

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту(декан факультету)

Завідувач кафедри

Андрій ФОРСЮК

доц. Ярослав СМІТЮХ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

« ___ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(код та назва спеціальності)

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

на тему: “Розробка системи автоматизації процесу уварювання карамелі”

Виконав: здобувач 3 курсу, групи ЗАВ-3-1

Ярош Микита Романович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Луцька Наталія Миколаївна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Надія ЧЕРНЕЦЬКА

(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 - 20__ р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Факультет автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації і комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь БАКАЛАВР

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

(код і назва)

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

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри Ярослав СМІТЮХ

“ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ярошу Микиті Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу уварювання карамелі

керівник роботи д.т.н., проф. Луцька Наталія Миколаївна,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від —«19» грудня 2023 року №1001-КС

2. Строк подання здобувачем роботи «14» лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи процес уварювання карамелі, ПЛК160 [M02],

ВО "ОВЕН", компанія Rosemount, ГК "Авангард"

4.Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібнорозробити) Вступ.

1. Характеристика об'єкта автоматизації. 2. Опис функціонування системи

автоматизації та специфікація приладів і засобів автоматизації. 3. Опис схем

підключення датчиків та виконавчих механізмів до програмованого логічного

контролера. 4. Опис схем встановлення технічних засобів. 5. Опис спеціального

програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма

для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.

7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. Висновки.

Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

Схема автоматизації функціональна; Схема підключення дат чиків т а ВМ до ПЛК;

Креслення вст ановлення т ехнічного засобу.

Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглянуто систему автоматизації процесу уварювання карамелі.

Представлено характеристику об'єкта автоматизації, опис функціонування системи автоматизації та специфікацію приладів і засобів автоматизації, опис схем підключення датчиків та виконавчих механізмів до програмованого логічного контролера, схеми встановлення технічного засобу автоматизації – ультразвукового рівнеміра Rosemount 3100.

Розроблено спеціальне програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера Овен ПЛК-160 [M02] та людино-машинний інтерфейс оператора технолога на базі SCADA Trace Mode 6.

Ключові слова: уварювання, карамель, Rosemount 3100, Овен ПЛК-160 [M02], SCADA Trace Mode 6.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Annotation

This qualification work describes the automation system for the process of boiling caramel mass.

A description of the automation object, a description of the functioning of the automation system and a specification of automation devices and means, a description of the connection diagrams of sensors and actuators to the programmable logic controller, installation diagrams of the technical means of automation - ultrasonic level sensor Rosemount 3100 are presented.

The special software for the microprocessor controller Owen PLC-160 [M02] and the human-machine interface of the technologist operator based on SCADA Trace Mode 6 were developed.

Keywords: boiling, caramel, Rosemount 3100, Owen PLC-160 [M02], SCADA Trace Mode 6.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ	6
Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації.	8
1.1 Аналіз технологічної дільниці як об'єкта автоматизації.....	8
1.2 Аналіз технологічного процесу.....	9
1.3 Визначення інформації, необхідної для оцінки стану об'єкта.....	9
1.4 Розробка завдання на систему автоматизації.....	12
Розділ 2. Опис функціонування системи автоматизації та специфікація приладів і засобів автоматизації	16
2.1 Аналіз існуючих систем автоматизації.....	16
2.2 Вибір технічних засобів.....	12
2.3 Вибір місця розташування технічних засобів.....	22
2.4 Схема автоматизації.....	22
Розділ 3. Опис схем підключення датчиків та виконавчих механізмів до програмованого логічного контролера	30
Розділ 4. Опис схем встановлення технічних засобів	38
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	42
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	48
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	49
7.1 Постановка задачі дослідження.....	49
7.2 Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	49
7.3 Моделювання САР.....	50
7.4 Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	55
Висновки	56
Список використаної літератури	57

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ярош М.Р.			Лит.	Лист	Листів
Перевір.						5	
Консульт.					НУХТ, гр. СуФЗАВ-3-1		
Консульт.							
Н. Контр							

*Розробка системи
автоматизації процесу
уварювання карамелі*

Вступ

Процес уварювання карамелі є спільним етапом для багатьох виробів, тому необхідно забезпечити його високу якість. До того ж, він є доволі енергозатратним, так як на всій лінії присутні об'єкти, в більшості з яких необхідно, згідно технологічних вимог, підтримувати високу температуру шляхом подачі гріючої пари. Також, відносно багато енергії необхідно для змішування компонентів та нормальної роботи насоса, який призначений для просування в'язких речовин.

Кондитерська промисловість є однією з найважливіших галузей харчової промисловості України. Три відсотки ВВП країни складає об'єм виробництва, що має багатий асортимент продукції. Підприємства виробляють більше 1 млн тон продукції на рік, що задовольняє потреби внутрішнього ринку і дозволяє експортувати продукцію за кордон.

Також, галузь є одним із провідних споживачів української сільськогосподарської сировини - цукру, борошна, крохмальної патоки, молока тощо, на яку забезпечує значний попит.

Автоматизація - це технологія, за допомогою якої процес або процедура виконується з мінімальною людською допомогою. Автоматизація, або автоматичне управління - це використання різних систем управління експлуатаційним обладнанням, таким як машини, процеси на заводах, котельні та термообробні печі, включення телефонних мереж, управління та стабілізація кораблів, літаків та інших транспортних засобів з мінімальним або зменшеним втручанням людини.

Автоматизація застосовується починаючи від побутового термостата, що управляє котлом, і закінчуючи великою промисловою системою управління з десятками тисяч вхідних вимірювань та вихідних контрольних сигналів. За

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складністю управління системи можуть варіюватися від простого ввімкнення-вимкнення до багатоваріантних алгоритмів високого рівня.

У найпростішому типі автоматичного циклу управління контролер порівнює виміряне значення процесу із заданим значенням і обробляє отриманий сигнал про помилку, щоб змінити деякий вхід таким чином, що параметр залишається на заданому рівні, незважаючи на порушення

Автоматизація досягається різними засобами, включаючи механічні, гідравлічні, пневматичні, електричні, електронні пристрої та комп'ютери, як правило, у поєднанні. Складні системи, такі як сучасні фабрики, літаки та кораблі, як правило, використовують усі ці комбіновані методи. Перевага автоматизації включає економію робочої сили, економію витрат на електроенергію, економію матеріальних витрат та покращення якості та точності.

Нові галузі та робочі місця в технологічному секторі переважають економічні наслідки переміщення працівників за рахунок автоматизації.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації.

1.1 Аналіз технологічної дільниці як об'єкта автоматизації

Технологічний об'єкт для уварювання карамелі (рисунок 1.1.1) складається з одного спільного, або декількох виробничих збірників (I), із яких чотири необхідні компоненти потрапляють до змішувача (II). В процесі перемішування маса нагрівається подачею пари.

Далі суміш потрапляє до вакуум – камери (III), а потім до вакуумного апарату (IV), де уварюється в умовах розрідження. Температура у вакуум-апараті підтримується подачею пари з конденсатора (V). Уварена карамельна маса подається на переробку.

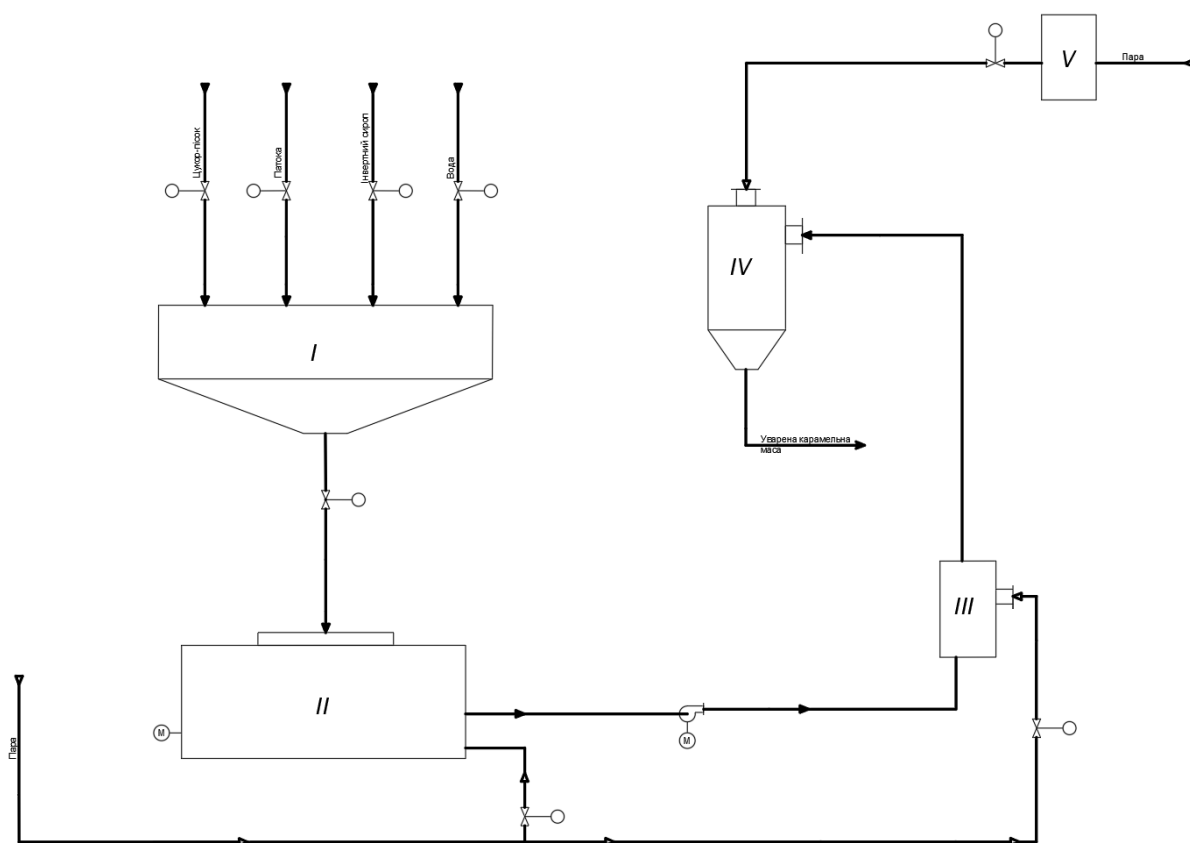


Рисунок 1.1.1 – Об'єкт автоматизації уварювання карамелі

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз технологічного процесу

На початку процесу уварювання карамелі, всі необхідні інгредієнти зі збірника, а саме: патока, вода, попередньо розігріті до 70 °С, інвертний сироп, що попереджує висихання карамелі, а також знижує бактеріальну активність, і цукор-пісок надходять у змішувач, де гарячою парою розігріваються до температури 110-160 °С і нею ж частково змішуються, але більша частина роботи по гомогенізації припадає на циркулятор.

Зі змішувача карамельна маса потрапляє до вакуум-камери, де з неї видаляється надлишкова волога, а потім до вакуумного апарату, в який подається вторинна пара з конденсатора. Карамель охолоджується перед переробкою.

1.3 Визначення інформації, необхідної для оцінки стану об'єкта

Для оцінки стану об'єкта автоматизації необхідно слідкувати за наступними параметрами:

1. Температура суміші у збірнику
2. Рівень у збірнику
3. Температура в змішувачі
4. Температура у вакуум-камері
5. Тиск у вакуум-камері
6. Розрідження у вакуум-апараті
7. Швидкість обертання приводу циркулятора
8. Швидкість обертання приводу насоса
9. Витрата у трубопроводі цукру-піску
10. Витрата у трубопроводі патоки
11. Витрата у трубопроводі інвертного сиропу
12. Витрата у трубопроводі води
13. Витрата пари у трубопроводі до змішувача

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

14. Витрата пари у трубопроводі до вакуум-камери
15. Витрата пари у трубопроводі до вакуум-апарату
16. Тиск пари у трубопроводі до вакуум-апарату
17. Температура пари у трубопроводі до змішувача та вакуум-камери
18. Тиск пари у трубопроводі до змішувача та вакуум-камери

1.3.1 Вибір регульованих величин і каналів регулювальних дій

Температура пари повинна бути якомога ближче до 160 °С, так як деякі рецептури вимагають високих температур. Виконавчим механізмом можна регулювати її витрату.

Контроль тиску у вакуум камері теж має велике значення, та як при різкому розрідженні відбувається механічне струшування готової карамелі, що призводить до появи зародків центрів кристалізації. Тиск у ньому повинен бути 0,045 МПа

Температура у вакуум камері, регулюється та повинна бути близькою до 130 °С.

Тиск пари до вакуум-апарату складає 0,09 МПа і разом з витратою контролюється та регулюється.

1.3.2 Вибір контрольованих величин

Для того, щоб кінцевий продукт був якісним, необхідно стежити за ходом процесів, що відбуваються у технологічному обладнанні.

Контроль за витратою сировини у трубопроводах до збірника допомагає дізнатися з якою швидкістю поступає та чи інша складова, на основі чого можна скласти їх пропорції, регулюючи положення заслонок. Наприклад для ливної

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

карамелі потрібно співвідношення цукру-піску, патоки та води в пропорції 854:170:342, для атласної 555:555:167, а для пластичної 510:610:153.

Температура у збірнику досягає 70 °С для підтримання сиропів у рідкому стані та часткового розчинення цукру.

Температура у змішувачі може коливатися від 110 °С до 160 °С в залежності від таких факторів як бажаний вид карамелі, тип сиропу, вміст сухих речовин у ньому тощо. Температура кипіння сиропів в залежності від концентрації наведена у таблиці 1.3.2.1. Також якщо цукровий пісок не до кінця розчинився, збережуться центри кристалізації, що призведе до дефекту карамелі – зацукрювання. Надто висока температура і суміш матиме специфічний смак та темний колір.

Таблиця 1.3.2.1 - Температура кипіння (°С) паточного, цукрового, інвертного сиропів в залежності від концентрації

Сироп	Концентрація розчину, %					Вміст с/р, %
	50	60	70	80	90	
Паточний	101,3	102	103,7	106,5	113,6	78
Цукровий	101,8	103,1	105,1	109,4	119	99,8
Інвертний	-	-	108,1	113,5	124,6	80-82

Для отримання високоякісної (світлої, стійкої при зберіганні) карамелі всі процеси, пов'язані з впливом на цукрово-патокову суміш тепла, слід проводити у максимально короткі проміжки часу. З цієї точки зору важливим є і тиск гріючої пари. При підвищенні її тиску скорочується тривалість процесів уварювання карамелі (зростає продуктивність). За кордоном для уварювання карамелі використовують гріючу пару тиском 800-1000 кПа.

При неповному зливі карамелі із варочних агрегатів або різкому підвищенні тиску пари понад 6 атмосфер, відбувається обуглювання карамелі, частинки якої можуть виступати в якості центрів кристалізації.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На якість карамелі також впливає величина розрідження у змішувачі. При підвищенні розрідження значно знижується температура.

1.3.3 Вибір сигналізованих величин

Сигналізації та реєстрації підлягають такі параметри:

- рівень у збірнику;
- температура у змішувачі;
- температура у вакуум-камері;

1.4 Розробка завдання на систему автоматизації

Перелік параметрів та їх допустимих значень представлений у вигляді таблиці (таблиця 1.4.1).

Таблиця 1.4.1 - Завдання на розробку системи автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Допустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії
1	Збірник	Температура суміші у збірнику	70 °С ±5 °С	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
2	Збірник	Рівень у збірнику	0-100%	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі сировини

Продовження таблиці 1.4.1

3	Змішувач	Температура в змішувачі	130 °С ±30 °С	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора
4	Вакуум-камера	Температура у вакуум-камері	115 °С ±15 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі пари
				Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора
5	Вакуум-камера	Тиск у вакуум-камері	0,045 Мпа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі пари
				Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
6	Вакуум-апарат	Розрідження у вакуум-апараті	0,09 МПа	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
7	Циркулятор	Швидкість обертання приводу циркулятора	0-100%	Управління	Ручне, дистанційне	Вплив на двигун М1
8	Насос	Швидкість обертання приводу насоса	0-100%	Управління	Ручне, дистанційне	Вплив на двигун М2
9	Трубопровід цукру-піску	Витрата у трубопроводі цукру-піску	0-2000 кг/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
10	Трубопровід патоки	Витрата у трубопроводі патоки	0-1800 кг/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора

Продовження таблиці 1.4.1

11	Трубо- провід інвертно- го сиропу	Витрата у трубо- проводі інвертно- го сиропу	0-1800 кг/год	Контроль	Відобра- ження, реєстрація	АРМ оператора
12	Трубо- провід води	Витрата у трубо- проводі води	0-500 л/год	Контроль	Відобра- ження, реєстрація	АРМ оператора
13	Трубо- провід пари	Витрата пари у трубо- проводі до змішувача	0-390 кг/год	Контроль	Відобра- ження, реєстрація	АРМ оператора
14	Трубо- провід пари	Витрата пари у трубопров оді до вакуум- камери	0-179 кг/год	Контроль	Відобра- ження, реєстрація	АРМ оператора
15	Трубо- провід пари	Витрата пари у трубопров оді до вакуум- апарату	0-180 кг/год	Контроль	Відобра- ження, реєстрація	АРМ оператора
16	Трубопр овід пари	Тиск пари у трубо- проводі до вакуум- апарату	0,6 МПа	Контроль	Відобра- ження, реєстрація	АРМ оператора

Продовження таблиці 1.4.1

17	Трубо- провід пари	Темпера- тура пари у трубо- проводі до змішувача та вакуум- камери	160 °С	Контроль	Відобра- ження, реєстрація	АРМ оператора
18	Трубо- провід пари	Тиск пари у трубо- проводі до змішувача та вакуум- камери	0,8 МПа	Контроль	Відобра- ження, реєстрація	АРМ оператора

Розділ 2. Опис функціонування системи автоматизації та специфікація приладів і засобів автоматизації

2.1 Аналіз існуючих систем автоматизації

При проектуванні будь-якої системи автоматизації враховується не тільки її ефективність, а й фінансова доцільність її впровадження, а також час, за який гроші будуть повернені, якщо користувач в подальшому бажає отримати прибуток.

Деякі системи мають високу ціну і великий термін окупності, але довго працюють і здатні принести більші гроші, на відміну від дешевих та неякісних. Щоб не помилитися, варто спрогнозувати тенденції ринку.

Система уварювання карамелі має високий рівень автоматизації, що означає більший обсяг продукції, меншу кількість обслуговуючого персоналу, якому буде сплачуватися заробітна плата, відповідно знижується собівартість продукції. Також знизилась витрата пари, що призвело до більшої економії.

Система повинна забезпечити:

- значне збільшення об'єму вироблення продукції;
- зниження вірогідності надзвичайних ситуацій, пов'язаних із технікою безпеки під час експлуатації обладнання;
- полегшення праці персоналу;
- можливість впливу на середовища, небезпечні для людей;
- підвищений контроль за технологічним процесом на всіх стадіях виробництва;
- віддалене керування;
- автоматичне регулювання температури, тиску, рівня;
- реєстрацію, архівацію і відображення інформації про роботу технологічного обладнання;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Вибір технічних засобів

Термопари ДТПхх5 призначені для температурних вимірювань твердих, рідких і газоподібних середовищ, неагресивних до захисної арматури і матеріалу чутливого елемента датчика. Вони дозволяють вимірювати температуру до 500 ° С (з платиновим чутливим елементом) і до 180 ° С (з мідним чутливим елементом). Обрані термопари Овен ДТПК-И 015 (рисунок 2.2.1).



Рисунок 2.2.1 – Термопара Овен ДТПК-И 015

Для вимірювання рівня води обраний ультразвуковий рівнемір Rosemount 3100 (рисунок 2.2.2). Рівнеміри 3100 призначені для забезпечення безперервного виміру рівня рідини і відстані до поверхні рідини в резервуарах, сховищах, стічних ямах, демпферних резервуарах, а також розрахунку витрати й об'єму у відкритих каналах і водозбірниках.



Рисунок 2.2.2 – Ультразвуковий рівнемір Rosemount 3100

Для того, щоб контролювати витрату сировини у системі, застосовано масовий витратомір для цукру-піску MaxxFlow НТС (рисунок 2.2.3), електромагнітні витратоміри KFL-DC MAG3000 (рисунок 2.2.4) для патоки та

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інвертного сиропу, ультразвуковий витратомір US-800 (рисунок 2.2.5) для води, витратоміри з поплавком VA Master FAM544 (рисунок 2.2.6) для пари.



Рисунок 2.2.3 – Масовий витратомір MaxxFlow HTC



Рисунок 2.2.4 – Електромагнітний витратомір KFL-DC MAG3000



Рисунок 2.2.5 – Ультразвуковий витратомір US-800



Рисунок 2.2.6 – Витратомір з поплавком VA Master FAM544

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

КРТ-9-ДИ/ДИВ (рисунок 2.2.7) призначений для перетворення надлишкового тиску (ДИ), надлишкового тиску-розрідження (ДИВ) рідких і газоподібних середовищ, у тому числі в'язких (виконання з відкритою мембраною для сильнов'язких середовищ) і високотемпературних (виконання КРТ-9-ВТ з винесеним тензоперетворювачем для високотемпературних середовищ), в діапазоні від 0 до 0,06...100МПа, в стандартні (нормовані) вихідні сигнали постійного струму 4...20мА.



Рисунок 2.2.7 – Датчик тиску КРТ-9-ВТ-ДИ/ДИВ

Овен ПД100-ДИ (рисунок 2.2.8) призначені для безперервного перетворення надлишкового тиску вимірюваного середовища в уніфікований сигнал постійного струму 4 ... 20 мА..



Рисунок 2.2.8 – Датчик тиску Овен ПД100-ДИ

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

Овен ПЧВЗ (рисунок 2.2.9) призначені для керування асинхронними електродвигунами в промисловості, житлово-комунальному та сільському господарстві, на транспорті, а також в інших областях.



Рисунок 2.2.9 – Частотний перетворювач Овен ПЧВЗ

Вимірювач-регулятор ОВЕН ТРМ 138 (рисунок 2.2.10) призначений для вимірювання, реєстрації та регулювання температури, тиску або іншого фізичного параметра, одночасного управління декількома (до 8-ми) виконавчими механізмами, а також для реєстрації вимірюваних параметрів на ЕОМ.



Рисунок 2.2.10 – Восьмиканальний регулятор Овен ТРМ-138

Сенсорна панель оператора Овен СП307-Б (рисунок 2.2.11) призначена для наочного відображення значень параметрів і оперативного управління, а також ведення архіву подій або значень. Конфігурація СП307-Б здійснюється в середовищі «Конфігуратор СП300». Рекомендується для спільного застосування з ОВЕН ПЛК, ПР, ПЧВ, ТРМ.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

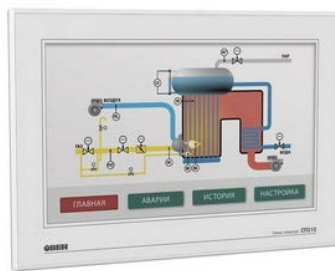


Рисунок 2.2.11 – Сенсорна панель оператора Овен СП307-Б

Виконавчі механізми МИМ-250 (рисунок 2.2.12) призначені для управління регулюючими і запірними органами виконавчих пристроїв залежно від типу вхідного пневматичного сигналу.



Рисунок 2.2.12 – Виконавчий механізм МИМ-250

Електро-пневматичні перетворювачі Овен ЭП-3211 (рисунок 2.2.13) призначені для перетворення уніфікованого безперервного сигналу постійного струму в уніфікований пропорційний пневматичний безперервний сигнал..



Рисунок 2.2.13– Електро-пневматичний перетворювач АО СПЗ ЭП-3211

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

2.3 Вибір місця розташування технічних засобів

Засоби автоматизації, які доцільно розташувати на технологічному устаткуванні і трубопроводах:

- Термопара ДТПК-И 015
- Ультразвуковий рівнемір Rosemount 3100
- Масовий витратомір MaxxFlow НТС
- Електромагнітний витратомір KFL-DC MAG3000
- Ультразвуковий витратомір US-800
- Витратомір з поплавком VA Master FAM544
- Датчик тиску КРТ-9-ВТ-ДИ/ДИВ
- Датчик тиску Овен ПД100-ДИ
- Частотний перетворювач Овен ПЧВ3
- Виконавчий механізм МИМ-250

На щиті:

- Електро-пневматичний перетворювач АО СПЗ ЭП-3211
- Восьмиканальний регулятор Овен ТРМ-138
- Сенсорна панель оператора Овен СП307-Б
- Мікропроцесорний контролер ПЛК160 [M02]

2.4 Схема автоматизації

У системі автоматизації присутні такі основні контури:

- Контроль, реєстрація, сигналізація та регулювання рівня у збірнику (I) можливі завдяки встановленню ультразвукового рівнеміра Rosemount 3100 (поз.1а), сигнал з якого через восьмиканальний регулятор ТРМ-138 та мікропроцесорний контролер Овен ПЛК-160 [M02] надходить на електропневматичні перетворювачі АО СПЗ ЭП-3211, а також на сигнальну лампу, яка

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

індикує відхилення рівня від встановлених меж. З перетворювачів пневматичний сигнал поступає на пневматичні виконавчі механізми МИМ-250, що регулюють подачу складових у збірник (I).

- Конттури контролю витрати інгредієнтів у збірник (I) реалізовані встановленням масового витратоміра MaxxFlow НТС для цукру піску, електромагнітних витратомірів KFL-DC MAG3000, для патоки та інвертного сиропу і ультразвукового витратоміра US-800 для води, сигнали з яких потрапляють на восьмиканальний регулятор ТРМ-138.

- Температура у збірнику (I) вимірюється за допомогою термопари Овен ДТПК-И 015 (поз.6а), з якої сигнал надходить на ТРМ-138 (поз.1б). Зображено на рисунку 2.4.1.

- Контроль, реєстрація, сигналізація та регулювання температури у змішувачі (II) реалізовані встановленням термопари Овен ДТПК-И 015, з якої сигнал надходить через восьмиканальний регулятор ТРМ-138 та мікропроцесорний контролер Овен ПЛК160 [M02] на електро-пневматичний перетворювач АО СПЗ ЭП-3211, який створює керуючий вплив на пневматичний виконавчий механізми МИМ-250, що регулює подачу гріючої пари у змішувач. Також застосована сигнальна лампа.

- Витрата гріючої пари у всій системі контролюється та реєструється за допомогою витратомірів VA Master FAM54, з яких сигнали надходять на восьмиканальні регулятори ТРМ-138.

- Розрідження у вакуум-камері (III) і вакуум-апараті (IV) контролюється та реєструється датчиками вакууметричного тиску високотемпературного виконання КРТ-9-ВТ-ДИВ, сигнали з яких потрапляють на восьмиканальний регулятор ТРМ-138.

- Контроль, реєстрацію, сигналізацію та регулювання температури у вакуум-камері (III) реалізовано встановленням термопари Овен ДТПК-И 015, з якої сигнал надходить через восьмиканальний регулятор ТРМ-138 та

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікропроцесорний контролер Овен ПЛК160 [M02] на електро-пневматичний перетворювач АО СПЗ ЭП-3211, а також на сигнальну лампу, яка є індикатором відхилення від встановлених меж температури. З перетворювача пневматичний сигнал поступає на пневматичний виконавчий механізм МИМ-250, що регулює подачу пари у апарат.

- Для контролю та реєстрації тиску і температури у трубопроводі пари до вакуум-камери, було встановлено датчик надлишкового тиску КРТ-9-ВТ-ДИ та термопару Овен ДТПК-И 015, сигнали з них потрапляють на восьмиканальний регулятор ТРМ-138.

- Тиск у трубопроводі пари з конденсатора (V) контролюється, реєструється та регулюється датчиком тиску Овен ПД100-ДИ, сигнал з якого через восьмиканальний регулятор ТРМ-138 та мікропроцесорний контролер Овен ПЛК160 [M02] надходить на електро-пневматичний перетворювач АО СПЗ ЭП-3211, що створює керуючий вплив на пневматичний виконавчий механізм МИМ-250, що регулює подачу пари у вакуум-апарат.

- Керування приводами циркулятора і насоса здійснюється за допомогою частотного перетворювача Овен ПЧВЗ.

- Усі технологічні параметри дублюються, а також можуть регулюватися із сенсорної панелі оператора СП307-Б.

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

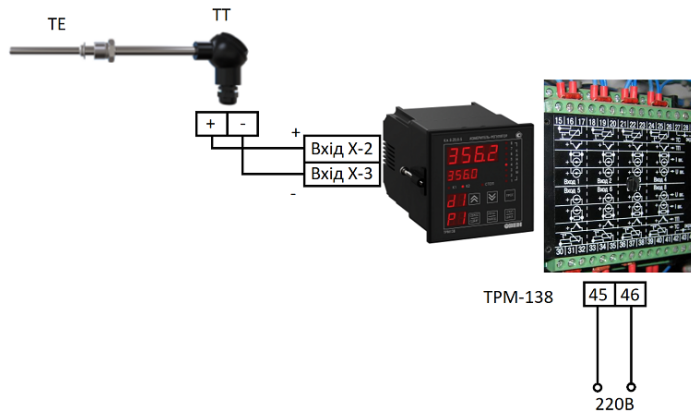
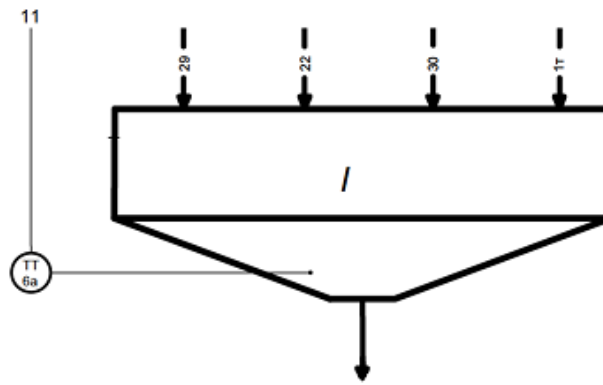


Рисунок 2.4.1 - Графічне зображення технічних засобів автоматизації

Специфікацію засобів автоматизації наведено у таблиці 2.4.1.

Таблиця 2.4.1 – Специфікація ТЗА

№ 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	6а 7а 10а 12а	по місцю	Термопара Робочий діапазон вимірюваних температур: мінус 40...+800 °С; Споживана потужність: 0,8 Вт; Вихідний сигнал: 4...20 мА; Напруга живлення: 24 В постійного струму;	ДТПК-И 015	4	ОВЕН, Росія
2	3а 4а	по місцю	Електромагнітний витратомір Температура робочого середовища: до +150°С; Вихідний сигнал: 4...20 мА; Споживана потужність: не більше 10 Вт; Напруга живлення: 220 В змінного струму;	KFL-DC MAG3000	2	Kaflon, Китай
3	1а	по місцю	Ультразвуковий рівнемір Температура робочого середовища: від мінус 30 до +70°С; Вихідний сигнал: 4...20 мА; Споживана потужність: не більше 50 мВт; Напруга живлення: 12...30 В постійного струму;	Rosemount 3100	1	Emerson, США

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

Продовження таблиці 2.4.1

4	5a	по місцю	Ультразвуковий витратомір Температура робочого середовища: до +150°C; Вихідний сигнал: 4...20 мА; Споживана потужність: не більше 10 Вт; Напруга живлення: 220 В змінного струму;	US-800	1	Encont, Росія
5	2a	по місцю	Масовий витратомір Температура робочого середовища: від мінус 20 до +60°C; Вихідний сигнал: 4...20 мА; Споживана потужність: 12 Вт; Напруга живлення: 230 В змінного струму, або 24 В постійного;	MaxxFlow НТС	1	Envea, Франція
6	8a 13a 15a	по місцю	Витратомір з поплавком Температура робочого середовища: до +160°C; Вихідний сигнал: 4...20 мА; Споживана потужність: не більше 1 Вт; Напруга живлення: 10...46 В постійного струму;	VA Master FAM544	3	Envea, Франція
7	9a 16a 11a	по місцю	Датчик тиску Діапазон вимірювання: від мінус 0,1 до 0,06...2,4 МПа; Температура робочого середовища: Від мінус 40 до +200°C; Вихідний сигнал: 4...20 мА; Споживана потужність: не більше 1 Вт; Напруга живлення: 9...30 В	КРТ-9-ВТ- ДИ/ДИВ	3	ЗАО «ОРЛЭКС», Росія

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

Продовження таблиці 2.4.1

8	14a	по місцю	Датчик тиску Верхня межа вимірюваного тиску: від 16 кПа до 25 МПа; Вихідний сигнал: 4...20 мА; Споживана потужність: не більше 0,8 Вт;	ПД100-ДИ	1	ОВЕН, Росія
9	1г 1д 1є 1з 1і 7г 10г 14г	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм Живлення: 400 кПа; Відносна вологість: від 5 до 100%	МИМ-250	8	ГК Авангард, Росія
10		по місцю	Частотний перетворювач Потужність: до 90 кВт; Ступінь захисту: IP54; Споживана потужність: 0,75 кВт;	ПЧВЗ	2	ОВЕН, Росія
11	1в 1г 1е 1ж 1и 7в 10в 14в	На щиті	Електро-пневматичний перетворювач Температура робочого середовища: від +5 до +60°С; Вихідний сигнал: 20...10 кПа; Живлення: 140 кПа	ЭП-3211	8	АО СПЗ, Росія
12	16 26	На щиті	Восьмиканальний регулятор Температура навколишнього середовища: від +1 до +50°С; Споживана потужність: не більше 12 Вт; Напруга живлення: 90...264 В змінного струму; Ступінь захисту: зі сторони передньої панелі IP54;	ТРМ-138	2	ОВЕН, Росія

Продовження таблиці 2.4.1

13		На щиті	Мікропроцесорний контролер Споживана потужність: не більше 10 Вт; Напруга живлення: 9...26 В постійного струму; Вихідна напруга вбудованого джерела живлення: для виконання 220 В – 24±3 В;	ПЛК160 [M02]	1	ОВЕН, Росія
14		На щиті	Сенсорна панель оператора Температура робочого середовища: Від 0 до +50°C; Вихідний сигнал: 4...20 мА; Споживана потужність: не більше 8 Вт; Напруга живлення: 24 В постійного струму; Ступінь захисту: зі сторони передньої панелі IP65;	СП307-Б	1	ОВЕН, Росія

Розділ 3. Опис схем підключення датчиків та виконавчих механізмів до програмованого логічного контролера.

Відповідно до загальної кількості вхідних та вихідних сигналів, обрано контролер Овен ПЛК-160[M02], а також модуль розширення аналогових виходів МУ110-6У.

ОВЕН ПЛК160 - лінійка програмованих моноблочних контролерів з дискретними і аналоговими входами/виходами для автоматизації малих і середніх систем.

Оптимальні для побудови розподілених систем автоматизації коли розширення входів/виходів ПЛК віддаленими модулями і зв'язок з іншими ПЛК здійснюється по інтерфейсу RS-485 або Ethernet.

Щоб отримувати виходи на електро-пневматичні перетворювачі та сигнальні лампи, встановлено мікропроцесорний контролер ПЛК160 [M02] (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Мікропроцесорний контролер ПЛК160 [M02]

Напруга живлення: від 9 до 26 В постійного струму (номінальне 12 або 24 В), або 220 В змінного;

Вихідна напруга вбудованого джерела живлення: для виконання 220 В – 24±3 В;

Споживана потужність: не більше 10 Вт;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як аналогових виходів у нього всього 4, використано модуль розширення МУ110-6У (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Модуль аналогового виводу Овен МУ110-6У

Напруга живлення: 90...264 В змінного струму, або 18...29 постійного;

Споживана потужність: не більше 12 Вт;

Ступінь захисту: IP20;

Температура навколишнього середовища: від мінус 10 до +55°C;

Компонування мікропроцесорних контролерів наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Компонування мікропроцесорних контролерів

Позначення	Найменування	К-ть	Кількість аналог. входів/виходів	Кількість дискр. входів/виходів	Задіяні аналог. входи/виходи	Задіяні дискр. входи/виходи
ПЛК-160 [M02]	Контролер ПЛК-160 [M02]	1	8/4	16/12	4/4	3/12
МУ110-6У	Модуль розширення аналогових виходів	1	0/6	-	4/6	-

Принципові схеми, а також схеми підключення до входів та виходів ПЛК та модуля розширення зображено на рисунках 3.3 – 3.6.

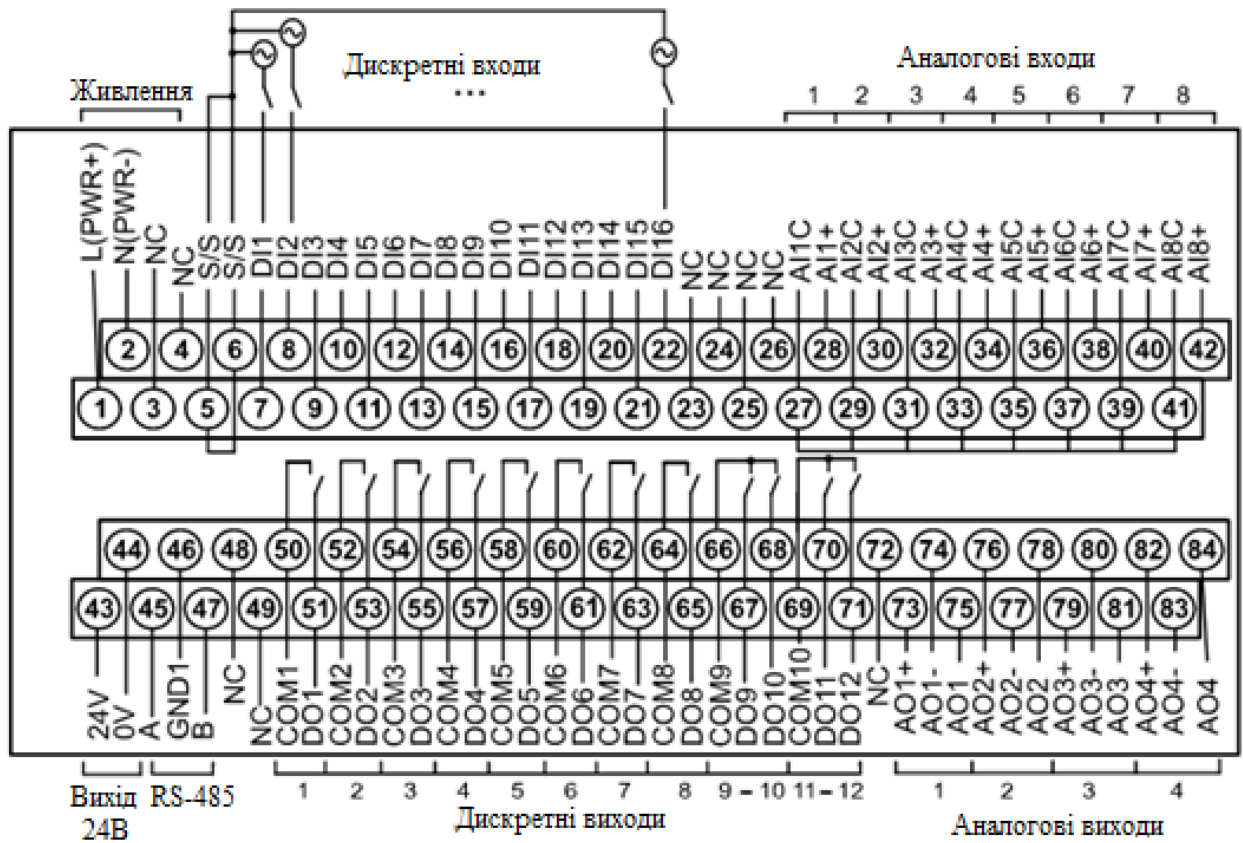


Рисунок 3.3 – Принципова схема ПЛК-160[M02]

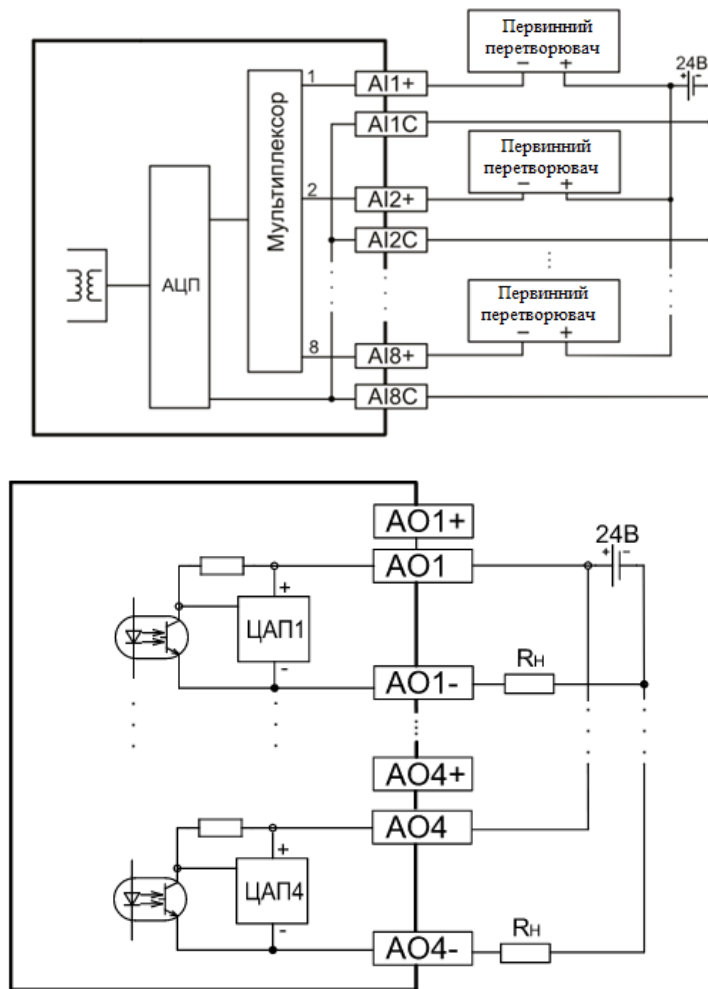


Рисунок 3.4 – Схеми підключення до аналогових входів та виходів ПЛК160

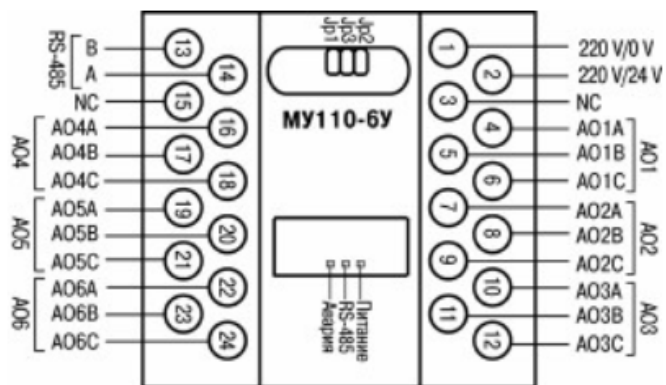


Рисунок 3.5 - Принципова схема МУ110-6У

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

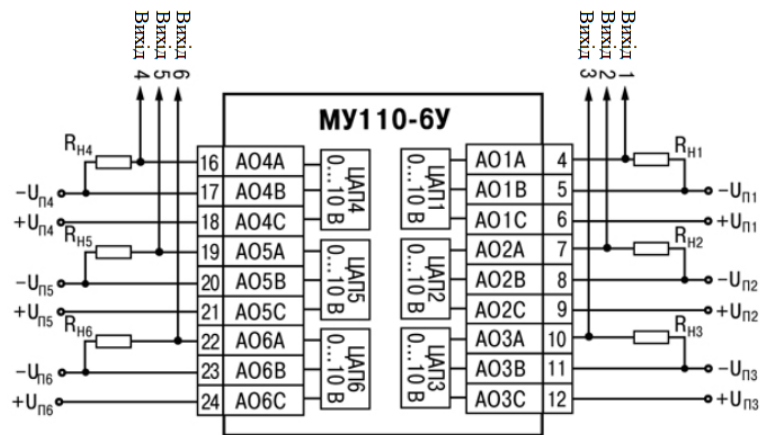


Рисунок 3.6 – Схема підключення аналогових виходів МУ110-6У

Сигналізація реалізована на дискретних виходах ПЛК, підключення яких наведено на рисунку 3.7, а для індикації поточного стану апаратури були використані сигнальні лампи Овен МТ22 220В.

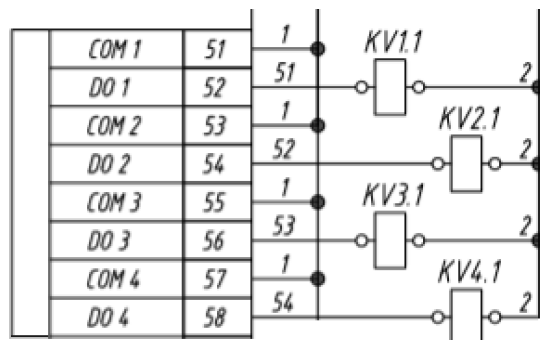


Рисунок 3.7 – Схема підключення дискретних виходів ПЛК

Аналогові сигнали на ПЛК надходять з регуляторів ТРМ-138, схеми підключення датчиків температури, витрати, рівня, тиску наведено на рисунках 3.8, 3.9.

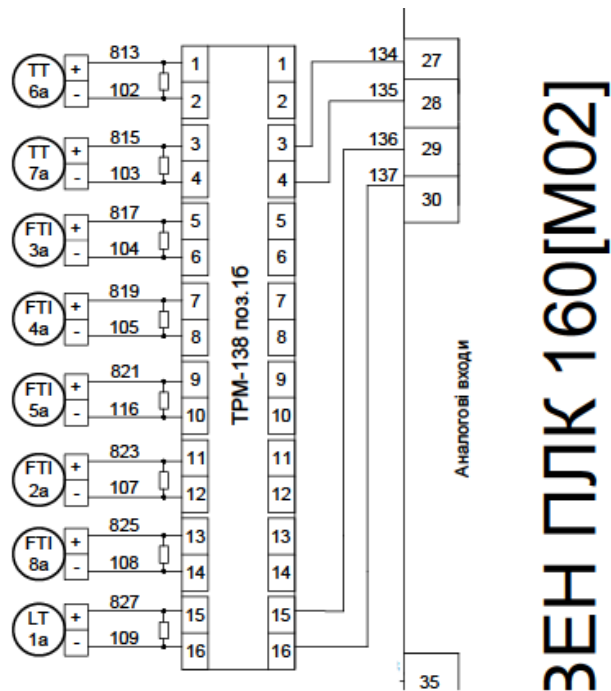


Рисунок 3.8 - Підключення датчиків температури, витрати, рівня до аналогових входів ПЛК-160 [M02] через ТРМ-138

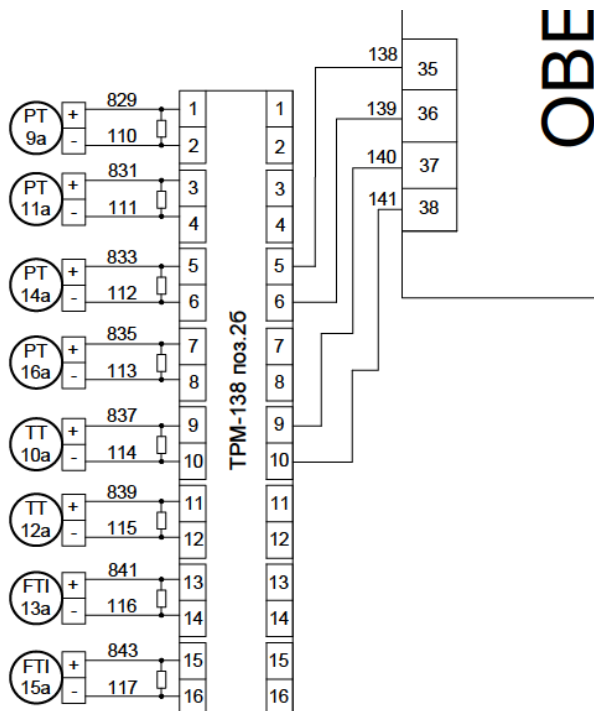


Рисунок 3.9 - Підключення датчиків температури, витрати, тиску до аналогових входів ПЛК-160 [M02] через ТРМ-138

Виконавчі механізми МИМ-250 через перетворювачі електропневматичні ЭП-3211 підключені до аналогових виходів ПЛК-160 та модуля розширення МУ110-6У (рисунок 3.10).

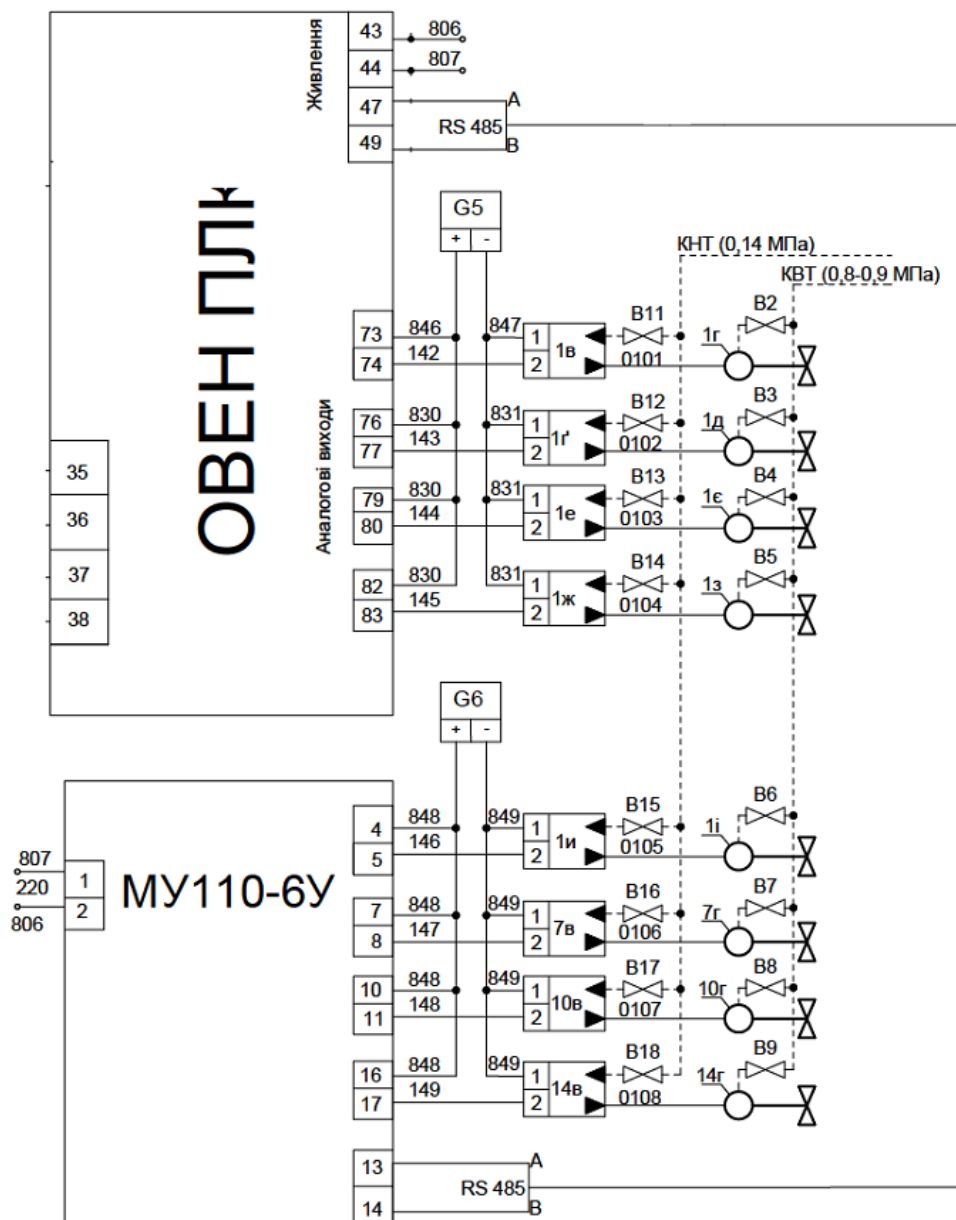


Рисунок 3.10 – Підключення ВМ до аналогових виходів ПЛК-160 та модуля розширення МУ110-6У

Схема сигналізації реалізована на дискретних виходах ПЛК-160 (рисунок 3.11)

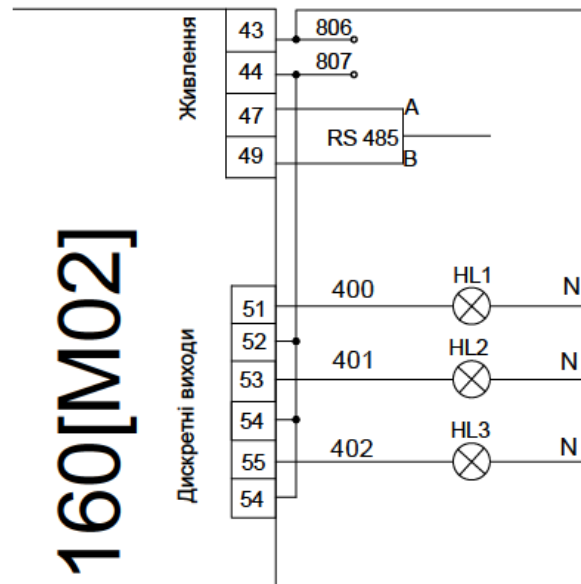


Рисунок 3.11 - Схема сигналізації на дискретних виходах ПЛК-160

Розділ 4. Опис схем встановлення технічних засобів

Монтаж та налагодження датчиків Rosemount 3100

Рівнемір повинен монтуватися за допомогою наявного нарізного (2") приєднання над поверхнею рідини.

Для полегшення установки, для замовлення додатково доступні спеціальні фланцеві адаптери.

Для забезпечення достатнього рівня відбитого ехо-сигналу від поверхні рідини і максимальної амплітуди ехо-сигналу рівнемір повинен бути встановлений вертикально.

Перешкоди на шляху поширення ультразвукового імпульсу призводять до появи сильних помилкових ехо-сигналів, тому потрібно встановлювати рівнемір так, щоб сторонні об'єкти не потрапляли в зону поширення ультразвукового імпульсу.

Щоб уникнути виникнення помилкових ехо-сигналів рекомендується витримувати відстань 11 см від осьової лінії рівнеміра на кожен метр відстані до перешкоди.

Рекомендується встановлювати рівнемір на відстані не менше 0,3 м від стінок резервуара, щоб уникнути ослаблення або втрати ехо-сигналу. Габаритні розміри, монтаж датчика наведено на рисунках 4.1 та 4.2.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

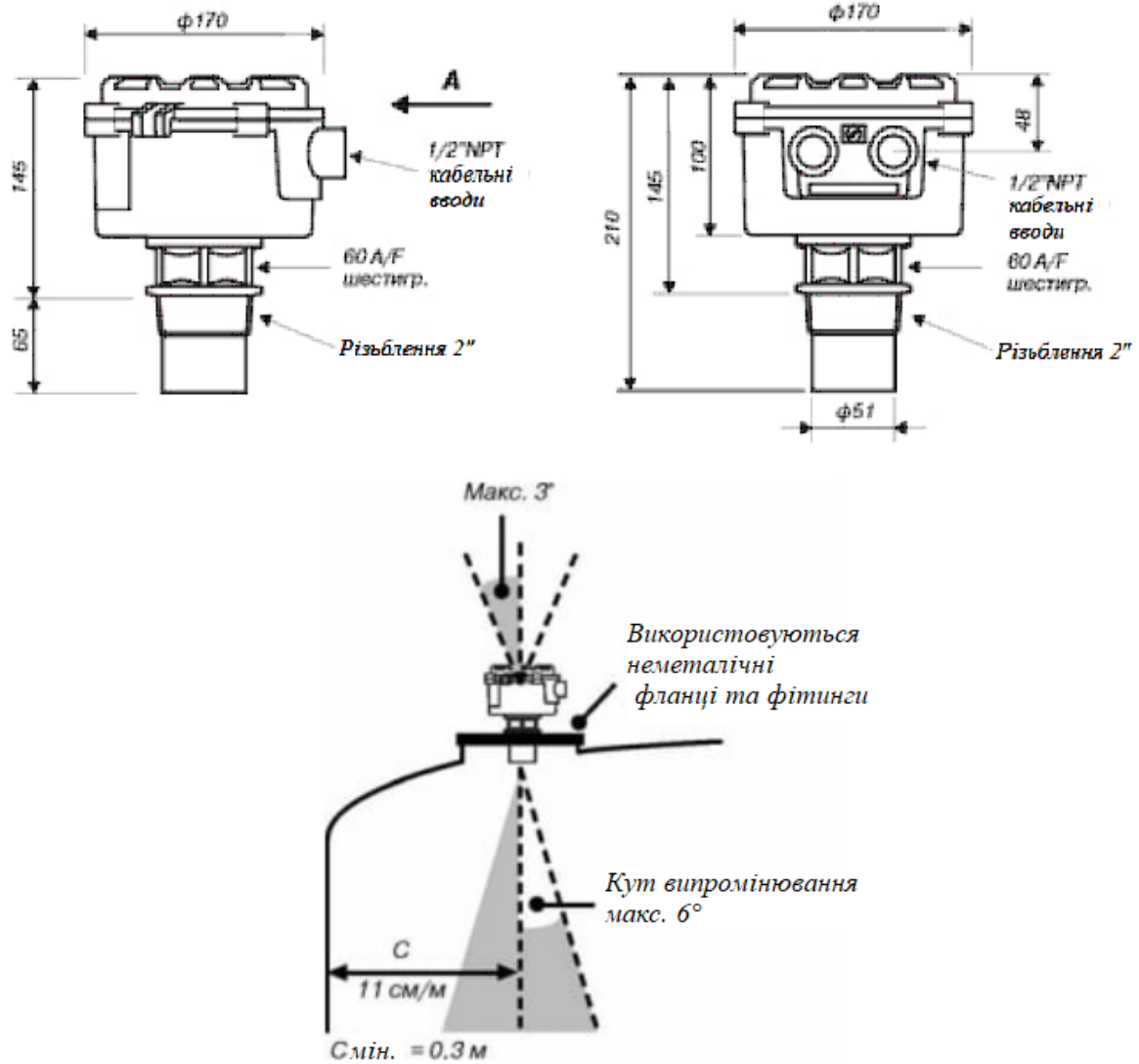


Рисунок 4.1 – Габаритні розміри та вимоги до монтажу перетворювача

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

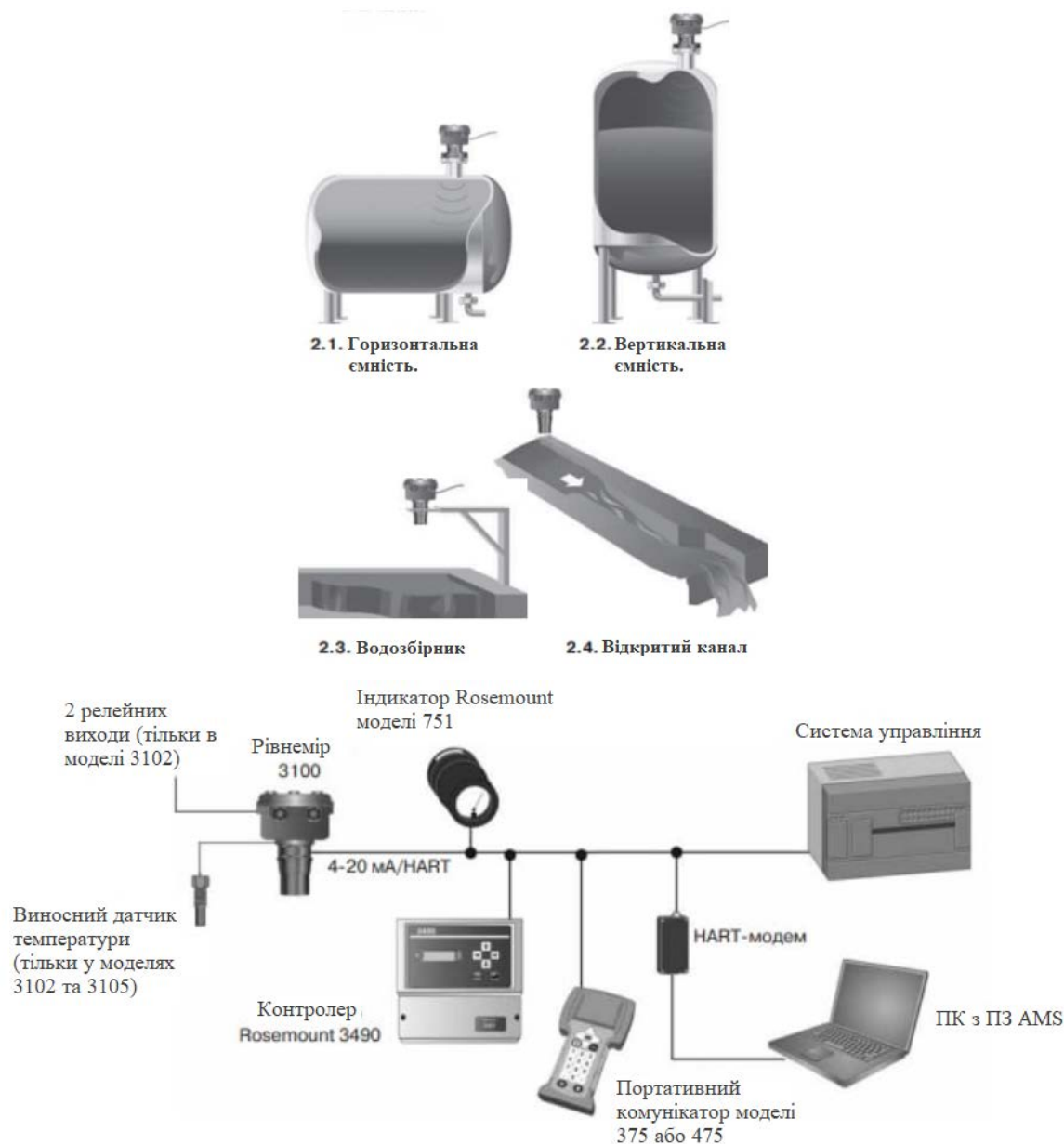


Рисунок 4.2 – Монтаж перетворювача на об’єкті та підключення його у мережу

Для підключення рівнеміра необхідно:

- Переконаватися, що електроживлення відключено.
- Зняти кришку корпусу рівнеміра.
- Продіти кабель через кабельний ввід.
- Під’єднати дроти так, як це зображено на рисунку 4.3.
- Переконаватися, що корпус рівнеміра заземлений.

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

- Встановити кришку назад, затягнути кабельні вводи та підключити кабель до джерела живлення.

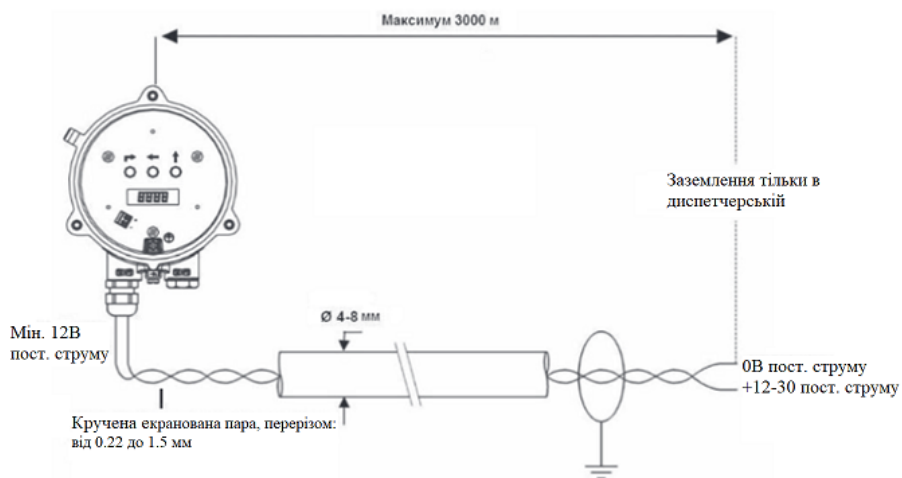


Рисунок 4.3 – Підключення рівнеміра Rosemount 3100

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

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

Алгоритм системи автоматизації уварювання карамелі:

1. Натискається кнопка ПУСК. Клапани 1г, 1д, 1є, 1з відкриваються та інгредієнти у заданих пропорціях потрапляють у збірник (I).
2. При досягненні рівня у збірнику 90%, клапани 1г, 1д, 1є, 1з закриваються до 10% .
3. Відкривається клапан 1I, суміш потрапляє до змішувача (II).
4. При досягненні рівня у збірнику 85%, клапан 1I закривається до 10% та відкривається клапан 7г подачі гріючої пари, поки температура не досягне значення 150 °С, включається двигун мішалки М.
5. При досягненні температури суміші 150 °С, вона уварюється. Через кожні 1,5-2 хвилини спрацьовує двигун насоса М2 і порції готової карамелі вивантажуються зі змішувача у вакуум-камеру (III).
6. Після цього, відкривається клапан подачі гріючої пари у вакуум-камеру 10г, після досягнення розрідження 0,045 МПа та температури 130 °С, уварена карамель потрапляє у вакуум-апарат (IV), де регулюванням клапану 14г подачі пари з конденсатора (V) підтримується розрідження 0,09 МПа. Готовий продукт вивантажується на переробку. Процес неперервний.
7. При засміченні трубопроводів і апаратів, натискається кнопка Clean і відкривається клапан 1з, тепла вода проходить по всій системі та розчиняє карамель.

У кваліфікаційній роботі розглянуто програму для сигналізації.

Таблицю адрес аналогових/дискретних входів/виходів ПЛК-160 наведено нижче.

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

Таблиця 5.1 – Адреси аналогових/дискретних входів/виходів ПЛК-160

Вхідні аналогові сигнали			
Джерело сигналу	Позначення на СА		Адреса
Рівень у збірнику	Lvl	1a	%IR4.0
Температура у збірнику	Temp_I	6a	%IR4.1
Температура у змішувачі	Temp_II	7a	%IR4.2
Температура у вакуум-камері	Temp_III	10a	%IR4.3
Вихідні аналогові сигнали			
Джерело сигналу	Позначення на СА		Адреса
Клапан подачі цукру-піску	VM1	1г	%QR5.0
Клапан подачі патоки	VM2	1д	%QR5.1
Клапан подачі інвертного сиропу	VM3	1є	%QR5.2
Клапан подачі теплої води	VM4	1з	%QR5.3
Клапан подачі грючої пари	VM5	10г	%QD8.1.0

Продовження таблиці 5.1

Вихідні дискретні сигнали			
Джерело сигналу	Позначення на СА		Адреса
Рівень у збірнику	HL1	HL1	%QX2.0
Температура у змішувачі	HL2	HL2	%QX2.1
Температура у вакуум-камері	HL3	HL3	%QX2.2

Для того щоб вся система працювала програмно, необхідний ПЛК160 [M02], що програмується у середовищі CoDeSys 2.3.

Щоб створити новий проєкт, треба вибрати необхідний контролер, а при його відсутності у запропонованих, встановити відповідну бібліотеку з сайту Овен.

Після цього можна вибрати мову програмування, а коли проєкт буде створено, у першу чергу назначаються змінні для програмування, в тому числі задаються назви потрібних типів входів і виходів ПЛК (рисунок 5.1), при необхідності додаються інші модулі.

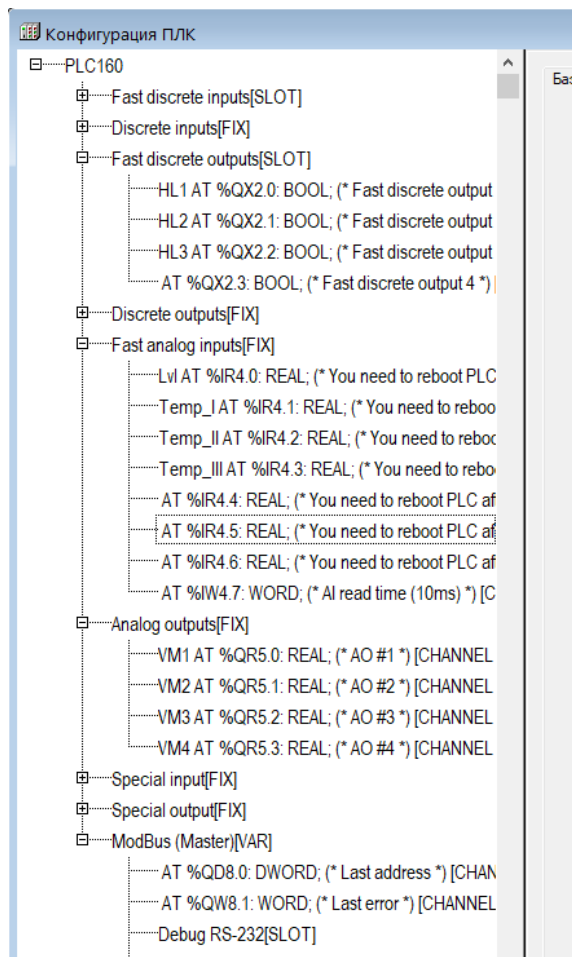


Рисунок 5.1 – Конфігурація входів та виходів ПЛК

Далі з цими змінними можна працювати, будувати між ними зв'язки за допомогою операторів, якщо використовується текстова мова і лініями, якщо графічна (рисунок 5.2).

Рекомендується перевіряти працездатність алгоритму у режимі емуляції якомога частіше, якщо користувач не має достатньо досвіду.

CoDeSys має зручну систему визначення помилок: він вказує на рядок з нею і повідомляє що саме зроблено неправильно. Якщо ж помилок немає, відбудеться підключення контролера і по натисканню на кнопку у контекстному меню «старт» алгоритм почне виконуватися (рисунок 5.3). Також у цьому середовищі можлива візуалізація роботи.

За допомогою графічних елементів створюються спрощені зображення об'єктів та засобів автоматизації, за допомогою яких, у деяких випадках, спрощується процес зміни параметрів для перевірки програми.

Можливо вивести значення змінних на тренд, а його змінити у налаштуваннях таким чином, щоб була зручною швидкість переміщення графіка, його масштаб по вертикалі та горизонталі, кількість штрихів на ньому, крок між ними, тип ліній, їх колір тощо.

Однією з найважливіших дій є прив'язка тренду до змінних, які повинні на ньому відобразитися. Фінальним етапом є завантаження проєкту на фізичний контролер.

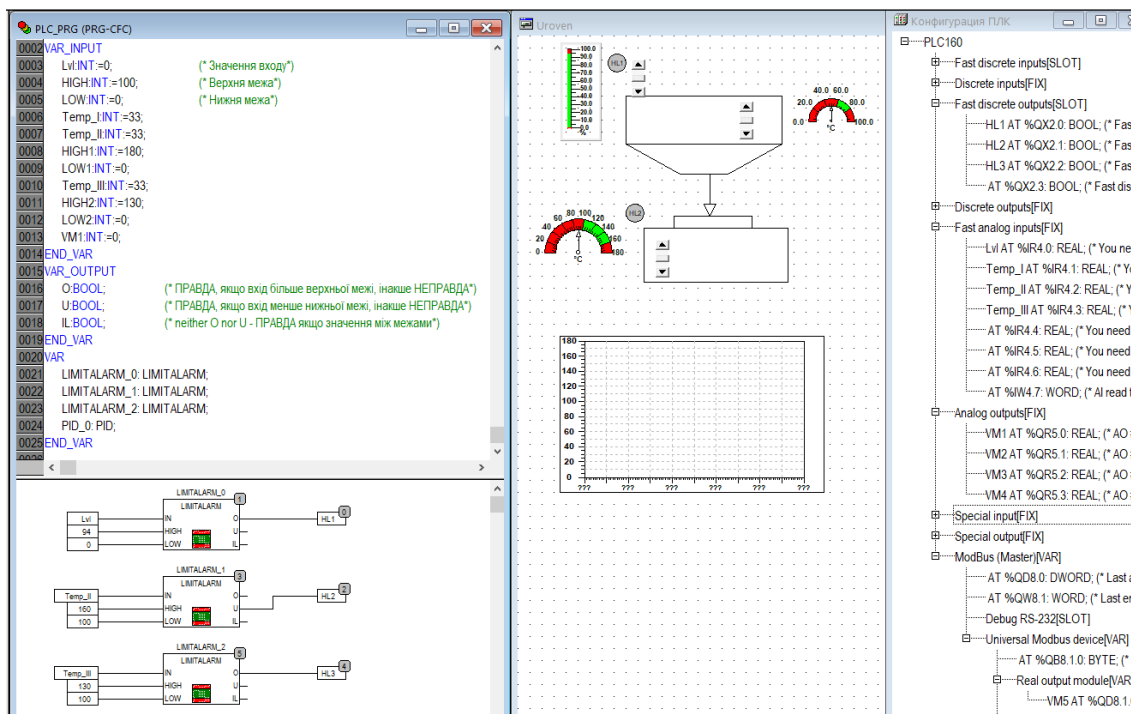


Рисунок 5.2 – Фрагмент програми для сигналізації відповідно до завдання за допомогою блоків LIMITALARM на мові CFC, її візуалізація з виведенням параметрів на тренд

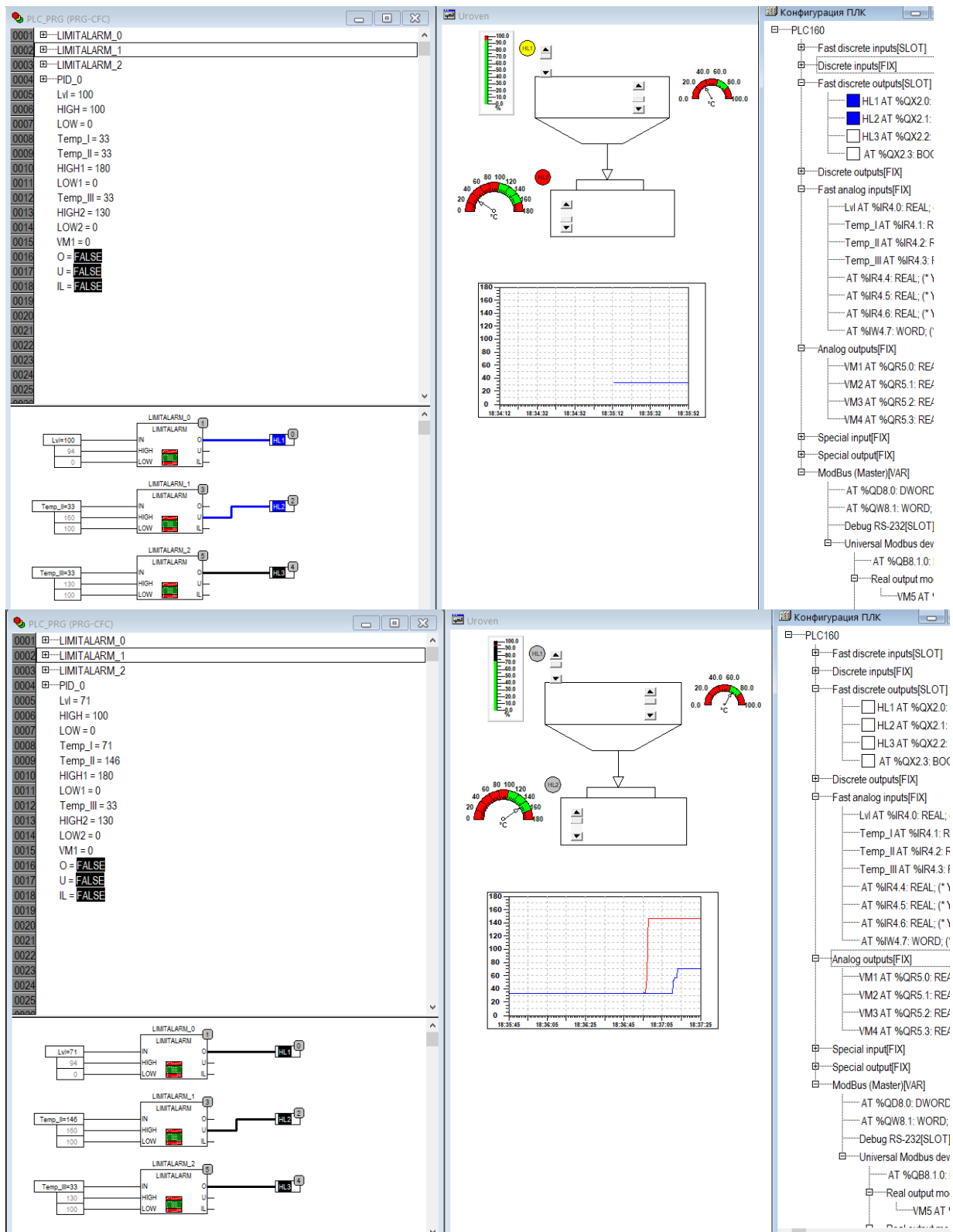


Рисунок 5.3 – Робота програми у режимі емуляції

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

Для створення інтерфейсів часто використовують середовище SCADA TRACE MODE. З його допомогою теж візуалізується об'єкт. Часто такі мнемосхем як на рисунку 6.1 використовуються на панелях оператора, звідки можна керувати процесом, а також наочно бачити технологічні вимоги до нього за допомогою показників.

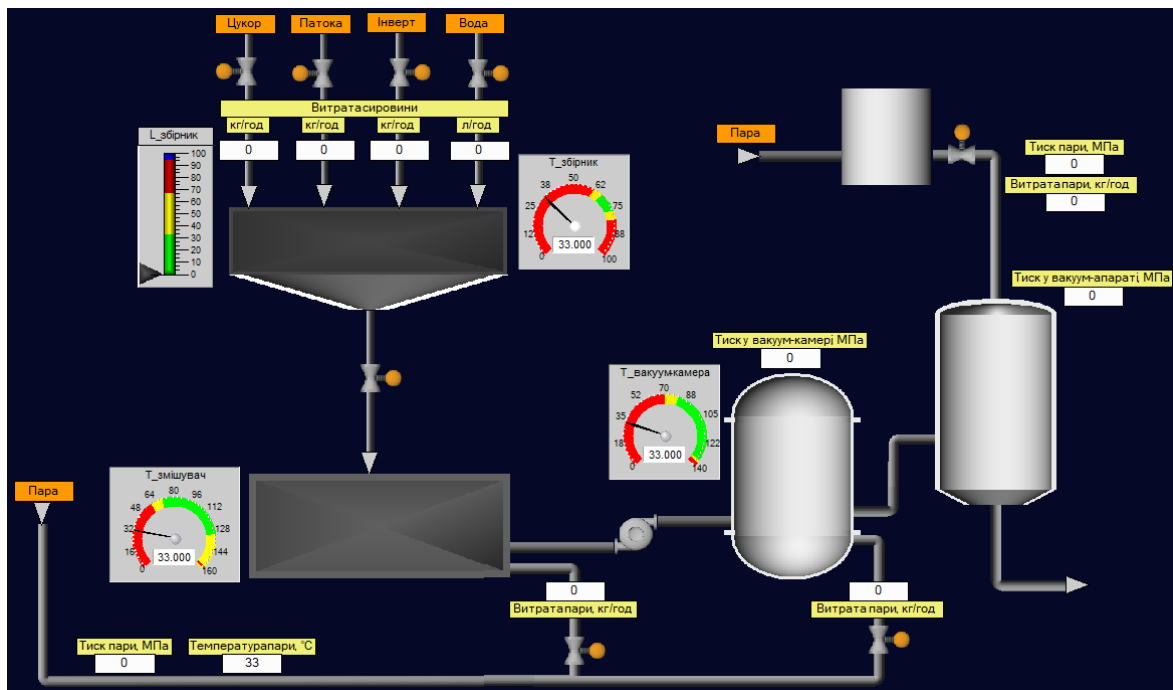


Рисунок 6.1 – Мнемосхема SCADA

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1 Постановка задачі дослідження

Для системи автоматизації уварювання карамелі виникла необхідність підвищити якість регулювання температури у змішувачі (рисунок 7.1.1).

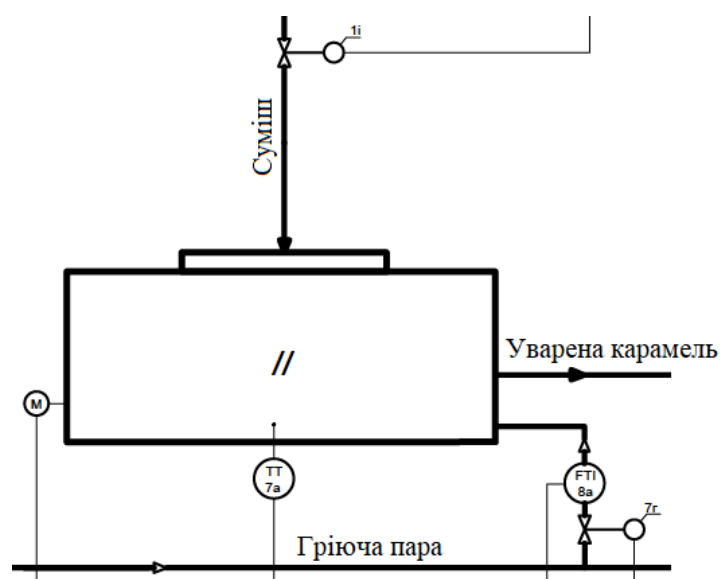


Рисунок 7.1.1 – Контур регулювання температури у змішувачі

Постановка задачі комп'ютерного моделювання: дослідити покращення системи регулювання при використанні ПД-регулятора з ваговими коефіцієнтами при уставці в порівнянні зі стандартним ПД-регулятором.

7.2 Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Відповідно до постановки задачі обираємо входні, вихідні канали та зображуємо на параметричній схемі (рисунок 7.2.1).

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

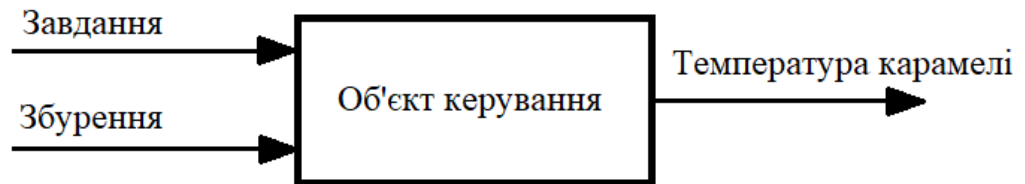


Рисунок 7.2.1 - Параметрична схема об'єкта

Враховуючи особливості збірника, а також те, що температура в ньому є змінною, що повинна самовирівнюватися, то обрано математичну модель № 1 з наступними даними для об'єкта: аперіодична ланка з запізнюванням з коефіцієнтами $T=550$ с, $\tau=50$ с, $K_0=0.72$, а також ланка аперіодична збурення $T=800$ с, $K_{зб}=0.4$.

7.3 Моделювання САР

Моделювання САР проводиться для двох систем – з ПІД-регулятором та з ПІД-регулятором та ваговими коефіцієнтами при уставці.

Час моделювання – 4500 с.

Крок моделювання – автоматичний.

Метод моделювання – Рунге-Кутти.

Сигнал завдання – стрибкоподібний.

Сигнал збурення – стрибкоподібний.

Результати порівнюються за: інтегрально-квадратичним критерієм розузгодження регульованої змінної та сигналу керування.

Розроблена структурна схема САР з ПІД- регулятором наведена на рисунку 7.3.1, результати моделювання та параметри налаштування ПІД регулятора зображено на рисунках 7.3.2 - 7.3.5.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

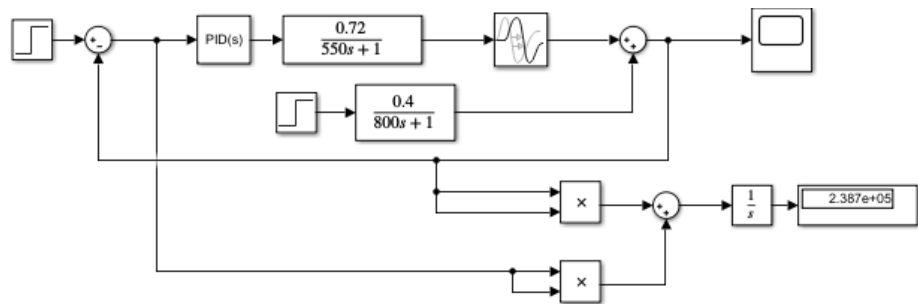


Рисунок 7.3.1 - АСР зі звичайним ПІД регулятором

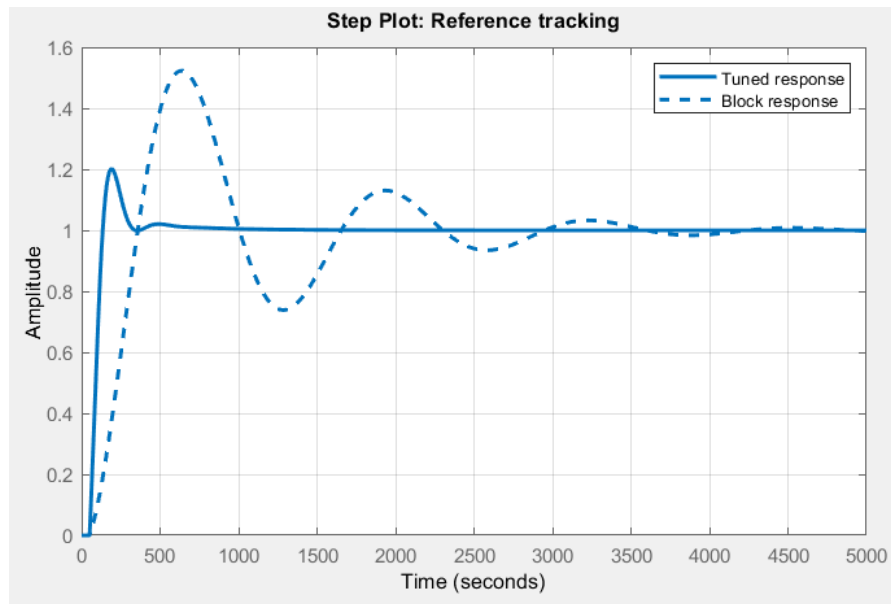


Рисунок 7.3.2 - Автоналаштування САР з ПІД-регулятором

Controller Parameters		
	Tuned	Block
P	9.7668	1.1
I	0.023123	0.018
D	-6.6293	0.9
N	1.4733	100
Performance and Robustness		
	Tuned	Block
Rise time	64 seconds	229 seconds
Settling time	511 seconds	3.43e+03 seconds
Overshoot	20.2 %	52.3 %
Peak	1.2	1.52
Gain margin	7.57 dB @ 0.0306 rad/s	20.4 dB @ 0.0195 rad/s
Phase margin	50.2 deg @ 0.0129 rad/s	23.4 deg @ 0.00479 ra...
Closed-loop stability	Stable	Stable

Рисунок 7.3.3 - Оптимальні налаштування САР з ПІД-регулятором

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

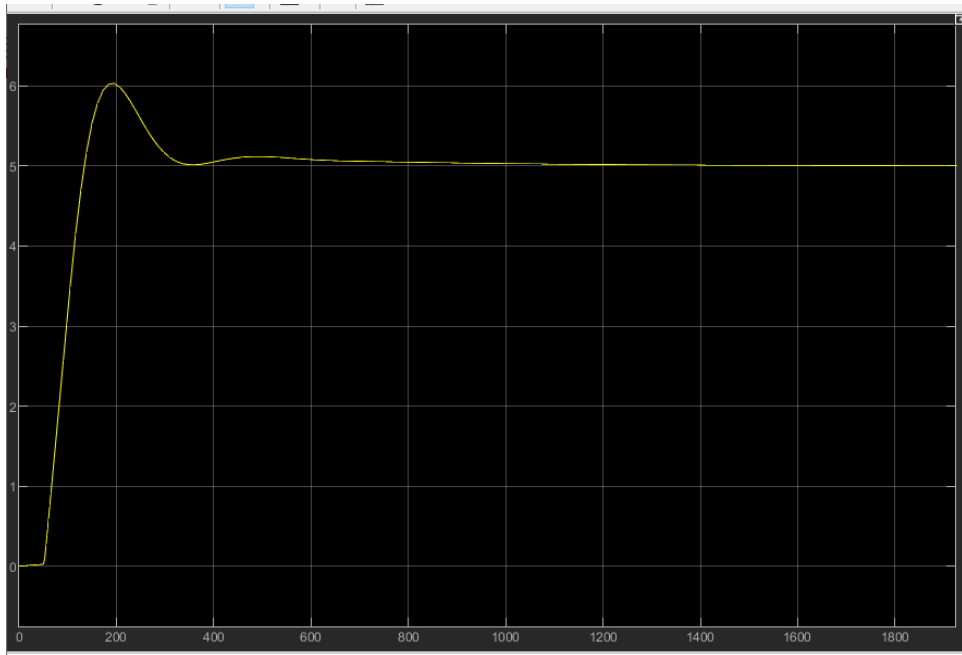


Рисунок 7.3.4 - Перехідний процес АСР з ПІД регулятором при зміні завдання. Оцінка САР з ПІД регулятором: $2.387e+05$

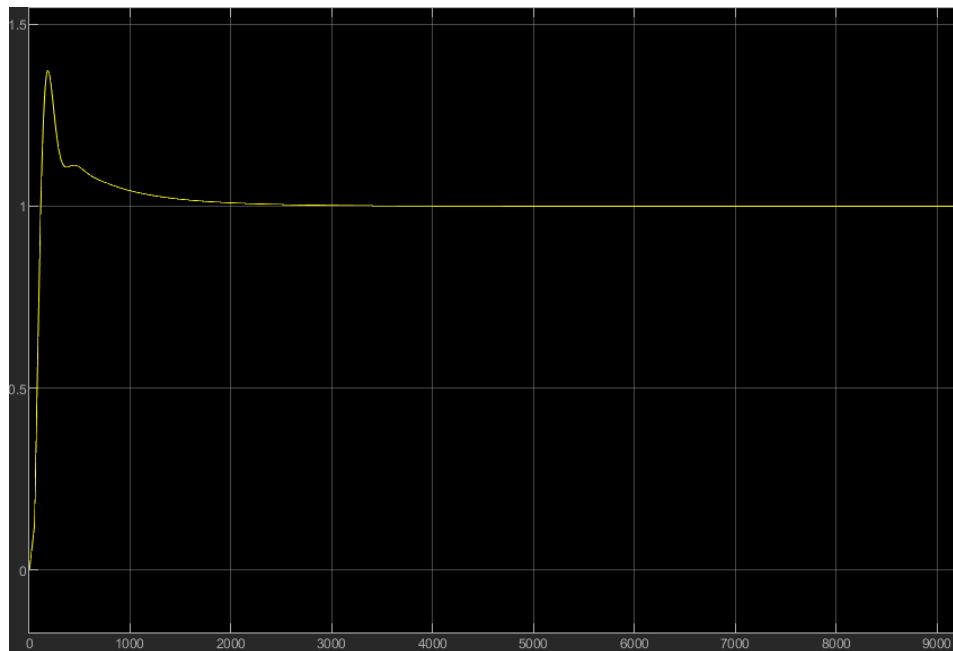


Рисунок 7.3.5 - Перехідний процес АСР з ПІД регулятором при зміні збурення

Для реалізації ПІД-регулятора використовується блок PID Controller (2DOF) з ваговими коефіцієнтами при уставці – b , c , налаштування яких також визначаємо

за допомогою процедури автоналаштування. Структурна схема оновленої САР зображена на рисунку 7.3.6. На рисунку 7.3.7 зображено налаштування регулятора. На рисунках 7.3.8, 7.3.9 зображені перехідні процеси при зміні завдання і збурення відповідно.

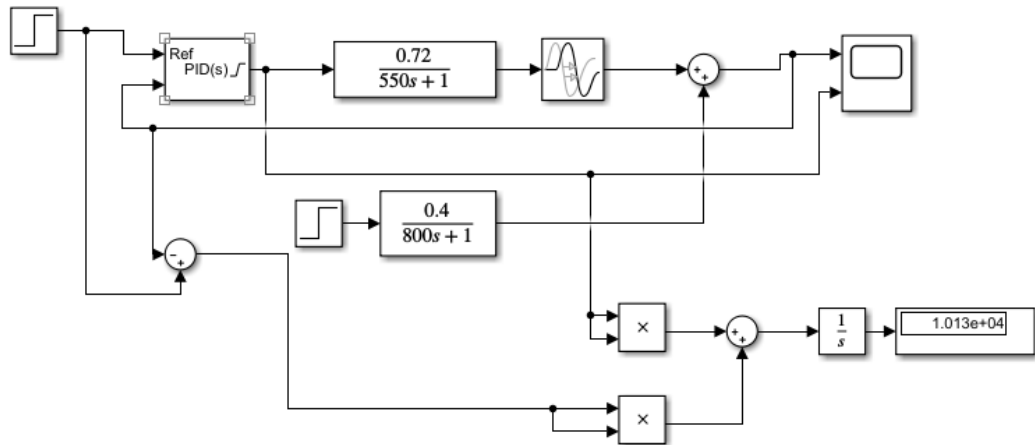


Рисунок 7.3.6 - Структурна схема САР з ПІД-регулятором та ваговими коефіцієнтами при уставці

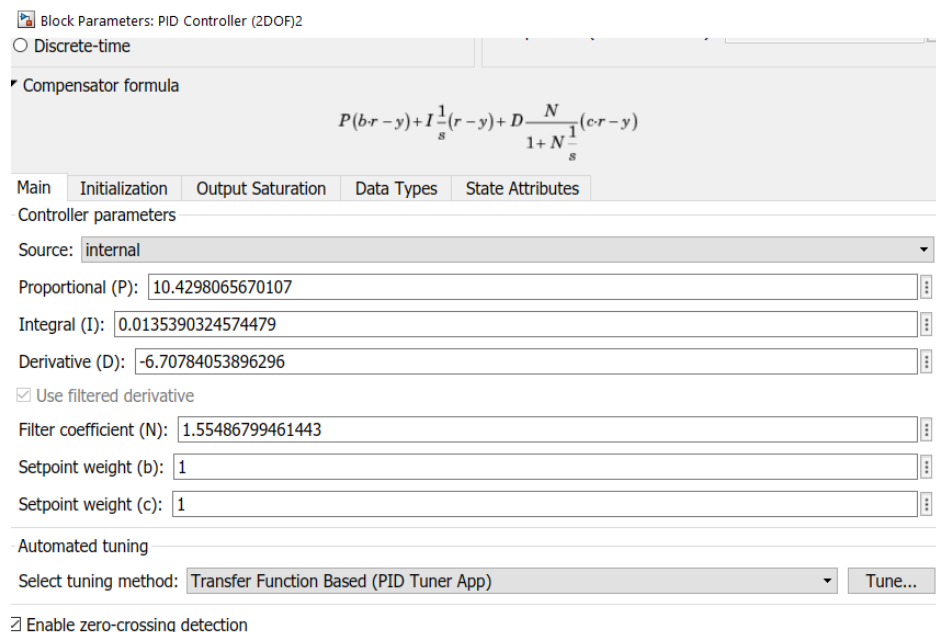


Рисунок 7.3.7 - Налаштування 2DOF

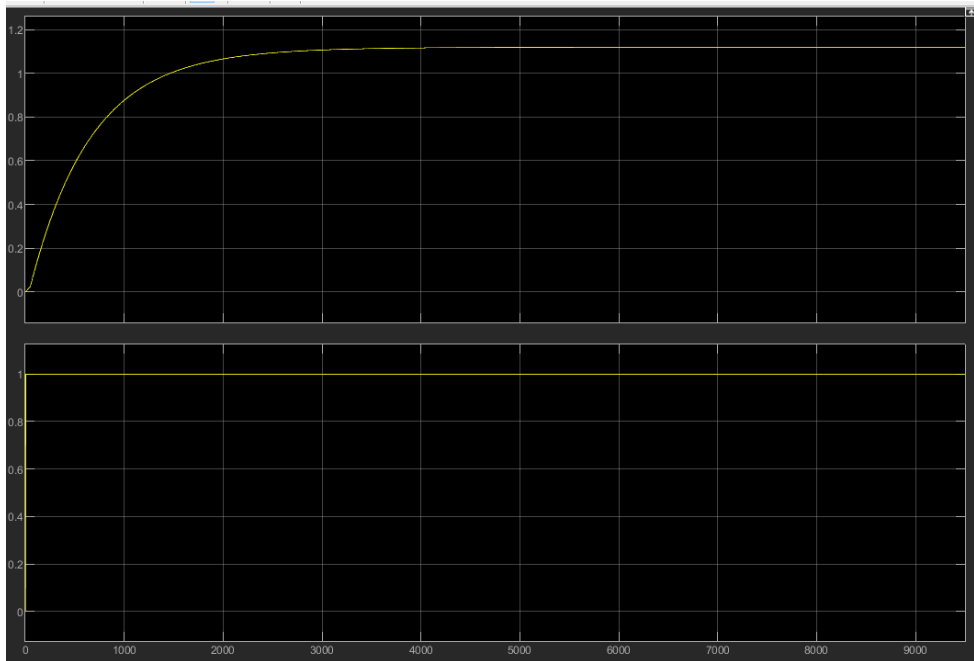


Рисунок 7.3.8 - Перехідний процес АСР з ПІД регулятором і ваговими коефіцієнтами при зміні завдання. Оцінка САР з ПІД регулятором: $1.588e+05$

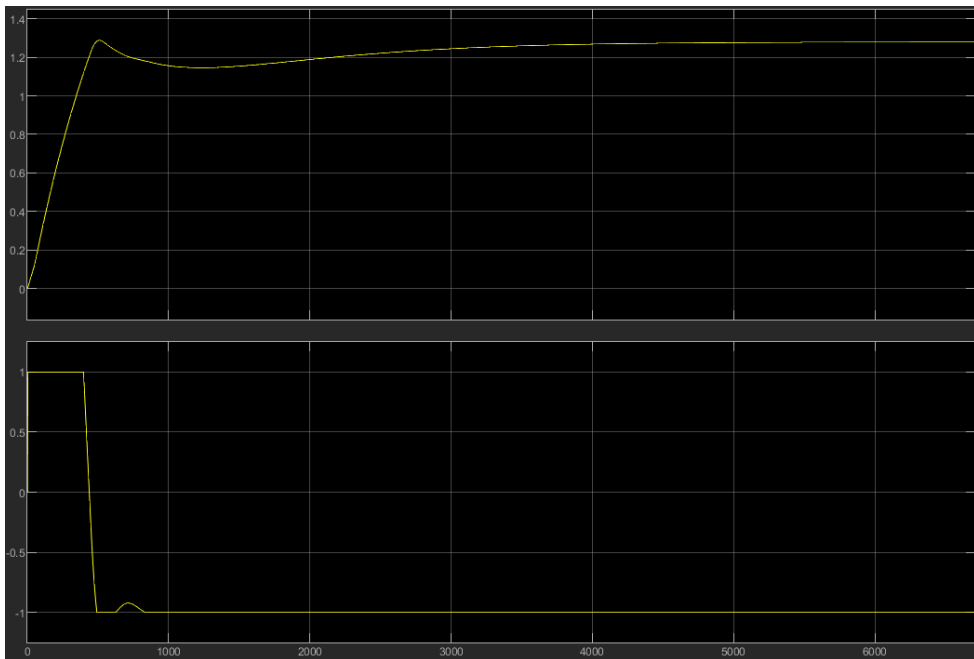


Рисунок 7.3.9 - Перехідний процес АСР з ПІД регулятором і ваговими коефіцієнтами при зміні збурення.

7.4 Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Проведено комп'ютерне моделювання САР температури в змішувачі з ПД-регулятором та ПД- регулятором та ваговими коефіцієнтами при уставці. При введенні вагових коефіцієнтів якість регулювання, яка оцінювалася інтегрально-квадратичним критерієм, покращилася на 33,47 %.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Кваліфікаційну роботу присвячено системі автоматизації уварювання карамелі.

Було розглянуто об'єкт автоматизації, технологічні параметри, що необхідно контролювати та регулювати для належної якості продукції.

Схеми підключень приладів, обґрунтування вибору, характеристика технічних засобів автоматизації, що використовувалися під час виконання кваліфікаційної роботи, наведені у пояснювальній записці.

Система автоматизації, після її впровадження, дозволить здійснювати віддалене керування процесом, знизить ризики надзвичайних ситуацій на підприємстві, зменшивши втручання людини, а також слідкувати за параметрами виробництва на всіх етапах, архівувати інформацію про стан технологічних об'єктів. Завдяки автоматизації було скорочено кількість персоналу, а також витрати пари, що призвело до значної економії матеріальних ресурсів.

Схема розроблена на основі мікропроцесорного контролера овен ПЛК160 [M02] з використанням сучасних приладів.

Вибір обладнання обґрунтовано відповідно до умов виробництва, наведені переваги системи керування.

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

Список використаної літератури

1. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної бакалаврської роботи на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації» денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс] / І.В. Ельперін, Я.В. Смітюх, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. - К. : НУХТ, 2022. - 96 с.
2. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації – К.: Ліра, 2014. – С. 344.
3. Гончаренко Б.М., Ладанюк О.П. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: РВЦ НУХТ, 2014. - С. 530
4. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
5. Дорохович А. М. Технологія карамелі: Навчальний посібник. – К.: Фірма «ІНКОС», 2011. – 192 с.: іл.
6. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
7. 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.
8. 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.
9. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.

10. Ладанюк, А.П. Методи сучасної теорії управління / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с

11. Пупена, О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник / О.М. Пупена, І.В.Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Ліра-К, 2011. – 552 с.

12. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: навч. посіб. / В. І. Тошинський, М. О. Подустов, І. І. Литвиненко та ін. – Харків : НТУ «ХП», 2006. – 412 с.

13. Кваско М. З. Проектування і дослідження дискретних систем автоматичного керування технологічними процесами / М. З. Кваско, М. С. Піргач, Т. В. Аверіна. – Київ : Політехніка, 2003. – 360 с.

14. Мікропроцесорні засоби в автоматизованих системах керування технологічними процесами: підручник / А. К. Бабіченко та ін. – Харків : Вид-во ТОВ «Водний спектр Джі-Ем-Пі», 2016. – 440 с.

15. Лукінюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади: навч. посіб. / М. В. Лукінюк. – Київ : НТУУ «КП», 2007. – 436 с.

16. Промислові засоби автоматизації: навч. посіб. у 2 т. Т.1. Вимірювальні пристрої / Заг. ред. А. К. Бабіченко. – Харків : НТУ «ХП», 2001, 470 с.

17. Основи вимірювань і автоматизації технологічних процесів: підручник / А. К. Бабіченко та ін. Харків : Вид-во ТОВ «С.А.М», 2009. – 616 с.

18. Штіфзон О.Й., Новіков П.В. Теорія автоматичного управління. Нелінійні та дискретні системи навч. посіб. Київ: КП, 2021 98 с.

19. Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації: навч. посіб.

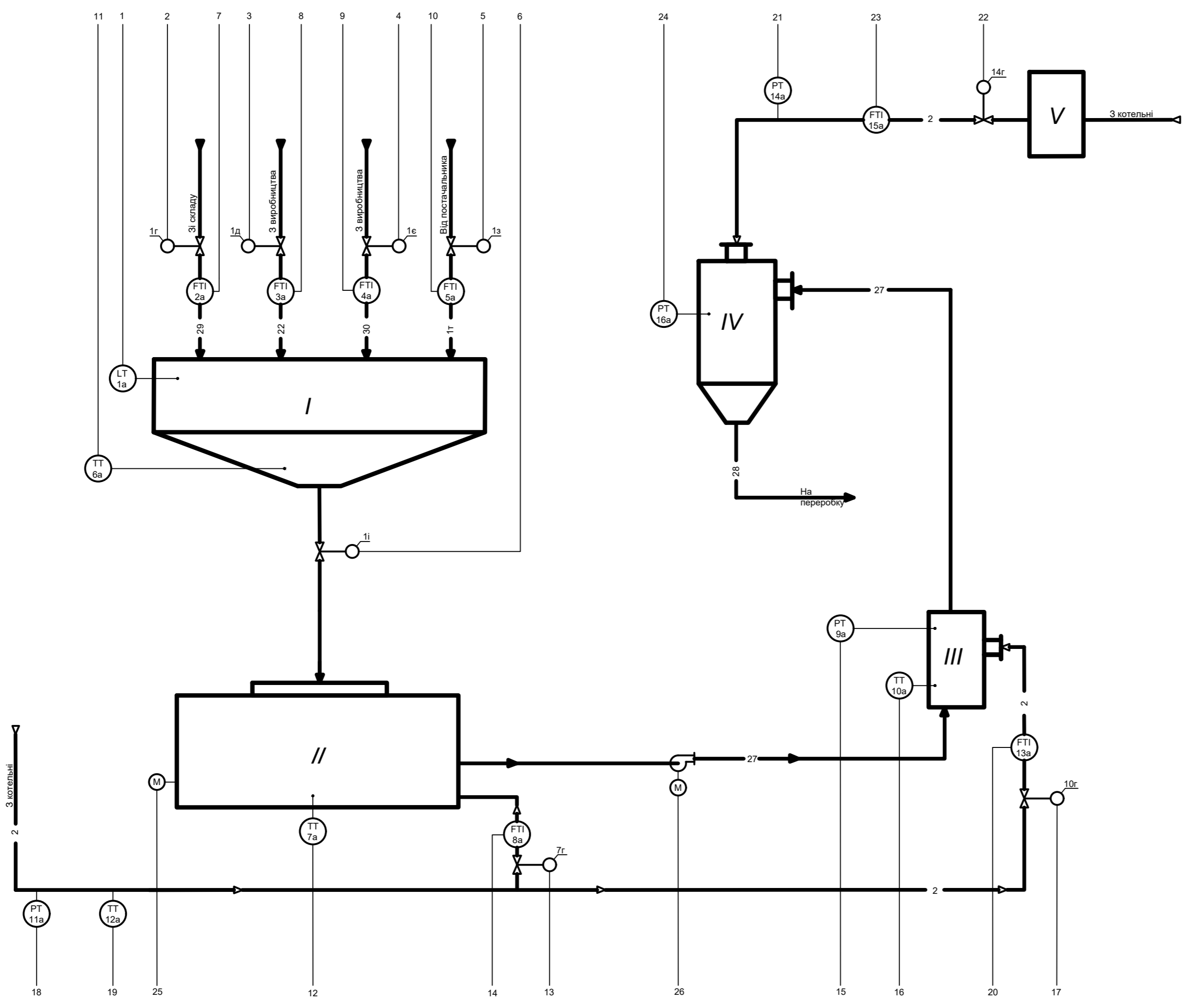
					Кваліфікаційна робота	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. / М. В. Лукінюк. – Київ: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.

21. Richard L. Shell, Ernest L. Hall Taylor & Francis, Shahrivar 8, 1379 AP - Technology & Engineering, 2000. - 887 pages.

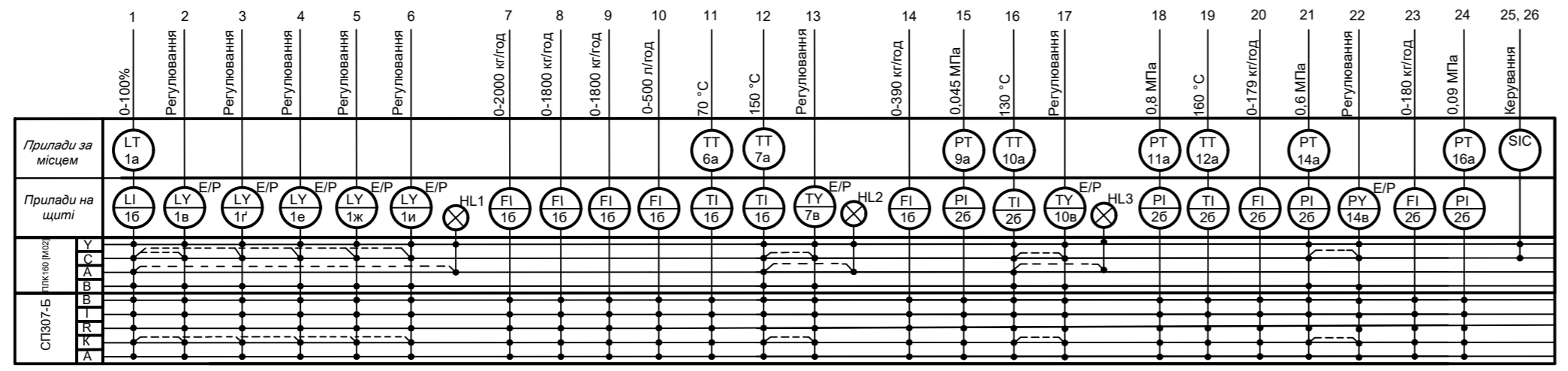
22. VA Master FAM540 Metal Cone Variable Area Flowmeter: веб-сайт. URL: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=CI%2fFAM540-EN&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch> (дата звернення: 15.01.2024).

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



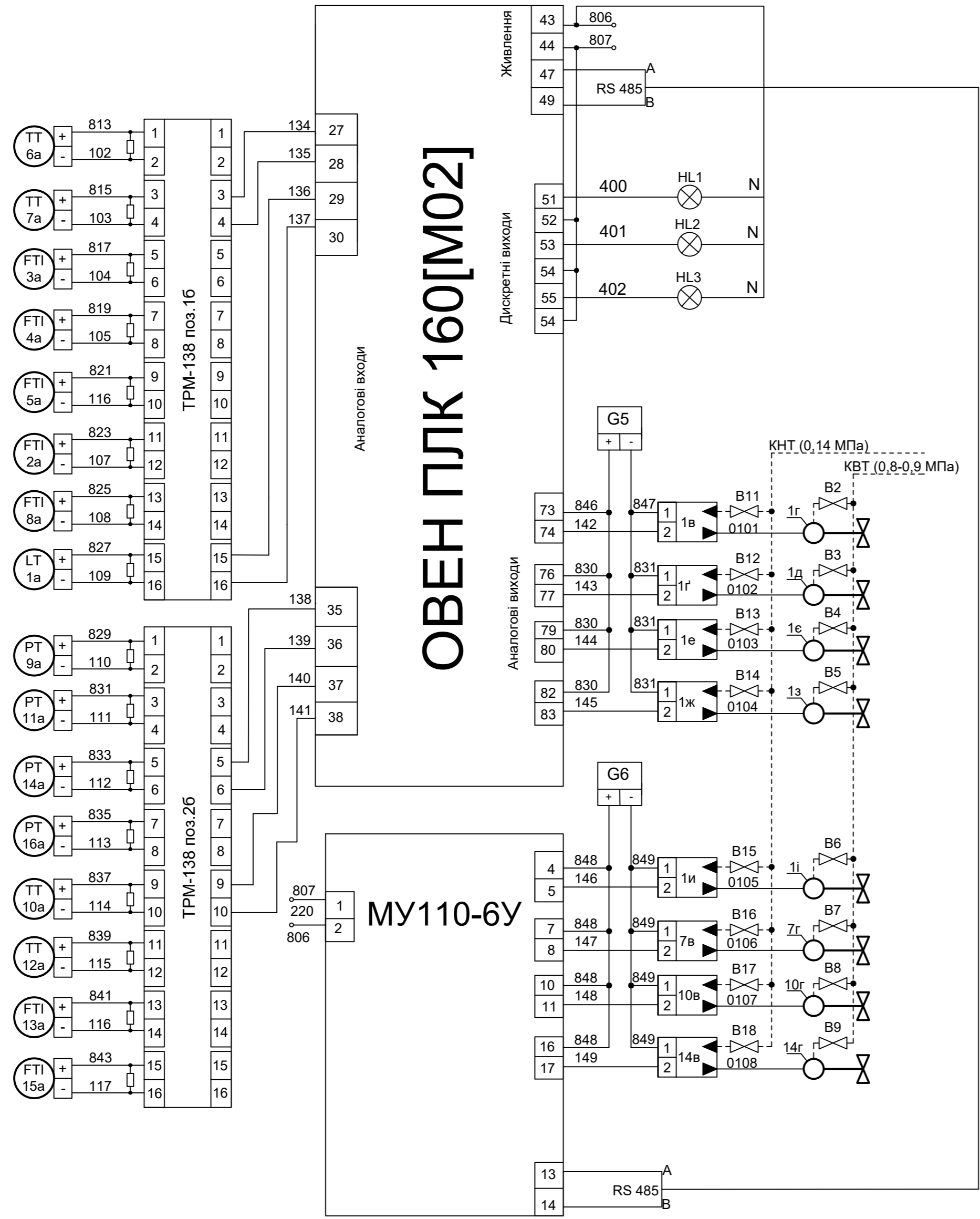
Поз.	Найменування	К-ть	Примітка
Прилади за місцем			
6а, 7а, 10а, 12а	Термопара ДТПК-И 015	4	
3а, 4а	Електромагнітний витратомір KFL-DC MAG3000	2	
1а	Ультразвуковий рівнемір Rosemount 3100	1	
2а	Масовий витратомір MaxxFlow HTC	1	
5а	Ультразвуковий витратомір US-800	1	
8а, 13а, 15а	Витратомір з поплавком VA Master FAM544	3	
9а, 16а	Датчик тиску розрідження КРТ-9-ВТ-ДИВ	2	
11а	Датчик тиску КРТ-9-ВТ-ДИ	1	
14а	Датчик тиску Овен ПД100-ДИ	1	
1г-1і, 7г, 10г, 14г	Пневматичний виконавчий механізм МІМ-250 з пневматичним позиціонером SMC ІР5000	8	
	Частотний перетворювач Овен ПЧВ3	2	
Прилади на щиті			
1в-1и, 7в, 10в, 14в	Електро-пневматичний перетворювач ЕП-3211	8	
16, 26	Восьмиканальний регулятор Овен ТРМ-138	2	
	Мікропроцесорний контролер Овен ПЛК160[М02]	1	
	Сенсорна панель оператора Овен СП307-Б	1	

Позн.	Найменування
— 1г —	Тепла вода
— 2 —	Пара
— 22 —	Патока
— 27 —	Карамельна маса
— 28 —	Уварена карамельна маса
— 29 —	Цукор-пісок
— 30 —	Інвертний сироп
/	Збірник
//	Змішувач
///	Вакуум-камера
IV	Вакуум-апарат
V	Конденсатор



Зм. Арк.	Відком.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації процесу уварювання карамелі	Літ.	Маса	Масштаб
Виконав	Ярош				Арк.	Аркушів	
Перевірів				СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ	НУХТ гр. СуФЗАВ-3-1		
Н.контр.							

Температура у збірнику
Температура у змішувачі
Витрата у трубопроводі патоки
Витрата у трубопроводі інвертного сиропу
Витрата у трубопроводі води
Витрата у трубопроводі цукру-піску
Витрата у трубопроводі пари до змішувача
Рівень у збірнику
Розрідження у вакуум-камері
Тиск у трубопроводі пари до змішувача та вакуум-камери
Тиск у трубопроводі пари до вакуум-апарату
Розрідження у вакуум-апараті
Температура у вакуум-камері
Температура у трубопроводі пари до змішувача та вакуум-камери
Витрата у трубопроводі пари до вакуум-камери
Витрата у трубопроводі пари до вакуум-апарату



Високий рівень у збірнику	Сигналізація
Низька температура у змішувачі	
Висока температура у вакуум-камері	

Трубопровід подачі цукру-піску у збірник	Регулювання
Трубопровід подачі патоки у збірник	
Трубопровід подачі інвертного сиропу у збірник	
Трубопровід подачі води у збірник	
Трубопровід подачі суміші у змішувач	
Трубопровід подачі пари у змішувач	
Трубопровід подачі пари у вакуум-камеру	
Трубопровід подачі пари у вакуум-апарат	

Поз.	Найменування	К-ть	Примітка
<u>Прилади за місцем</u>			
6а, 7а, 10а, 12а	Термопара ДТПК-И 015	4	
3а, 4а	Електромагнітний витратомір KFL-DC MAG3000	2	
1а	Ультразвуковий рівнемір Rosemount 3100	1	
2а	Масовий витратомір MaxxFlow HTC	1	
5а	Ультразвуковий витратомір US-800	1	
8а, 13а, 15а	Витратомір з поплавком VA Master FAM544	3	
9а, 16а	Датчик тиску розрідження КРТ-9-ВТ-ДИВ	2	
11а	Датчик тиску КРТ-9-ВТ-ДИ	1	
14а	Датчик тиску Овен ПД100-ДИ	1	
1г-1і, 7г, 10г, 14г	Пневматичний виконавчий механізм МІМ-250 з пневматичним позиціонером SMC IP5000	8	
<u>Прилади на щиті</u>			
	Мікропроцесорний контролер Овен ПЛК160[M02]	1	
	Модуль аналогового виводу МУ110-6У	1	
1б, 2б	Восьмиканальний регулятор Овен ТРМ-138	2	
Г5, Г6	Модульний блок живлення ОВЕН БП15 (220/24 В)	2	
1в-1и, 7в, 10в, 14в	Електро-пневматичний перетворювач ЭП-3211	8	
HL1	Лампа сигнальна Овен МТ22-А35 (жовта) 220В	1	
HL2, HL3	Лампа сигнальна Овен МТ22-А34 (червона) 220В	2	

Зм. Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації процесу уварювання карамелі	Літ.	Маса	Масштаб
Виконав	Ярош						
Перевірив					Арк.	Аркушів	
Н.контр.					СХЕМА ПРИНЦИПОВА РЕГУЛЮВАННЯ, КЕРУВАННЯ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ		
					НУХТ ар. СуФЗ -3-1		

