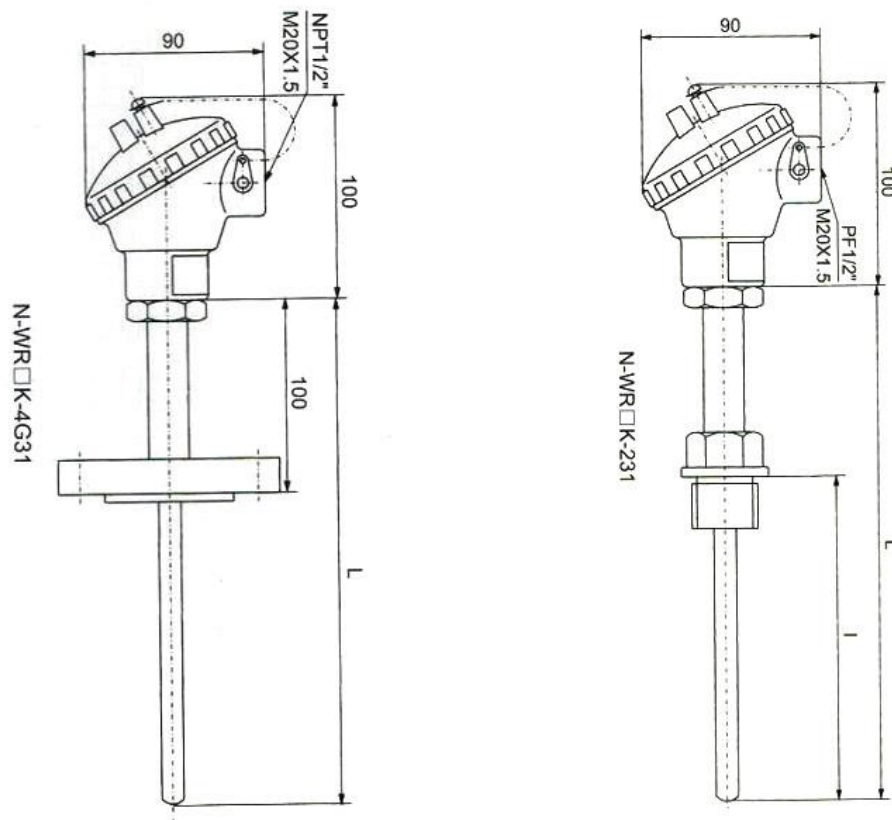


Рис. 2.2 Принцип монтажу термоперетворювача опору

Вимірювання рівня

Для вимірювання рівня сиропу в апараті будемо використовувати магнітопровідний рівнемір Kobold NMT (рис. 2.3).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



Рис. 2.3 Магнітострикційний рівнемір Kobold NMT

Технічні характеристики магнітострикційного рівнеміра:

- Діапазон вимірювання 300 – 4000 мм.
- Максимальний тиск 10 PN
- Максимальна температура 70 °C
- Точність +/- 1мм
- Вихід 4 – 20 мА

Принцип вимірювання рівня:

Робота приладу заснована на принципі вимірювання часу затримки відлуння-імпульсу. У напрямній трубі (труба ковзання) натягнутий дріт із магнітострикційного матеріалу. Періодично генерований електронікою датчика, струмовий імпульс передається по речовині в напрямку поплавця, таким чином генеруючи кільцеве магнітне поле навколо речовини, який також намагнічується по осі постійними магнітами поплавця.

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

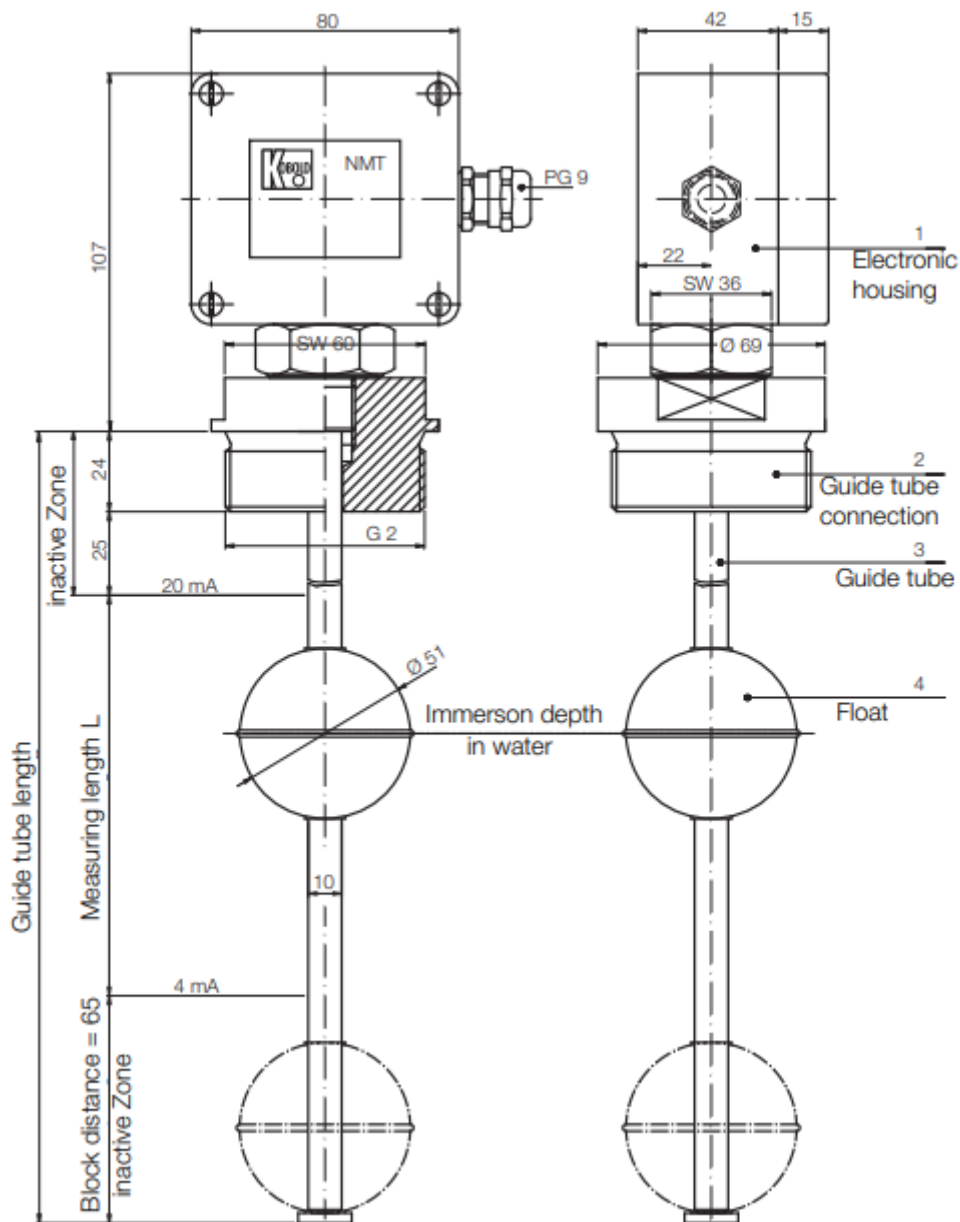


Рис. 2.4 Розміри магнітострикційного рівнеміра Kobold NMT

Вимірювання якості речовини

Для вимірювання якості будемо використовувати промисловий рефрактометр K-PATENTS PR-23.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

17



Рис. 2.5 Промисловий рефрактометр PR – 23

Технічні характеристики рефрактометра:

- Діапазон виміру показника заломлення = 1.3200 – 1.5300
- Точність виміру = ± 0.0002
- Час відклику = 1с
- Джерело світла – Світлодіод 589 нм

Принцип роботи рефрактометра:

Принцип роботи майже всіх рефрактометрів полягає у вимірюванні величини показника заломлення світла при переході його з одного середовища в інше, яке відрізняється оптичною густиною.

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

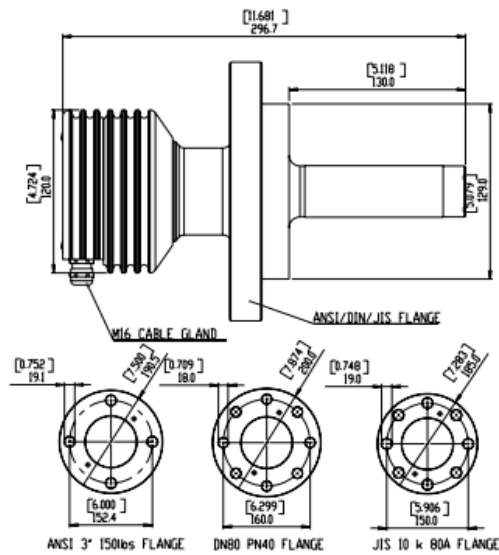


Рис. 2.6 Датчик PR-23-GP с ANSI/DIN/JIS фланцем та його габарити

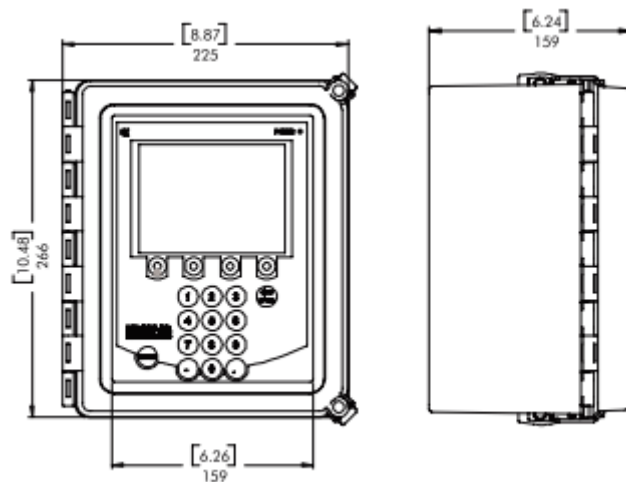


Рис. 2.7 Індикаторний перетворювач DTR та його розміри

Електропневматичні перетворювачі

Для управління пневматичними клапанами для проходження процесу кристалізації цукру задіяно електропневматичні перетворювачі (ЕПП) ASCO NUMATICS Sentronic LP (рис. 2.8).

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



Рис. 2.8 Електропневматичний перетворювач ASCO NUMATICS Sentronic LP

Технічна характеристика електропневматичного перетворювача:

- Діапазон тиску: 0 – 3 бар, 0 – 6 бар, 0 – 10 бар
- Температура навколишнього середовища: +0°C до 50°C
- Контрольний сигнал: 0 – 10 V, 0 – 20 mA чи 4 - 20 mA
- Швидкість потоку: 470 NI/min
- Гістерезис: < 1% діапазону

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



Рис. 2.9. Схема підключення ASCO NUMATICS Sentronic LP та клапану.

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



Рис. 2.12 Пневматичний клапан ADCATrol PV25G.

2.2. Схема автоматизації

На системі автоматизації процесу кристалізації цукру регулюються такі параметри як:

- Тиск, який створюється в вакуум-апараті.
- Температура варіння сиропу та утфеля.
- Рівень сиропу в апараті
- Якість характеризується величиною і рівномірністю кристалів.

Тиск в апараті вимірюється за допомогою п'єзоелектричного датчика тиску TR49.2 (поз. 1а). Передача даних здійснюється за рахунок уніфікованого електричного сигналу 4-20 мА, який надходить до модуля аналогових сигналів ВМХ АМІ 0410, який під'єднаний до ПЛК М340. Регулювання виконується,

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

завдяки, пневматичного клапану ADCATrol PV25G (поз. 1в), який приймає сигнал від електропневматичного перетворювача ASCO Numatics SentronicLP (поз. 1б), що отримує уніфікований сигнал 4 – 20 мА від модуля аналогових виходів BMX АМО 0410 ПЛК М340. Модуль BMX АМО 0410 утворює електричний уніфікований сигнал, який подається на електропневматичний перетворювач.

Температура сиропу в апараті вимірюється за допомогою термоперетворювача опору JUMO 902120/11 (поз. 3а), уніфікований електричний сигнал якого складає 4-20мА. Сигнал надходить до модуля аналогових входів BMX АМІ 0410, який під'єднаний до ПЛК М340. Стабілізація температури здійснюється за рахунок пневматичного клапана ADCATrol PV25G (поз. 3в) подачі пари, який вмикається, завдяки, електропневматичного перетворювача ASCO Numatics SentronicLP (поз. 3б), що отримує уніфікований сигнал 4 – 20 мА від модуля аналогових виходів BMX АМО 0410 ПЛК М340. В залежності від написаної програми в ПЛК М340, модуль BMX АМО 0410 утворює електричний уніфікований сигнал, який подається на електропневматичний перетворювач.

Вимірювання рівня сиропу в вакуум-апараті, здійснюється магнітопровідним рівнеміром Kobold NMT (поз. 2а), уніфікований електричний сигнал 4 – 20 мА якого надходить до модуля аналогових входів BMX АМІ 0410 ПЛК М340. В залежності від рівня сиропу та етапу програми, здійснюється регулювання рівня, за рахунок пневматичного клапана ADCATrol PV25G (поз. 2в) подачі сиропу який вмикається, завдяки, електропневматичного перетворювача ASCO Numatics SentronicLP (поз. 2б), що отримує уніфікований сигнал 4 – 20 мА від модуля аналогових виходів BMX АМО 0410 ПЛК М340. Також, при аварії або на фінальній стадії кристалізації для вигрузки продукції стоїть електромагнітний клапан 2-х ходовий ASCO 8262 (поз. 2д), який отримує дискретний електричний сигнал від модуля дискретних виходів BMX DDO 1602. В залежності від алгоритму

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

прописаного в ПЛК М340, модулі ВМХ DDO 1602 та ВМХ АМО 0410 надсилають електричні сигнали.

Якість розраховується, завдяки, промислового рефрактометра К- PATENTS PR-23-GP (поз. 4а), уніфікований електричний сигнал 4 – 20 мА якого надходить до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0410 ПЛК М340. Регулювання здійснюється за рахунок пневматичного клапана ADCATrol PV25G (поз. 4в) подачі затравки, який вмикається, завдяки, електропневматичного перетворювача ASCO Numatics SentronicLP (поз. 4б), що отримує уніфікований сигнал 4 – 20 мА від модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0410 ПЛК М340.

2.3. Специфікація засобів автоматизації

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а	по місцю	Датчик тиску. Уніфікований сигнал 4-20мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювань 0...25бар	TR49.2	1	FOX, Італія
2	2а	по місцю	Магнітопровідний рівнемір. Живиться від 24 DC. Уніфікований сигнал 4-20мА, діапазон вимірювань 300...4000мм	Kobold NMT	1	Kobold, Німеччина
3	1б, 2б, 3б, 4б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогово сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 DC.	Sentronic LP G617A4520 0A0003	4	ASCO Numatics, Ірландія

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

4	1в, 2в, 3в, 4в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа	ADCATROL PV.25G.11	4	Valsteam ADCA, Португалія
5	3а	по місцю	Термометр опору в комплекті з Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювань -50...+500°C	902120/11	1	JUMO, Німеччина
6	4а	по місцю	Рефрактометр промисловий PR-23. Уніфікований вихідний сигнал 4- 20мА. Напруга живлення 220 AC.	PR-23-GP	1	K-PATENTS, Фінляндія
7	2г	по місцю	Електромагнітний клапан 2-х ходовий, напруга живлення 24 В. Діаметр умовного проходу: 50 мм	8262	1	ASCO, Німеччина
8	КМ1, КМ2	По місцю	Магнітний пускач Кількість контактів для керування: 2НО + 2НЗ; Діапазон робочих температур: -5°C до +60°C;	Tesys D - LC1D09F	2	Schneider Electric, Німеччина

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

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Система автоматизації процесу кристалізації цукру побудована на ПЛК М340 від компанії Schneider Electric.

Всі модулі для промислового логічного контролера наведено в таблиці 3.1, а їх компонування наведено на Рис. 3.1.

Таблиця 3.1. Використані модулі для ПЛК М340

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
ВМХ Р34 2000	1	Процесор
ВМХ СРС 2000	1	Блок живлення
ВМХ АМІ 0410	1	4 аналогових входу
ВМХ АМО 0410	1	4 аналогових вихода
ВМХ ДДІ 1602	1	16 дискретних входів
ВМХ ДДО 1602	1	16 дискретних виходів

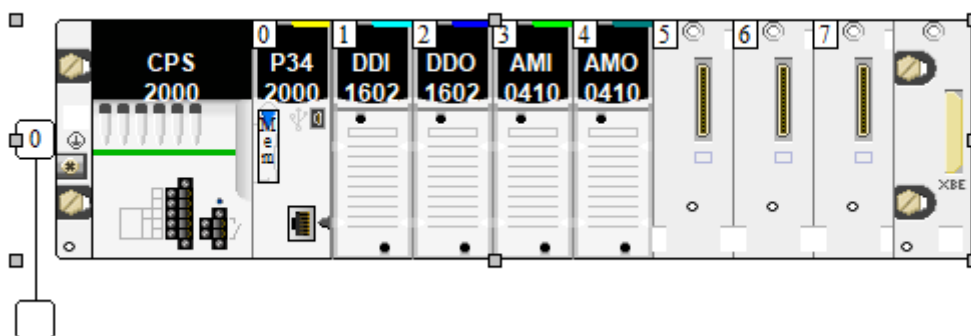


Рис. 3.1 Компонування модулів ПЛК М340.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Юрін В.В.			Розробка системи автоматизації кристалізації цукру	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Клименко О.М.					27	9
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Аналогові входи. На модуль ВМХ АМІ 0410 подаються уніфіковані електричні сигнали 4-20 мА від датчиків температури, якості, рівня та тиску. Після отримання даних від датчиків ПЛК починає оперувати цими даними та виконувати певні функції згідно програми.

Аналогові виходи. Модуль ВМХ АМО 0410 відповідає за сигнал управління, який подається до електропневматичних перетворювачів, які управляють пневматичними клапанами. Сам сигнал є уніфікованим електричним сигналом 4-20мА.

Дискретні входи. До модуля ВМХ DDI 1602 подаються дискретні сигнали від кнопок (кнопки «ПУСК» та «СТОП»). ПЛК М340 обробляє сигнали, і від програми користувача залежить чи буде зупинка всього процесу або його початок.

Дискретні виходи. Модуль ВМХ DDO 1602 відповідає за магнітні пускачі КМ1-КМ4, які використовуються для управління двигуном мішалки, а також, для управління електромагнітних клапанів, які відповідають за подачу затравки до вакуум-апарата, за відведення пари до конденсатора, а також за вивантаження розчину.

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

В принциповій електричній схемі автоматичного регулювання використано безліч компонентів, а саме:

- QF1-QF4 – вимикачі з захистом по струму;
- БЖ1-БЖ2 – блоки живлення напругою 24 В постійного струму.

В принциповій електричній схемі автоматичного регулювання застосовувалася наступна нумерація провідників:

- 800-811 – провідники з змінним струмом;
- 900-903 – провідники з змінним струмом;
- 0800 – пневматичні лінії живлення;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 0200-0203 – пневматичні лінії регулювання;
- 100-106 – провідники з вимірювальними сигналами;
- 200-209 – провідники з сигналами управління та регулювання.

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання рівня в вакуум-апараті

В даному контурі відбувається регулювання рівня сиропу в вакуум-апараті. Вимірювання рівня сиропу відбувається, завдяки, магнітострикційного рівнеміра Kobold NMT (поз. 2а), який має уніфікований вихідний сигнал 4-20 мА.

Регулювання рівня здійснюється за рахунок пневматичного клапана Valsteam ADCA ADCATrol PV25G (поз. 2в), який випускає в атмосферу вуглекислий газ.

Електропневматичний перетворювач ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 2б), регулює положення пневматичного клапана, до якого надходить уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від ПЛК М340.

Магнітний пускач (КМ2) відповідає за перемикання електромагнітного клапана (поз. 2г), який використовується для зливу готової продукції.

Магнітострикційний рівнемір, ЕПП та модуль ВМХ DDO 1602 живляться напругою 24 В постійного струму за допомогою Mean Well HDR-100-24 – блоків живлення (поз. БЖ1-БЖ2). Автоматичні вимикачі QF2 – QF3, відповідають за включення та вимкнення, напруги на блоках живлення, а також мають вбудований захист по струму.

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

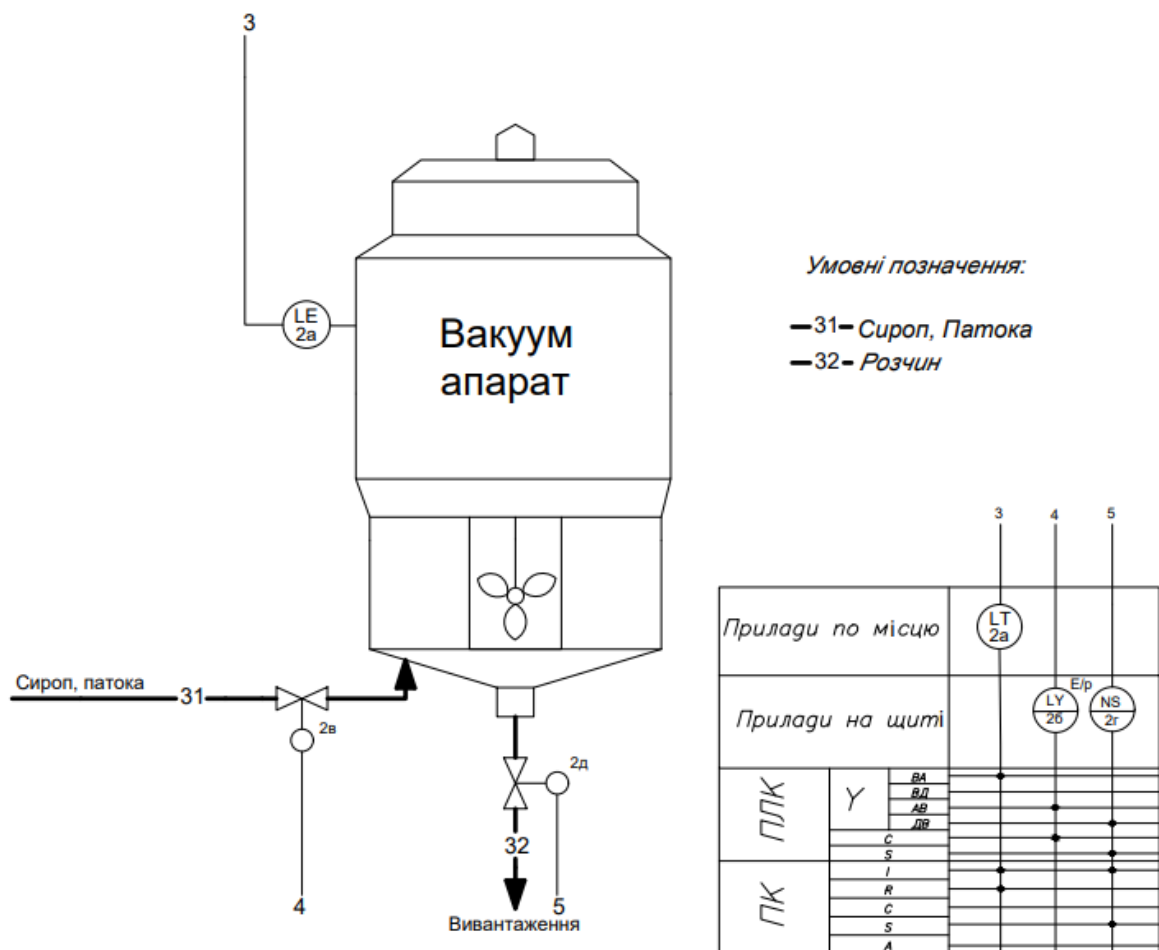
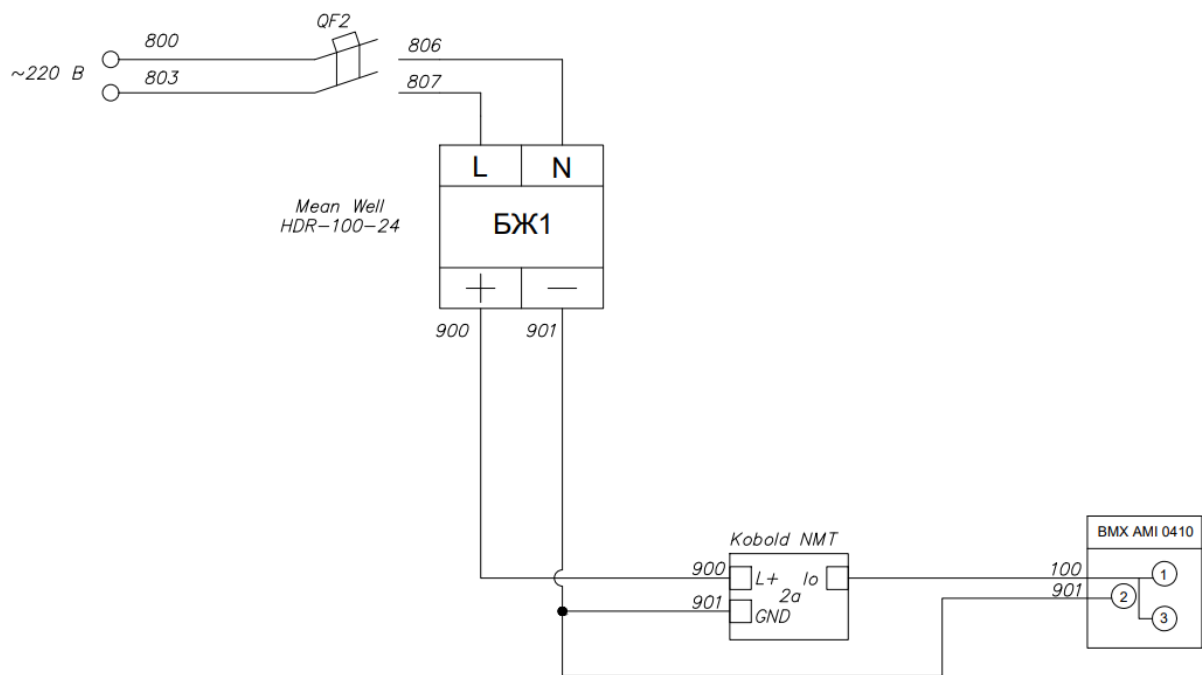


Рис. 3.2 Контур регулювання рівня сиропу в вакуум-апараті



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рис. 3.3 Принципова розширена схема підключення магнітострикційного рівнеміра Kobold NMT до модуля BMX AMI 0410

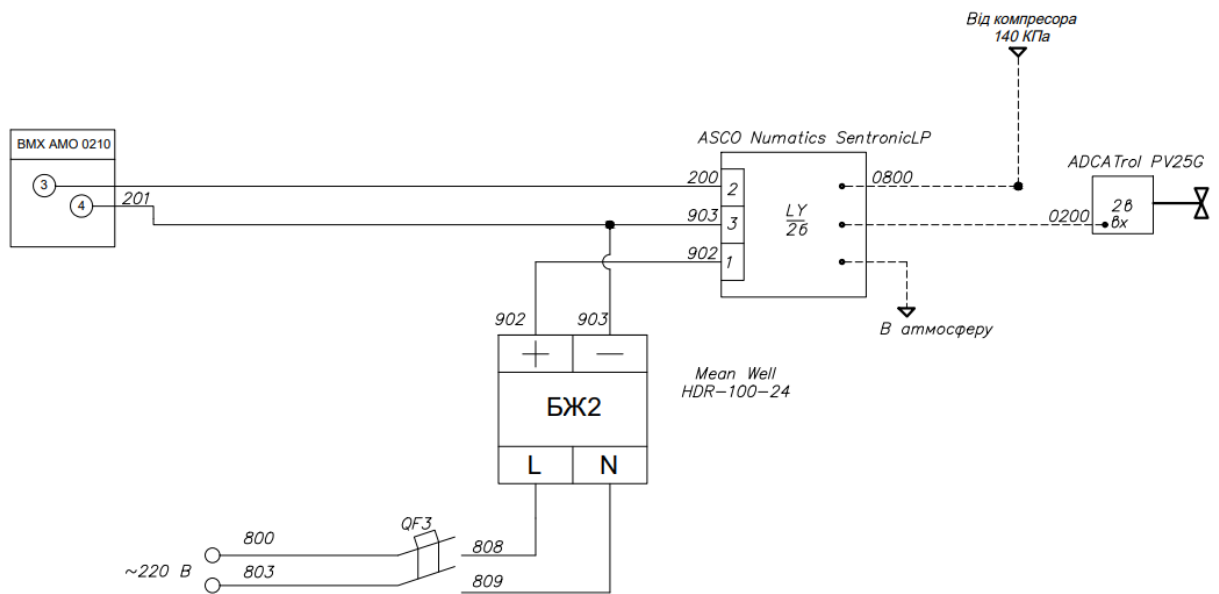


Рис. 3.4 Принципова розширена схема підключення ЕПП Setronic LP до модуля BMX AMO 0410.

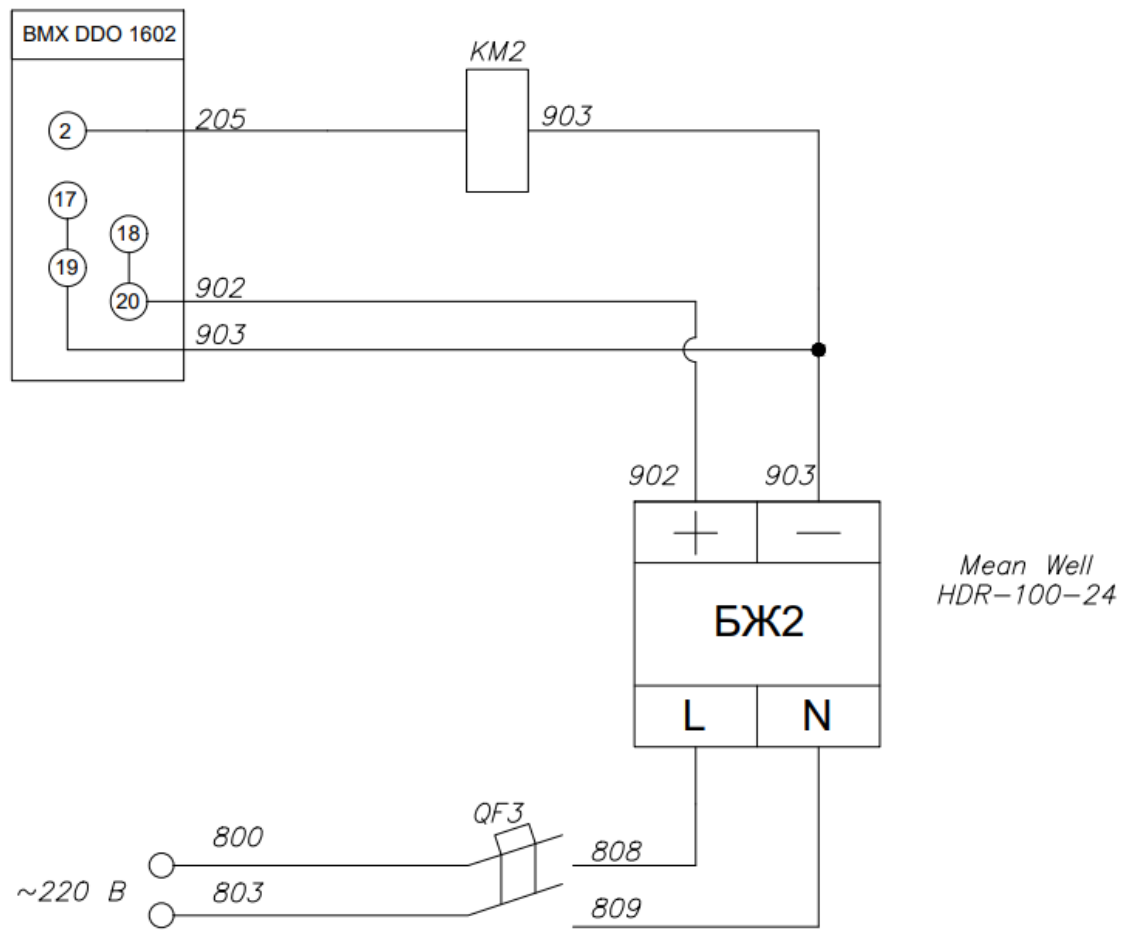


Рис. 3.5 Принципова розширена схема підключення магнітного пускача до модуля BMX DDO 1602.

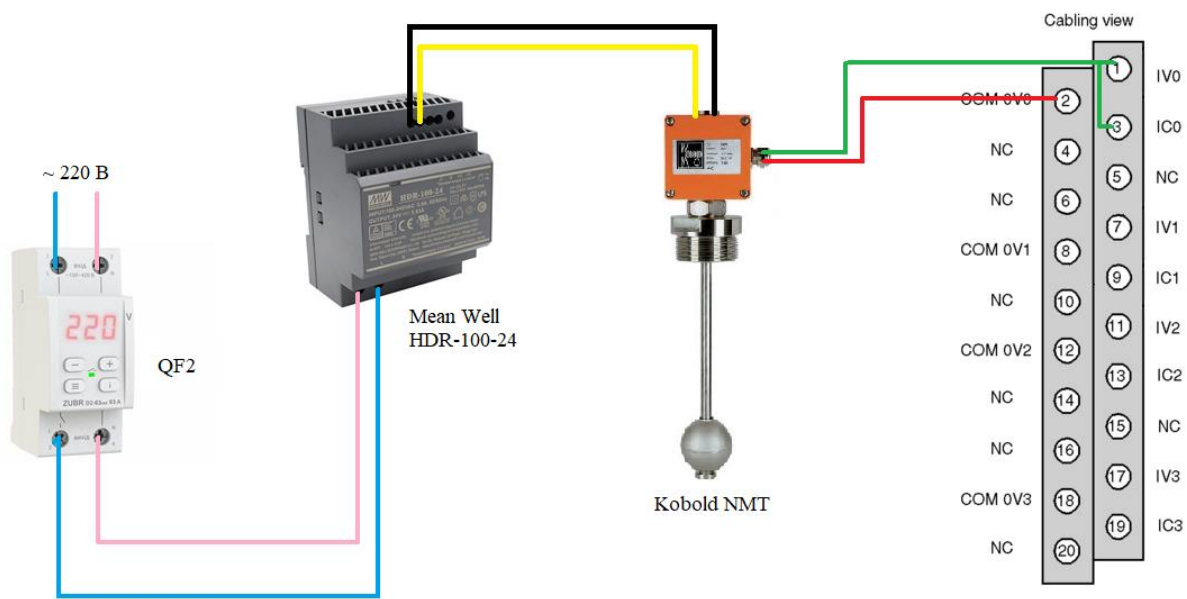


Рис. 3.6 Графічна схема підключення рівнеміра Kobold NMT до модуля BMX AMI 0410.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

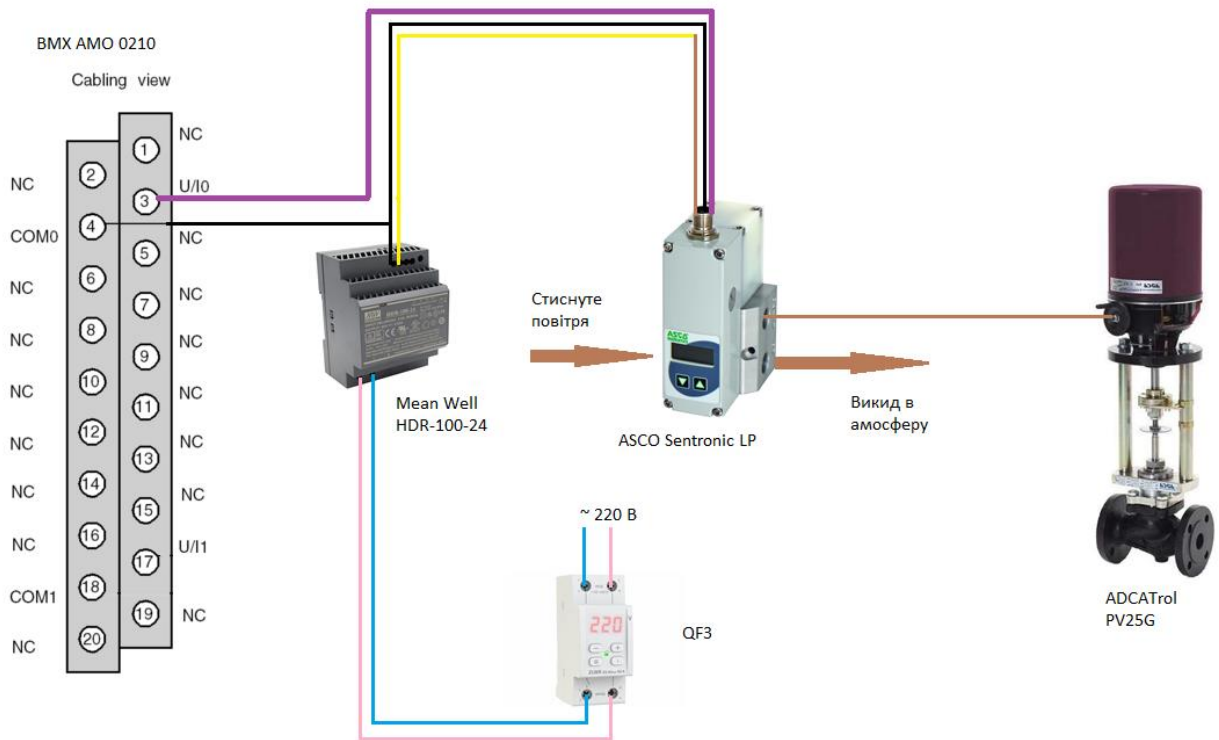


Рис. 3.8 Графічна схема підключення ЕПП ASCO Sentronic LP до модуля
BMX AMO 0410.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Тиск в вакуум-апараті вимірюється за допомогою п'єзоелектричного датчика тиску TR49.2 FOX. На рис. 4.1 зображено його зовнішній вигляд.



Рис. 4.1 Зовнішній вигляд п'єзоелектричного датчика TR49.2 FOX.

На рис. 4.2 зображена детальна його характеристика на англійській та італійській мовах. А на рис. 4.3 зображено його габарити та габарити модифікацій цього датчику.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Юрін В.В.			Розробка системи автоматизації кристалізації цукру	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Клименко О.М.					36	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						



**TRASDUTTORE DI PRESSIONE, SEGNALE IN USCITA PROPORZIONALE
PRESSURE TRANSMITTER, PROPORTIONAL OUTPUT SIGNAL**

TR4

Caratteristiche Tecniche:

Temperatura d'impiego: -20°C ÷ +80°C
 Non linearità + isteresi: ± 1% del fondo scala a 20°C
 Deriva termica dello zero: ± 3% del fondo scala da 0°C a +70°C
 Peso: 0,1 Kg
 Vita Meccanica: 2x10⁶ cicli a 20°C
 Corpo: acciaio inox AISI 316 con chiave 24mm, con parti a contatto in acciaio inox AISI 316, sensore ceramico e guarnizione in NBR
 Connessione idraulica: filettato maschio con guarnizione ISO inclusa

Caratteristiche Elettriche:

- Tensione di alimentazione per esecuzioni standard:
 4-20 mA → 2 fili: da 9 a 28 V DC
 0-10 V → 3 fili: da 9 a 28 V DC
 - Connessione elettrica secondo norme DIN43650, M2 e M3
 - Protezione elettrica secondo norme DIN 40050, IP65 (M2 e M3)
 - Connessione elettrica secondo norme IEC60947-5-2, M12
 - Protezione elettrica secondo norme DIN 40050, IP67 (M12)
 - Impedenza d'ingresso: 100 Ohm
 Garanzia: vedi pagina dedicata
 Parti di ricambio: vedi pagina dedicata

Disponibile:

- Segnali in uscita speciali
- Pressioni massime speciali
- Connessioni elettriche speciali
- Campi di misura speciali
- TR4.../AF esecuzione con membrana affacciata per applicazioni alimentari o con fluidi corrosivi e/o con solidi in sospensione
- CU-TR per mercato russo

Technical features:

Working temperature: -20°C ÷ +80°C
 Non linearity + hysteresis: ± 1% of the end of scale at 20°C
 Zero thermal drift: ± 3% of the end of scale from 0°C to +70°C
 Weight: 0,1 Kg
 Mechanical life: 2x10⁶ cycles at 20°C
 Body: stainless steel AISI 316 with key 24mm, with wetted parts in stainless steel AISI 316, ceramic sensor and NBR seal
 Hydraulic connection: threaded male with integral ISO seal

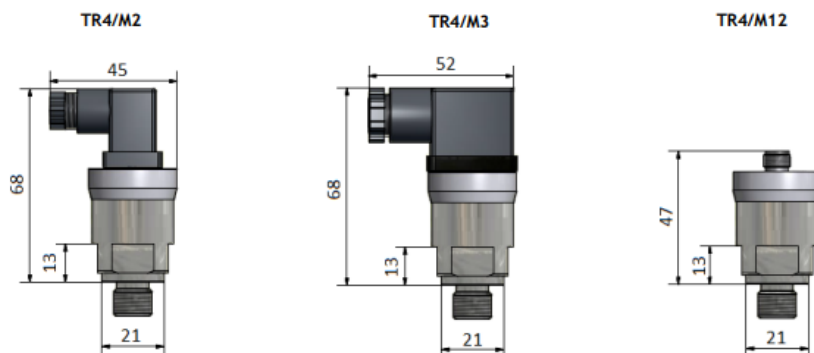
Electric Features:

- Power supply for standard executions:
 4-20 mA → 2 wires: from 9 to 28V DC
 0-10 V → 3 wires: from 9 to 28V DC
 - Electric connection according to DIN43650, M2 and M3
 - Electric protection according to CEI EN 60529, IP65
 - Electric connection according to IEC60947-5-2, M12
 - Electric protection according to CEI EN 60529, IP67 (M12)
 - Input impedance: 100 Ohm
 Warranty: see dedicated page
 Spare parts: see dedicated page

Also available:

- Special output signal
- Special max pressure
- Special electrical connection
- Different measurement pressure ranges
- TR4.../AF execution with facing membrane for food application, corrosive fluid and/or high percentage of solid particles
- CU-TR for Russian market

Рис. 4.2 Детальна характеристика датчика TR4



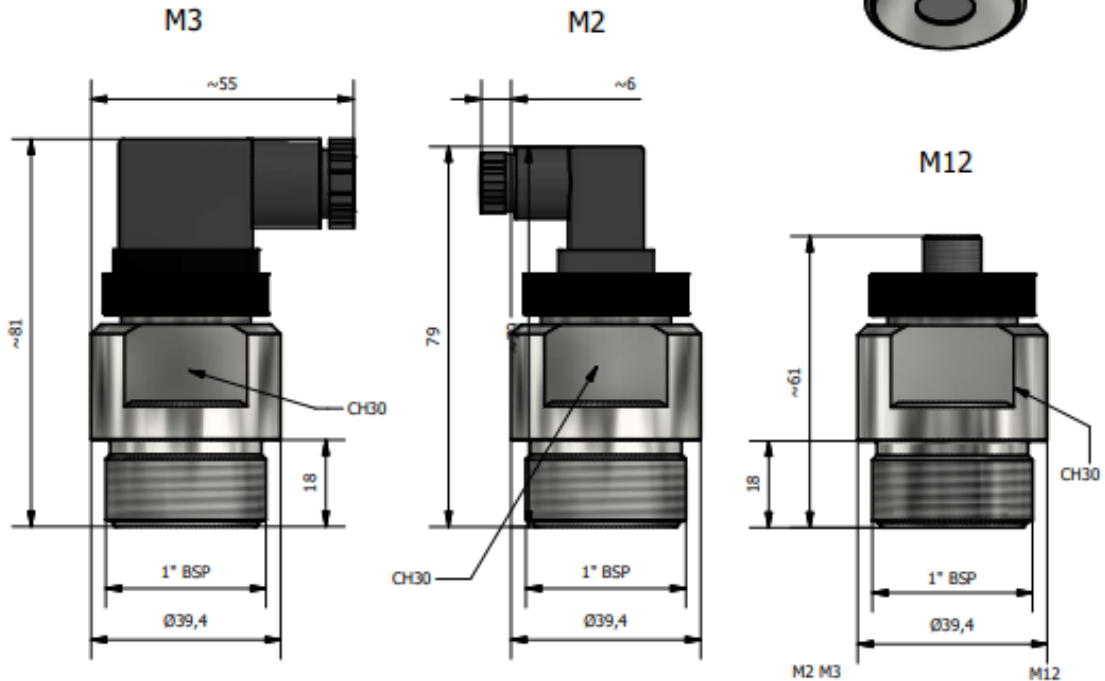
TR4					/ 24		/ 24	
Tipo	Campo di misura	P Max	Connessione idraulica	Materiale del Corpo	Segnale in uscita	Tipologia connessione elettrica	Tipologia di esecuzione	
Type	Measurement pressure range	P Max	Hydraulic Connection	Body Material	Output signal	Type of electric connection	Type of execution	
Bar	-1 > 0	Bar						
TRW4N	-1 > 0	7,5	1/4" BSP-M	X AISI316	2	M2 16x16 connettore / connector M3 30x30 connettore / connector M12 Connessione M12x1 Connection M12x1 (Connettore femmina escluso) (Female connector excluded)	AF Membrana affacciata (solo con connessione idraulica da 1/2" BSP-M) Facing membrane (only with hydraulic connection of 1/2" BSP-M) Se omissa indica esecuzione standard If omitted means standard execution	
TRW4	-1 > +1	7,5			4-20mA			
TR40.1	0 > 2	7,5			3			
TR40	0 > 5	12			0-10V			
TR41	0 > 10	25			5			
TR416	0 > 16	25			0-20mA			
TR42	0 > 20	50			6			
TR43	0 > 50	120			0-5V			
TR44	0 > 100	200			7			
TR446	0 > 160	200			0,5-5V			
TR45	0 > 200	400			8			
TR455	0 > 250	400			0,5-4,5V			
TR49	0 > 400	600			9			
TR49.6	0 > 600	800			1-10V			

Рис. 4.3 Розміри датчиків моделі TR4, а також їх характеристики.

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

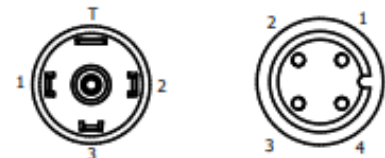
PRESSURE TRANSDUCER TR4-AFC
A MEMBRANA AFFACCIATA

TR4-AFC flush-diaphragm-
pressure transducer



TECHNICAL FEATURES

Wet parts: Ceramic sensor with incorporate FKM seal
Body: AISI 316L
Hydraulic connection: 1" BSP male, other thread on request
Measure range: from -1 to 400 bar
Output Signal: 4-20mA / 0-20 mA / 0-10V
Power Supply: from 9 to 28 Volt DC
Working temperature: from -20°C to +80°C
Not linearity + hysteresis: <1% of end of scale
Zero thermal drift: <3% of the end of scale from 0°C to +70°C
Weight: 0.25 Kg



ELECTRICAL CONNECTION

Execution	4±20mA 2 wires	0±10V 3 wires
Power Supply	V DC Stabilized	V DC Stabilized
Pin 1	Power Supply +	Power Supply +
Pin 2	Signal 4-20mA	Signal 0-10V
Pin 3	/	Alimentazione ND
Pin 4	/	/

Рис. 4.4 Перетворювач тиску “TR” перетворювач тиску з передньою мембраною.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

38

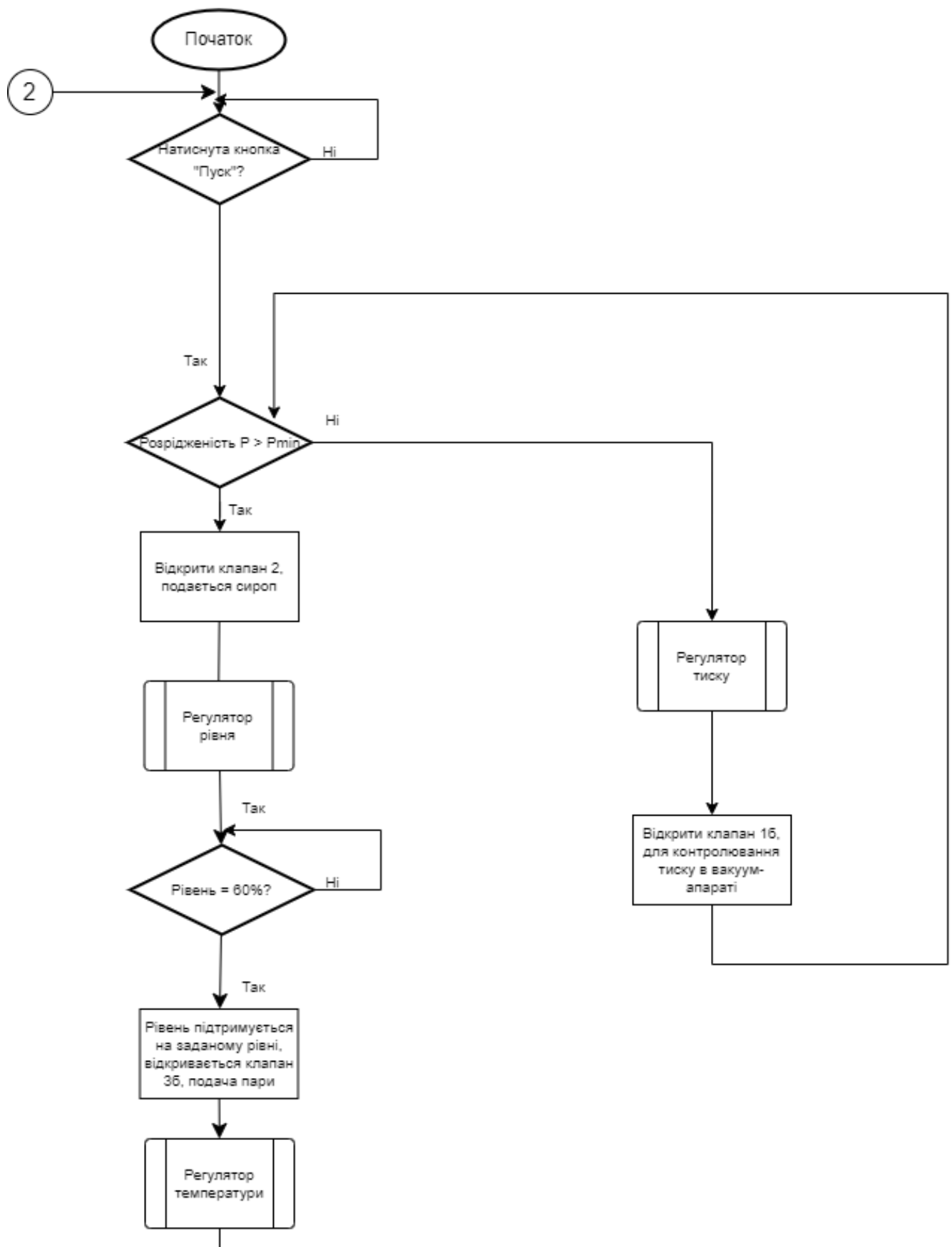
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

На рис. 5.1 зображено алгоритм виробництва процесу кристалізації цукру.

Уся програма розроблена на контролері M340 в програмному забезпеченні Unity Pro. У ньому можливо налаштувати модулі, датчики, виконавчі механізми та регулюючі органи згідно наших потреб. Сама програма поділена на 8 секцій, які розроблені на мові FBD:

- SIMULATION (яка відповідає за імітацію процесів).
- INPUTS (яка відповідає за обробку вхідних сигналів).
- PRODUCTION_FBD (яка відповідає за весь алгоритм програми)
- LOOP_LC1 (відповідає за налаштування ПІ-регулятора для регулювання рівня).
- LOOP_TC1 (відповідає за налаштування ПІ-регулятора для регулювання температури).
- LOOP_QC1 (відповідає за налаштування ПІ-регулятора для регулювання перенасичення).
- LOOP_PC1 (відповідає за налаштування ПІ-регулятора для регулювання тиску).
- OUTPUTS (відповідає за обробку вихідних сигналів).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Юрін В.В.			<i>Розробка системи автоматизації кристалізації цукру</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
		Клименко О.М.					39	11
		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
		Проскурка Є.С.						



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

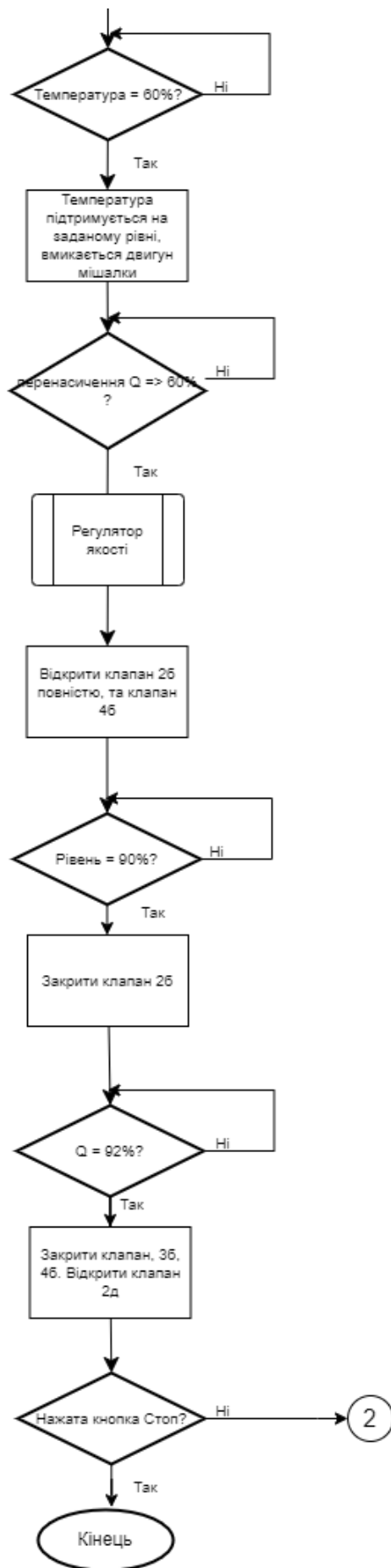


Рис. 5.1 Блок схема алгоритму для процесу кристалізації цукру.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

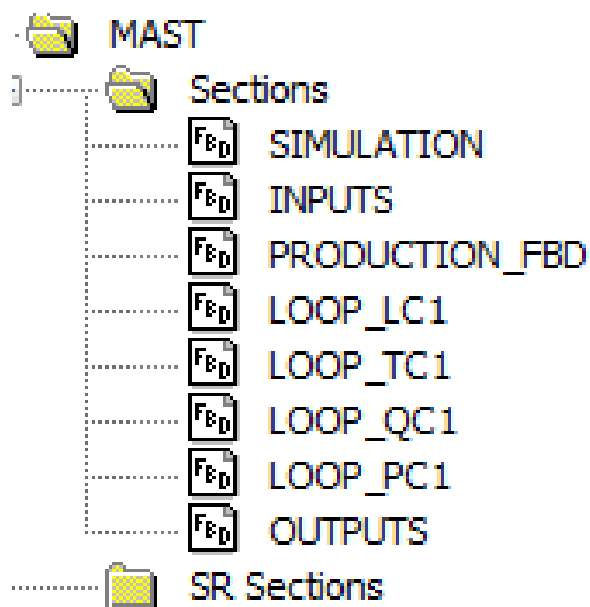


Рис. 5.2 Секції програми

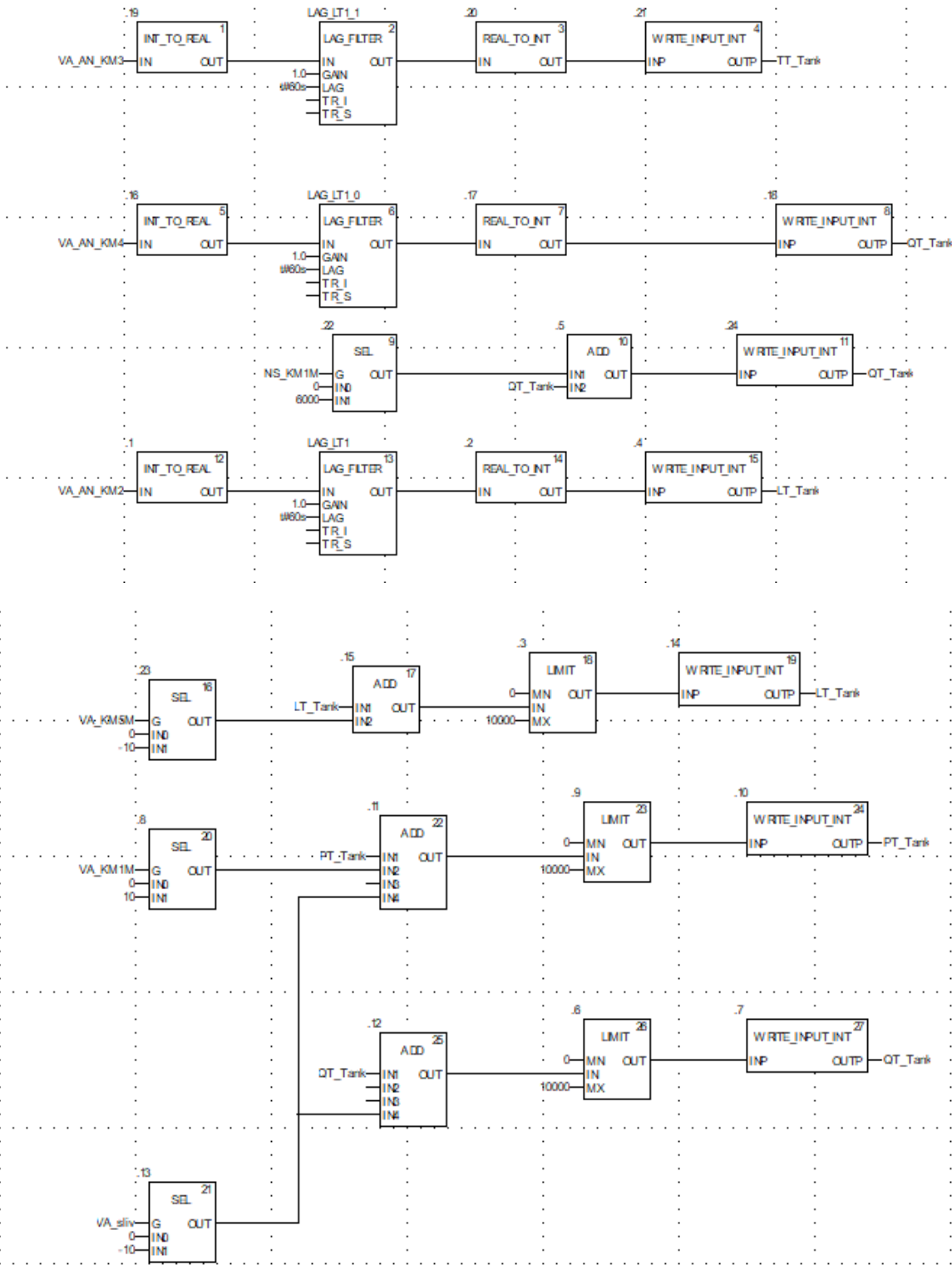


Рис. 5.3 Код програми на FBD для SIMULATION

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

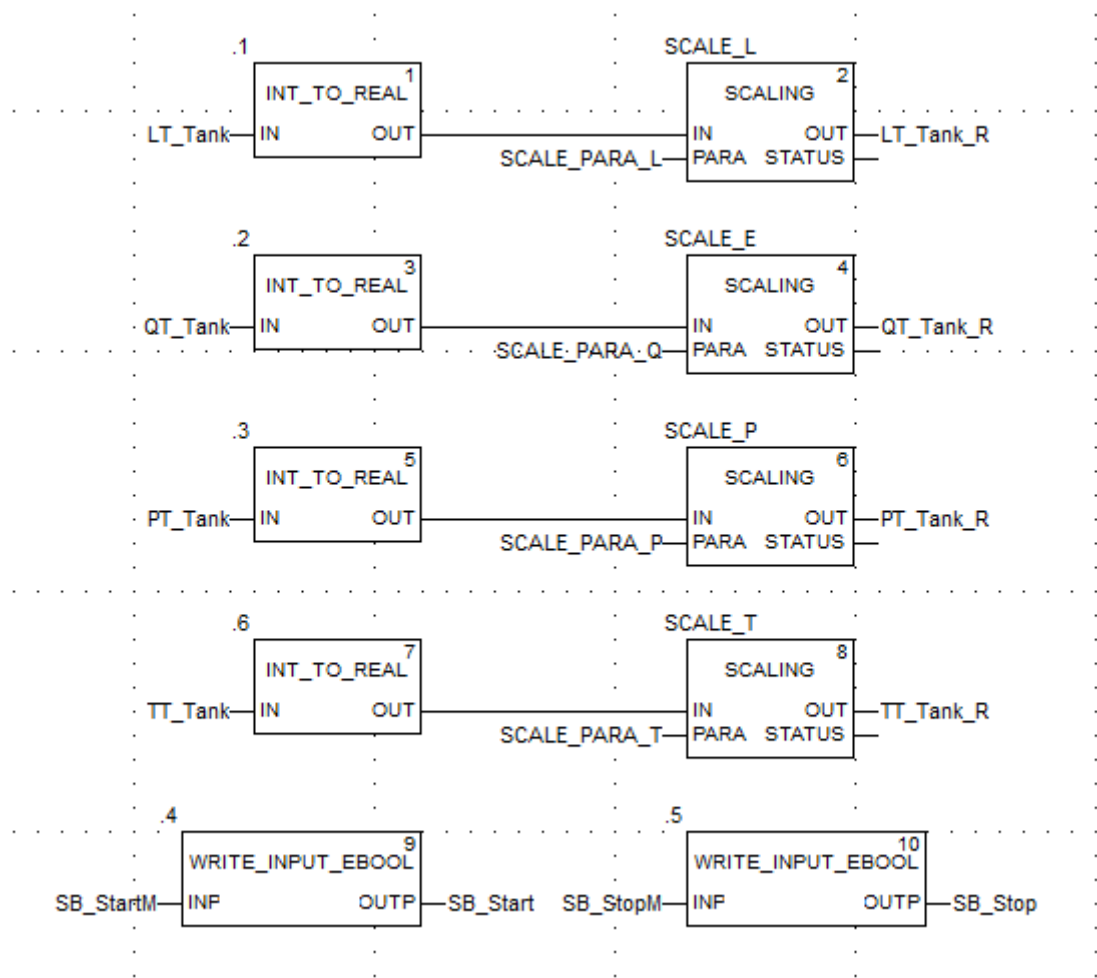
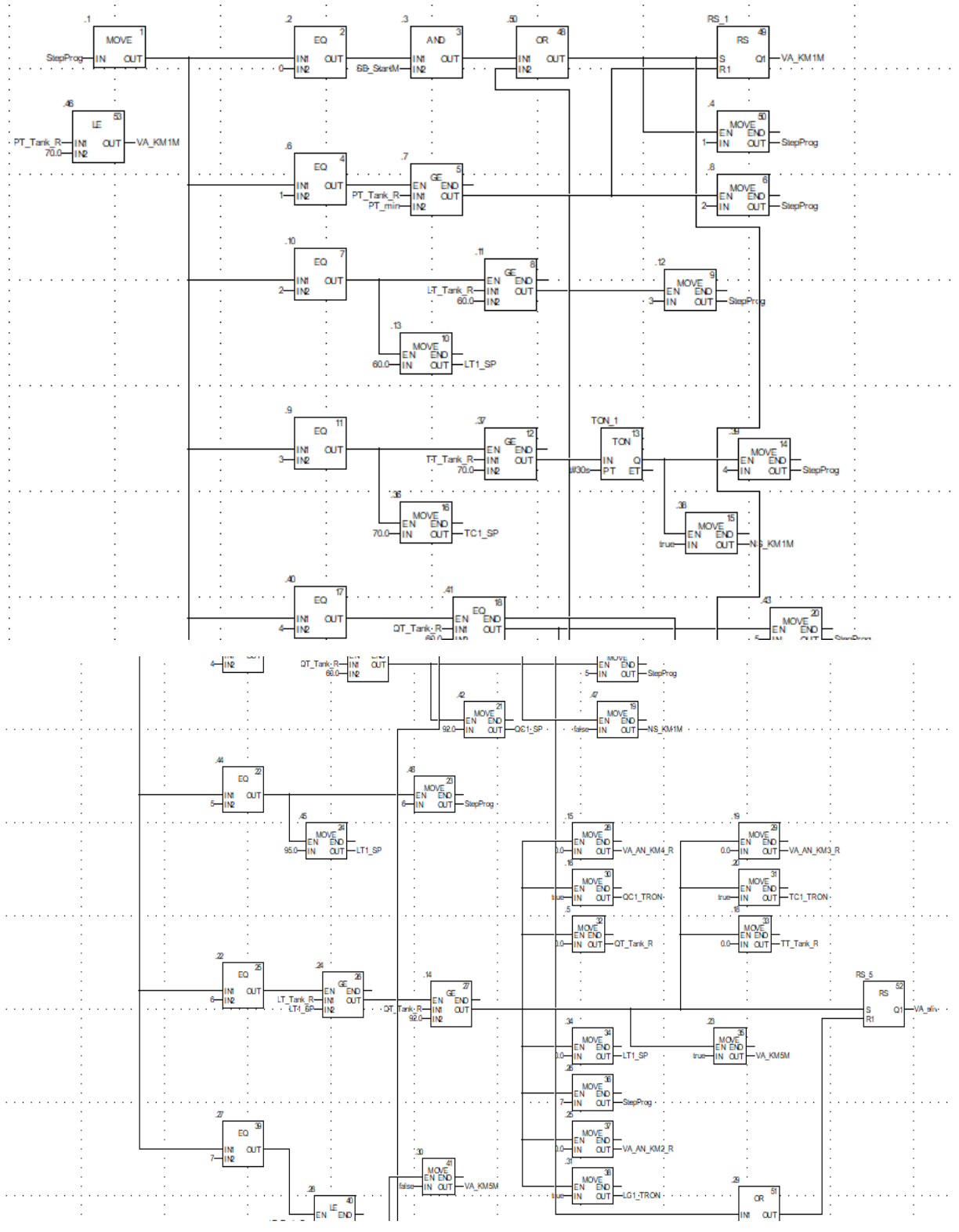


Рис. 5.4 Секція INPUTS



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

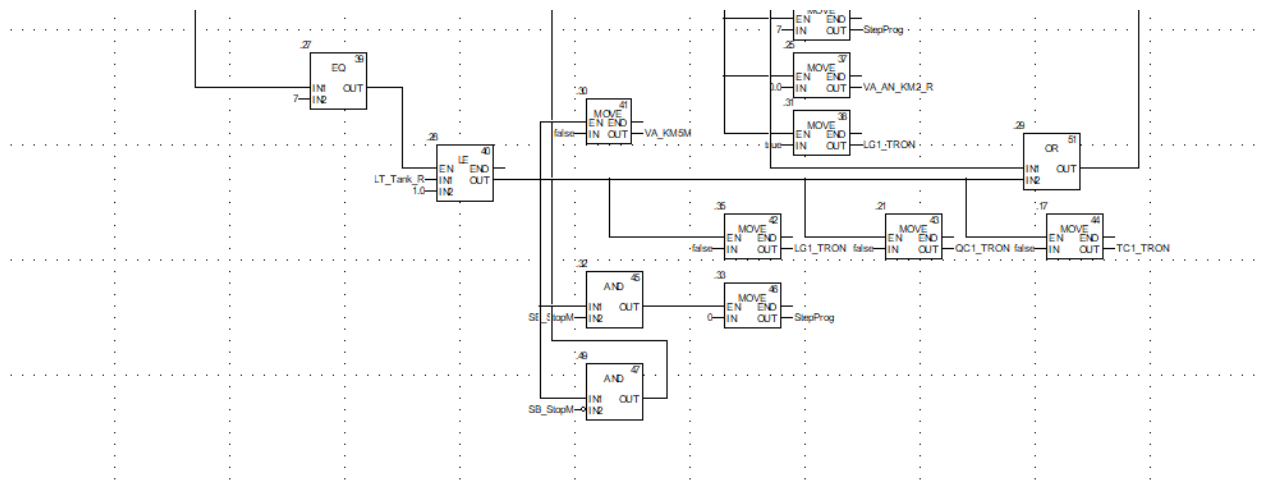


Рис. 5.5 Секція основної програми в PRODUCTION_FBD

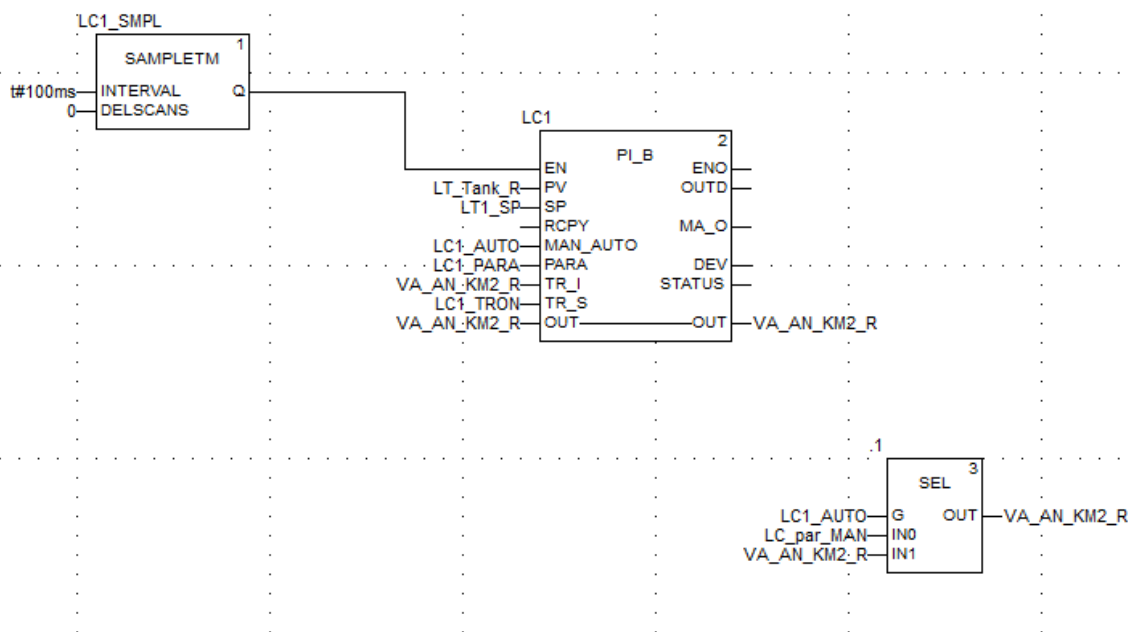


Рис. 5.6 Секція регулювання рівня

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

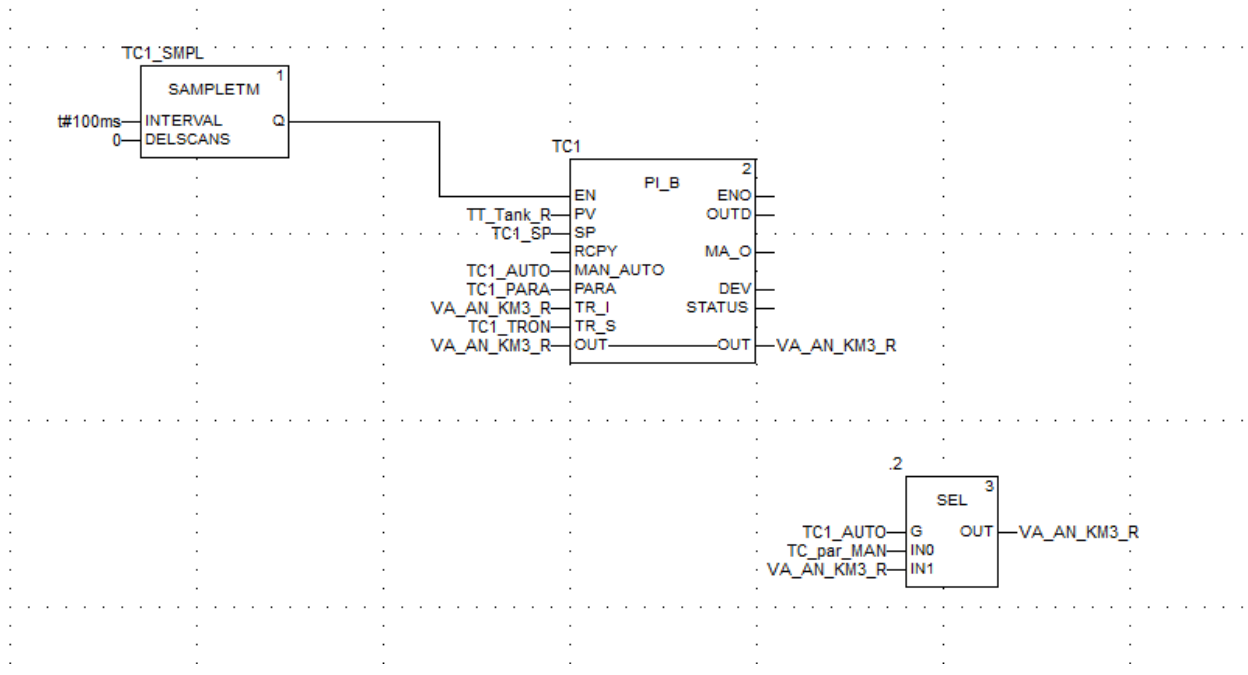


Рис. 5.7 Секція регулювання температури.

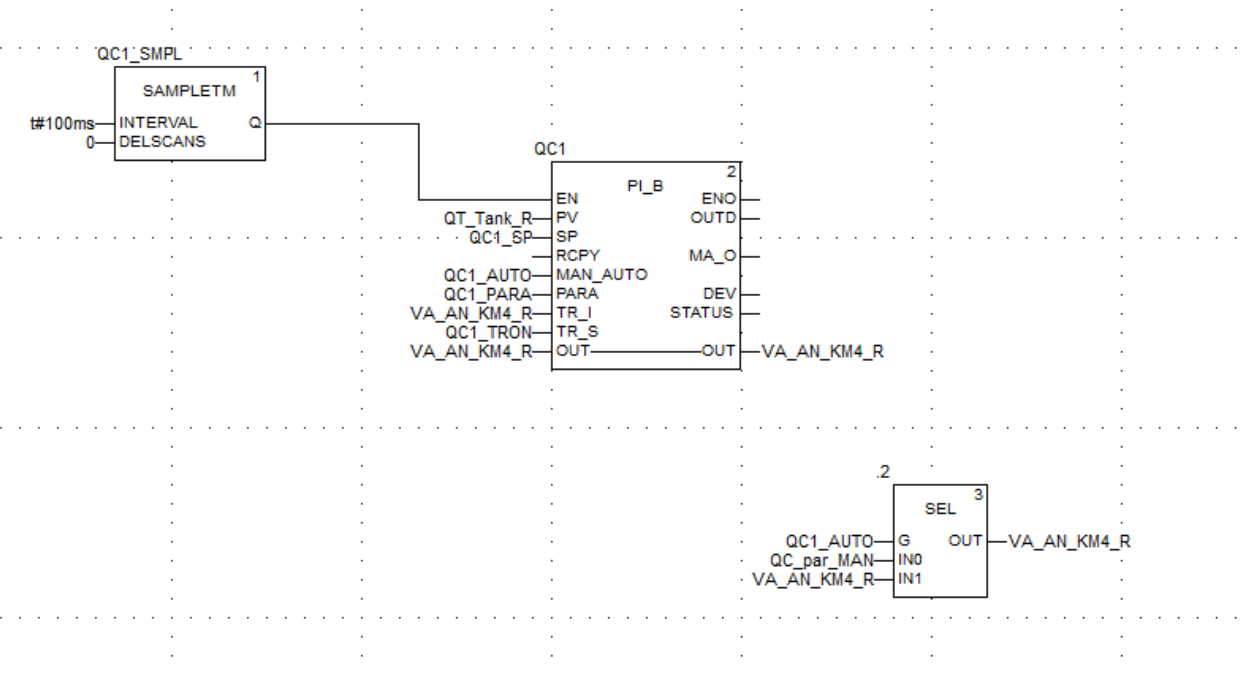


Рис. 5.8 Секція регулювання якості.

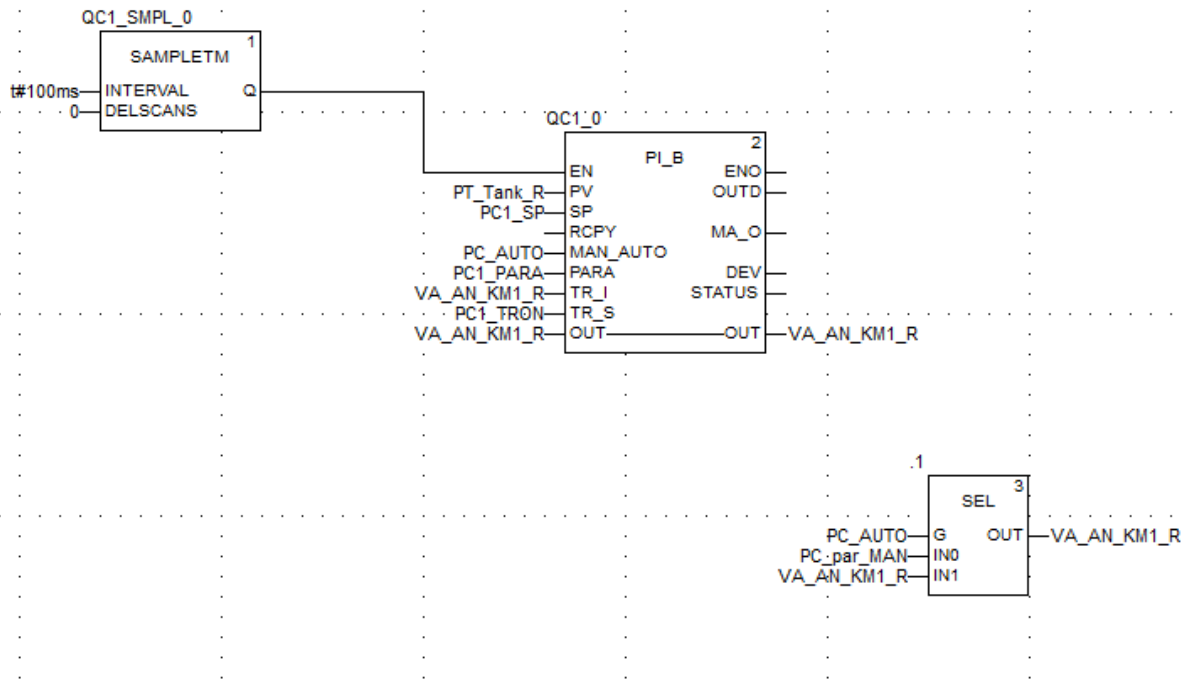


Рис. 5.9 Секція регулювання тиску.

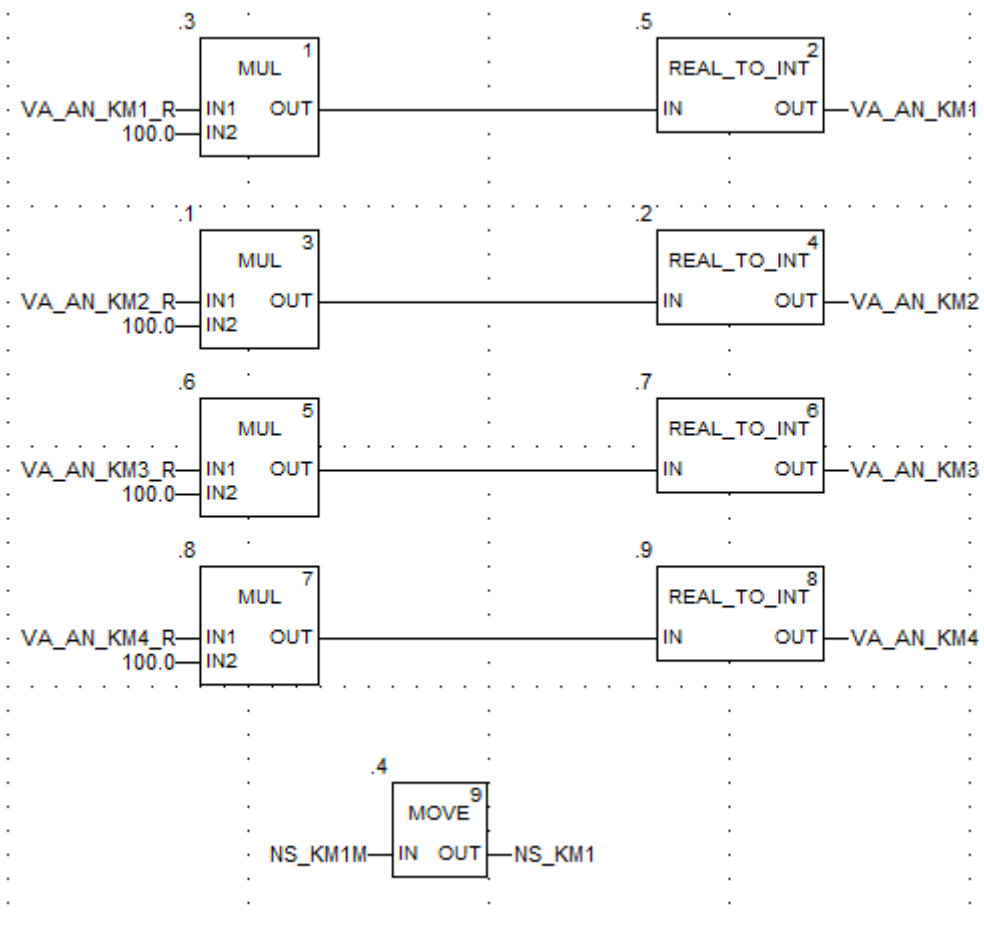


Рис. 5.10 Секція обробки вихідних сигналів.

●	LC1_AUTO	BOOL	TRUE				%MW149
+	LC1_PARA	Para_PI_B					%MW200
●	LC1_TRON	BOOL					%MW148.6
●	LC_par_MAN	REAL					%MW116
●	LT1_SP	REAL					%MW118
●	LT_Tank	INT					%IW0.3.1
●	LT_Tank_R	REAL					%MW120
●	NS_KM1	EBOOL					%Q0.2.2
●	NS_KM1M	BOOL					%MW148.5
●	PT_min	REAL	60.0				%MW122
●	PT_Tank	INT					%IW0.3.0
●	PT_Tank_R	REAL					%MW124
●	QC1_AUTO	BOOL	TRUE				%MW150
+	QC1_PARA	Para_PI_B					%MW220
●	QC1_SP	REAL					%MW126
●	QC1_TRON	BOOL					%MW148.7
●	QC_par_MAN	REAL					%MW128
●	QT_end	REAL	90.0				%MW130
●	QT_pack	REAL	60.0				%MW132
●	QT_Tank	INT					%IW0.3.2
●	QT_Tank_R	REAL					%MW134
●	SB_Start	EBOOL					%IO.1.0
●	SB_StartM	BOOL					%MW148.0
●	SB_Stop	EBOOL					%IO.1.1
●	SB_StopM	BOOL					%MW148.1
+	SCALE_PARA_L	Para_SCALI...					%MW260
+	SCALE_PARA_P	Para_SCALI...					%MW280
+	SCALE_PARA_Q	Para_SCALI...					%MW300
+	SCALE_PARA_T	Para_SCALI...					%MW320
●	StepProg	INT					%MW100
●	TC1_AUTO	BOOL	TRUE				%MW151
+	TC1_PARA	Para_PI_B					%MW240
●	TC1_SP	REAL					%MW136
●	TC1_TRON	BOOL					%MW152.0
●	TC_par_MAN	REAL					%MW138
●	TT_Tank	INT					%IW0.3.3
●	TT_Tank_R	REAL					%MW140
●	VA_AN_KM2	INT					%QW0.4.0
●	VA_AN_KM2_R	REAL					%MW142
●	VA_AN_KM3	INT					%QW0.4.1
●	VA_AN_KM3_R	REAL					%MW144
●	VA_AN_KM4	INT					%QW0.4.2
●	VA_AN_KM4_R	REAL					%MW146
●	VA_KM5	EBOOL					%Q0.2.1
●	VA_KM5M	BOOL					%MW152.2
●	VA_sliv	BOOL					%MW152.3
●	PC1_SP	REAL					%MW330
●	VA_AN_KM1	INT					%QW0.4.3
●	VA_AN_KM1_R	REAL					%MW332
●	PC_AUTO	BOOL					%MW152.4
+	PC1_PARA	Para_PI_B					%MW334
●	PC1_TRON	BOOL					%MW152.5
●	PC_par_MAN	REAL					%MW352
●	VA_KM1M	BOOL					

Рис. 5.11 Змінні в Unity Pro

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

6.1 Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI

Весь проект для HMI був розроблений у програмному забезпеченні Citect Studio. У даному проекті були розроблені теги для відображення елементів автоматизації на мнемосхемах. Також, було розроблено аналогові аларми, джиги і т.і.

У наведеній таблиці нижче зображено змінні теги, які використовувались в проекті.

Таблиця 6.1. Таблиця змінних

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
SB_Start	%I0.1.0	0	1	0	1	BOOL
SB_Stop	%I0.1.1	0	1	0	1	BOOL
TT_Tank	%IW0.3.0	0	10000	0	100	INT
LT_Tank	%IW0.3.1	0	10000	0	100	INT
PT_Tank	%IW0.3.2	0	10000	0	100	INT
QT_Tank	%IW0.3.4	0	10000	0	100	INT
VA_KM1	%Q0.2.0	0	1	0	1	BOOL
VA_KM5	%Q0.2.1	0	1	0	1	BOOL
NS_MS1	%Q0.2.2	0	1	0	1	BOOL
VA_AN_KM2	%QW0.4.0	0	10000	0	100	INT
VA_AN_KM3	%QW0.4.1	0	10000	0	100	INT

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Юрін В.В.			Розробка системи автоматизації кристалізації цукру	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Клименко О.М.					50	6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

VA_AN_KM4	%QW0.4.2	0	10000	0	100	INT
LT1_SP	%MW118	0	100	0	100	REAL
LT_TANK_R	%MW120	0	100	0	100	REAL
LC1_AUTO	%MW149	0				DIGITAL
LC_PAR_MAN	%MW116	0	100	0	100	REAL
LC1_PARA_kp	%MW210	0	10	0	10	REAL
LC1_PARA_ti	%MW212	0	3600	0	36000000	LONG
LC1_PARA_pv_inf	%MW201	0	100	0	100	REAL
LC1_PARA_pv_out	%MW203	0	100	0	100	REAL
LC1_PARA_out_inf	%MW205	0	100	0	100	REAL
LC1_PARA_out_sup	%MW207	0	100	0	100	REAL
LC1_PARA_dband	%MW214	0	100	0	100	REAL
LC1_PARA_outbias	%MW216	0	100	0	100	REAL
PT_TANK_R	%MW124	0	100	0	100	REAL
PT_min	%MW122	0	100	0	100	REAL
QC_SP1	%MW126	0	100	0	100	REAL
QT_TANK_R	%MW134	0	100	0	100	REAL
QT_PACK	%MW132	0	100	0	100	REAL
QT_END	%MW130	0	100	0	100	REAL
QC_PAR_MAN	%MW128	0	100	0	100	REAL
QC1_PARA_kp	%MW230	0	10	0	10	REAL
QC1_PARA_ti	%MW232	0	3600	0	36000000	LONG
QC1_PARA_pv_inf	%MW221	0	100	0	100	REAL
QC1_PARA_pv_out	%MW223	0	100	0	100	REAL
QC1_PARA_out_inf	%MW225	0	100	0	100	REAL
QC1_PARA_out_sup	%MW227	0	100	0	100	REAL
QC1_PARA_dband	%MW234	0	100	0	100	REAL
QC1_PARA_outbias	%MW236	0	100	0	100	REAL
TC1_AUTO	%MW151	0				DIGITAL
TC1_SP	%MW136	0	100	0	100	REAL
TC_PAR_MAN	%MW138	0	100	0	100	REAL
TT_TANK_R	%MW140	0	100	0	100	REAL
TC1_PARA_kp	%MW234	0	10	0	10	REAL
TC1_PARA_ti	%MW236	0	3600	0	36000000	LONG
TC1_PARA_pv_inf	%MW225	0	100	0	100	REAL
TC1_PARA_pv_out	%MW227	0	100	0	100	REAL
TC1_PARA_out_inf	%MW229	0	100	0	100	REAL
TC1_PARA_out_sup	%MW231	0	100	0	100	REAL
TC1_PARA_dband	%MW238	0	100	0	100	REAL
TC1_PARA_outbias	%MW240	0	100	0	100	REAL

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

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Загальною мнемосхемою, яка виводиться на дисплей, коли проект запущен є процес кристалізації цукру у вакуумній машині (рис. 6.1).

Дана мнемосхема дає нам можливість побачити, які регулюючі органи запущені в даний час і самим їх активувати в ручному режимі. Також, можна завдати коефіцієнти для ПІ- регуляторів і управляти усію системою.

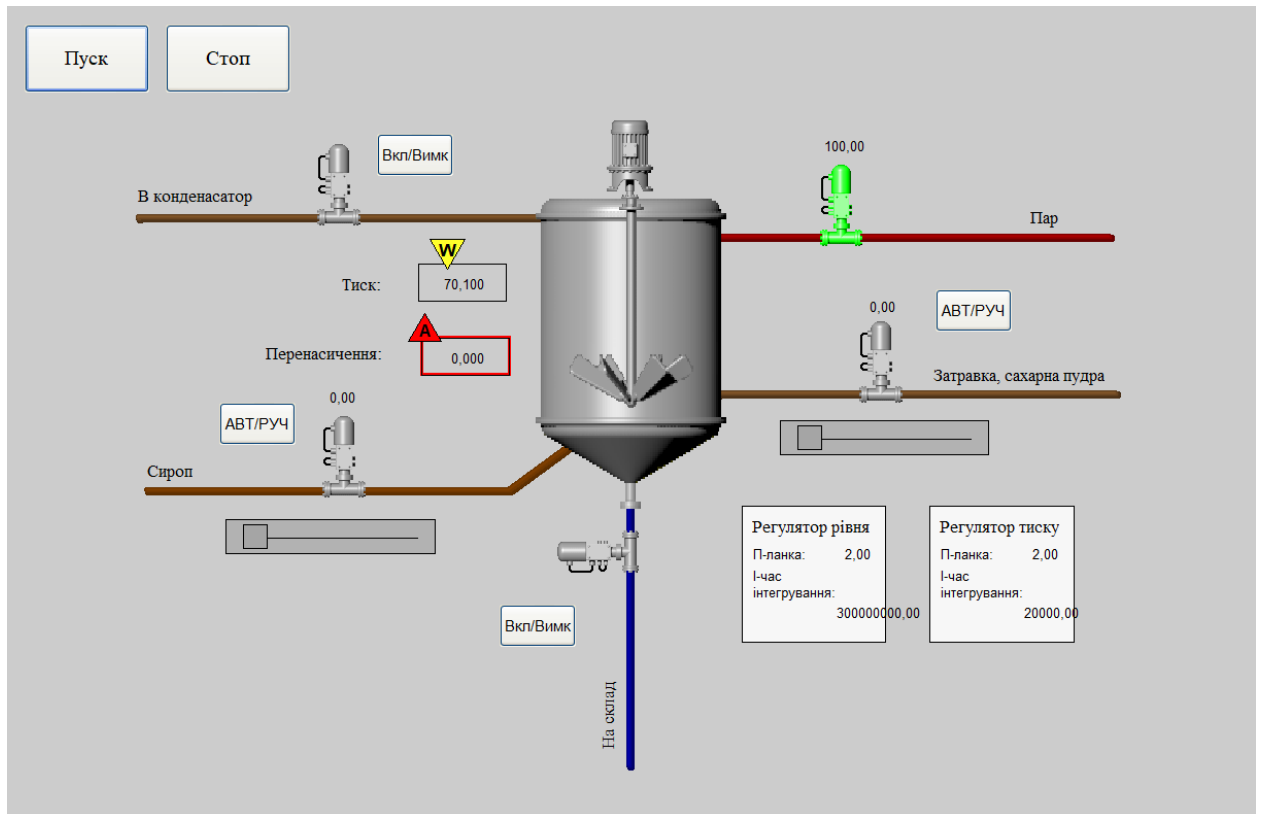


Рис. 6.1 Мнемосхема процесу кристалізації цукру у вакуумному апараті.

Окрім, загальної мнемосхеми вакуум апарата в проекті наявна мнемосхема операторського екрану, на якому можливо налаштувати ПІ-регулятор температури під наші потреби (рис. 6.2). Є можливість онлайн в режимі побачити тренд зміни температури, уставки та регулюючого органу і записати ці дані за допомогою кнопки ОК.

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

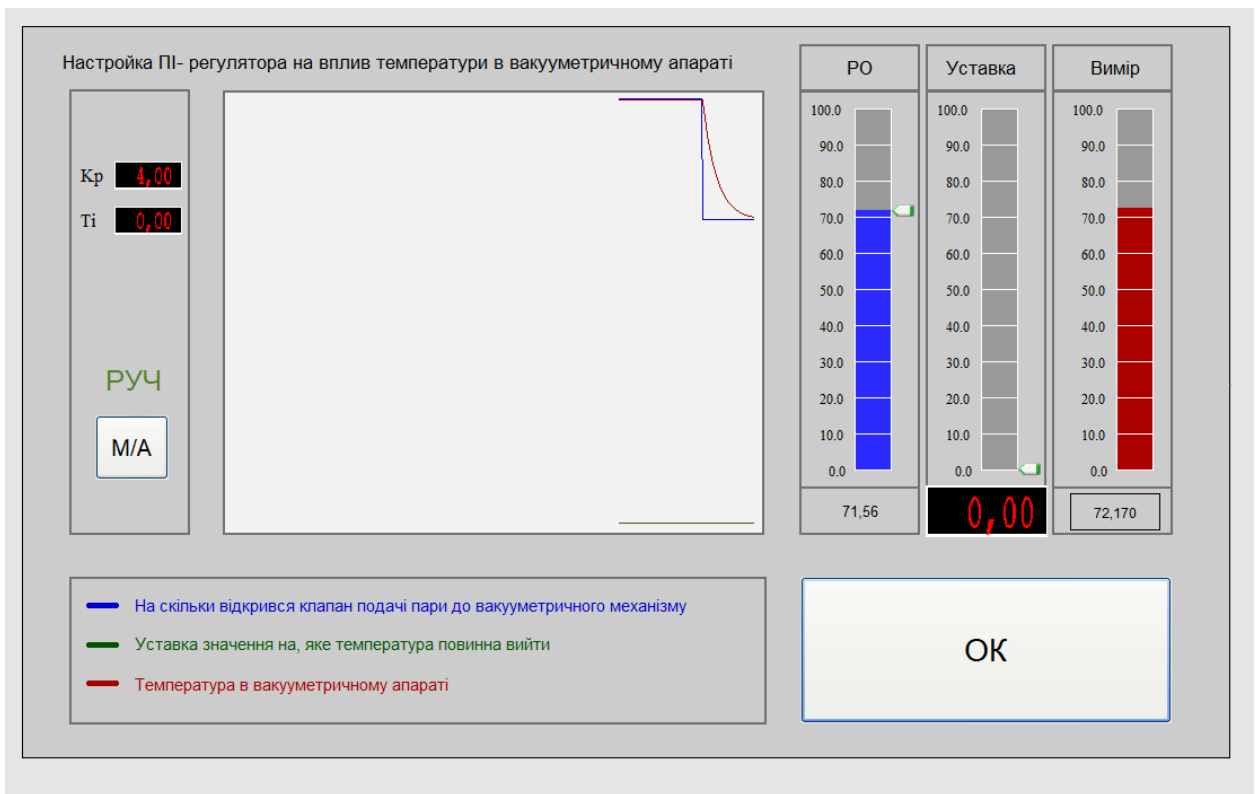


Рис. 6.2 Мнемосхема настройка ПИ- регулятора температури

Як можна побачити з рис. 6.1 в даному проекті реалізовані аналогові тривоги, які ми створили для контролю процесу. Програмно вони реалізовані в Citect в меню Модель Системи на вкладці аларми (рис. 6.3).

Тег аларма	Название аларма	Категория	Заданное значение	Переменный тег	Критически высокий	Высокий	Низкий	Критически низкий
TT_TANK_R_WRN_DEA	Температура в вакуум апараті відхилилася від заданого	2	TC1_SP	TT_TANK_R				
TT_TANK_R_WRN	Температура відхилилася	2		TT_TANK_R		80		
TT_TANK_R_ALM	Температура досягла критичного значення	1		TT_TANK_R	90			
QT_TANK_R_WRN_DEA	Якість розчину в вакуум апараті відхилилася від заданого	2	QC_SP1	QT_TANK_R				
QT_TANK_R_WRN	Якість розчину відхилилася	2		QT_TANK_R		95	20	
QT_TANK_R_ALM	Якість розчину досягло критичного значення	1		QT_TANK_R				10
LT_TANK_R_WRN_DEA	Рівень в вакуум апараті відхилився від заданого	2	LT1_SP	LT_TANK_R				
LT_TANK_R_WRN	Рівень в вакуум апараті відхилився	2		LT_TANK_R			5	
LT_TANK_R_ALM	Рівень в вакуум апараті критичний	1		LT_TANK_R				1
PT_TANK_R_WRN	Тиск в вакуум апараті відхилився	2		PT_TANK_R		70		
PT_TANK_R_ALM	Тиск в вакуум апараті зазнав критичного рівня	1		PT_TANK_R	90			

Рис. 6.3 Список аналогових алармів

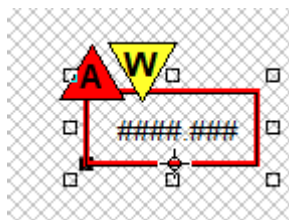


Рис. 6.4 Вигляд джина, який було створено для алармів.

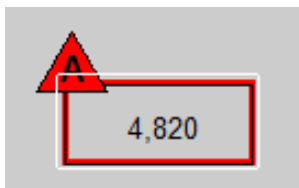


Рис. 6.5 Відображення тривоги, коли значення перенасичення менше допустимого.

		07.06.2023 01:13:03 PT_TANK_R_WRN Тиск в вакуум апараті відхилився HIGH
--	--	--

Рис 6.6 Відображення активних тривог.

На сторінці «Тренди» відображено створені теги, які потім відображаються у графіках.

Имя тега	Тип	Выражение	Период выборки	Комментарий	Число файлов	Период	Время	Метод хранения	Проект
T1_TT1	TRN_PERIODIC	TT_TANK_R	00:00:05	Температура	10	24:00:00	00:00:00	Floating Point (8-byte sar)	Duplom
T1_VAR	TRN_PERIODIC	VA_AN_KM3_R	00:00:05	Клапан подачі пари	10	24:00:00	00:00:00	Floating Point (8-byte sar)	Duplom
T1_SP	TRN_PERIODIC	TC1_SP	00:00:05	Уставка температура	10	24:00:00	00:00:00	Floating Point (8-byte sar)	Duplom
L1_LT1	TRN_PERIODIC	LT_TANK_R	00:00:05	Рівень	10	24:00:00	00:00:00	Floating Point (8-byte sar)	Duplom
Q1_QT1	TRN_PERIODIC	QT_TANK_R	00:00:05	Перенасичення	10	24:00:00	00:00:00	Floating Point (8-byte sar)	Duplom
P1_PT1	TRN_PERIODIC	PT_TANK_R	00:00:05	Тиск	10	24:00:00	00:00:00	Floating Point (8-byte sar)	Duplom

Рис. 6.7 Вкладка Тренди.

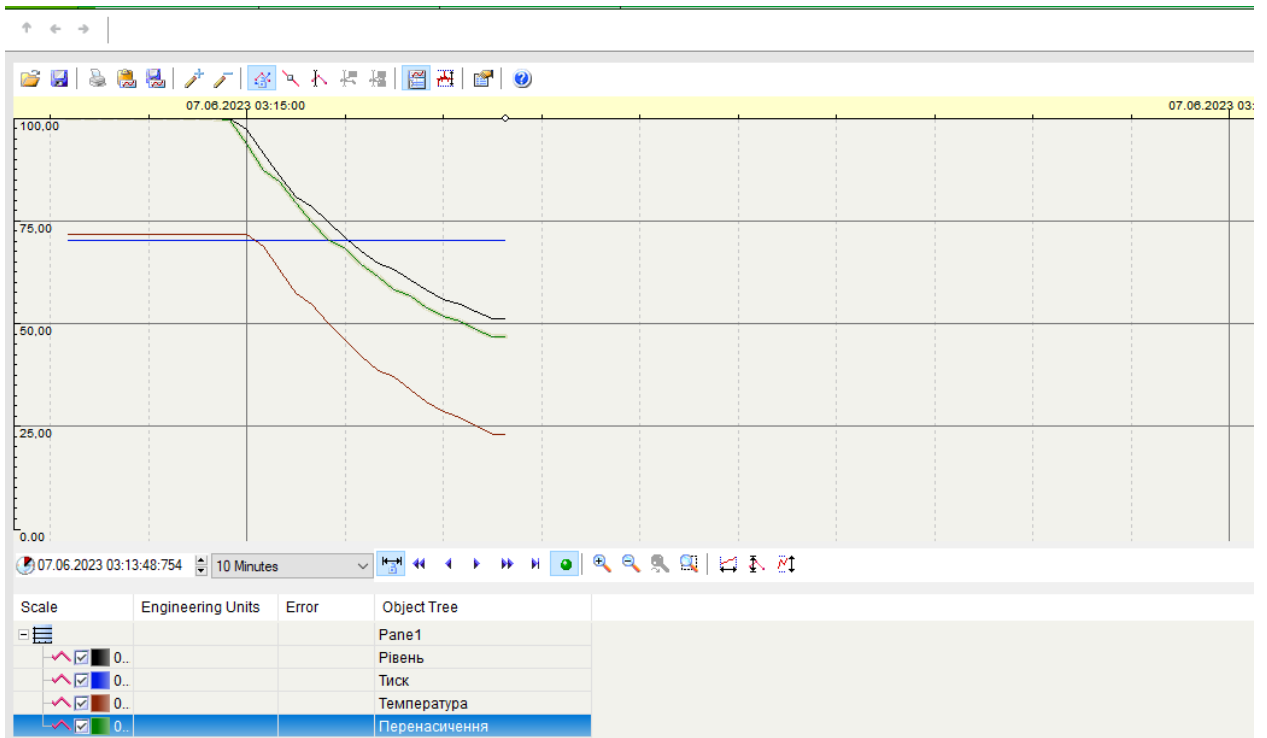


Рис. 6.8 Відображення трендів температури, рівня, перенасичення та тиску.

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1 Постановка задачі дослідження

При процесі кристалізації цукру існує дуже багато параметрів, котрих потрібно регулювати та підвищувати їх якісні показники. В даному розділі я хотів би описати процес регулювання температури, визначити для неї настройки для II та III – регуляторів за допомогою комп'ютерного моделювання. ПЗ, яке буде використовуватись для математичного моделювання буде MATLAB (Simulink). Метод за яким буде проводитись підбір коефіцієнтів для регуляторів є метод Циглера-Нікольсона. На рис. 7.1 зображено схема регулювання температури в вакууметричному апараті.

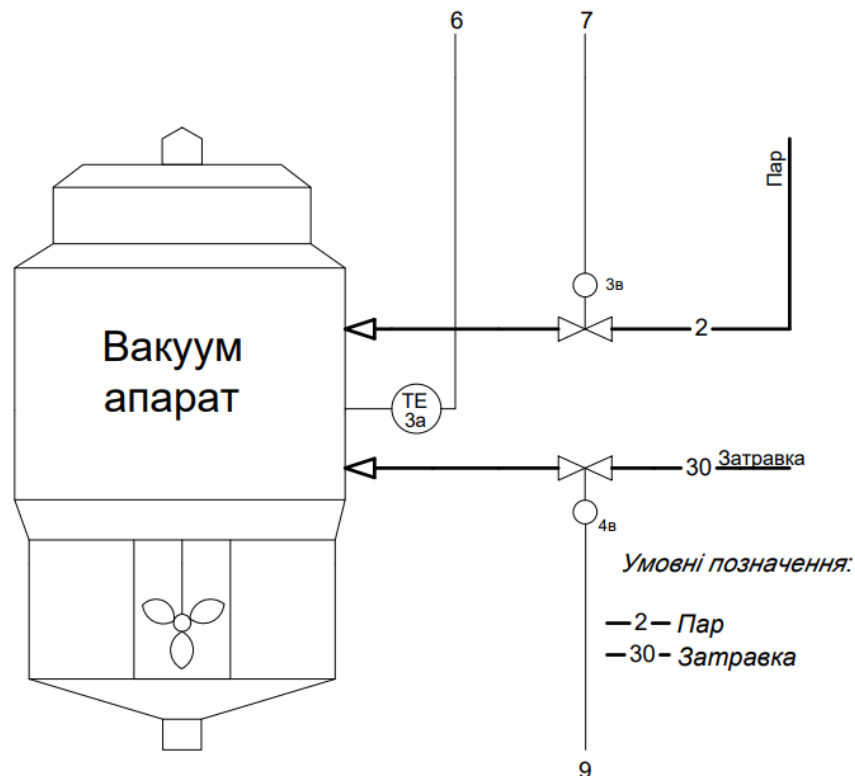


Рис. 7.1 Регулювання температури в вакууметричному апараті.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Юрін В.В.			<i>Розробка системи автоматизації кристалізації цукру</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Клименко О.М.					56	10
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

7.2 Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Згідно до завдання першочергово потрібно побудувати параметричну схему для зображення об'єкта керування, основного та допоміжних збурень, а також регульовану змінну (рис. 7.2).



Рис. 7.2 Параметрична схема об'єкта керування

$Z_1(t)$ – початкова температура бродильної суміші, °C;

$Z_2(t)$ – температура затравки, яка подається до вакууметричного апарату;

$U(t)$ – керування клапаном подачі пари до апарату % Х.Р.О. (% ходу регулюючого органу);

$Y(t)$ – температура розчину, °C;

Сам об'єкт автоматизації будемо позначати у вигляді аперіодичної ланки 1 порядку. Також будемо використовувати ланку запізнювання (рис. 7.3)

Щодо керувальної дії та збурень вони будуть представлені у вигляді блоків Step, які наявні у Simulink. Параметри блока Step для керувальної дії та основного збурення $Z_1(t)$ однакові, а щодо $Z_2(t)$, оскільки, затравка подається після того як температура досягне певного значення (70 °C), у блоці Sample time вказано значення 350 (рис. 7.5).

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

Аперіодична ланка 1 порядку:

$$W_1(s) = \frac{k}{Ts + 1}$$

Ланка запізнювання:

$$W_2(s) = e^{\tau_{зп}s}$$

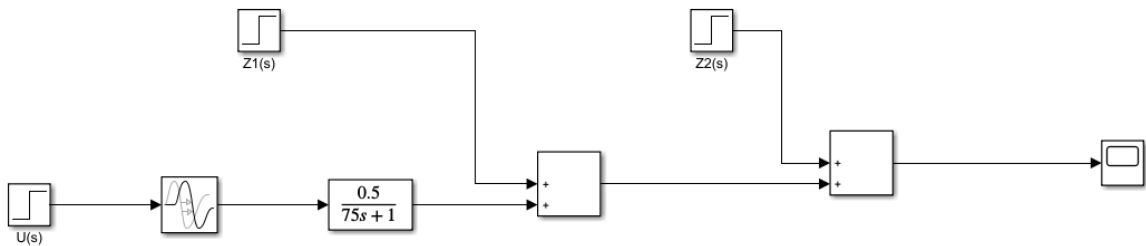


Рис. 7.3 Математична модель температури у вакуум – апараті.

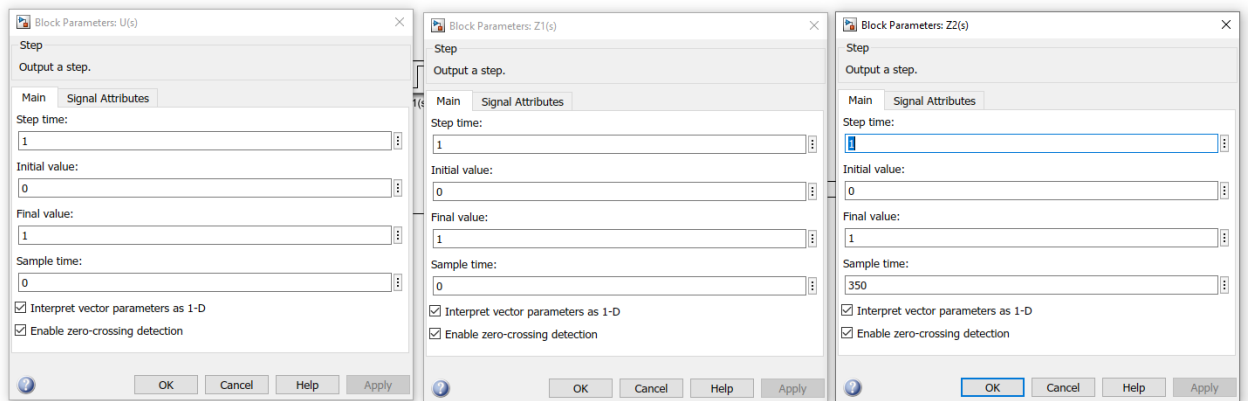


Рис. 7.4 Параметри керувальної дії та збурень, які задані через блок Step

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

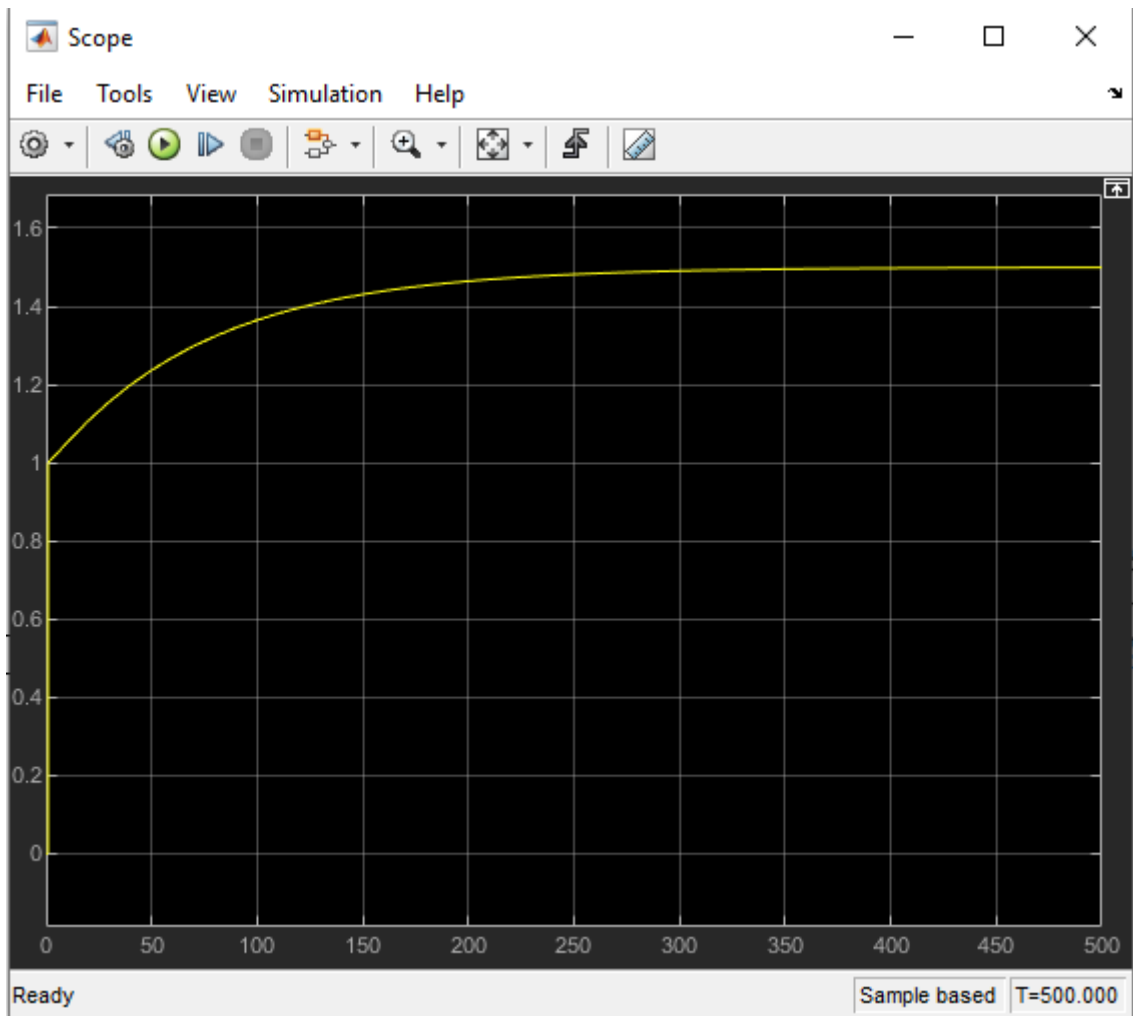


Рис. 7.5 Крива розгону при включеній керувальній дії та основного збурення.

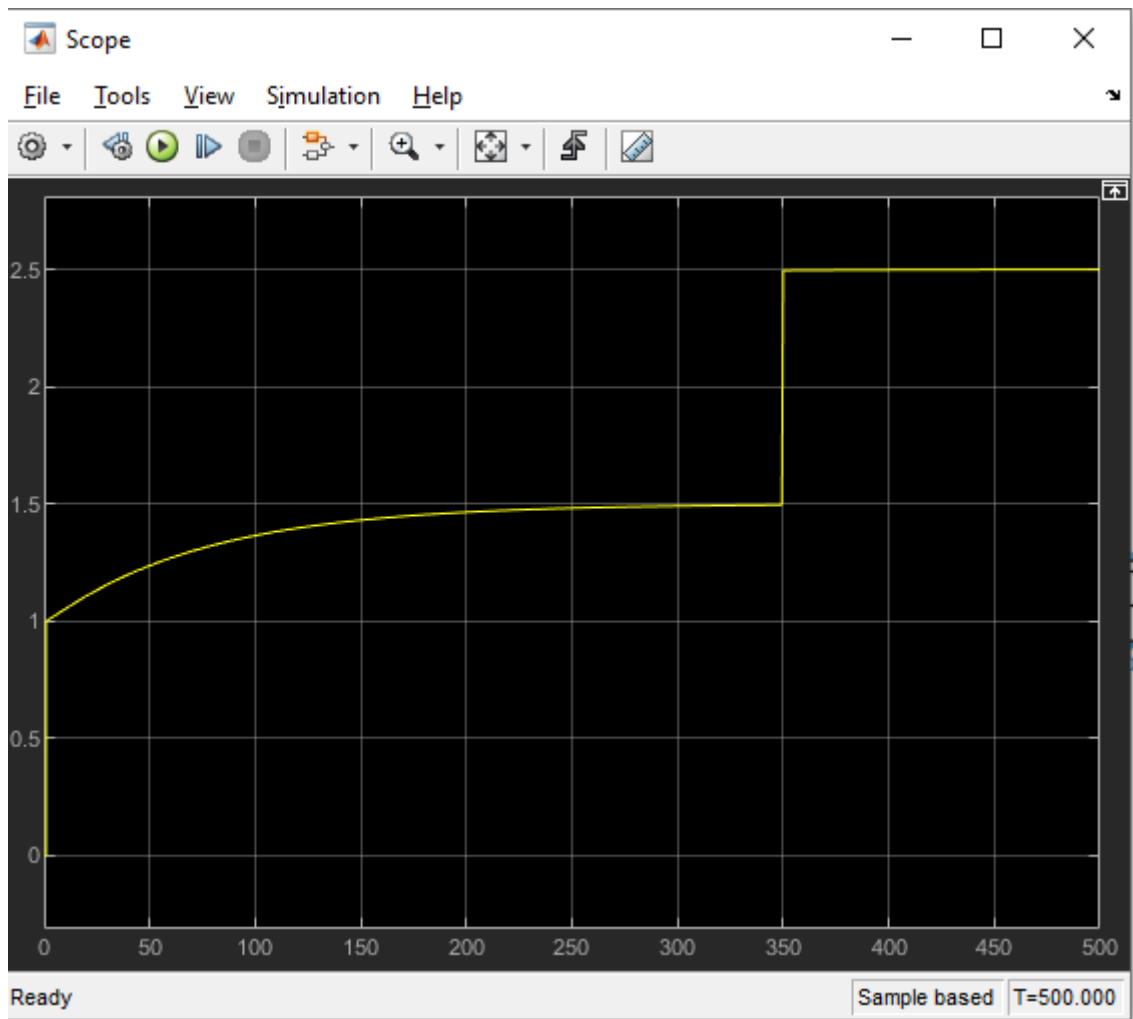


Рис. 7.6 Крива розгону при включених керувальній дії та усіх збуреннях.

7.3 Моделювання САР

За методом Циглера-Ніколса проведемо дослід системи автоматичного регулювання з П-регулятором. Знайдемо для моделі такий параметр для П-регулятора за яким перехідний процес системи автоматичного регулювання вийде на режим автоколивання (рис. 7.7).

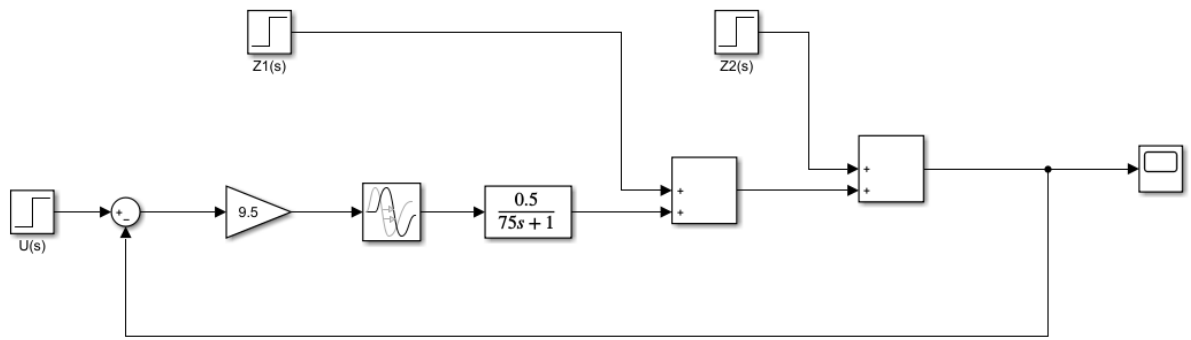


Рис. 7.7 САР вакуумного апарату з П-регулятором.

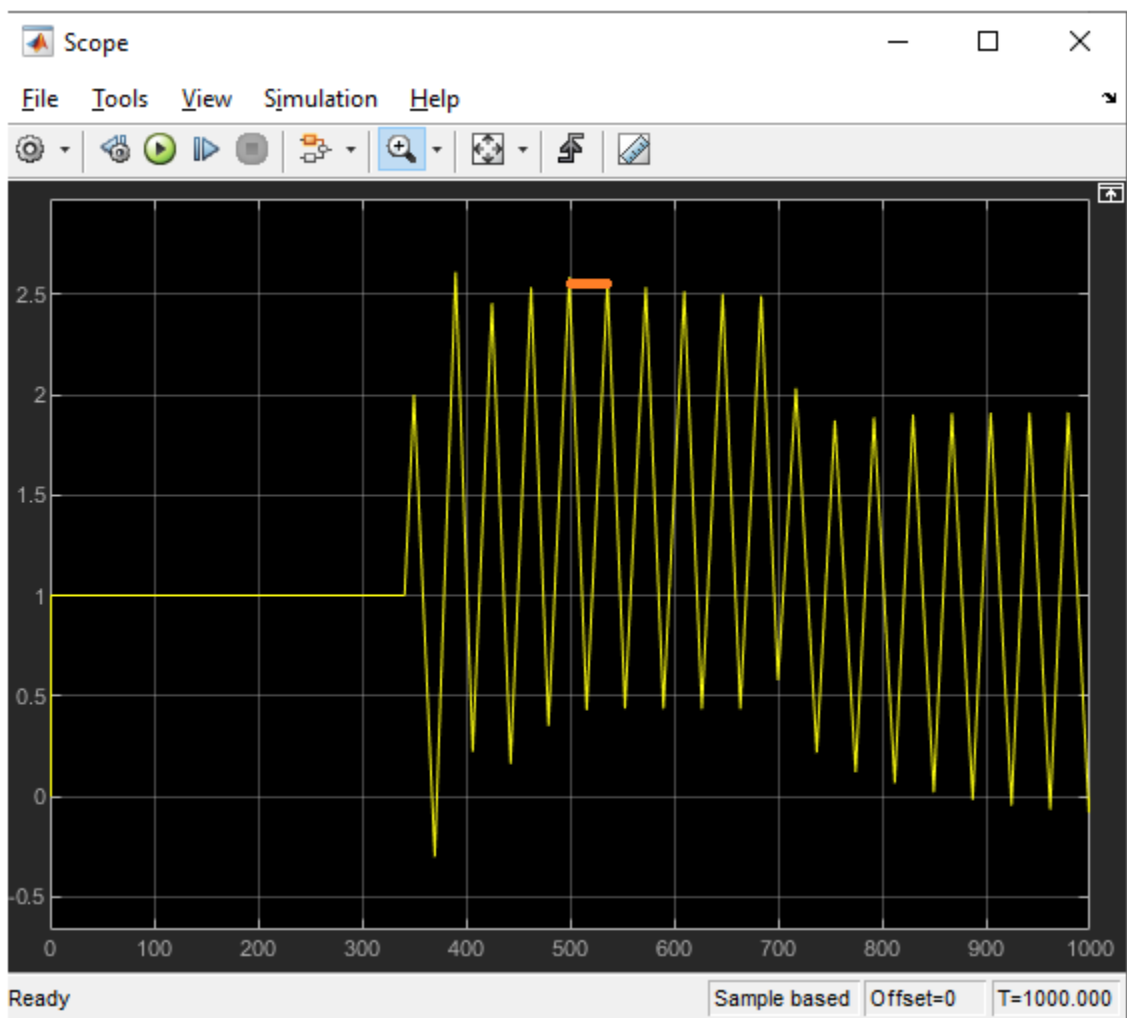


Рис. 7.8 Режим автоколивань у перехідному процесі.

При $K_{\text{п}} = 9,5$, значення періода коливань дорівнює $= 42$. Тепер за методом Циглера-Ніколса визначимо оптимальні параметри для П- та ПІ-

регуляторів. Формули для визначення оптимальних параметрів зазначено нижче.

Для П-регулятора

$$K_{p.опт} = 0,55K_{p.кр.}$$

Для ІІ-регулятора

$$K_{p.опт} = 0,35K_{p.кр.}; T_{інт.опт} = 1,25T_{пер.кр.}$$

Математична модель з П-регулятором з оптимальним параметром для регулятора:

$$K_{п.опт.} = 9.5 * 0.55 = 5.225$$

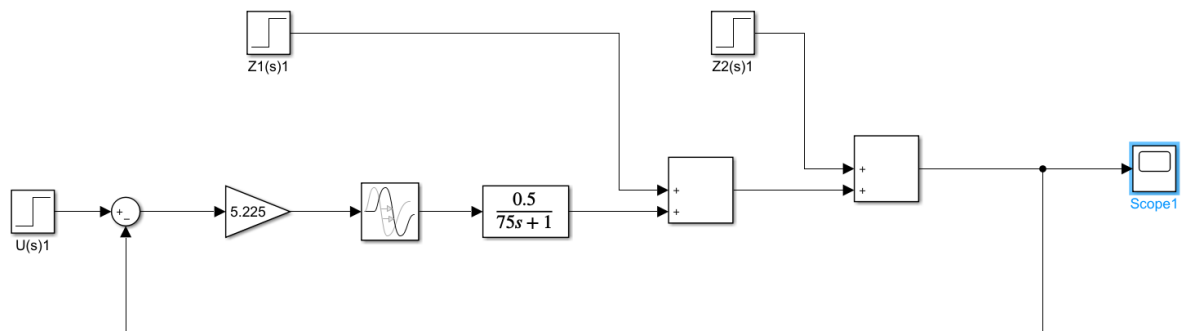


Рис. 7.9 САР вакуумного апарату з оптимальним параметром для П-регулятора.

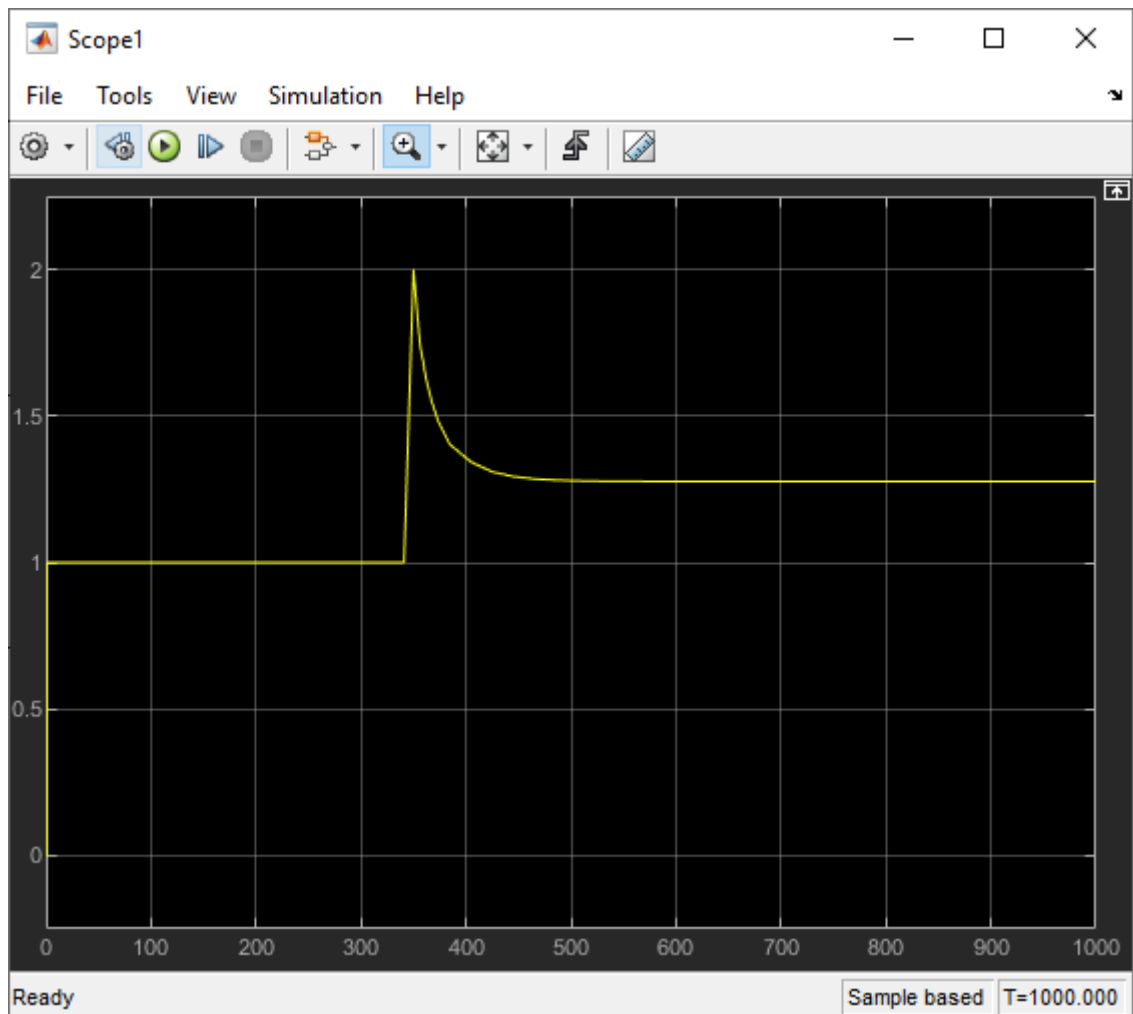


Рис. 7.10 Перехідний процес з П-регулятором з оптимальним параметром.

Статична похибка дорівнює 0.27

Математична модель з ПІ-регулятором з оптимальними параметрами для регулятора:

$$K_{п.опт.} = 9.5 * 0.35 = 3.325$$

$$T_{інт.опт.} = 1.25 * 42 = 52.5$$

$$K_{і.опт.} = \frac{3.325}{52.5} = 0.0633$$

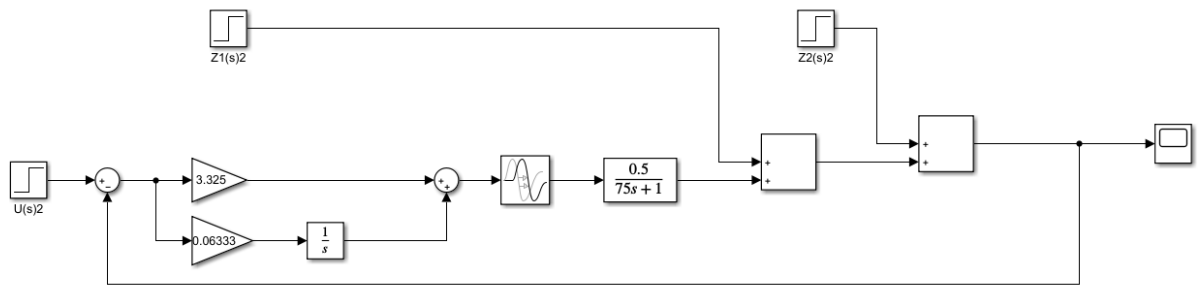


Рис. 7.11 САР температури з оптимальними параметрами для ПІ-регулятора.

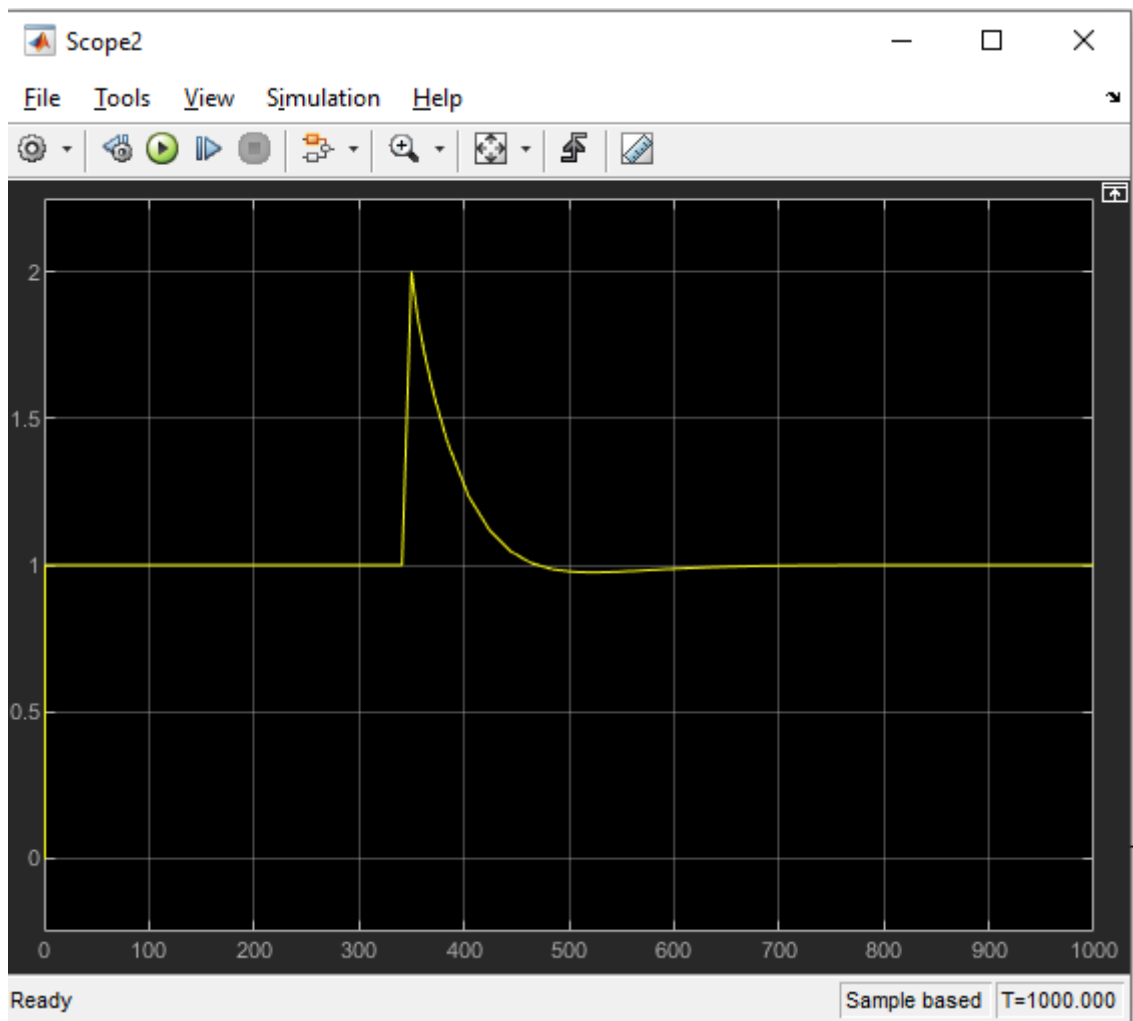


Рис. 7.12 Перехідний процес з оптимальними параметрами для ПІ-регулятора.

7.4 Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Було проведено дослід над САР температури в вакуум-апараті. Була побудована його математична модель.

Завдяки методу Циглера-Нікольсона було отримано такі настройки П- та ІІІ- регуляторів:

Для П- регулятора:

- Оптимальний коефіцієнт пропорційності - $K_{п.опт.} = 5.225$
- Статична похибка – $X = 0.28$
- Відсутність першої, другої та третьої амплітуди (A_1, A_2 та A_3)

Для ІІІ- регулятора:

- Оптимальний коефіцієнт пропорційності - $K_{п.опт.} = 3.325$
- Оптимальний час інтегрування - $T_{інт.опт.} = 52.5$ с
- Оптимальний коефіцієнт інтегрування - $K_{і.опт.} = 0.0633$
- Відсутність другої та третьої амплітуди (A_2 та A_3)
- Незначна динамічна похибка (A_1)
- Відсутність ступіння затування коливаний та перерегулювання

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

ВИСНОВОК

В даній кваліфікаційній роботі було розроблено систему автоматизації кристалізації цукру, було задіяно сучасні технічні засоби автоматизації.

Для програмування логічних елементів було залучено промисловий логічний контролер від фірми Schneider Electric, а саме M340, в програмному середовищі Unity Pro.

Для розробки людино-машинного інтерфейсу було використано програмне забезпечення Citect SCADA версії 2018 року, на якій побудували усі мнемосхеми.

Система автоматизації була розроблена, із залученням новітніх технічних засобів, що дозволяє провести технологічний процес кристалізації цукру оптимально. Це дасть змогу виробляти більш якісний кінцевий продукт, та крім цього, за рахунок сучасних технічних засобів зменшити витрати на виробництві та збільшити прибутковість виробництва цукру.

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

Список використаної літератури

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
2. 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.
3. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
4. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
5. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
6. Vaisala K-PATENTS Process Refractometer PR-23-GP:
<https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/PR-23-GP-Process-Refractometer-B211886EN.pdf#:~:text=The%20PR-23-GP%20refractometer%20determines%20the%20concentration%20of%20dissolved,colour%20or%20temperature%20changes%20in%20the%20process%20medium.>
7. Magnetostrictive Level Meters NMT:
[n2_nmt_alle.indd \(kobold.com\)](http://n2.nmt.alle.indd(kobold.com))
8. Schneider Electric Tesys D-LC1D09F:
<https://www.se.com/ww/en/product/LC1D09F7/contactor-tesys-deca-3p3-no-ac3-ac3e-440v-9a-110v-ac-50-60hz-coil/>
9. ASCO NUMATICS Sentronic LP:
<https://www.emerson.com/documents/automation/catalog-617-sentronic-lp-aventics-en-4275266.pdf>
10. ADCATrol PV25G:
<https://www.valsteam.com/zArchives/Products/344/Files/3-80-e-pv25g-pneumatic-on-off-valves-dn15-100.pdf>
11. TR49.2 FOX:
<https://www.fox.it/inglese/product-details/instrumentation/pressure/pressure-transmitter/series-tr4/>

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

12. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.

13. 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.

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

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

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

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

18. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.

19. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.

20. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smityukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovovii Literatury, 2014.- 240 p.

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

21. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [Текст] : монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
22. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.
23. Методи сучасної теорії управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
24. Системний аналіз складних систем управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
25. Системний аналіз складних систем управління. Практикум. [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)
26. 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.
27. 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.
28. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro [Текст]: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
29. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів [Текст]: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035-6
30. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини [Текст]: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.

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

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

32. 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" наряду 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.

33. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.

34. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.

35. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості [Текст]: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.

36. 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.

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