

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Декан факультету

Завідувач кафедри

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

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

« ____ » червень 2020 р.

« ____ » червень 2020 р.

Кваліфікаційна робота

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

з спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр та назва напрямку підготовки (спеціальності))

на тему: Розробка системи автоматизації процесу керування температурним режимом похилого дифузійного апарату з використанням багатоконтурного регулятора

Виконав: студент 4 курсу, групи АК-4-3ск

Мотузенко Владислав Сергійович
(прізвище та ініціали)

Керівник Ладанюк Анатолій Петрович
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Самсонов Валерій Васильович
(прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

« » 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Мотузенко Владиславу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка системи автоматизації процесу керування температурним режимом похилого дифузійного апарату з використанням багатоконтурного регулятора

затверджена наказом по університету від « 27 » квітня 2020 р. № 269-КС

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) « 9 » червня 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх необхідно розробити)

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та

даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.
7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1.
Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його
математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів
моделювання та формулювання висновків.

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

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 27.04.2020 р.

Керівник _____ (Ладанюк А.П.)
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ (Мотузенко В.С.)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів виконання проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту, (роботи)	Примітка
1	<i>Видача та затвердження завдання</i>	<i>Перед переддипломною практикою</i>	
2	<i>Розділ 1</i>	<i>Захист переддипломної практики</i>	
3	<i>Розділ 2</i>	<i>1 тиждень</i>	
4	<i>Розділ 3</i>	<i>2 тиждень</i>	
5	<i>Розділ 4 та 5</i>	<i>3 тиждень</i>	
6	<i>Розділ 6 та 7</i>	<i>4 тиждень</i>	
7	<i>Підготовка матеріалів до захисту</i>	<i>5 тиждень</i>	
8	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>6 тиждень</i>	

Студент _____ Мотузенко В.С.

(підпис)

Керівник проекту _____ Ладанюк А.П.

(підпис)

Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації нахиленої дифузійної установки на цукрового заводу.

В проекті представлено опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – електромагнітного витратоміра KOBOLD DMH, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Розроблено алгоритм та програма для управління нахиленою дифузійною установкою. Програма розроблена для ПЛК від MITSUBISHI ELECTRIC серії FX3U. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні CitectSCADA та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

Ключові слова: KOBOLD DMH, FX3U, CitectSCADA.

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

Annotation

This diploma project considers the development of an automation system for an inclined diffusion unit at a sugar factory.

The project describes the process, the tasks for the automation system, the automation scheme, the specification of the automation equipment, the wiring diagram of the automation equipment – the electromagnetic flowmeter KOBOLD DMH, the connection schemes of the sensors and actuators to the PLC and the extended circuitry for connecting the technical means.

An algorithm and a program for controlling an inclined diffuse installation have been developed. The program is designed for PLCs from the MITSUBISHI ELECTRIC FX3U series. The interface SCADA-program of the technological process is developed in the software CitectSCADA and the form of the display mnemonic is presented in the note.

Keywords: KOBOLD DMH, FX3U, CitectSCADA.

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

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	14
Розділ 2. Система автоматизації	16
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	16
2.2. Схема автоматизації.....	25
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	27
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	30
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	30
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	32
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	33
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	37
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	41
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	51
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	51
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	54
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	55
7.1. Постановка задачі дослідження.....	55
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	55
7.3. Моделювання САР.....	57
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	58
Висновок	60
Список використаної літератури	61

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

Вступ

Харчова промисловість являє собою складний виробничий комплекс народного господарства, створений великою кількістю підприємств та організацій, головною задачею яких є ефективна переробка сільгосппродуктів. Головним напрямком розвитку харчової промисловості являється постійна інтенсифікація технологічного виробництва та впровадження агрегатів більшої виробничої потужності при одночасному зменшенні його габаритів, металомісткості, енергоспоживання та зниження собівартості одиниці готової продукції.

На сучасному етапі розвитку цукрового виробництва, заснованому на неперервності технологічних процесів, є всі передумови для комплексної та повної автоматизації, а також для впровадження та вдосконалення існуючих систем. При розробці та вдосконаленні систем автоматизації агрегатів великої одиничної потужності виникають нові задачі, котрі необхідно розв'язувати з врахуванням особливостей об'єкту, а саме наявність механічних включень, самоутворень, відкладань твердих осадків, накипу, піноутворення, та інших особливостей розчинів та суспензій. Підвищена вологість та температура навколишнього середовища заважають використанню загальнопромислових засобів вимірювання та автоматизації та зв'язана з необхідністю створення спеціальних засобів автоматизації, особливо приладів для контролю складу та властивостей проміжних і кінцевих продуктів.

Управління технологічними процесами, повинно, як правило, задовольняти декілька протилежних умов (вимог). Крім того, якість сировини в цукровій промисловості має дуже великий розбіг параметрів, тому необхідно вирішувати задачі на базі мікропроцесорної техніки та ПК. Нова база МПК та ПК відкривають нові можливості при застосуванні цих комплексів та систем. Використання контролерів та комп'ютерів для автоматизації ліній, машин, обладнання при створенні АСУТП дає можливість застосовувати в цукровій промисловості в більших масштабах високо потужні технології. Впровадження

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

оновленої техніки на основі мікропроцесорів та ПК, розширяють функціональні можливості обладнання, систем управління, значно підвищує надійність їх роботи і в кінцевому випадку позитивно відображається на якості випущеної продукції. Ритмічність роботи цукрового заводу, збільшення одиничної потужності обладнання, ефективність та економічність його роботи, збільшення якості виробництва, зменшення втрат цукру, потребують неперервного оновлення та вдосконалення засобів автоматизації та системи управління. Крім того, впровадження новітніх технологій дозволить суттєво покращити якість управління, візуалізацію процесів, що значно покращить роботу оператора та обслуговуючого персоналу.

Нормальна робота дифузійного апарату можлива лише на стружці високої якості. Стружка не повинна перемішуватись в ході технологічного процесу, а лише переміщуватись, якщо в апараті є транспортуючі органи. Для отримання дифузійного соку високої якості в апараті слід підтримувати визначену температуру. Екстрагування необхідно проводити без доступу повітря, так як при доступі повітря дифузійний сік сильно піниться, розвиваються мікроорганізми і відбувається корозія стінок апарату. Втрати цукру в процесі не повинні перевищувати встановлених норм, а втрати тепла повинні бути мінімальними. Дифузійний апарат не повинен бути складним в обслуговуванні та ремонті. Усі ці умови можна задовільнити шляхом впровадження автоматизації на основі сучасних, точних приладів і засобів автоматизації. Тому автоматизація дифузійної установки є доцільною для якісного процесу екстрагування.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

На сучасних цукрових заводах для вилучення цукру з буряка застосовують спосіб дифузії, який приблизно 100 років тому замінив застосовувався з 1802 р. пресовий спосіб. Пресовим способом вдавалося витягти з буряка тільки 70-80% соку, і втрати цукру при сокодобуванні були дуже високими. Дифузійний спосіб дозволив скоротити витрати праці на сокодобування, підвищити ступінь вилучення цукру з буряка і чистоту одержуваного соку в порівнянні з натуральним соком буряка.

Під явищем дифузії розуміють здатність наведених в зіткнення змішуватися між собою різних речовин мимовільно проникати один в одного до тих пір, поки не утвориться однорідна суміш. Рушійна сила дифузії – різниця концентрацій речовин в дотичних розчинах, яка переміщує розчинені речовини в бік меншої концентрації. Причиною дифузії є безладний безперервний рух молекул речовини.

Якщо два розчину (або розчинник і розчин) безпосередньо стикаються і мимоволі проникають один в інший, то таке явище називається вільною дифузією. Якщо ж розчини розділені напівпроникною перегородкою (мембраною), здатної пропускати тільки чистий розчинник, то відбувається не вільна дифузія, або осмос. Іноді напівпроникна перегородка пропускає не тільки розчинник, а й частки розчинених речовин тільки до певного розміру, затримуючи більші; дифузія через такі перегородки називається діалізом.

У цукровому виробництві дифузійний процес являє собою складний комплекс всіх трьох видів дифузії: вільної дифузії, осмосу та діалізу, що відбуваються приблизно в такому порядку.

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Мотузенко В.С.				9	7
Керівник		Ладанюк А.П.					
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					
					Розробка системи автоматизації процесу керування температурним режимом похилого дифузійного апарату з використанням багатоконтурного регулятора		

Спочатку відбувається дифузія цукру з розірваних при різанні буряка клітин (вільна дифузія), потім вода проникає в клітинний сік (осмос), і після прогріву стружки до 60 °С і згортання протоплазми починається основний процес вилучення цукру з вакуолей клітин буряка в дифузійний сік (діаліз).

Рафіноза, карамелі, білки і розчинні пектинові речовини дифундують значно повільніше сахарози в зв'язку з тим, що вони, відрізняючись високою молекулярною масою, мають низький коефіцієнт дифузії. Досвідченим шляхом було встановлено, що отримується при дифузії дифузійний сік містить не цукрів на 18-20% менше, ніж натуральний клітинний сік.

Дифузійний процес вилучення цукру з бурякової стружки.

Цей процес полягає в протivotочному омиванні стружки спочатку дифузійним соком, поступово знижується концентрацією, потім чистою гарячою водою.

Стружка буряка з концентрацією цукру надходить в головну частину апарату і направляється до хвостової його частини, віддаючи цукор, в який рухається назустріч розчинник (вода, дифузійний сік). У всіх частинах апарату успішно йде процес дифузії, так як різниця концентрацій зберігається. У хвостовій частині апарату в стружці залишається дуже мало цукру, але дифузія триває, так як сюди надходить вода з нульовою концентрацією цукру. Зазвичай при дифузії з 100 кг стружки отримують понад 100 кг соку. Величину, яка показує кількість дифузійного соку, отриманого з 100 кг буряка, називають «відкачуванням» соку.

У головній частині апарату різницю концентрацій збільшують зниженням концентрації розчинника в результаті підвищення відкачування соку. Завдяки такій протivotочній екстракції можна витягти максимум цукру з стружки.

Для здійснення дифузійного процесу вилучення цукру з буряка на цукрових заводах застосовують дифузійні апарати періодичної (дифузійні батареї) і безперервної дії.

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

Застосування безперервно діючих дифузорів в порівнянні з апаратами періодичної дії має такі переваги: забезпечується безперервність дифузії, що дозволяє повністю автоматизувати процес роботи, зробити його стійким і зменшити число обслуговуючих працівників; скорочується потреба заводу в водоочисних спорудах у зв'язку з відсутністю дифузійної води; знижуються втрати цукру на дифузії до 0,25-0,30% до маси буряка проти гранично допустимих нормативних втрат цукру 0,40% при роботі на дифузійних батареях.

В даний час на цукрових заводах є багато дифузійних апаратів безперервної дії: горизонтальних, ротаційних, вертикальних колонних (одноколонного, багатоконних), нахилені двухшнекові. Типовими є одноколонні апарати КДА і нахилені апарати С-17.

Нахилений дифузійний апарат

Нахилений дифузійний апарат С-17 (рис. 1.1) прийнятий типовим, він розрахований на продуктивність 1500 т буряка на добу. Корпус цього апарата встановлений на постаменті під ухилом 11° коритоподібний жолоб довжиною 22,5 м і шириною 4,1 м, днище якого складено з двох циліндричних поверхонь. На зовнішній стороні днища розташовані парові камери для нагрівання сокостружечної суміші без попереднього отримання опіків стружки. У середині корпусу обертаються в протилежні сторони два паралельних однозахідних шнека діаметром по 2,4 м, частота обертання їх 0,4-1,2 об/хв. Витки одного шнека заходять в витки іншого, що запобігає обертання стружки разом зі шнеком.

Бурякову стружку завантажують в нижню частину корита, звідки вона, захоплюючись витками шнеків, пересувається в верхню його частину, куди надходить свіжа гаряча вода і повертається жомопресова вода. Тут же знаходиться колесо для вивантаження обезцукреної стружки, що має кармани, які захоплюють її вище рівня шнека і подають на грабельний транспортер,

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

підведений до пресів. У нижній торцевій частині корита через сито відкачується сік.

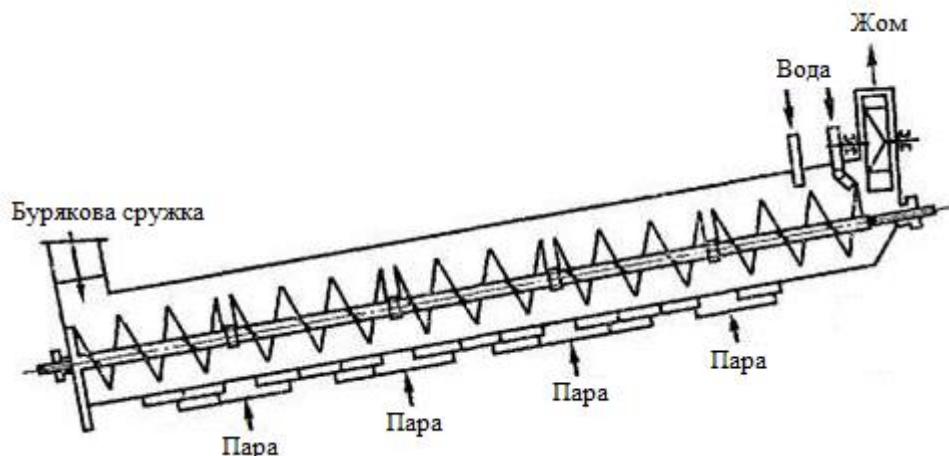


Рис. 1.1. Нахилений дифузійний апарат С-17.

Переваги нахилених апаратів – мала металоємність, простота конструкції, зручність обслуговування, велика питома навантаження стружки, порівняно невисока відкачка соку і малі втрати цукру, можливість регулювання температури процесу в самому апараті, відсутність додаткової апаратури для ошпарювання.

До недоліків таких апаратів слід віднести можливість поломки валів і редукторів при порушенні синхронності роботи шнеків, велику чутливість до якості стружки, сильне перемішування і подрібнення стружки, змішання соків різних концентрацій. Похилий апарат повністю автоматизований і керує ним один оператор.

Тривалість дифундування в апаратах безперервної дії в зв'язку з необхідністю застосування для них більш грубою бурякової стружки трохи вище, ніж в дифузійної батареї. За нормативами вона становить 70-80 хв.

Збільшення довжини 100 г стружки тягне за собою зменшення товщини її і одночасно збільшення поверхні стружки. Отже, збільшення довжини стружки є важливим фактором, подвійно сприятливим її обесцукруванню.

Однак не всі ці фактори можуть бути використані повністю в роботі цукрових заводів, так як в процесі дифузії не можна допускати помітного

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зниження чистоти соку і його розведення водою. Надмірне збільшення тривалості дифузії і підвищення температури на практиці може призвести до помітного зниження чистоти дифузійного соку в результаті пептизації високополімерів, особливо пектинових речовин буряка. Підвищення відкачування соку призводить до зниження концентрації сухих речовин у ньому і, отже, збільшує витрату тепла на випарювання води. Дифузійні апарати безперервної дії дуже чутливі до розм'якшення стружки внаслідок початкового гідролізу протопектину, тому на них працюють при температурі не вище 70-72 °С. Температура нижче 70 °С також небезпечна в зв'язку з посиленням дії мікроорганізмів. Довжина 100 г стружки при роботі на цих апаратах обмежена, так як тонка стружка при русі в дифузорі подрібнюється і перешкоджає руху соку [8].

В дипломному проєкті розроблена система автоматизації нахиленої дифузійної установки на цукровому заводі. В системі автоматизації контролюється різниця тисків на ситах та витрата дифузійного соку в трубопроводі, регулюється температура в 4-х зонах установки та витрата сульфатованої і жомопресної води, також відбувається управління двигунами шнеків М1 та М2 в нахиленій дифузійній установці за допомогою частотних перетворювачів.

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

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи 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	Нахилений дифузійний апарат	Температура (I зона)	68 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	Ручне управління зі щита оператора
		Температура (II зона)	73 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	Ручне управління зі щита оператора
		Температура (III зона)	73 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	Ручне управління зі щита оператора
		Температура (IV зона)	65 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	Ручне управління зі щита оператора
		Тиск	250 кПа	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Двигун М1	1 об/хв	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна	Ручне управління зі щита оператора
		Двигун М2	1 об/хв	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна	Ручне управління зі щита оператора

Продовження таблиці 1.1.

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Трубопровід	Витрата дифузійного соку	130 м ³ /год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Витрата жомопресної води	30 м ³ /год	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі	Ручне управління зі щита оператора
		Витрата сульфітованої води	70 м ³ /год	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі	Ручне управління зі щита оператора

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						15
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 в зонах нахиленої дифузійної установки

Для вимірювання температури в зонах нахиленої дифузійної установки був вибраний термометр опору KOBOLD LTS-A (рис. 2.1).

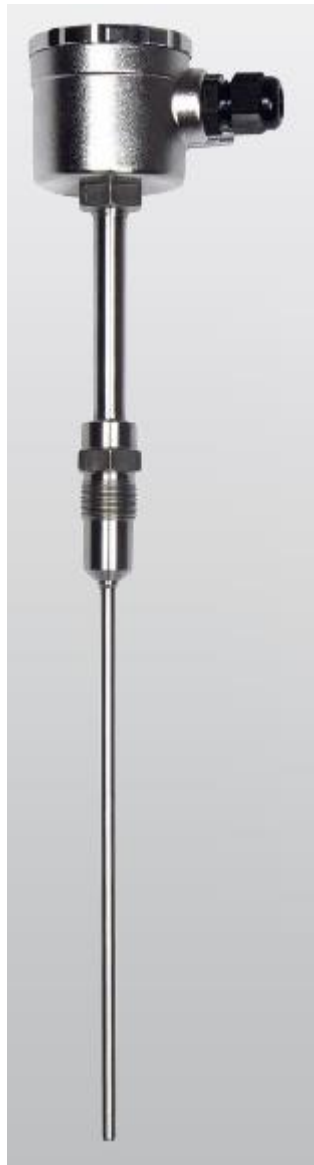


Рис. 2.1. Термометр опору KOBOLD LTS-A.

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Мотузенко В.С.					
Керівник		Ладанюк А.П.				16	14
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					
					Розробка системи автоматизації процесу керування температурним режимом похилого дифузійного апарату з використанням багатоконтурного регулятора		

Зміна опору платини по відношенню до вимірюваної температури використовується для вимірювання температури за допомогою резистивних датчиків KOBOLD LTS-A.

Пристрої підключені електрично з 2- або 3-провідною технологією залежно від вхідного пристрою оцінювання та довжини лінії. Крім того, датчик температури можна підключити до вхідного струму 4-20 мА (2-провідний струм) за допомогою вбудованого 2-провідного передавача. Температурні датчики з з'єднанням без порожнини (... T, ... M) обладнані системою герметичності, що відповідає гігієнічним вимогам для вимірювання в харчовій промисловості разом із відповідною зварною втулкою LZE. Датчики температури з кришкою добре підходять для вимірювання постійно високих температур (до 200 °C).

Характеристики термометру опору:

- діапазон вимірювання: 0 ... 200 °C;
- тип: Pt100;
- макс. тиск: 10 бар;
- довжина сенсора: 20, 50, 100, 150, 250 мм;
- точність: $\pm 0,3\%$ від виміряних значень;
- вихід: уніфікований аналоговий вихідний сигнал 4-20 мА [9].

Order Details (Example: LTS- K 0 3 02 M3 1 K 0)

Model	Version	Screw thread	Sensor tip	Sensor length	Process connection
LTS-	K = compact A = connection box	0 = without neck well H = with neck well	3 = \varnothing 3.5 mm (not for 2 sensors)	02 = 20 mm	M3 = M 12 x 1,5 hygienic
			3 = \varnothing 3.5 mm (not for 2 sensors) 6 = \varnothing 6 mm	05 = 50 mm 10 = 100 mm 15 = 150 mm 25 = 250 mm YY = special length max. 1000 mm	M3 = M 12 x 1,5 hygienic G4 = G ½, hygienic R4 = G ½, standard (for threaded jacket) K0 = without screw thread

Order Details (continued)

Sensor	Electrical connection	Transmitter
1 = 1 Pt 100, Class A, 2-wire (not for compact version K) 2 = 2 Pt 100, Class A, 2-wire 3 = 1 Pt 100, Class A, 3-wire	K = cable connection M16x1,5 (not for compact version) M = M12-plug	0 = without transmitter
6 = with transmitter		A = -10...+40 °C B = 0...50 °C C = 0...100 °C D = 0...150 °C E = 0...200 °C S = special

Рис. 2.2. Таблиці для вибору моделі термометра опору.

Контроль різниці тисків на ситах нахиленої дифузійної установки

Для контролю різниці тисків на ситах нахиленої дифузійної установки був вибраний прилад для виміру диференціального тиску KOBOLD PAD-D (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Прилад для виміру диференціального тиску KOBOLD PAD-D.

Модель PAD диференціального тиску KOBOLD – це мікропроцесорний високопродуктивний передавач, який має гнучкий калібрування та випуск тиску, автоматичну компенсацію температури навколишнього середовища та технологічної змінної, конфігурація різних параметрів, зв'язок з протоколом HART. Застосування дуже різноманітне, як вимірювання тиску, витрати та рівня за методом нанесення. Всі дані сенсора повинні бути введені, модифіковані та збережені в EEPROM. Як варіант, KOBOLD перетворювач тиску також доступний як витратомір. Ця модель витратоміра PAD-F додає функцію

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

тоталізатора в PAD-передавач. Таким чином, доступно для перевірки витрати та потоку об'єму. Він вимірює швидкість потоку за допомогою диференціального тиску без компенсації температури та статичного тиску. Форма PAD-F така ж, як і стандартний пристрій.

Моделі PAD-D, -G та -H доступні в датчиках диференційного тиску. Датчик тиску вимірює диференціальний тиск і зазвичай використовується при вимірюванні потоку та рівня. Обидві сторони в датчика передають тиск від ізоляторів до датчика. Модель PAD-A також доступна в абсолютному датчику тиску п'єзорезистивного типу та вимірює абсолютний тиск. Модуль датчика перетворює ємність або опір на цифрове значення. Модуль MCU обчислює тиск процесу на основі цифрового значення.

Модулі датчиків включають в себе наступні функції:

- клас точності 0,075%;
- вихід: уніфікований аналоговий вихідний сигнал 4-20 мА;
- діапазон вимірювання 0 ... 400 бар;
- напруга живлення 24 V DC;
- програмне забезпечення передавача компенсує теплові ефекти, покращуює продуктивність;
- точна компенсація вхідного сигналу під час роботи досягається за допомогою коефіцієнтів коригування температури та тиску, які характеризуються в діапазоні передавача та зберігаються в пам'яті EEPROM модуля датчика [10].

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

Order Details (Example: PAD-D EE 2 S 2 N S0 0)

Model	Version	Material Body/vent plug/ diaphragm	Calibrated span (Measuring range limits for PAD-D, -F, -G and -H in separate table)
PAD-	<p>D = differential pressure transmitter (static pressure 138 bar)</p> <p>F = differential pressure transmitter with pulse output and totalizer especially for flow measurement</p> <p>H = differential pressure transmitter for high line pressure (static pressure 310 bar)</p> <p>G = gauge pressure transmitter</p> <p>A = absolute pressure transmitter</p>	<p>EE = 316 st. steel/316 st. steel/316L st. steel</p> <p>EH = 316 st. steel /316 st. steel/ HAST-C</p> <p>EM = 316 st. steel/316 st. steel/ Monel</p> <p>ET = 316 st. steel /316 st. steel/ Tantalum</p>	<p>Calibrated span for PAD-D, -F, -G, -H</p> <p>2 = 0.75 ... 15 mbar</p> <p>3 = 1.5 ... 75 mbar</p> <p>4 = 3.73 ... 373 mbar</p> <p>5 = 18.65 mbar ... 1.865 bar</p> <p>6 = 69 mbar ... 6.9 bar</p> <p>7 = 206.8 mbar ... 20.68 bar</p> <p>8 = 689.5 mbar ... 68.95 bar</p> <p>9 = 2.068 ... 206.80 bar</p> <p>0 = 4.137 ... 413.70 bar</p> <p>Calibrated span for PAD-A</p> <p>4 = 25 mbar ... 2.5 bar</p> <p>5 = 150 mbar ... 15 bar</p> <p>6 = 250 mbar ... 25 bar</p>

Order Details (continued):

Filling liquid	Process connection	Electrical connection	Approvals for hazardous applications	Options
S = silicone	<p>2 = 1/4" NPT female (standard)</p> <p>X = special</p>	<p>N = 1/2" NPT epoxy-polyester painted aluminium</p> <p>G = G 1/2 epoxy-polyester painted aluminium</p> <p>X = special</p>	<p>S0 = standard (waterproof IP67)</p> <p>F0 = ATEX, flameproof, Ex d</p>	<p>0 = without</p> <p>C = engineering unit (must be chosen when using the differential transmitter as a flowmeter)</p> <p>D = teflon o-ring (wetted part)</p> <p>E = oil free finish</p> <p>F = side vent / drain bottom</p> <p>G = side vent / drain top</p> <p>H = multi-planar process connection</p> <p>M = housing in stainless steel</p> <p>N = mounting of PAD onto diaphragm seal</p> <p>Y = special calibration range</p>

Рис. 2.4. Таблиця для вибору моделі приладу для виміру диференціального тиску.

Електропневматичні перетворювачі

В системі автоматизації були використані електропневматичні перетворювачі Samson 6111 (рис. 2.5).

Цей електропневматичний перетворювач використовується для завдань управління шляхом перетворення вхідних сигналів постійного струму в пневматичні вихідні сигнали. Вони зокрема корисні як проміжний елемент між пневматичними регуляторами і електричними вимірювальними приладами, або між пневматичними клапанами і електричними регуляторами.



Рис. 2.5. Електропневматичний перетворювач Samson 6111.

Перетворювач приймає від 4 до 20 мА або від 0 до 20 мА постійного струму вхідного сигналу, який він перетворює в пневматичний вихідний сигнал від 0 до 100 кПа [11].

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

Пневматичні клапани

В системі автоматизації були використані пневматичні клапани Hi-Flow (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Пневматичний клапан Hi-Flow.

Пневматичні клапани Hi-Flow є керованим шаровими клапанами – ймовірно, найпростіший, з точки зору будови, але найбільш універсальний регулюючий клапан в вживанні. Клапан Hi-Flow має більшу пропускну здатність, ніж більшість звичайних клапанів такого ж розміру.

Завдяки високій пропускну здатності, клапан Hi-Flow підтримує широкий діапазон від 50:1, щоб забезпечити точний контроль. Клапани Hi-Flow будуються з високоякісних матеріалів, точність обробки, а також перевірена продуктивність для забезпечення років безперебійного обслуговування.

Доступні корпуси з міді, заліза, або корпус 316 SS, та оздоблення 316 SS з усіма конструкціями зварних штепселів, щоб забезпечити кращу міцність і корозійну стійкість.

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

Переваги

- широка пропускна здатність 50:1;
- виняткова частота вимкнення витoku, яка відповідає стандарту ANSI/FCI 70-2 класу IV (0,01% Cv в закритому положенні);
- відкриті або замкнуті клапанні корпуси;
- лінійна або рівна відсоткова характеристика потоку;

Застосування

- управління потоком, змішуванням;
- ідеально підходить для пари, води [12].

Частотний перетворювач Lenze 8200 Vector.

На рис. 2.7. представлено зовнішній вигляд частотного перетворювача Lenze 8200 Vector.



Рис. 2.7. Частотний перетворювач Lenze 8200 Vector.

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

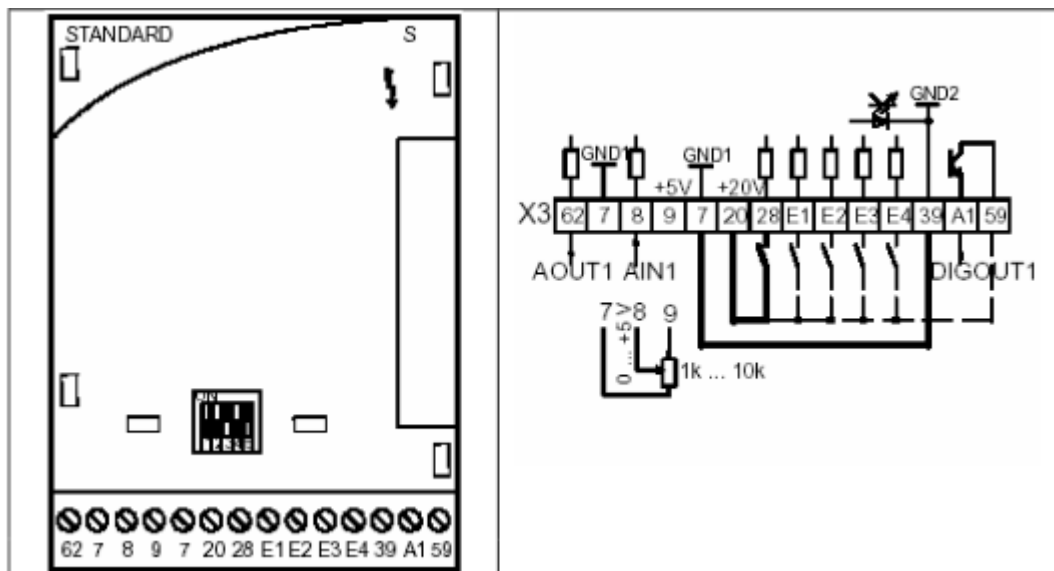


Рис. 2.8. Зовнішній вигляд та позначення клемної колодки.

На рис. 2.8. зображено зовнішній вигляд та позначення клемної колодки частотного перетворювача, де:

8 – аналоговий вхід 4-20 мА; 28 – запуск/зупинка двигуна STOP=0, START=1;
E4 – Реверс: 0 – за годинниковою стрілкою, 1 – проти.

Основні характеристики:

- діапазон потужностей: 0.25-7.5 кВт, 230/240 В; 0.55-90 кВт, 400/500 В.
- перевантажувальна здатність: 180% від номінального моменту протягом 60 секунд від 15 кВт додатково 210% – протягом 3 секунд.
- робочі режими: закон управління – U/f лінійне або квадратичне, векторне управління, управління моментом без датчика ОС моменту
- глибина регулювання швидкості: 1:50 (без датчика ОС).
- частота інвертора: 1, 2, 4, 8, 16 кГц.

вихідна частота: до 650 Гц [13].

2.2. Схема автоматизації

Функціональною схемою автоматизації нахиленої дифузійної установки передбачається автоматичне регулювання матеріального балансу, теплового режиму і ряду інших параметрів специфічних для апаратів такого типу.

Температурні режими роботи дифузійної установки регулюється за допомогою термодетекторів опору KOBOLD LTS-A (поз. 1а-4а). Від них уніфіковані сигнали з технологічного об'єкта поступають до ПЛК, де відображаються. Вихідні сигнали від ПЛК 4-20 мА подаються на електропневматичні перетворювачі Samson 6111 (поз. 1б-4б), де перетворюються в пневматичні сигнали 20-100 кПа. Сформовані регулюючі сигнали подається на пневматичні клапани Dwyer Hi-Flow (поз. 1в-4в) подачі пари в зони дифузійної установки. Також вся інформація про температуру і управління надходить до ПК.

Різниця тисків на ситі в нахиленій дифузійній установці контролюється та сигналізується за допомогою приладу для виміру диференціального тиску KOBOLD PAD (поз. 5а). Від датчика уніфікований сигнал 4-20 мА з технологічного об'єкта поступає до ПЛК, а звідти до ПК, де відбувається його сигналізація, відображення та реєстрація.

Регулювання витрати сульфатованої та жомопресної води виконується наступним чином. Уніфіковані сигнали 4-20 мА від електромагнітних витратомірів KOBOLD DMH (поз. 6а-7а), надходять до ПЛК. Вихідні сигнали контролера 4-20 мА подаються на електропневматичні перетворювачі Samson 6111 (поз. 6б-7б), де перетворюються в пневматичні сигнали 20-100 кПа. Сформовані регулюючі сигнали подаються на пневматичні клапани Dwyer Hi-Flow (поз. 6в-7в). Також вся інформація про витрату і управління надходить до ПК.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль витрати дифузійного соку на виробництво здійснюється електромагнітним витратоміром KOBOLD DMH (поз. 8а) уніфікований сигнал 4-20 мА з якого надходить до ПЛК. Також вся інформація про витрату надходить до ПК.

Управління двигунами шнеків в нахиленій дифузійній установці М1 та М2 здійснюється за допомогою частотних перетворювачів (поз. 9а та 10а).

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

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.3.1. 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, 2а, 3а, 4а	по місцю	Термометр опору в комплекті з Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювань 0...+200° С	LTS-A-0-6-10-M3-1-K-E	4	КOBOLD, Німеччина
2	1б, 2б, 3б, 4б,	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 DC.	Samson 6111	4	Samson, Німеччина
3	1в, 2в, 3в, 4в,	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	Dwyer Hi-Flow 218VA 12-233-LRF	4	СВ Альтера м.Київ

Продовження таблиці 2.3.1

1	2	3	4	5	6	7
4	5а	по місцю	Прилад для виміру диференціального тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювань 0,75...4 бар	PAD-D-EE-2-S-2-N-S0-0	1	КOBOLD, Німеччина
5	6а, 7а, 8а	по місцю	Витратомір електромагнітний, з вихідним струмовим сигналом 4-20 мА. Уживл.=220 В змінного струму.	DMH-1-A1F-H-1-0-A-1-0	3	КOBOLD, Німеччина
6	6б, 7б	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.	Samson 6111	2	Samson, Німеччина
7	6в, 7в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	Dwyer Ні-Flow 218VA 12-233-LRF	2	СВ Альтера м.Київ

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

Продовження таблиці 2.3.1

8	9а, 10а	на щиті	Частотний перетворювач діапазон потужності 0.55-90 кВт, напруга живлення 380В.	Lenze 8200 Vector	2	СВ Альтера м. Київ
9	М1, М2	по місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 75кВт, напруга живлення 380В.	AIP22 5M6	2	ООО "Систе- макс" м. Київ

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Документація на замовлення промислового логічного контролера (ПЛК) тісно пов'язана з завданням на виготовлення щитів і пультів, оскільки у щитових конструкціях розміщується як сам ПЛК так і його блоки живлення.

Основним документом при замовленні ПЛК є замовна специфікація в якій вказується модель, тобто кількість та опис модулів. Вигляд специфікації наведена в таблиці:

Таблиця. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
FX3U-16MR-DS	1	ПЛК MITSUBISHI ELECTRIC серії FX3U. Модуль CPU 8 дискретних входів та 8 дискретних виходів
FX2N-4AD	2	Модуль аналогових входів (4 входи)
FX2N-4DA	2	Модуль аналогових виходів (4 виходи)

Загальна кількість модулів разом з процесором: 1 CPU + 4М = 5.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мотузенко В.С.			Розробка системи автоматизації процесу керування температурним режимом похилого дифузійного апарату з використанням багатоконтурного регулятора	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Ладанюк А.П.					30	7
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Аналогові входи

В даному проекті використовуються датчики та перетворювачі з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА послідовно проходить клемну колодку та потрапляє на аналогово-цифровий перетворювач модуля FX2N-4AD. За допомогою написаної програми виробляється управління в залежності від тих значень сигналу, що надійшли до модуля FX2N-4AD.

Аналогові виходи

Сигнал з виходу модуля FX2N-4DA подається на клемну колодку. Модуль FX2N-4DA перетворює сигнал з цифрової форми в аналогову у вигляді струму від 4 до 20 мА. Цей сигнал йде на електропневматичні перетворювачі, де перетворюється в пневматичний. Та управляє пневматичними клапанами.

Дискретні виходи

В даному проекті використовуються магнітні пускачі КМ1 та КМ2 для управління двигунами. Сигнал від модуля FX3U-16MR-DS 24В постійної напруги в залежності від написаної програми послідовно проходить клемну колодку та поступає на магнітні пускачі, що в свою чергу замикаються та запускають двигуни.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

При розробці принципової електричної схеми живлення були використані наступні компоненти:

- пакетні вимикачі QF1-QF6 – 4 шт., для вмикання та вимикання певних гілок з технічними засобами в системі автоматизації з вбудованим захистом по струму;
- блок живлення (БЖ) для перетворення змінної напруги 220 В в постійну напругу 24 В для живлення датчиків та електропневматичних перетворювачів.

В принциповій електричній схемі живлення та в принциповій схемі підключення датчиків та ВМ до ПЛК застосовувалася наступна нумерація провідників:

- нумерація провідників в яких протікає змінний струм починалася з 800 (800-811);
- нумерація провідників в яких протікає постійний струм починалася з 900 (900-903);
- нумерація провідників в яких проходить пневматичний сигнал живлення: 0800;
- нумерація провідників в яких проходить пневматичний сигнал управління починалася з 0200 (0200-0205);
- нумерація провідників в яких проходить вимірювальний сигнал від датчиків до ПЛК починалася з 100 (100-115);
- нумерація провідників в яких проходить сигнал управління від ПЛК до електропневматичних перетворювачів починалася з 200 (200-213).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур управління витратою сульфатованої води

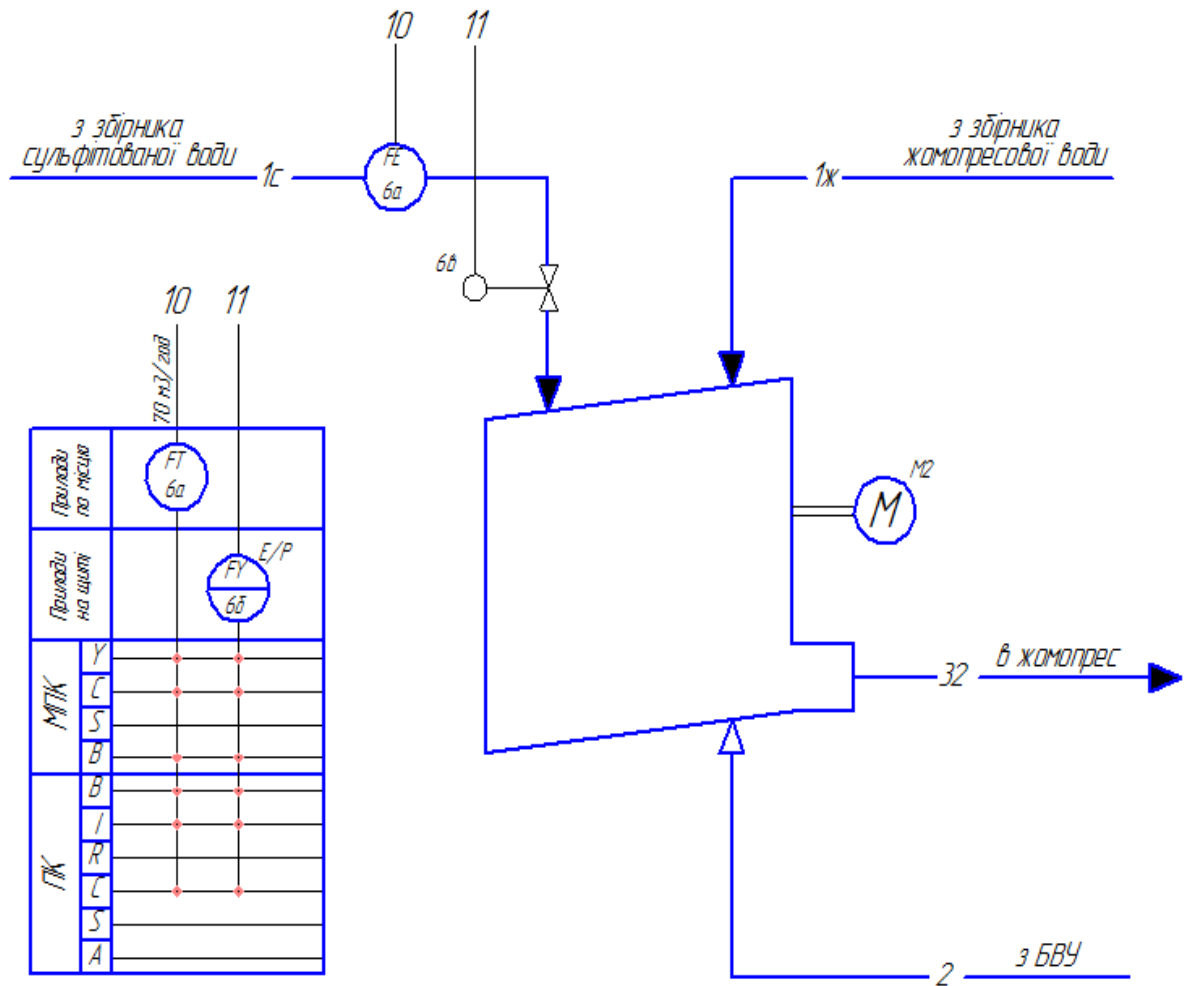


Рис. 3.1. Схема автоматизації окремого контуру.

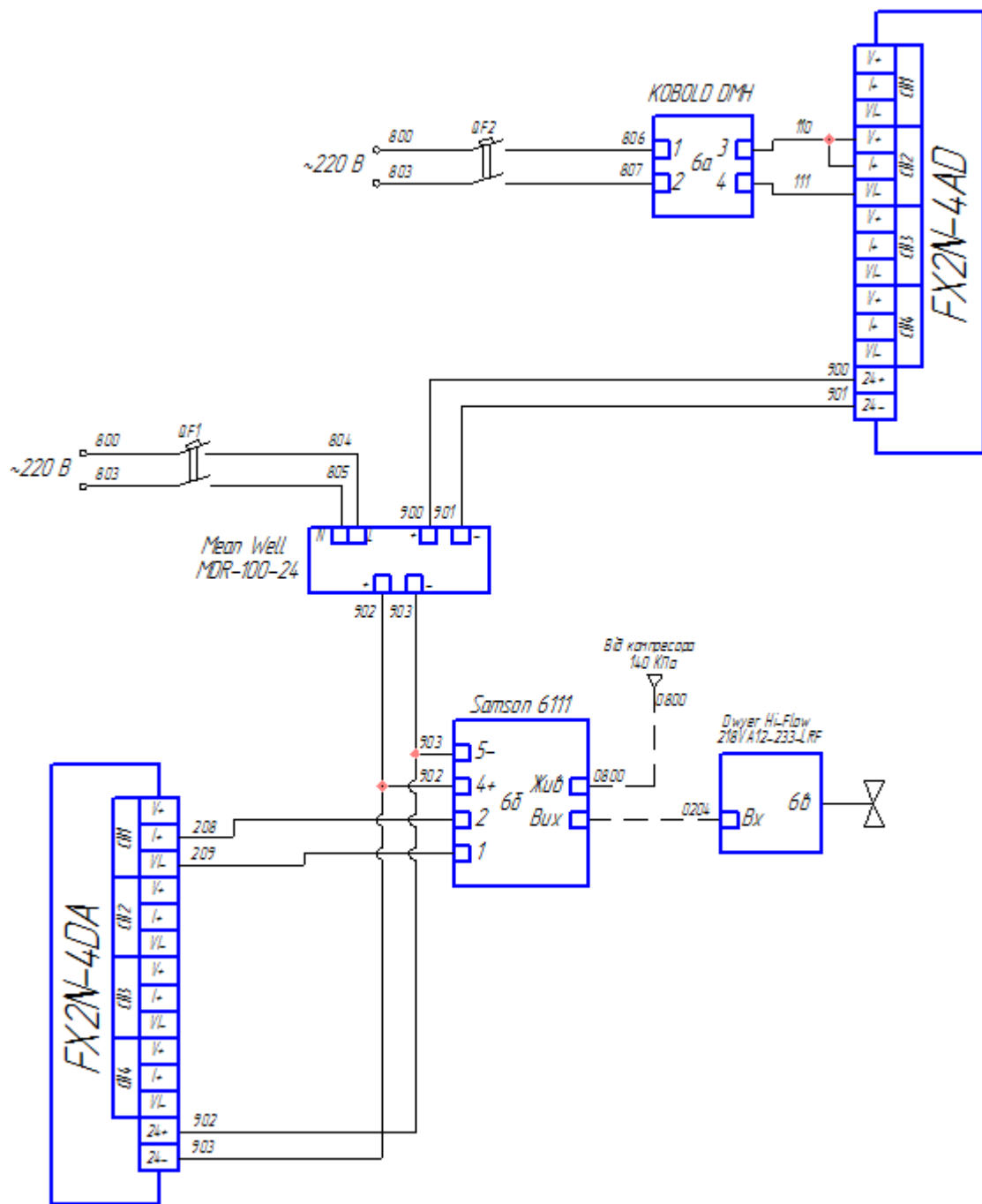


Рис. 3.2. Схема підключення витратоміра та пневматичного клапану до аналогових модулів ПЛК.

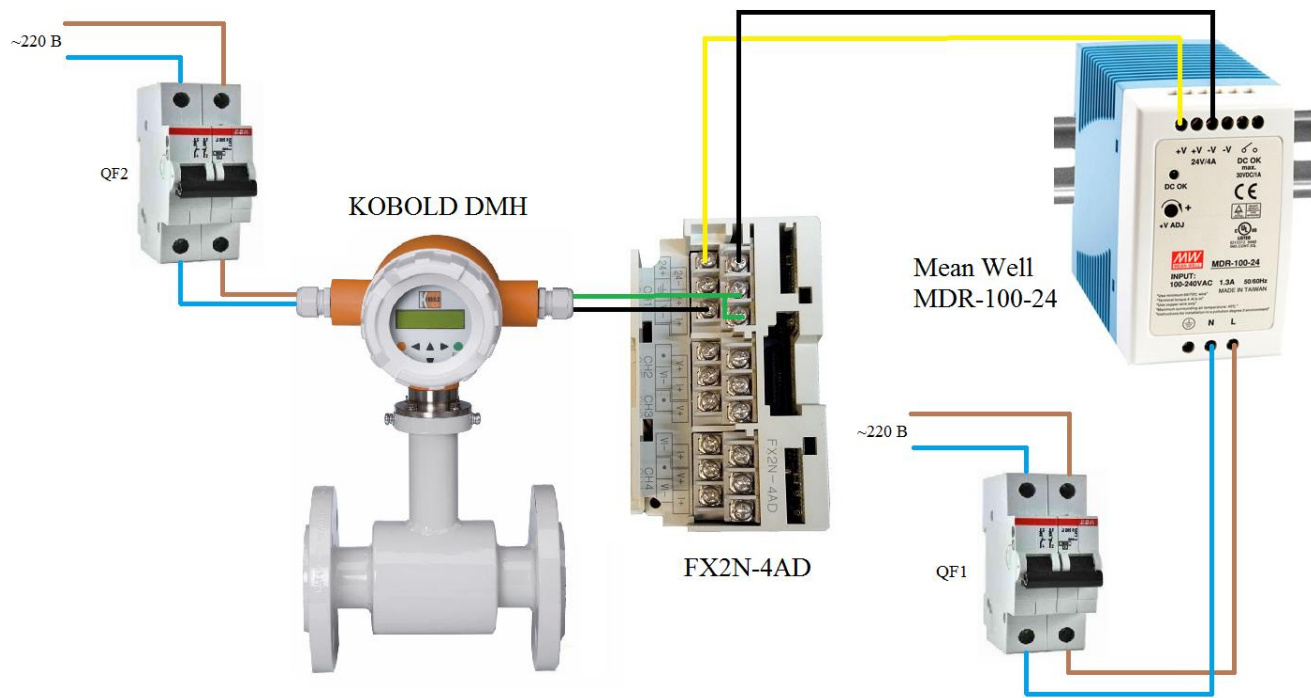


Рис. 3.4. Графічна схема підключення датчика до аналогового вхідного модуля.

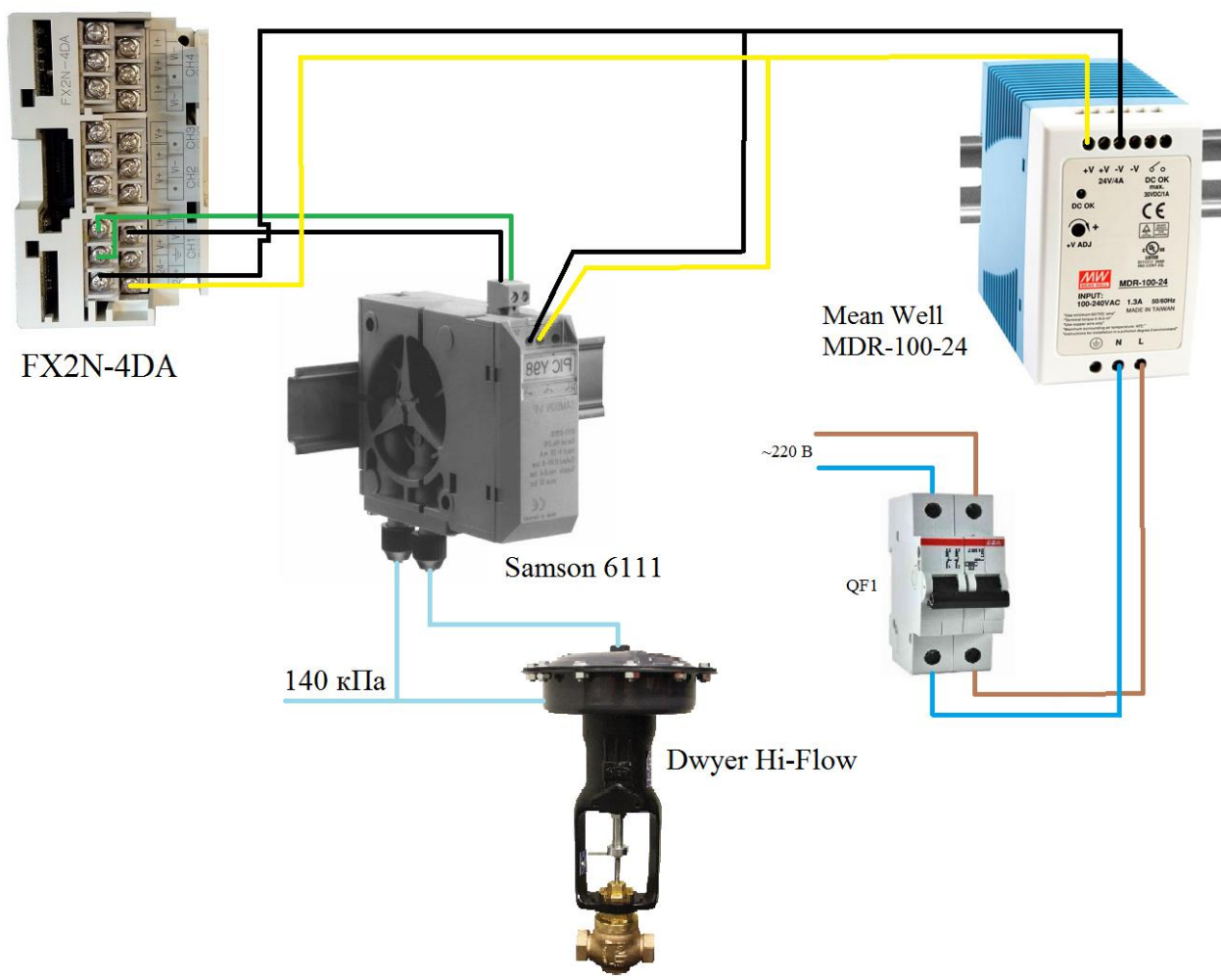


Рис. 3.5. Графічна схема підключення ВМ до аналогового вихідного модуля.

Регулювання витрати сульфатованої води виконується наступним чином. Уніфікований сигнали 4-20 мА від електромагнітного витратоміра KOBOLD DMH (поз. 6а), надходять до модуля ПЛК FX2N-4AD. Модуль ПЛК FX2N-4AD та електромагнітний витратомір KOBOLD DMH живляться постійною напругою 24 В, тому був використаний блок живлення Mean Well MDR-100-24. Також використані вимикачі QF1 та QF2 з вбудованим захистом по струму для зупинення подачі напруги на блок живлення та витратомір.

Вихідний сигнал з модуля ПЛК FX2N-4DA 4-20 мА подається на електропневматичний перетворювач Samson 6111 (поз. 6б), де перетворюється в пневматичний сигнал 20-100 кПа. Сформований регулюючий сигнал подаються на пневматичний клапан Dwyer Hi-Flow (поз. 6в). Електропневматичний перетворювач Samson 6111 та модуль ПЛК FX2N-4DA живляться постійною напругою 24 В, тому був використаний блок живлення Mean Well MDR-100-24. Також використаний вимикач QF1 з вбудованим захистом по струму для зупинення подачі напруги на блок живлення.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

4. Креслення встановлення технічних засобів

Витратомір KOBOLD DMH використовується для вимірювання та контролю густини рідини, пульпи, пасти та інших електропровідних матеріалів, без втрати тиску. Коли електрично провідне середовище проходить через спрямоване магнітне поле, напруга індукується відповідно з законом Фарадея про індукцію. Розмір цієї вимірювальної напруги пропорційний середній швидкості потоку, а отже, і об'єм потоку.

Витратомір складається з датчика, який вибирає вимірюваний сигнал, що генерується з напруги, і перетворювач, який перетворює цей сигнал у стандартизований вихідний сигнал (4-20 мА або імпульси). Вимірювальний перетворювач може бути прикріплений до датчика або встановлено окремо. Тиск, температура, щільність і в'язкість не впливають на вимірювання об'єму. Тверді фракції та газовані бульбашки слід уникати.

Характеристики витратоміра:

- діапазон вимірювання: 0.05 ... 40376 м³ / год;
- приєднання: фланець DN 15 ... DN 1200, ANSI ½ ... 48 ";
- матеріал покриття: м'яка гума, ебоніт, ПТФЕ, PFA, PA11;
- макс. тиск: PN 40 бар;
- макс. температура: -20 ... + 150 °С;
- точність: ± 0,3% від виміряних значень;
- вихід: імпульсний / аналоговий вихід, статусний дисплей, лічильник, HART.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів	
					Розробка системи автоматизації процесу керування температурним режимом похилого дифузійного апарату з використанням багатоконтурного регулятора			
Розроб.		Мотузенко В.С.						
Керівник		Ладанюк А.П.					37	4
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

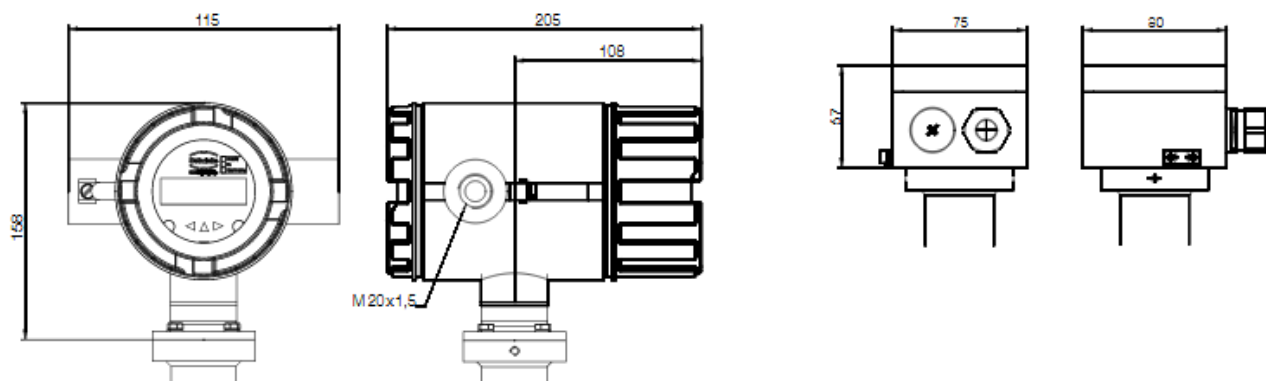
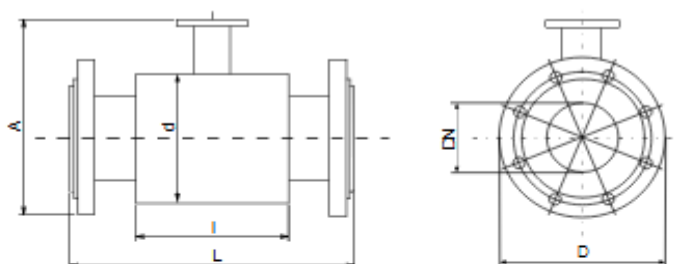


Рис. 4.1. Монтажні розміри перетворювача.



DN	PN	ASME	D [mm]	D ANSI	d [mm]	A [mm]	L [mm]	I [mm]	Weight* [kg]
10/8	40	1/2"	90	88.9	77	164	230	100	3
10/8	40	1/2"	90	88.9	77	164	230	100	3
10	40	1/2"	90	88.9	77	164	230	100	3
15	40	1/2"	95	88.9	62	164	200	68	3
20	40	3/4"	105	98.4	62	170	200	68	3
25	40	1"	115	107.9	72	180	200	96	3
32	40	1 1/4"	140	117.5	82	199	200	96	4
40	40	1 1/2"	150	127	92	209	200	96	4
50	40	2"	165	152.4	107	223	200	96	6
65	16/40	2 1/2"	165	177.8	127	244	200	96	9
80	16/40	3"	200	190.5	142	260	200	96	14
100	16/40	4"	220	226.6	162	280	250	96	16
125	16/40	5"	250	254	192	310	250	126	19
150	16/40	6"	285	279.4	218	340	300	126	25
200	10/16/40	8"	340	342.9	274	398	350	211	41
250	10/40	10"	395	406.4	370	480	450	211	54
300	10/16/40	12"	445	482.6	420	535	500	320	77
350	10/16	14"	505	533.4	480	584	550	320	92
400	10/16	16"	565	596.9	530	642	600	320	116
450	10/16	18"	615	635	on request	on request	on request	on request	on request
500	10/16	20"	670	698.5	640	752	600	320	167
600	10/16	24"	780	812.8	760	870	600	320	315
700	6	28"	895	927.1	880	990	700	420	on request
800	6	32"	1015	1060	980	1100	800	420	427
900	6	36"	1115	1075	1040	1185	800	520	on request
1000	6	40"	1230	1230	1140	1290	800	520	500
1200	6	48"	1405	1405	1340	1510	1200	520	680

Рис. 4.2. Монтажні розміри в електромагнітного витратоміра.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

38

Електромагнітний витратомір має певні умови монтажу:

1) Датчик повинен завжди бути заповнений рідиною (рис. 4.3):

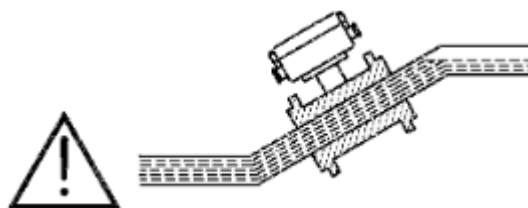


Рис. 4.3. Монтаж електромагнітного витратоміра на трубопроводі.

2) Слід уникати:

- установки в найвищій точці трубопроводу;
- установки в вертикальних трубах з відкритим виходом (рис. 4.4).

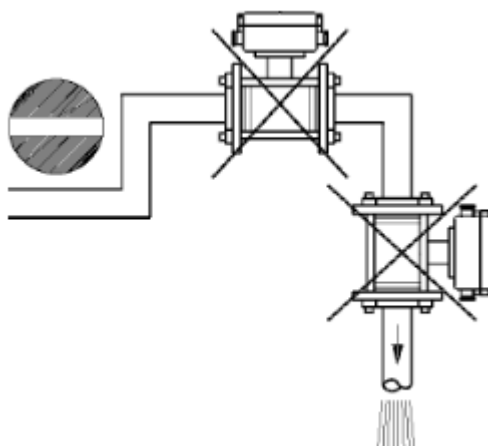


Рис. 4.4. Заборонені умови монтажу.

3) У трубах з частковим заповненням або трубах з потоком, спрямованим вниз при вільному зливі, витратомір повинен бути розміщений в U-подібній трубі (рис. 4.5).

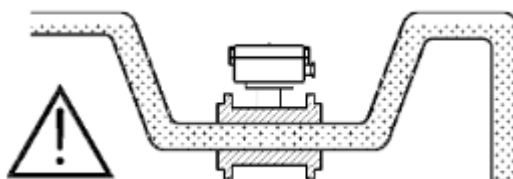


Рис. 4.5. Умова монтажу в U-подібній трубі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4) Рекомендований напрямок потоку знизу вгору, це мінімізує вплив на вимірювання бульбашок газу/повітря в рідині (рис. 4.6).

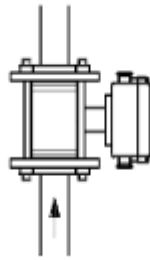


Рис. 4.6. Рекомендований напрямок потоку знизу вгору.

5) Датчик може бути повернутий на кут 45° . Заборонено монтувати під кутом 90° , так як електроди можуть опинитися зверху чи знизу, де можливі бульбашки повітря чи накопичуватися відкладення або пісок (рис. 4.7).

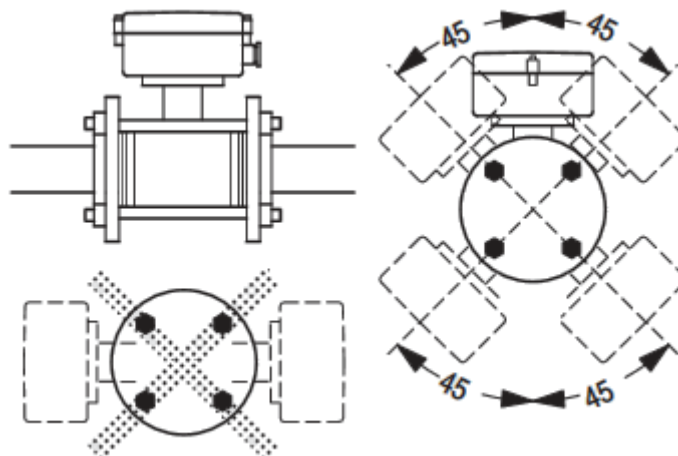
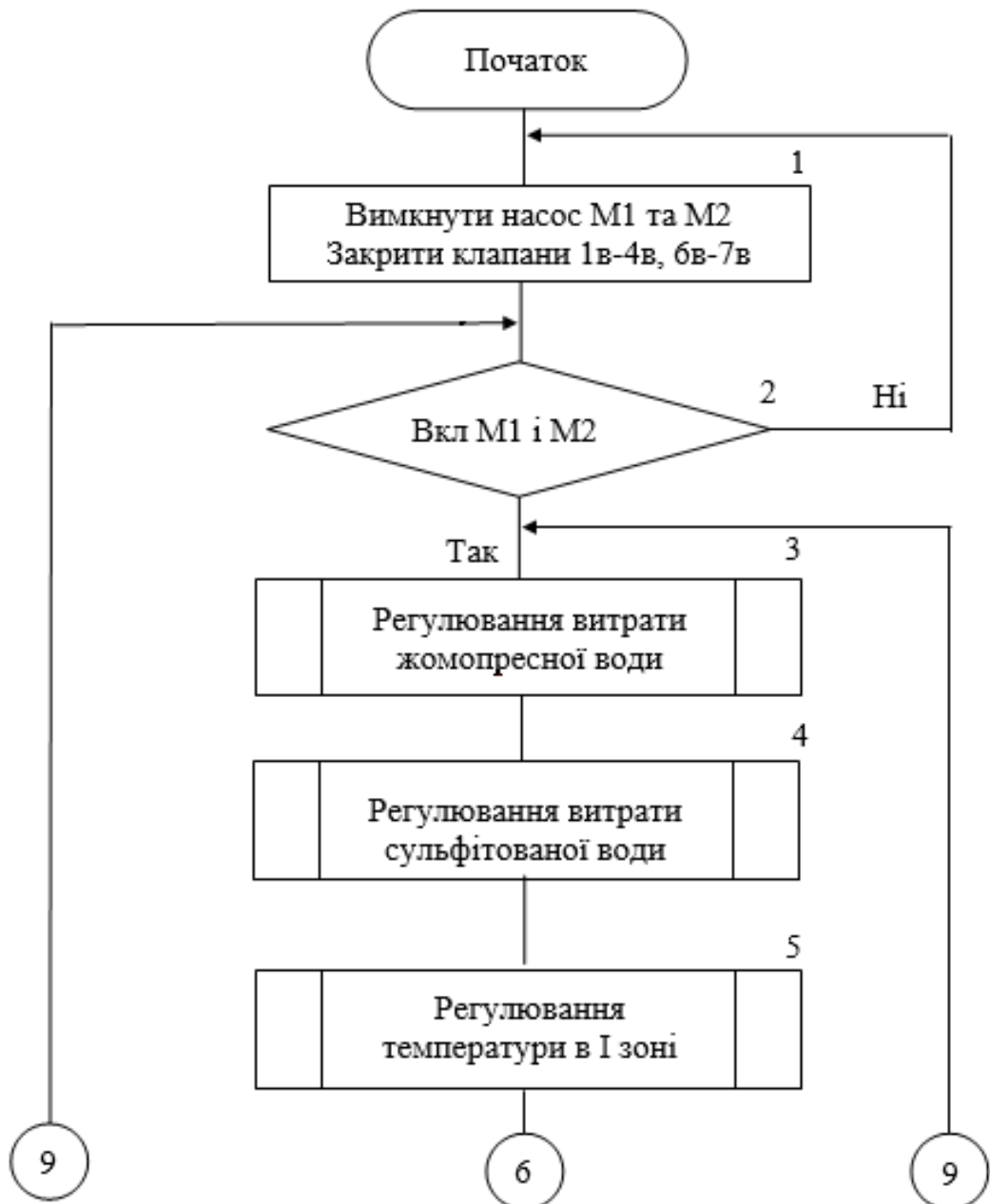


Рис. 4.7. Дозволений кут монтажу витратоміра.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

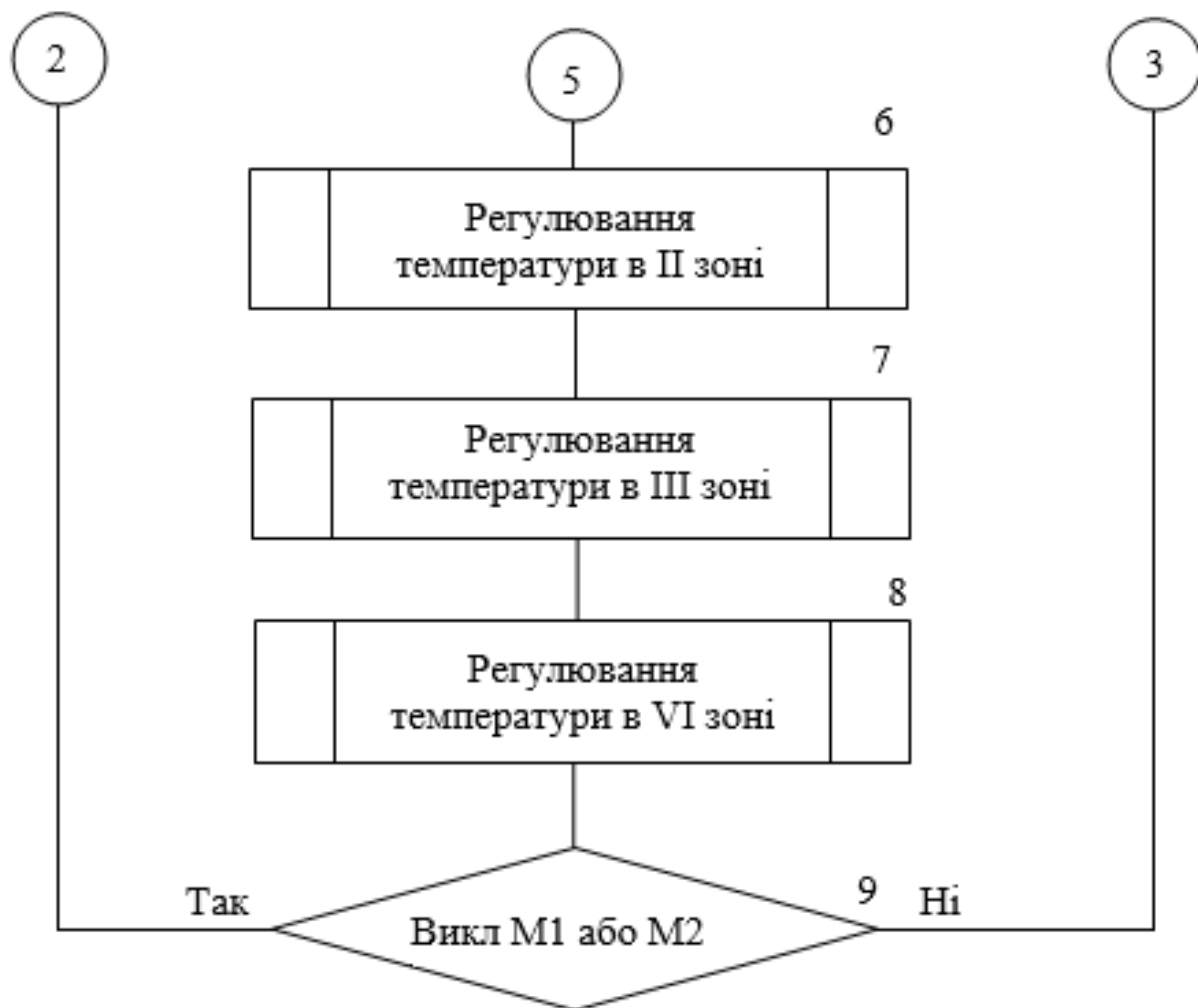
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

Алгоритм функціонування технологічного процесу нахиленої дифузійної установки на цукровому заводі представлено нижче.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота		
Розроб.		Мотузенко В.С.			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Ладанюк А.П.				41	10
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

Розробка системи автоматизації процесу керування температурним режимом похилого дифузійного апарату з використанням багатоконтурного регулятора



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

В таблиці 5.1.приводиться опис змінних модулів, що були використані в проєкті.

Таблиця 5.1. Опис змінних модулів ПЛК

	1 модуль FX2N-4AD	2 модуль FX2N-4AD	3 модуль FX2N-4DA	4 модуль FX2N-4DA	Значення параметру	Статус змінної
Спеціальний регістр	D0	D10	–	–	Поточне значення каналу 1	Читання
Спеціальний регістр	D1	D11	–	–	Поточне значення каналу 2	Читання
Спеціальний регістр	D2	D12	–	–	Поточне значення каналу 3	Читання
Спеціальний регістр	D3	D13	–	–	Поточне значення каналу 4	Читання
Спеціальний регістр	–	–	D20	D30	Поточне значення каналу 1	Запис
Спеціальний регістр	–	–	D21	D31	Поточне значення каналу 2	Запис
Спеціальний регістр	–	–	D22	D32	Поточне значення каналу 3	Запис
Спеціальний регістр	–	–	D23	D33	Поточне значення каналу 4	Запис

Настройки для модулів входів FX2N-4AD:

H1111 – 4 входи настроєні на сигнал 4-20 мА;

Можливі варіанти:

0 – від -10 В до +10 В;

1 – 4-20 мА;

2 – 0-20 мА;

3 – виключений.

Настройки для модулів виходів FX2N-4DA:

H1111 – 4 виходи настроєні на сигнал 4-20 мА;

Можливі варіанти:

0 – від -10 В до +10 В;

1 – 4-20 мА;

2 – 0-20 мА.

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

В таблиці 5.2.приводиться опис змінних, що були використані в програмі.

Таблиця 5.2. Опис змінних в програмі ПЛК

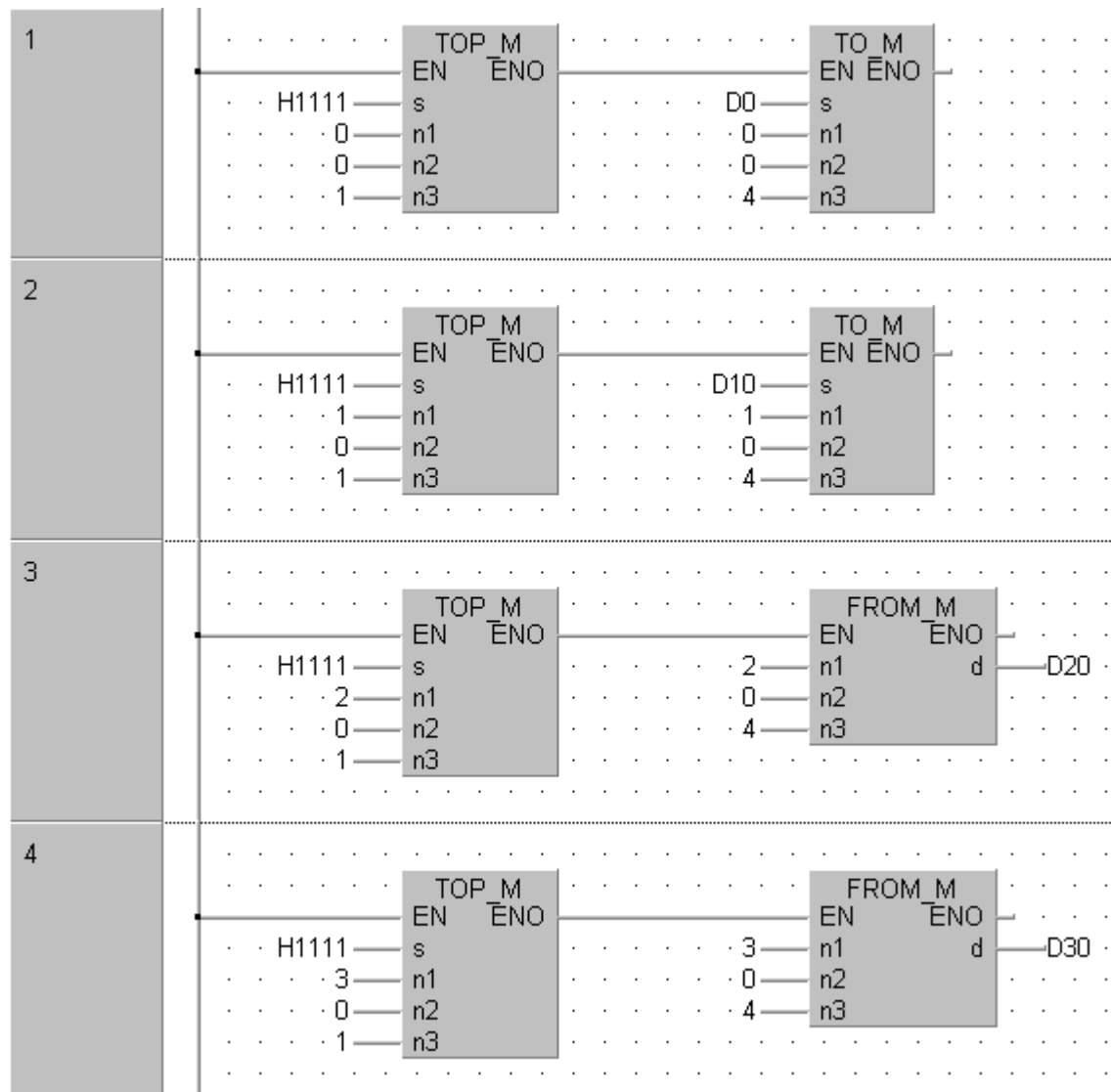
	Змінна в ПЛК	Опис змінної
1	2	3
Спеціальний маркер	M1	Кнопка “Пуск” для двигуна M1 в SCADA
Спеціальний маркер	M2	Запуск/зупинка частотного перетворювача 9a
Спеціальний маркер	M3	Кнопка “Пуск” для двигуна M2 в SCADA
Спеціальний маркер	M4	Запуск/зупинка частотного перетворювача 10a
Спеціальний маркер	M5	Запуск/зупинка ПІД регуляторів
Спеціальний маркер	M6	Кнопка “Стоп” для двигуна M1 в SCADA
Спеціальний маркер	M7	Кнопка “Стоп” для двигуна M2 в SCADA
Спеціальний маркер	M8	Кнопка “Реверс” для двигуна M1 в SCADA
Спеціальний маркер	M9	Кнопка “Реверс” для двигуна M2 в SCADA
Спеціальний реєстр	D5	Задане значення ПІД регулятора температури I зони
Спеціальний реєстр	D6	Задане значення ПІД регулятора температури II зони
Спеціальний реєстр	D7	Задане значення ПІД регулятора температури III зони
Спеціальний реєстр	D8	Задане значення ПІД регулятора температури IV зони
Спеціальний реєстр	D15	Задане значення ПІД регулятора сульфатованої води
Спеціальний реєстр	D16	Задане значення ПІД регулятора жомопресної води
Спеціальний реєстр	D40	Задання швидкості обертання для частотного перетворювача 9a
Спеціальний реєстр	D41	Задання швидкості обертання для частотного перетворювача 10a
Спеціальний реєстр	D100	Інтервал перевірки дійсного значення ПІД регулятора температури I зони
Спеціальний реєстр	D103	Коефіцієнт пропорційності ПІД регулятора температури I зони
Спеціальний реєстр	D104	Час інтегрування ПІД регулятора температури I зони
Спеціальний реєстр	D105	Коефіцієнт диференціювання ПІД регулятора температури I зони
Спеціальний реєстр	D106	Час диференціювання ПІД регулятора температури I зони
Спеціальний реєстр	D200	Інтервал перевірки дійсного значення ПІД регулятора температури II зони
Спеціальний реєстр	D203	Коефіцієнт пропорційності ПІД регулятора температури II зони
Спеціальний реєстр	D204	Час інтегрування ПІД регулятора температури II зони
Спеціальний реєстр	D205	Коефіцієнт диференціювання ПІД регулятора температури II зони
Спеціальний реєстр	D206	Час диференціювання ПІД регулятора температури II зони
Спеціальний реєстр	D300	Інтервал перевірки дійсного значення ПІД регулятора температури III зони
Спеціальний реєстр	D303	Коефіцієнт пропорційності ПІД регулятора температури III зони
Спеціальний реєстр	D304	Час інтегрування ПІД регулятора температури III зони
Спеціальний реєстр	D305	Коефіцієнт диференціювання ПІД регулятора температури III зони
Спеціальний реєстр	D306	Час диференціювання ПІД регулятора температури III зони

Продовження таблиці 5.2.

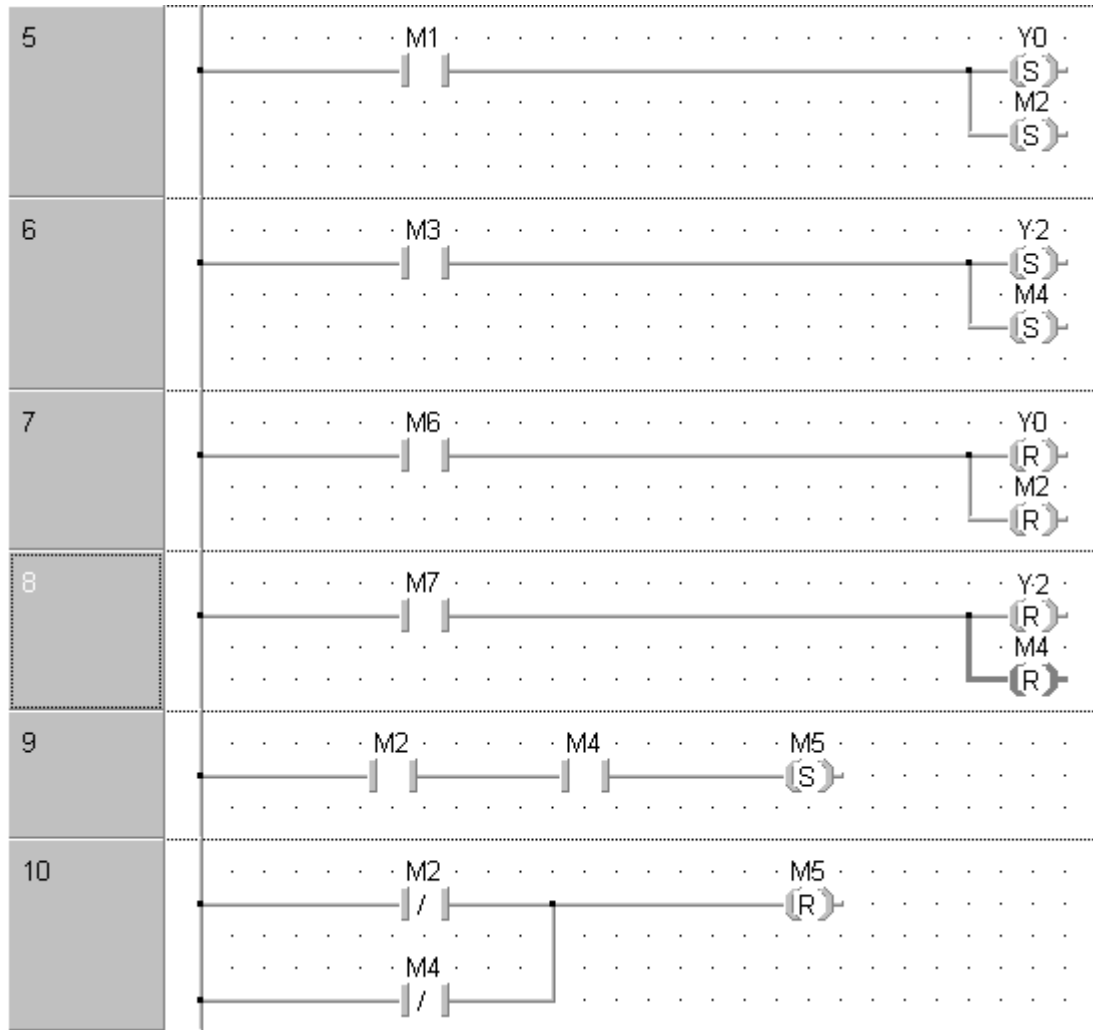
1	2	3
Спеціальний реєстр	D400	Інтервал перевірки дійсного значення ПІД регулятора температури ІV зони
Спеціальний реєстр	D403	Коефіцієнт пропорційності ПІД регулятора температури ІV зони
Спеціальний реєстр	D104	Час інтегрування ПІД регулятора температури ІV зони
Спеціальний реєстр	D405	Коефіцієнт диференціювання ПІД регулятора температури ІV зони
Спеціальний реєстр	D406	Час диференціювання ПІД регулятора температури ІV зони
Спеціальний реєстр	D500	Інтервал перевірки дійсного значення ПІД регулятора сульфітованої води
Спеціальний реєстр	D503	Коефіцієнт пропорційності ПІД регулятора сульфітованої води
Спеціальний реєстр	D504	Час інтегрування ПІД регулятора сульфітованої води
Спеціальний реєстр	D505	Коефіцієнт диференціювання ПІД регулятора сульфітованої води
Спеціальний реєстр	D506	Час диференціювання ПІД регулятора сульфітованої води
Спеціальний реєстр	D600	Інтервал перевірки дійсного значення ПІД регулятора жомопресної води
Спеціальний реєстр	D603	Коефіцієнт пропорційності ПІД регулятора жомопресної води
Спеціальний реєстр	D604	Час інтегрування ПІД регулятора жомопресної води
Спеціальний реєстр	D605	Коефіцієнт диференціювання ПІД регулятора жомопресної води
Спеціальний реєстр	D606	Час диференціювання ПІД регулятора жомопресної води

Програма для ПЛК MITSUBISHI ELECTRIC написана на мові програмування LD (Ladder Diagrams) та представлена нижче.

Настройка вхідних та вихідних аналогових модулів:



Робота з двигунами шнеків в нахиленій дифузійній установці:



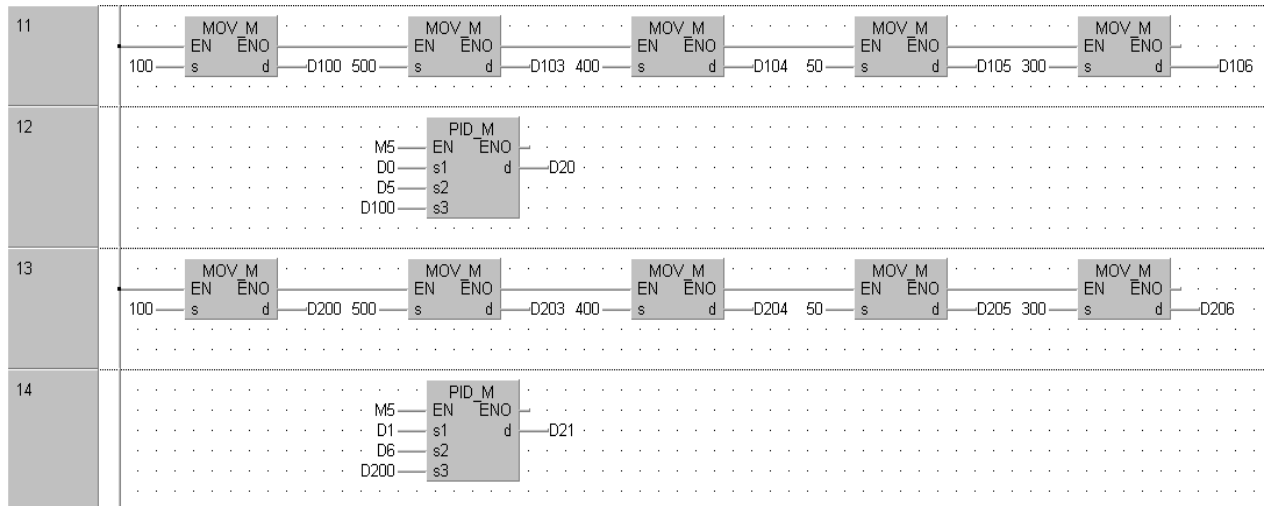
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

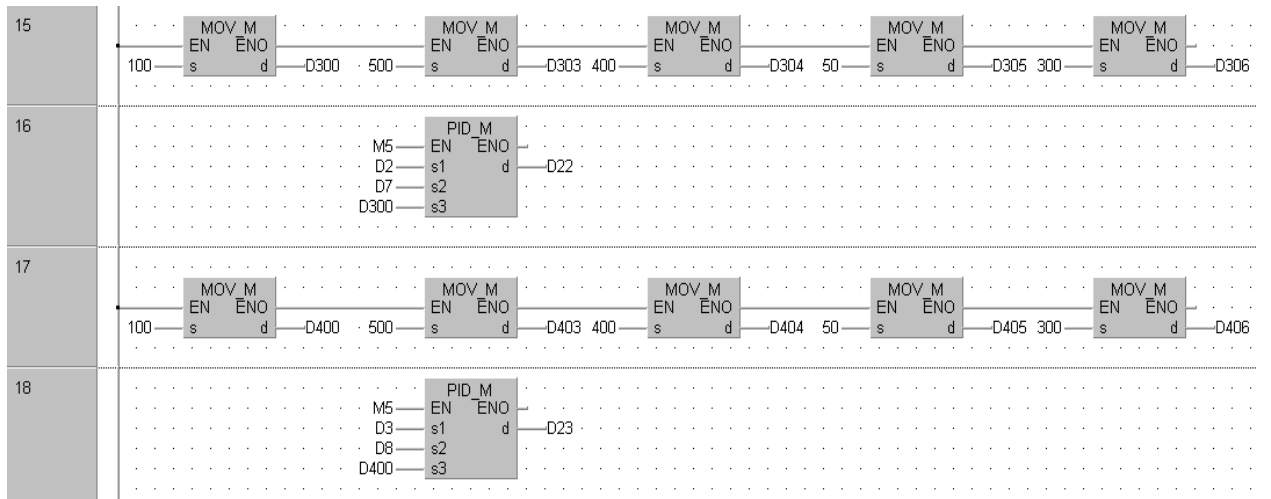
Арк.

47

Настройка ПИД регуляторів для регулювання температури I та II зони:

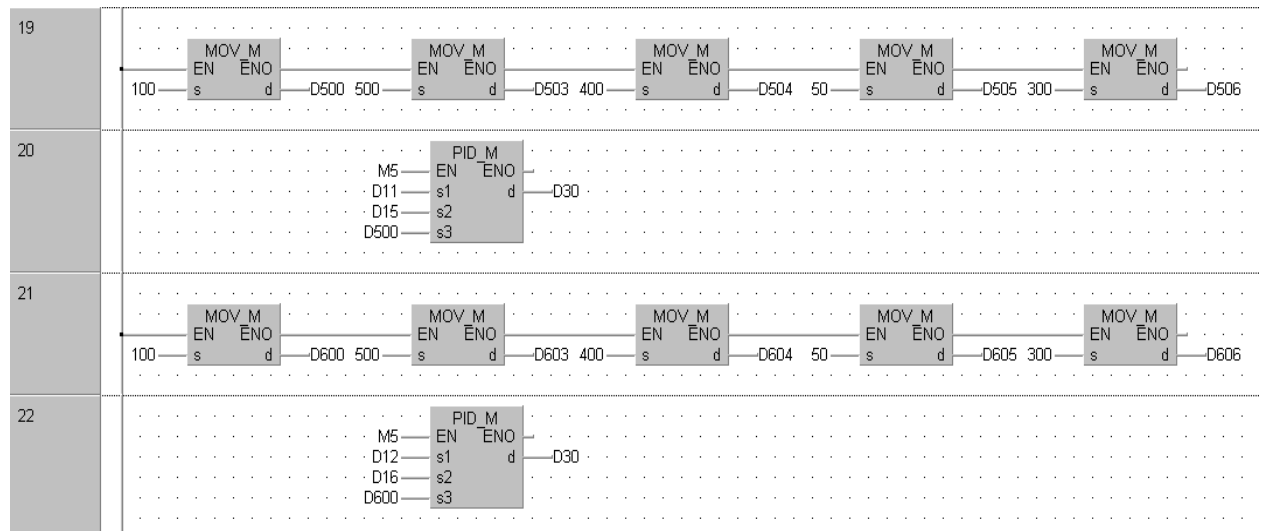


Настройка ПИД регуляторів для регулювання температури III та IV зони:

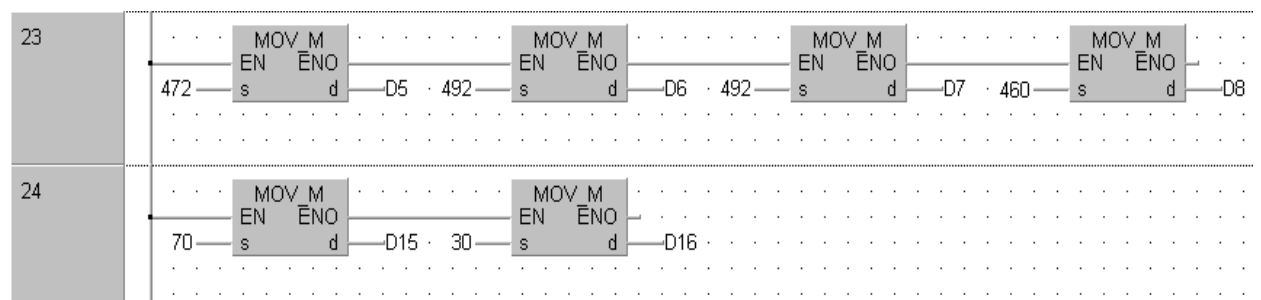


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

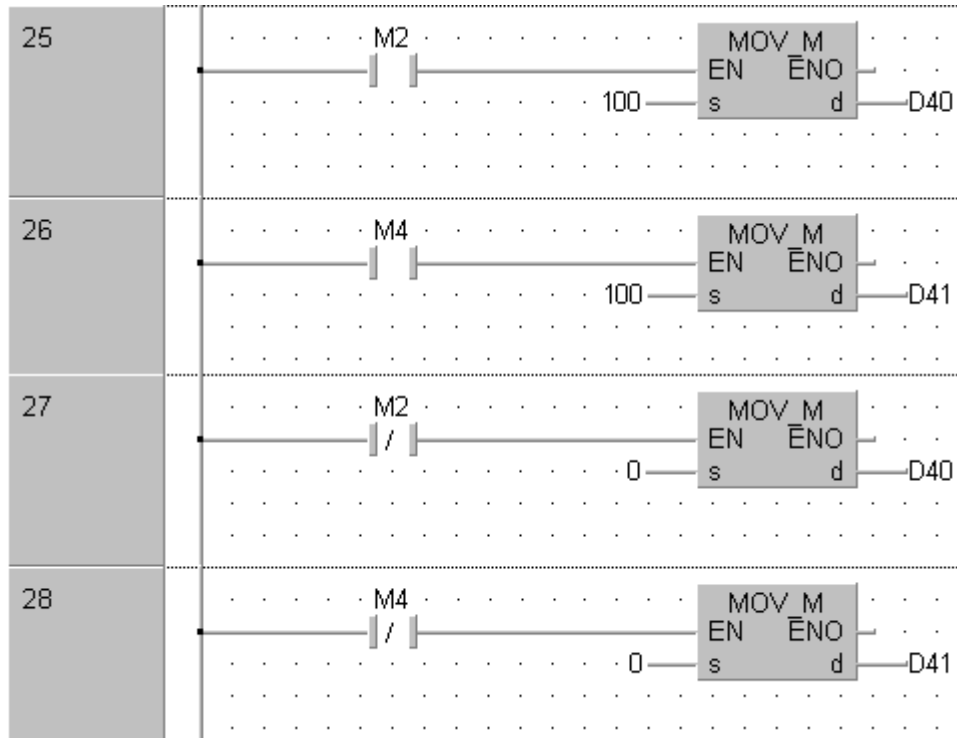
Настройка ПД регуляторов для регулирования витрати сульфітованої та жомопресної води:



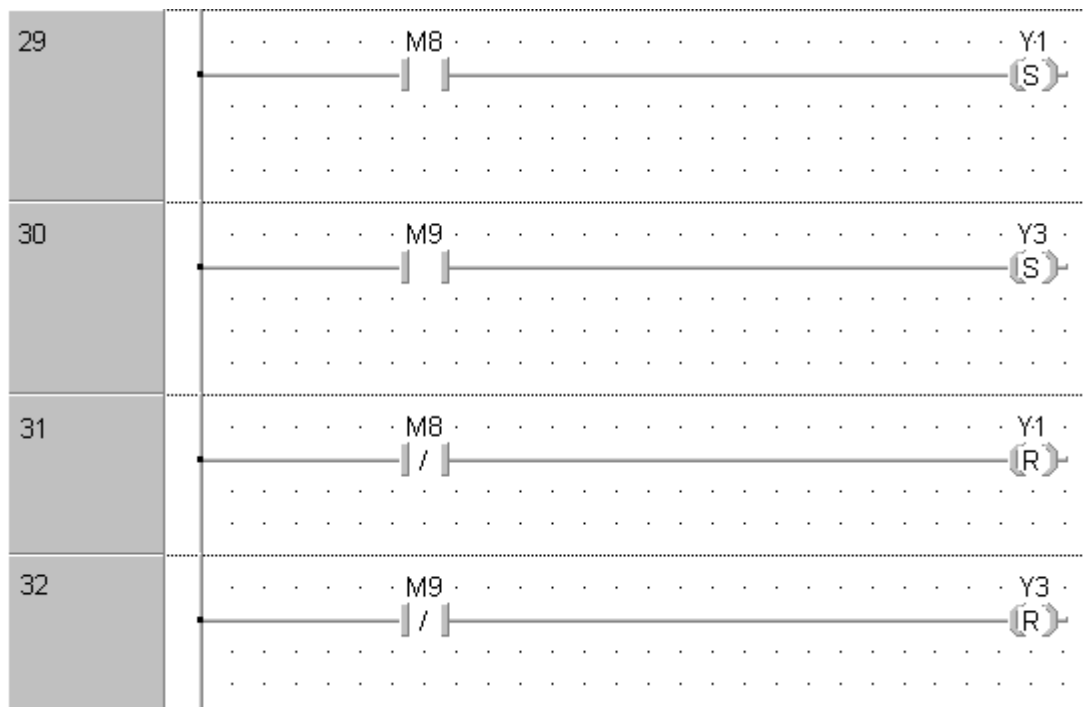
Задання завдання для ПД регуляторів:



Управління частотними перетворювачами 9а та 10а:



Управління реверсним ходом частотних перетворювачів 9а та 10а:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Основними елементами інформаційного забезпечення безщитових пунктів управління є мнемосхеми, вікна трендів та інші дисплейні графічні побудови, що змінюють фасадні панелі щитів та пультів з приладами та командоапаратами щитових ПУ. Проектування інформаційного забезпечення безщитових пультів управління передувє вибір потрібного для цього програмного забезпечення. Нині існують безліч пакетів програм, що дають можливість створювати перелічені дисплейні побудови. В даному дипломному проєкті використовується пакет програм CitectSCADA 2015.

Пакет програм CitectSCADA 2015 надає можливість створювати і виконувати на персональних комп'ютерах, сумісних з IBM PC під керівництвом операційної системи Windows, вирішення таких завдань:

- збір, первинна обробка і накопичення інформації про параметри технологічного процесу та стану устаткування від промислових контролерів та інших цифрових пристроїв, безпосередньо, зв'язаних з технологічною апаратурою;

- відображення інформації про поточні значення технологічних параметрів технологічного процесу на екрані ПК у вигляді графічних мнемосхем, динамічна частина яких складається із набору вбудованих в систему елементів візуалізації;

- відображення графіків поточних значень технологічних параметрів в реальному часі за заданий інтервал;

- виявлення критичних (аварійних) ситуацій;

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Мотузенко В.С.				51	4
Керівник		Ладанюк А.П.					
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					
					Розробка системи автоматизації процесу керування температурним режимом похилого дифузійного апарату з використанням багатоконтурного регулятора		

- виведення на екран ПК технологічних і аварійних повідомлень, їх реєстрацію у файлі повідомлень з настроюваною глибиною збереження і можливістю їх подальшого перегляду та виведення на друкуючий пристрій за заданий інтервал часу з фільтруванням повідомлень по категоріям;

- архівацію значень аналогових та дискретних сигналів у файлах передісторії процесу з настроюваною глибиною збереження та періодичністю поновлення інформації і можливістю її подальшого перегляду у графічній або табличній формах з використанням фільтрування по іменах змінних;

- контроль дій оператора шляхом їх реєстрації у файлі повідомлень;

- автоматичний виклик через задані інтервали часу або за командою оператора описаних користувачем алгоритмів обробки інформації у вигляді програм;

- дистанційне управління технологічним процесом з ПК: введення завдань (установок) параметрів технологічного процесу з контролем достовірності введених значень;

- переключення режимів роботи контурів регулювання (ручний, автоматичний), управління положеннями виконавчих механізмів у ручному режимі тощо.

При зборі дана система не вимагає залучення програмістів і може бути виконана безпосередньо спеціалістами підприємства. Всі інструментальні засоби входять в стандартну поставку, що значно зменшує вартість впровадження і підтримки працюючої системи (тобто розширення, модернізація АСУ ТП може проводитись безпосередньо працівниками підприємства).

Також до позитивних сторін потрібно віднести таку відкритість архітектури, яка дозволяє підключити контролери і прилади різних виробників.

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

В таблиці 6.1 приведено опис змінних та їх настройки в SCADA-програмі CitectSCADA 2015.

Таблиця 6.1. Змінні та їх настройки.

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
TE-1a	%IX0.1	0	1000	-50	200	INT
TE-2a	%IX0.2	0	1000	-50	200	INT
TE-3a	%IX0.3	0	1000	-50	200	INT
TE-4a	%IX0.4	0	1000	-50	200	INT
PE-5a	%IX1.1	0	1000	0	4000	INT
FE-6a	%IX1.2	0	1000	0	1000	INT
FE-7a	%IX1.3	0	1000	0	1000	INT
Клапан-6v	%QX2.1	0	1000	0	100	INT
Клапан -7v	%QX2.2	0	1000	0	100	INT
Motor-1	%M2	0	1	0	1	DIGITAL
Motor-2	%M4	0	1	0	1	DIGITAL
Pusk-M1	%M1	0	1	0	1	DIGITAL
Stop-M1	%M6	0	1	0	1	DIGITAL
Pusk-M2	%M3	0	1	0	1	DIGITAL
Stop-M2	%M7	0	1	0	1	DIGITAL

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

На дисплейній мнемосхемі в SCADA-програмі відображається дані з датчиків, ступінь відкриття клапанів, стан двигунів. Оператор слідкує за перебігом технологічного процесу дифузії в нахиленій дифузійній установці з робочого місця оператора. В разі необхідності оператор може в ручному режимі управляти клапанами та насосами.

На рис. 6.1 представлено вигляд дисплейної мнемосхеми SCADA-системи.

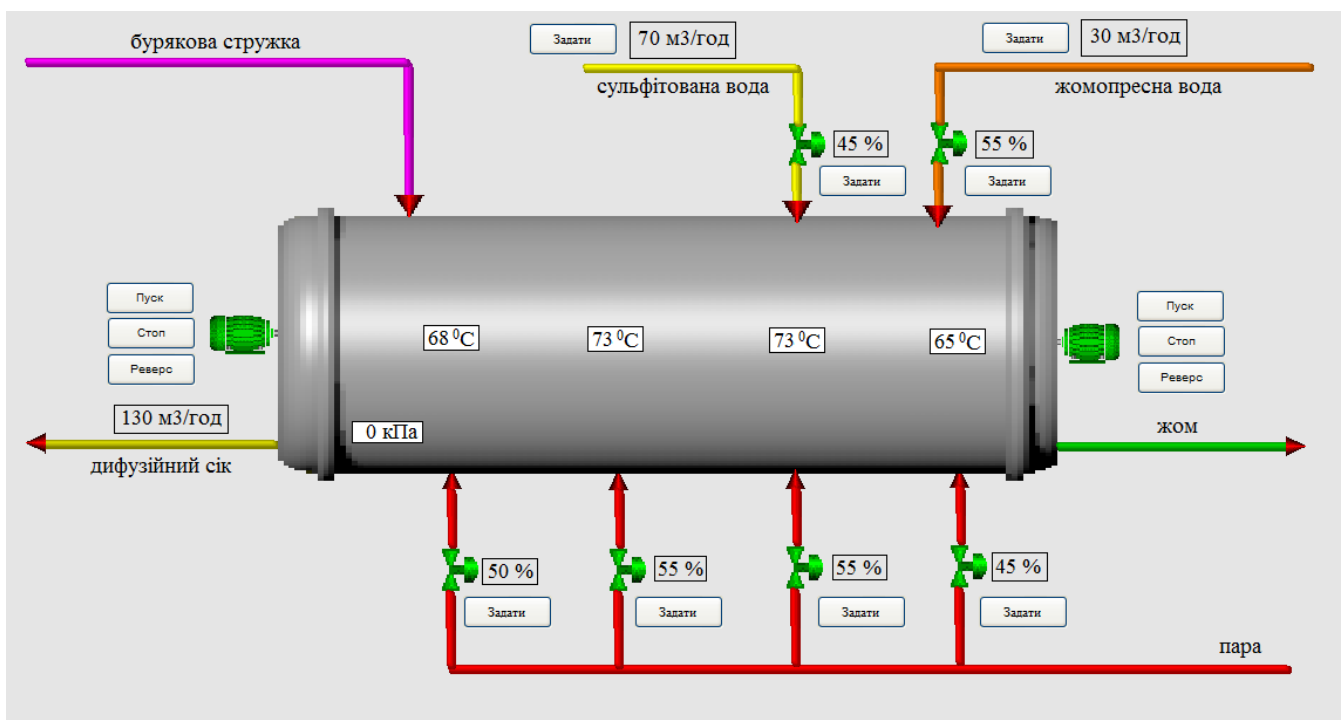


Рис. 6.1. Вигляд дисплейної мнемосхеми SCADA-системи.

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

Постановка задачі: дослідження стійкості САР за критерієм Рауса-Гурвіца.

В якості об'єкта керування було обрано контур керування температури в першій зоні дифузійного апарату.

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Обираємо входні, вихідні канали та збурення (рисунок 7.1).

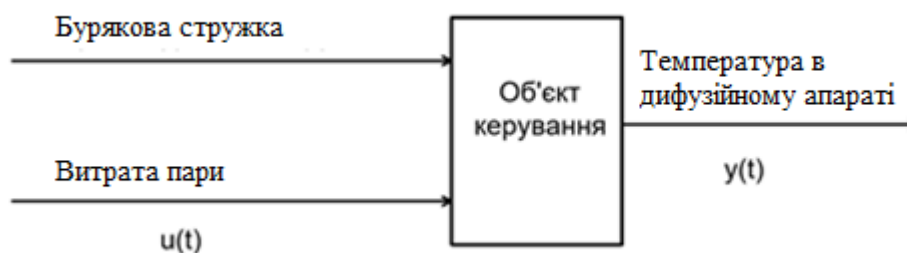


Рисунок 7.1 – Об'єкт керування

Обираємо наступну математичну модель: $W_1(s) = \frac{K}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)(T_3s + 1)}$ з такими параметрами: K, T_1, T_2, T_3 , оскільки представлений об'єкт керування має позитивне самовирівнювання.

Коефіцієнти математичної моделі були взяті з опису технологічного процесу дифузії, що представлений в літературі.

Визначаємо передавальну функцію за каналом керування:

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Арк.	Аркушів
					Розробка системи автоматизації процесу керування температурним режимом похилого дифузійного апарату з використанням багатоконтурного регулятора			
Розроб.		Мотузенко В.С.						
Керівник		Ладанюк А.П.					55	5
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

$$W_{yu}(s) = \frac{2,3}{(76,8s+1)(14,2s+1)(5,7s+1)};$$

Визначаємо передавальну функцію за каналом збурення:

$$W_{zy}(s) = \frac{0.2}{19s+1};$$

Визначимо передаточну функцію об'єкта:

$$W(p) = \frac{2,3}{(76,8s+1)(14,2s+1)(5,7s+1)} + \frac{0.2}{19s+1}$$

$$= \frac{1243.2384s^3 + 321.852s^2 + 63.73s + 2.5}{119972.5056s^4 + 37274.91s^3 + 3475.57s^2 + 116.0s + 1};$$

Для дослідження САР на стійкість треба використовується характеристичний поліном замкненої системи $D(p)$, що знаходиться шляхом прирівнювання знаменника передаточної функції замкнутої системи до нуля.

$$D(p) = 119972.5056s^4 + 37274.91s^3 + 3475.57s^2 + 116.0s + 1 = 0$$

Для визначення стійкості був обраний критерій Рауса-Гурвіца, суть якого полягає в тому, що необхідно побудувати матрицю таким чином, щоб по головній діагоналі були розташовані коефіцієнти $D(p)$ починаючи з a_1 по a_n , вище головної діагоналі розташовують коефіцієнти з індексами вищими коефіцієнтів, що знаходяться на головній діагоналі, нижче головної діагоналі відповідно коефіцієнти з індексами нижче, при недостачі коефіцієнтів ставлять нулі. Система стійка за умови, що всі визначники більше нуля, якщо хоча б один визначник менше, то система не стійка, якщо хоча б один визначник рівний нулю, то система знаходиться на межі стійкості.

Перший визначник:

$$\Delta_1 = a_1 = 37274,91 > 0;$$

Другий визначник:

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}; \Delta_2 = 1.2955e+08 > 0;$$

Третій визначник:

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}; \Delta_3 = 1.2024e+10 > 0.$$

Четвертий визначник:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 \end{vmatrix}; \Delta_4 = 1.2024e+10 > 0.$$

Висновок: всі визначники більше нуля, що свідчить про стійкість системи.

7.3. Моделювання САР

Перевіримо стійкість системи в середовищі Matlab. Для контуру регулювання температури обираємо ПІ-регулятор, який має досить високу швидкість та гарну якість регулювання.

Визначимо налаштування ПІ – регулятора методом Циглера-Нікольса. Знайдемо критичні значення налаштувань регулятора $K_{кр}$ та $T_{i,кр}$.

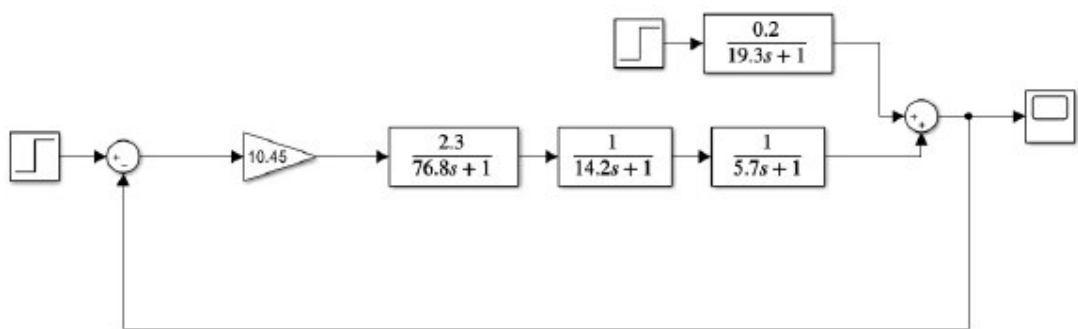


Рисунок 7.2 – Структурна схема об'єкта на межі стійкості

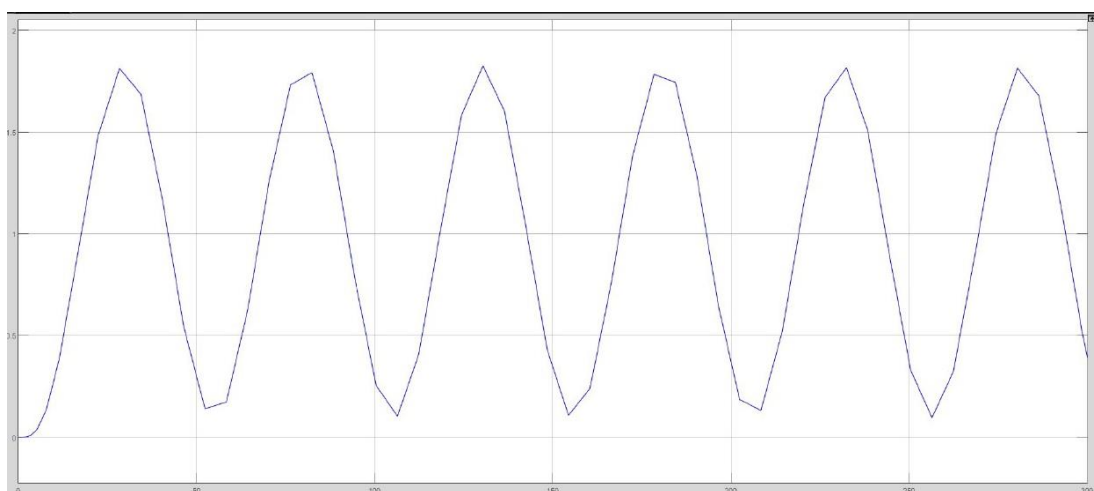


Рисунок 7.3 – Перехідний процес при $K_{кр}$

Система на межі стійкості при наступних коефіцієнтах: $K_{кр}=10,45$;
 $T_{i,кр}=25$ с.

За допомогою формул (7.1)-(7.2) визначаємо оптимальні налаштування ПІ-регулятора:

$$K_p = 0,45 * K_{кр}; \tag{7.1}$$

$$T_i = T_{i,кр} / 1,2 \tag{7.2}$$

$$K_p = 0,45 * 10,45 = 4,7025;$$

$$T_i = 25 / 1,2 = 20,83.$$

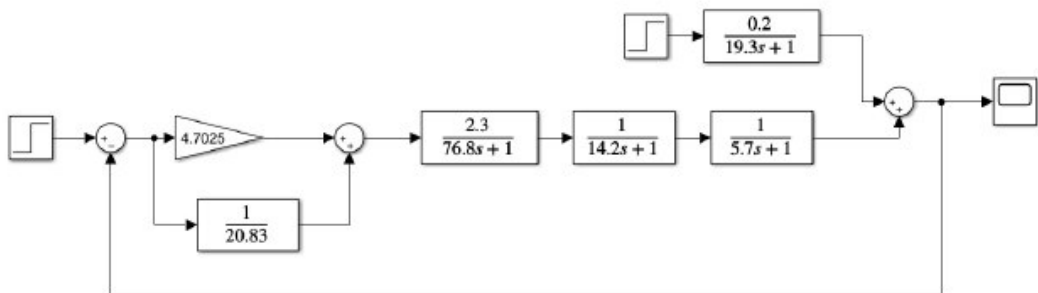


Рисунок 7.4 – Структурна схема об'єкта з ПІ-регулятором

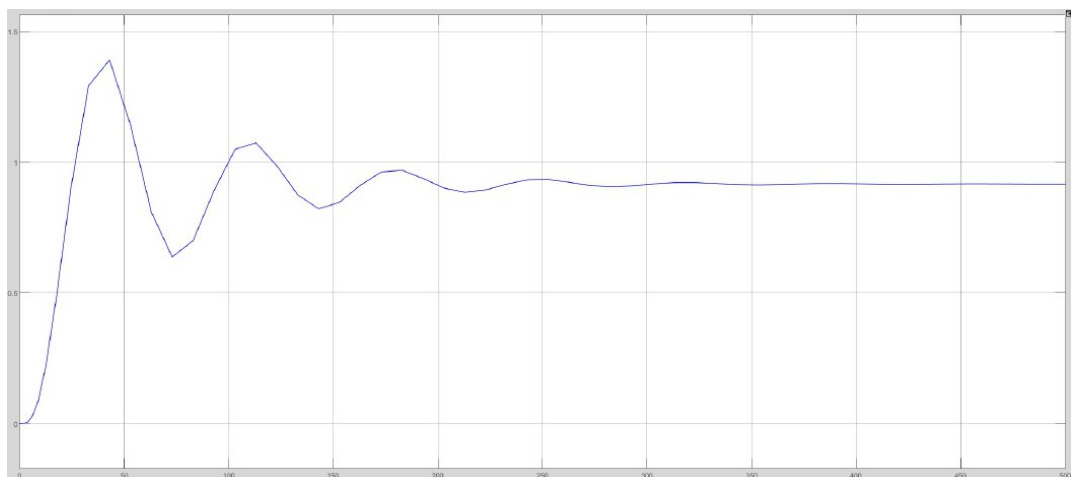


Рисунок 7.5 – Перехідний процес з ПІ-регулятором

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Перехідний процес вказує на те, що розраховані налаштування ПІ-регулятора є оптимальними для даного об'єкта.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок: система являється стійкою, що було перевірено за допомогою критерію Рауса-Гурвіца та програмного середовища Matlab. Оптимальні налаштування були підібрані методом Циглера-Нікольса.

Один із шляхів покращення роботи системи полягає у використанні додаткових регуляторів. Найкращим способом використання відхилень вихідної координати є побудова схеми каскадного регулятора. Вихід основного (зовнішнього) регулятора в зоні 1 використовується для формування та зміни завдання допоміжного (внутрішнього) регуляторів в зоні 2 і так далі, які безпосередньо діють на виконавчий механізм регулюючого органу. Головна перевага каскадного регулювання полягає в поліпшенні якості роботи системи при будь-яких збуреннях за навантаженістю, а також при великій інерційності об'єкта за каналом регулювання. Якщо збурення прикладені до входу об'єкта, то допоміжний регулятор починає виконувати регулюючий вплив ще до того, як на виході системи з'явиться яке-небудь відхилення; похибка при цьому може бути зменшена до 10-100 разів порівняно з одноконтурним регулюванням. Каскадні АСР широко використовують для регулювання технологічних процесів, наприклад, температури, рівня, концентрації. У більшості випадків внутрішнім є контури стабілізації витрати матеріального чи енергетичного потоку.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

В даному дипломному проєкті розроблено документацію системи автоматизації нахиленої дифузійної установки.

Впровадження розробленого варіанту принесе додатковий прибуток підприємству, що являється головною метою розробки даного проєкту. Розроблена система автоматизації дасть змогу випустити більш якісну продукцію, можливість збільшення обсягу виробництва і зменшення затрат на споживання енергії, ремонту та обслуговування.

Основною відмінністю розробленої системи автоматизації є те, що даний варіант оснований на використанні сучасних мікропроцесорних пристроїв, що дає переваги перед локальними системами.

Система автоматизації нахиленої дифузійної установки розроблена в обсязі автоматичних систем регулювання температурного режиму установки та автоматичних систем контролю основних технічних параметрів технологічного процесу. Система забезпечує оптимальне ведення процесу дифузії цукру. Прийняті технічні рішення описані в пояснювальній записці, проілюстровані в графічній частині.

При розробці даного дипломного проєкту були по можливості враховані всі вимоги, які ставляться до сучасних систем автоматизації.

Впровадження системи автоматизації розраховане на те, що в майбутньому підприємство отримає додатковий прибуток.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов // 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Колос. – 1998. – 494 с.
2. Волошин З.С. Автоматизация сахарного производства / З.С. Волошин, Л.П. Макаренко, П.В. Яцковский // 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 271с.
3. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
4. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
5. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
6. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
7. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І. В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
8. Фильтрация диффузионного (свекловичного) сока. URL: <http://mppnik.ru/publ/953-poluchenie-diffuzionnogo-soka.html>
9. Resisitive Temperature Sensor. URL: <https://kobold.com/uploads/files/lts-gb-food.pdf>
10. Differential Pressure Transmitter. URL: <https://kobold.com/uploads/files/pad-gb-pressure-1.pdf>
11. Система 6000 Электропневматический преобразователь для сигналов постоянного тока. URL: <https://www.samson.de/document/e61110ru.pdf>
12. Компоненты систем автоматизации. URL: http://www.svaltera.ua/upload/iblock/9e7/price_6_sensors .pdf
13. Преобразователи частоты Lenze 8200 Vector. URL: http://www.lenze.org.ua/pdf/8200_vector_rus.pdf

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		