

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики
Кафедра автоматизації енергетичних процесів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Володимир ВОЛОЩУК

« ____ » _____ 20 __ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології кібер-енергетичних систем»**

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

на тему: «Автоматизована система керування холодильною станцією»

Виконав:

студент IV курсу, групи ТА-92

Розумний Євгеній Юрійович

Керівник:

Старший викладач

Поліщук Ігор Анатолійович

Консультант з розділу «Охорона праці»:

Кандидат технічних наук, доцент

Каштанов Сергій Федорович

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики
Кафедра автоматизації енергетичних процесів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Володимир ВОЛОЩУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Розумному Євгенію Юрійовичу

1. Тема проєкту: «Автоматизована система керування холодильною станцією», керівник проєкту Поліщук Ігор Анатолійович, старший викладач, затверджені наказом по університету від «29» 05 2023 р. № 2039-с

2. Термін подання студентом проєкту: «__» _____ 20__ р.

3. Вихідні дані до проєкту: Холодильна станція з системою охолодження води. Контури регулювання температури води та гліколю. Підтримання оптимальної температури води на виході з системи.

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Проєктування АСУТП. 2. Інженерний розрахунок САР. 3. Опис графічної частини проєкту. 4. Програмування ПТКЗА. 5. Імітаційне моделювання АТК. 6. Охорона праці. 7. Техніко-економічний розрахунок. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): 1. Функціональна схема автоматизації (1 арк. ф. А2). 2. Принципова електрична схема (4 арк. ф. А1). 3. Креслення загального виду шафи автоматизації (1 арк. ф. А2). 4. Схема з'єднань та підключень зовнішніх проводок (1 арк. ф. А4х4). Специфікація обладнання (4 арк. ф. А3)

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каштанов С.Ф., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 22.05.2023

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Постановка задачі автоматизації холодильної станції	22.04.2023	ПЗ, розділ 1
2	Схема автоматизації функціональна. Схема структурна ПТК.	25.04.2023	Аркуш 1. Аркуш 2. Специфікація обладнання
3	Схема принципова електрична.	30.04.2023	Аркуш 3
4	Креслення шафи автоматизації загального виду.	04.05.2023	Аркуш 4
5	Схема зовнішніх з'єднань і проводок.	08.05.2023	Аркуш 5
6	Опис графічних документів.	12.05.2023	ПЗ, розділ 3
7	Розрахунок вимірювальних каналів АТК	16.05.2023	ПЗ, розділ 2.1
8	Розрахунок регулювально-виконавчих каналів АТК	19.05.2023	ПЗ, розділ 2.2
9	Графічні ілюстрації до розрахункової частини проєкту	22.05.2023	Аркуш 6
10	Програмування ПТКЗА	30.05.2023	ПЗ, розділ 4
11	Полігонні випробування ІМ і аналіз функціонування АСУ	06.06.2023	ПЗ, розділ 5
12	Охорона праці	09.06.2023	ПЗ, розділ 6
13	Техніко-економічний розрахунок АСУ	13.06.2023	ПЗ, розділ 7
14	Передзахист ДП	16.06.2023	Доповідь
15	Захист ДП	20.06.2023	Доповідь

Студент

Євгеній РОЗУМНИЙ

Керівник

Ігор ПОЛЩУК

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт бакалаврського рівня вищої освіти виконаний на тему «Автоматизована система керування холодильною станцією».

Розроблена система керування призначена для охолодження води є універсальною та може використовуватись у різних сферах діяльності.

Пояснювальна записка складається з наступних розділів: вступ, проєктування АСУТП, інженерний розрахунок САР, опис графічної частини проєкту, розробка програмного забезпечення, імітаційне моделювання АТК, охорона праці, розрахунок техніко-економічної ефективності АСК, висновки.

У першому розділі проаналізовано холодильну станцію як технологічний об'єкт, обрано структуру системи керування, визначено технологічні параметри та функції системи керування об'єктом, а також визначено джерела техніко-економічної ефективності та описано структуру програмно-технічного комплексу та схему автоматизації.

У другому розділі було визначено вимірювальні канали, проведено розрахунки для вимірювальних каналів та їх захист. Також було ідентифіковано об'єкт управління, апроксимованого його розгінну характеристику, розраховано регулятори систем автоматичного регулювання, виконано функціональне моделювання для об'єкта з створеним регулятором.

В третьому розділі було описано функціональну, структурну, принципову електричну схеми, а також схему монтажну щита, схему зовнішніх з'єднань, креслення загального виду щита та специфікацію обладнання.

В четвертому розділі було розроблено програмне забезпечення для ПЛК, граничного пристрою та HMI/SCADA систему.

П'ятий розділ присвячено імітаційному моделюванню з описом структури полігону моделювання та проаналізовано результати моделювання.

В шостому розділі визначено та описано заходи з охорони праці, з особливою увагою до електрозахисту.

Сьомий розділ присвячено розрахункам техніко-економічної ефективності АСК, складено кошторис впровадження та монтажу системи.

ABSTRACT

The bachelor's degree project was carried out on the topic "Automated control system for a refrigeration station".

The developed control system designed for water cooling is universal and can be used in various fields of activity.

The explanatory note consists of the following sections: introduction, design of the automated control system, engineering calculation of the ATS, description of the graphic part of the project, software development, simulation modeling of the ATS, labor protection, calculation of the technical and economic efficiency of the ATS, conclusions.

The first section analyzes the refrigeration station as a technological facility, selects the structure of the control system, defines the technological parameters and functions of the facility control system, identifies the sources of technical and economic efficiency, and describes the structure of the software and hardware complex and automation scheme.

In the second section, we identified the measurement channels, performed calculations for the measurement channels and their protection. We also identified the control object, approximated its acceleration characteristic, calculated the regulators of automatic control systems, and performed functional modeling for the object with the created regulator.

In the third section, we described the functional, structural, and circuit diagrams, as well as the wiring diagram of the panel, the external connection diagram, a drawing of the general view of the panel, and the equipment specification.

In the fourth section, the software for the PLC, the edge device and the HMI/SCADA system was developed.

The fifth section is devoted to simulation modeling with a description of the structure of the simulation polygon and analysis of the simulation results.

The sixth section identifies and describes the occupational safety measures, with special attention to electrical protection.

The seventh section is devoted to the calculation of the technical and economic efficiency of the ACS, and the cost estimate for the implementation and installation of the system.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом

АСК – автоматизована система керування

ВК – вимірювальний канал

ВМ – виконавчий механізм

ОУ – об'єкт управління

ПЗ – пояснювальна записка

ПІ – пропорційно-інтегральний

ПЛК – програмований логічний контролер

ПТКЗА – програмно-технічний комплекс засобів автоматизації

РАФХ – розширена амплітудо-фазова характеристика

РО – регулюючий орган

САР – система автоматичного регулювання

ТОУ – технологічний об'єкт управління

СРА – супервізорний рівень автоматизації

КРА – контролерний рівень автоматизації

АТК – автоматизований технологічний комплекс

ВМА – вимірювальна апаратура

ВкА – виконавча апаратура

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизована система керування холодильної
станції»**

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1 ПРОЄКТУВАННЯ АСУТП	12
1.1 Характеристика технологічного об'єкту управління.....	12
1.2 Вибір і обґрунтування структури АСУТП ТОВ	14
1.3 Технологічні параметри АСУТП ТОВ	16
1.4 Функції АСУТП.....	20
1.5 Схема автоматизації функціональна.....	22
1.6 Схема структурна програмно-технічного комплексу	24
1.7 Перелік і аналіз джерел техніко-економічної ефективності АСК ТОВ.....	25
РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК САР	27
2.1 Інженерний розрахунок вимірювальних каналів САР	27
2.1.1 Перелік вимірювальних каналів (ВК).....	27
2.1.2 Схеми структурні вимірювальних каналів	28
2.1.3 Особливості електричних підключень давачів вимірювальних каналів ...	30
2.1.4 Монтаж технічних засобів вимірювальних каналів	31
2.1.5 Захист технічних засобів вимірювальних каналів від перешкод	33
2.1.6 Схеми структурні надійності вимірювальних каналів	35
2.1.7 Метрологічний розрахунок вимірювальних каналів	37
2.1.8 Розрахунок надійності вимірювальних каналів	40
2.1.9 Функції первинної обробки даних вимірювання в ПЛК	43
2.1.10 Висновок щодо роботоздатності вимірювальних каналів	44
2.2 Розрахунок регулювально-виконавчих каналів САР	45
2.2.1 Перелік систем автоматичного регулювання	45
2.2.2 Функціональна і структурна схеми САР	47
2.2.3 Схема структурна регулювально-виконавчого каналу САР	48
2.2.4 Схема структурна програмно-технічних засобів САР.....	49
2.2.5 Схема структурна надійності реалізації управляючої функції САР	50
2.2.6 Розрахунок надійності реалізації управляючої функції САР	51
2.2.7 Ідентифікація об'єкта управління.....	52
2.2.8 Розрахунок налаштувань регуляторів САР.....	54
2.2.9 Моделювання САР	57
2.2.10 Висновки щодо роботоздатності РВК САР	68
РОЗДІЛ 3 ОПИС ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЄКТУ	68
3.1 Схема функціональна автоматизації ТОВ	68
3.2 Схема структурна ПТК.....	68
3.3 Схема принципова електрична АСК	69
3.4 Креслення загального виду щита.....	69
3.5 Схема зовнішніх з'єднань.....	70
3.6 Специфікація обладнання	70
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ПТКЗА.....	72
4.1 Програмування функціональності ПЛК.....	72
4.2 Програмування функціональності SCADA-системи	74

						ТА-92438.0013.001.АТХ.П			
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп	Дата	АСК холодильної станції	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Розумний Є.Ю.					ДП	9	92
Перевір.		Поліщук І.А..							
Т.контр									
Н.контр.		Некрашевич О.В.							
Затв.		Волощук В.А.							
								НТУУ "КПІ", ТЕФ, ТА-92	

РОЗДІЛ 5 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АТК	75
5.1 Схема структурна полігону імітаційного моделювання АТК ТООУ	75
5.2 Функціональне моделювання ОУ в СКМ Matlab Simulink	75
5.3 Реалізація контролерної функціональності САР в софтПЛК CoDeSys.....	76
5.4 Реалізація супервізорної HMI-Standard функціональності в HMI/SCADAсистемі WebStudio	76
5.5 Структурне моделювання АТК в програмно-технічному симуляторі.....	76
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	77
РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК.....	86
ВИСНОВКИ.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92

ВСТУП

Холодильна станція - це технічна споруда, спеціально призначена для виробництва, зберігання та розподілу холоду.

Холодильні станції використовуються у різних сферах, таких як промислове виробництво, харчова промисловість, фармацевтика, логістика та багато інших.

Холодильні станції складаються з, конденсаторів, випаровувачів, розширювальних клапанів та інших компонентів. Вони працюють на основі циклу випарювання та конденсації холодоагенту, який циркулює через систему. Це дозволяє відбирати тепло з одного місця та передавати його в інше, створюючи холодний простір.

Холодильні станції можуть мати різні розміри та потужність в залежності від їх призначення та вимог. Великі холодильні станції можуть обслуговувати цілі комплекси будівель або великі виробничі лінії.

Додатково, холодильні станції можуть бути забезпечені системами автоматизації та контролю, які дозволяють відстежувати та регулювати параметри холоду. Такі системи забезпечують ефективніше використання ресурсів та дозволяють операторам контролювати та керувати роботою станції.

Окрім того, холодильні станції можуть бути також пов'язані з системами зберігання та транспортування, що дозволяє забезпечувати надійний постачання продуктів у відповідних умовах температури.

Враховуючи вищезазначене, холодильна станція - це комплексна інженерна споруда, яка грає важливу роль у забезпеченні оптимальних умов зберігання та розподілу холоду для різних галузей промисловості та інфраструктури.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						11
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ПРОЄКТУВАННЯ АСУТП

1.1 Характеристика технологічного об'єкту управління

Технологічний об'єкт управління – Холодильна установка (станція) являє собою комплекс машин і апаратів, які використовуються для отримання і стабілізації в охолоджуванних об'єктах температур нижче, ніж у навколишньому середовищі. Установка складається з однієї або декількох холодильних машин, обладнання для відводу теплоти в навколишнє середовище, системи розподілу і використання холоду.

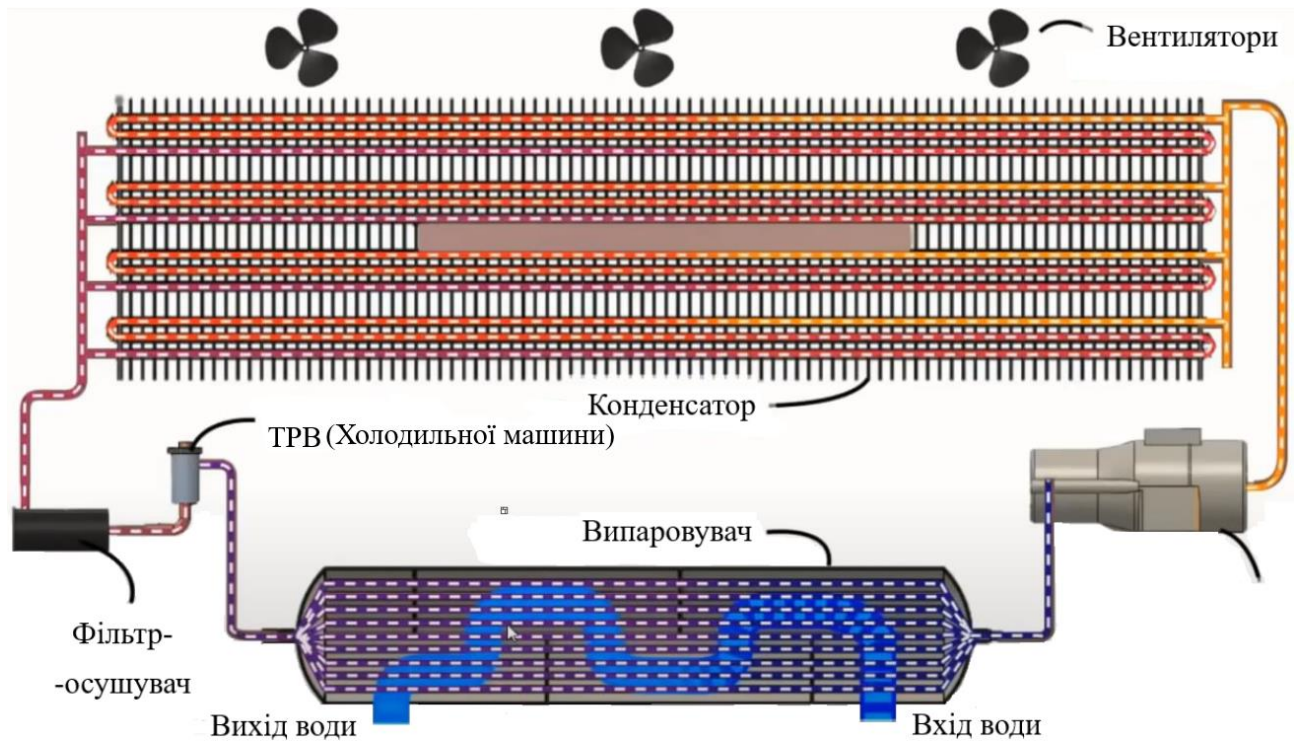


Рисунок 1.1 – Технологічна схема принципу роботи Холодильної машини

Основними компонентами холодильної установки є:

- 1) Холодильна машина - Це пристрій, що виробляє холод за допомогою циклу випарювання і конденсації робочого речовини. Найпоширенішим типом холодильної машини є компресорна система, де компресор стискає робочу речовину, що призводить до підвищення температури і тиску, після чого речовина охолоджується та конденсується, виділяючи тепло, і проходить через експанзійний клапан для зниження тиску, що в результаті випаровує її і відбирає тепло з оточення, створюючи холод. агрегатний стан від газу до рідини і навпаки, забираючи тепло з одного простору і віддаючи його в інший.
- 2) Система охолодження - Це обладнання, яке відводить тепло, вироблене холодильною машиною, в навколишнє середовище. Це може бути конденсатор, який випромінює тепло у повітря, або система охолодження водою, де тепло передається через рідину і віддається в мережу охолоджуваної води.
- 3) Система розподілу і використання холоду - Ця система складається з різних трубопроводів, насосів та клапанів, які передають холод в охолоджувані об'єкти. Вона забезпечує розподіл холоду до різних зон або приміщень та контролює температуру в цих об'єктах. Наприклад, в харчовій промисловості це можуть бути холодильні камери або лінії заморозки, а в лабораторії - охолоджені прилади або приміщення для зберігання проб.

Холодильна установка працює на основі циклу холодильника, де тепло відбирається з охолоджуваного простору та відводиться в навколишнє середовище, створюючи низьку температуру в об'єкті. Цей процес може бути забезпечений різними типами робочих речовин і технологій, таких як холодоносні рідини, амоніак, фреони (в установці використовуємо гліколь).

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						13
	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматика холодильної установки включає в себе набір контролерів, датчиків і пристроїв, які використовуються для автоматизації та управління процесами холодильної системи. Основна мета автоматики - забезпечити оптимальну температуру та ефективність роботи холодильної установки.

1.2 Вибір та обґрунтування структури АСУТП ТОУ

Так як для данного контуру передбачена лише одна можлива одноконтурна схема, то відповідно її ми і обираємо, як за основну схему регулювання температури.

Одноконтурна САР (Система Автоматичного Регулювання) в контексті холодильної станції зазвичай використовується для контролю та регулювання параметрів холодильного процесу. Одноконтурна система означає, що установка має один основний контур, який відповідає за охолодження або заморожування. Одноконтурна САР є простою і дешевою системою регулювання, яка зазвичай використовується в невеликих системах. Однак, в більш складних системах, які вимагають більш точного і швидкого регулювання, можуть використовуватися більш складні САР з кількома контурами зворотного зв'язку.

Одноконтурна система автоматичного регулювання (САР) має свої переваги та недоліки:

Переваги одноконтурної САР:

Простота та невибагливість в обслуговуванні: вона складається з меншої кількості компонентів, ніж багатоконтурна САР, тому менше шансів на поломки та мінімальна необхідність у спеціалізованому обслуговуванні

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						14
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективність: одноконтурна САР може добре працювати для систем з простими та стабільними параметрами, такими як системи з одним регульованим параметром. В такому випадку, вона може забезпечити стабільність та точність регулювання.

- Невелика ціна

Недоліки одноконтурної САР:

- Обмежені можливості: одноконтурна САР не може використовуватися для більш складних систем, що мають декілька регульованих параметрів, так як вона не може ефективно вирішувати складні задачі регулювання.
- Нестійкість: вона може бути менш стійкою до збурень, особливо якщо параметри системи змінюються або коливаються. Це може приводити до помилок в регулюванні та недостатньої точності.

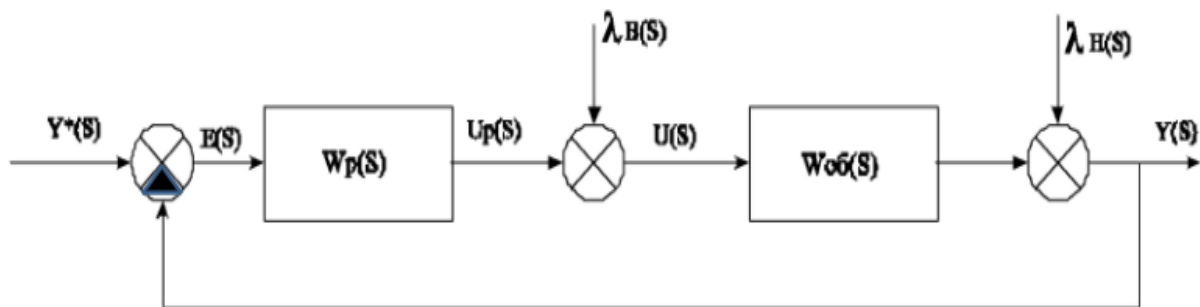


Рисунок 1.2 – Структурна схема одноконтурної САР

1.3 Технологічні параметри АСУТП ТОУ

Таблиця 1.1 – Технологічні параметри АСУ

№№ п/п	Параметр	Значення
1	Температура прямої води на вході в контур споживання	5- 15 °С
2	Температура зворотної води на виході з контуру споживання	20-30°С
3	Тиск води на виході з контуру споживання	2-4 бар
4	Витрата прямої води на вході в контур споживання	60м³/год
5	Температура води на виході з теплообмінника	5- 10 °С
6	Температура прямої води на вході в випарник	10-15°С
7	Температура зворотної води на виході з випарника	5-10°С
8	Витрата прямої води на вході в випарник	60м³/год
9	Температура гліколю на вході в конденсатор	-15-30°С
10	Температура гліколю на виході з конденсатору	5-45°С

Кінець таблиці 1.1

11	Витрата гліколю на виході з конденсатору	50м³/год
12	Температура гліколю на вході в теплообмінник	20-30°C
13	Температура гліколю на виході з теплообміннику	5-10°C
14	Витрата гліколю на виході з теплообміннику	35м³/год
15	Температура гліколю на вході в градирні	5-45°C
16	Температура гліколю на виході з градирні	-15-30 °C
17	Температура води в баці	10-12°C
18	тиск гліколю на виході з контуру споживання	2-4 бар

Температура прямої води на вході в контур споживання (5-15°C): Це температура холодної води, яка надходить у систему споживання. Вона може варіюватись від 5 до 15 градусів Цельсія, залежно від зовнішніх умов та вимог споживачів.

Температура зворотної води на виході з контуру споживання (20-30°C): Це температура води після використання споживачами. Вона зазвичай знаходиться у діапазоні від 20 до 30 градусів Цельсія і може залежати від типу та потреб споживачів.

Тиск води на виході з контуру споживання (2-4 бар): Це тиск води, який панує у системі споживання. Він може коливатися від 2 до 4 бар, що залежить від характеристик системи та вимог споживачів.

Витрата прямої води на вході в контур споживання (60 м3/год): Це кількість води, яка надходить у систему споживання протягом години. В даному випадку, витрата складає 60 кубічних метрів на годину.

Температура води на виході з теплообмінника (5-10°C): Це температура води після проходження через теплообмінник. Вона знаходиться в діапазоні від 5 до 10 градусів Цельсія і може бути регульована для досягнення необхідного охолодження.

Температура прямої води на вході в випарник (10-15°C): Це температура холодної води, яка подається у випарник. Вона зазвичай знаходиться в діапазоні від 10 до 15 градусів Цельсія.

Температура зворотної води на виході з випарника (5-10°C): Це температура води після проходження через випарник. Вона зазвичай знаходиться в діапазоні від 5 до 10 градусів Цельсія.

Витрата прямої води на вході в випарник (60 м3/год): Це кількість води, яка надходить у випарник протягом години. В даному випадку, витрата складає 60 кубічних метрів на годину.

Температура гліколю на вході в конденсатор (-15-30°C): Це температура гліколю, який надходить у конденсатор. Вона може знаходитись у діапазоні від -15 до 30 градусів Цельсія, залежно від параметрів системи та потреби в охолодженні.

Температура гліколю на виході з конденсатору (5-45°C): Це температура гліколю після проходження через конденсатор. Вона може знаходитись у діапазоні від 5 до 45 градусів Цельсія і може бути регульована для досягнення необхідного охолодження.

Витрата гліколю на виході з конденсатору (50 м³/год): Це кількість гліколю, яка виходить з конденсатора протягом години. В даному випадку, витрата складає 50 кубічних метрів на годину.

Температура гліколю на вході в теплообмінник (20-30°C): Це температура гліколю, який надходить у теплообмінник. Вона зазвичай знаходиться в діапазоні від 20 до 30 градусів Цельсія.

Температура гліколю на виході з теплообмінника (5-10°C): Це температура гліколю після проходження через теплообмінник. Вона знаходиться в діапазоні від 5 до 10 градусів Цельсія і може бути регульована для досягнення необхідного охолодження.

Витрата гліколю на виході з теплообмінника (35 м³/год): Це кількість гліколю, яка виходить з теплообмінника протягом години. В даному випадку, витрата складає 35 кубічних метрів на годину.

Температура гліколю на вході в градирні (5-45°C): Це температура гліколю, який надходить у градирню. Вона може знаходитись у діапазоні від 5 до 45 градусів Цельсія.

Температура гліколю на виході з градирні (-15-30°C): Це температура гліколю після проходження через градирню. Вона може знаходитись у діапазоні від -15 до 30 градусів Цельсія.

Температура води в баці (10-12°C): Це температура води, яка знаходиться в баці (резервуарі). Вона зазвичай коливається в діапазоні від 10 до 12 градусів Цельсія і може використовуватись для охолодження системи.

Ці параметри вказують на діапазони значень різних величин, які використовуються у холодильній станції. Конкретні значення можуть бути налаштовані залежно від потреби і вимог технологічного процесу.

1.4 Функції АСУТП

Функції автоматизованої системи холодильної установки (АСУТП) має різноманітні функції, які спрямовані на контроль, захист, регулювання і оптимізацію роботи системи для забезпечення ефективного і безперебійного функціонування.

Функція контролю в автоматизованій системі холодильної установки забезпечує моніторинг і керування різними параметрами та процесами в системі для забезпечення оптимальної роботи. Основні аспекти, які контролюються в автоматизованій системі холодильної установки, включають: Контроль за температурою в різних частинах холодильної системи, контроль за рівнем тиску в системі для забезпечення правильної роботи конденсатора та інших компонентів, контроль за рівнем рідини в холодильному контурі для запобігання нестачі холодильної речовини або її надмірному заповненню та контроль та оптимізація енергоспоживання системи холодильної установки.

Функція регулювання в автоматизованій системі холодильної установки забезпечує регулювання різних параметрів для забезпечення оптимальної роботи системи. Основні функції регулювання включають: Автоматизована система холодильної установки контролює температуру в холодильному приміщенні або об'єкті, який охолоджується, в автоматизованій системі холодильної установки можуть бути встановлені компоненти, які контролюють тиск в системі. Це може включати регулятори тиску або клапани, які регулюють пропускання робочої речовини і контролюють тиск в різних точках системи.

Захисна функція забезпечує реалізацію попереджувального або аварійного захисту шляхом контролю та реагування на небезпечні або небажані події або впливи. Ця функція виконується за допомогою спеціальних пристроїв, систем або процедур, які виявляють відхилення від норми або потенційні загрози і сприяють уникненню негативних наслідків.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						20
	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

Управляюча функція відноситься до управління та керування діяльністю організації з метою досягнення поставлених цілей. Це одна з основних функцій менеджменту, яка включає планування, організацію, координацію та контроль.

Управляючі функції АСУ:

- АСУ моніторить температуру в приміщенні чи контрольованому просторі за допомогою датчиків та регулює роботу холодильної системи для підтримки заданої температури.

- АСУ керує роботою конденсатора, який забезпечує стиснення холодильного середовища і передачу тепла з приміщення до зовнішнього середовища.

Захисні функції АСУ:

- АСУ моніторить роботу конденсатора і виявляє можливі несправності, такі як перевищення температури або тисків. При виявленні несправностей, АСУ може відключити конденсатор для запобігання його пошкодженню.

- АСУ може контролювати температуру в холодильній установці і виявляти ситуації, коли температура опускається нижче встановленого порогового значення.

Інформаційні функції АСУ:

- Контроль температури
- Керування налаштуваннями
- Аварійний контроль
- Збір і збереження даних

1.5 Схема автоматизації функціональна

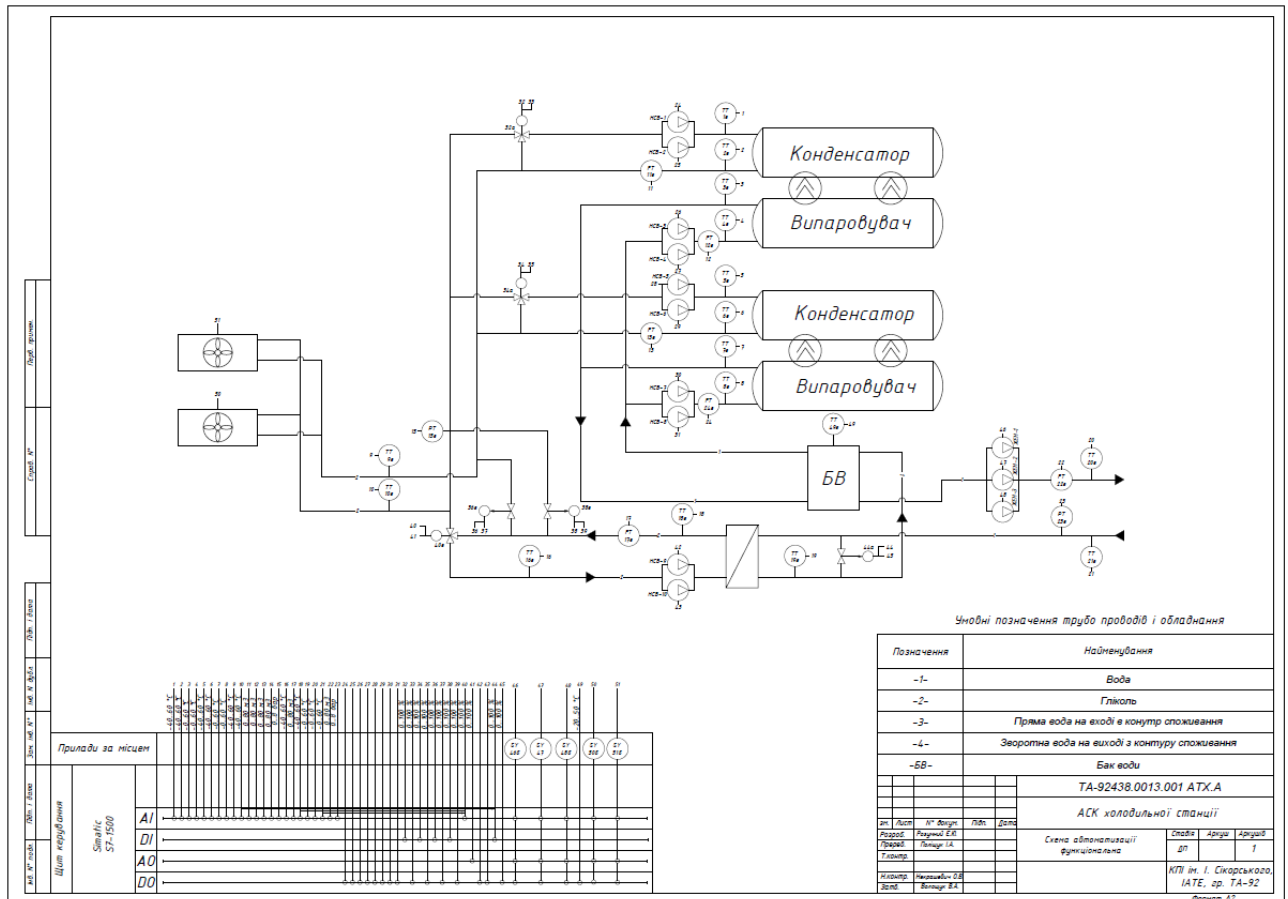


Рисунок 1.3 – Функціональна схема автоматизації

Робота холодильної установки взимку

Система охолодження на холодильній станції з градирнею, гліколем, водою, клапанами, насосами, а також теплообмінником організована таким чином: Гліколь використовується як холодоносіть в холодильних установках. Гліколевий контур складається з насоса, теплообмінника та трубопроводів. Насос циркулює гліколь через теплообмінник для відведення тепла. Градирня є одним із способів відведення тепла з системи охолодження. Градирня складається з сітки або пластин, через які протікає гліколь. Гаряче повітря, що йде від теплообмінника, проходить через градирню, а гліколь охолоджується в процесі випаровування. Теплообмінник використовується для передачі тепла між гліколевим контуром і оточуючим середовищем. Гліколь, що вже охолоджений у градирні, проходить через теплообмінник, а повітря зовні охолоджує його, при цьому відбувається

передача тепла. Під час того, як гліколь потрапляє до теплообмінника де вже перебуває вода, він охолоджує її.

Робота холодильної установки влітку

Система охолодження на холодильній станції з градирнею, гліколем, водою, клапанами, насосами, та холодильними машинами організована таким чином:

У системі охолодження гліколь використовується як холодоносіє. Він протікає через конденсатор і забирає зайве тепло. Потім гліколь направляється на градирню для охолодження. Також в системі присутня вода як теплоносіє. Вона протікає через випарник і віддає зайве тепло в конденсатор. Клапани, насоси та холодильні машини використовуються для керування рухом гліколю та води в системі. Ця організація системи охолодження дозволяє ефективно видалити зайве тепло з холодильної станції. Гліколь використовується як холодоносіє для перенесення тепла та повторного охолодження через градирню, вода використовується як теплоносіє для охолодження та передачі тепла в конденсатор для повторного використання, а клапани, насоси та холодильні машини допомагають керувати процесом охолодження.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						23
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6 Схема структурна ПТК

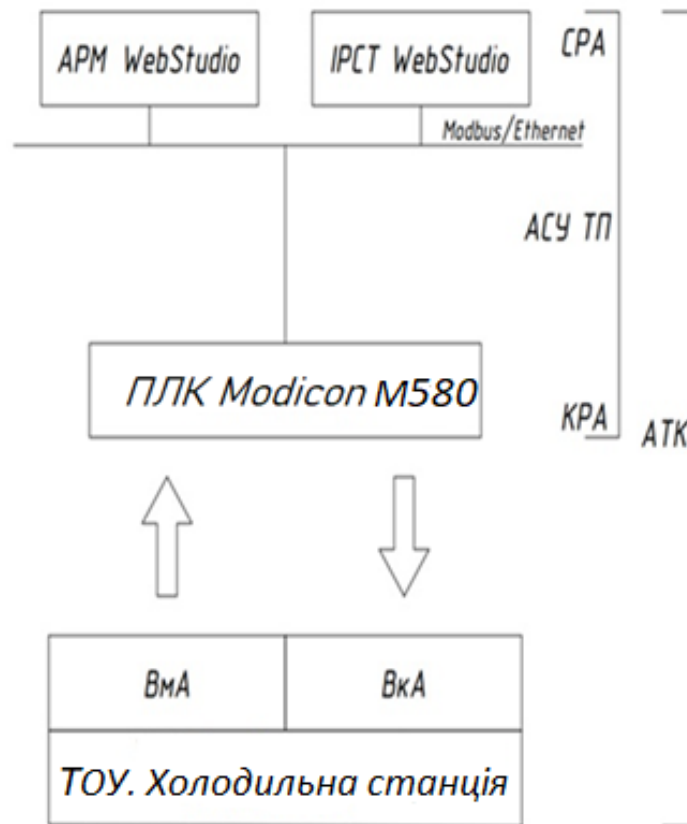


Рисунок 1.4 – Схема структурна

ТОУ – технологічний об'єкт управління

АРМ – автоматизоване робоче місце

ІРСТ – інженерна робоча станція персоналу АСУ Т

П

СПА – супервізорний рівень автоматизації

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом

КРА – контролерний рівень автоматизації

АТК – автоматизований технологічний комплекс

ВмА – вимірювальна апаратура

ВкА – виконавча апаратура

ПЛК – програмований логічний контролер

1.7 Перелік і аналіз джерел техніко-економічної ефективності АТК ТОУ

Для забезпечення техніко-економічної ефективності системи автоматизованого технологічного контролю та управління (АТК ТОУ), необхідно враховувати різні чинники, що сприяють досягненню цієї ефективності для управляючих, захисних та інформаційних функцій автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП). Один з джерел техніко-економічної ефективності для управляючих функцій АСУТП полягає у здатності системи забезпечувати стабілізацію режимних параметрів шляхом зміни регулювальної дії. Це означає, що система може реагувати на зміни у вихідних параметрах технологічного процесу та автоматично коригувати регулятори для підтримки необхідного рівня функціонування системи. Наприклад, якщо виникають коливання або відхилення в режимному параметрі, система може автоматично змінювати регулювальні сигнали для відновлення стабільності.

Для захисних функцій АСУТП, які включають попереджувальний або аварійний захист, джерела техніко-економічної ефективності включають:

- Використання надійних датчиків та пристроїв виявлення для раннього виявлення небезпек або відхилень в роботі технологічного процесу. Це може включати вимірювання параметрів, які вказують на небажані зміни, такі як тиск, температура, рівень речовини тощо. Вчасне виявлення таких змін дозволяє активувати захисні механізми для запобігання аваріям або небезпечним ситуаціям.
- Використання систем автоматичного контролю та діагностики, які постійно моніторять стан обладнання та процесів. Ці системи можуть виявляти відхилення від нормального функціонування і сприяти швидкій реакції на потенційні проблеми. Це дозволяє попередити аварії або мінімізувати їх наслідки шляхом вчасного вжиття захисних заходів.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						25
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Впровадження систем резервування та дублювання елементів. Такі системи дозволяють забезпечити високий рівень надійності та захисту від аварійних ситуацій.

Джерела техніко-економічної ефективності для управляючих функцій автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУТП) з використанням стабілізації режимних параметрів шляхом зміни регулювальної дії включають:

- Використання ефективного регулювання дозволяє зменшити витрати на енергію, сировинні матеріали та інші ресурси.
- Збір і аналіз даних про роботу системи дозволяє виявляти потенційні проблеми, знаходити причини неефективності та вносити відповідні зміни.

Техніко-економічна ефективність для інформаційних функцій автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП):

- Техніко-економічний аналіз є важливим інструментом для оцінки ефективності інформаційних функцій АСУТП
- Дослідження аналогічних АСУТП, які вже впроваджені, можуть надати важливу інформацію про техніко-економічну ефективність.
- Джерела даних, що містять звіти проектування і впровадження АСУТП, надають детальну інформацію про технічні та економічні параметри системи.

Перевірка цих джерел техніко-економічної ефективності дозволить знайти оптимальні рішення та рекомендації щодо досягнення ефективного функціонування автоматизованої транспортної компанії (АТК) ТОВ з урахуванням управлінських, захисних та інформаційних функцій автоматизованої системи управління та контролю технологічними процесами (АСУТП).

РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК САР

2.1 Інженерний розрахунок вимірювальних каналів САР

2.1.1 Перелік вимірювальних каналів (ВК)

У складі АСУТП ТОУ використовуються наступні вимірювальні канали:

- ВК температури прямої води на вході в контур споживання
- ВК температури зворотної води на виході з контуру споживання
- ВК температури води на виході з теплообмінника
- ВК температури прямої води на вході в випарник
- ВК температури зворотної води на виході з випарника
- ВК температури гліколю на вході в конденсатор
- ВК температури гліколю на виході з конденсатору
- ВК температури гліколю на вході в теплообмінник
- ВК температури гліколю на виході з теплообміннику
- ВК температури гліколю на вході в градирні
- ВК температури гліколю на виході з градирні
- ВК температури води в баці
- ВК тиску води на виході з контуру споживання
- ВК витрати прямої води на вході в контур споживання
- ВК витрати прямої води на вході в випарник
- ВК витрати гліколю на виході з конденсатору
- ВК витрати гліколю на виході з теплообміннику
- ВК тиску гліколю на виході з контуру споживання

Використовуючи ці вимірювальні канали тим самим ми отримуємо необхідні дані про технологічні параметри та стан системи, що дозволяє АСУТП ТОУ ефективно контролювати та управляти процесами охолодження гліколю та води для подальшого використання для споживання.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						27
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1. 2 Схеми структурні вимірювальних каналів

Структурна схема для: ВК температури прямої води на вході в контур споживання, ВК температури зворотної води на виході з контуру споживання, ВК температури води на виході з теплообмінника, ВК температури прямої води на вході в випарник, ВК температури зворотної води на виході з випарника, ВК температури гліколю на вході в конденсатор, ВК температури гліколю на виході з конденсатору, ВК температури гліколю на вході в теплообмінник, ВК температури гліколю на виході з теплообміннику, ВК температури гліколю на вході в градирні, ВК температури гліколю на виході з градирні, ВК температури води в баці

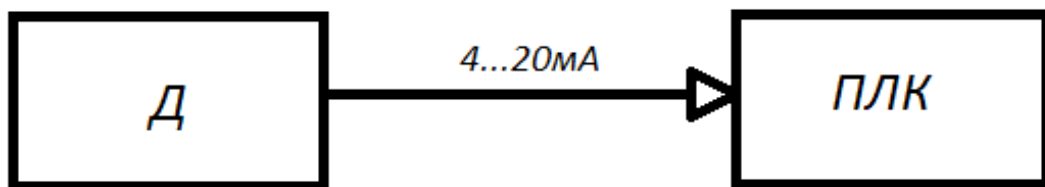


Рисунок 2.1 – Схема структурна ВК (1)

Д – давач температури погрузний з уніфікованим вихідним сигналом 4÷20 мА.

ПЛК – програмований логічний контролер.

Одиниці виміру температури: градуси Цельсія (°C).

Номенклатура давача: ТМ4411

Структурна схема для: ВК тиску води на виході з контуру споживання, ВК тиску гліколю на виході з контуру споживання

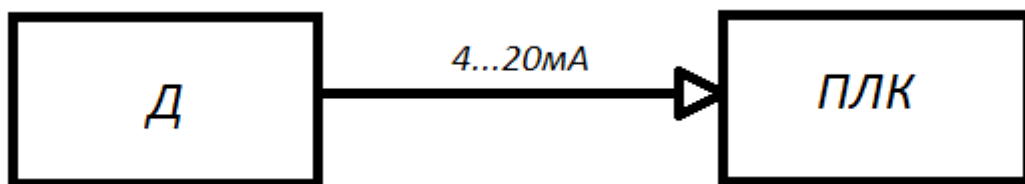


Рисунок 2.2 – Схема структурна ВК (2)

Д – перетворювач тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4÷20 мА.

ПЛК – програмований логічний контролер.

Одиниці виміру тиску: Бари (бар).

Номенклатура давача: P16 A3 T3 010 Z1 PNOMЕК

Структурна схема для: ВК витрати прямої води на вході в контур споживання, ВК витрати прямої води на вході в випарник, ВК витрати гліколю на виході з конденсатору, ВК витрати гліколю на виході з теплообміннику

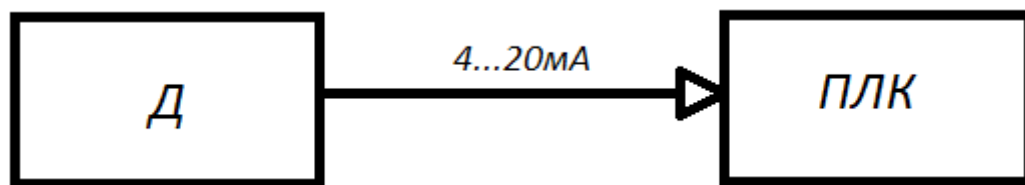


Рисунок 2.3 – Схема структурна ВК (3)

Д – витратомір з уніфікованим вихідним сигналом $4 \div 20$ мА.

ПЛК – програмований логічний контролер.

Одиниці виміру витрати: метр кубічний на годину (м³/год).

Номенклатура давача: Comac Cal Flow 38 (DN 6 – 400)

2.1.3 Особливості електричних підключень давачів вимірювальних каналів

Електричні підключення датчиків вимірювальних каналів для вимірювання температури, тиску, витрати з використанням уніфікованого сигналу 4...20 мА мають певні особливості. Основні аспекти, які варто враховувати, включають живлення, підключення і замір сигналу.

Живлення: Датчики зазвичай потребують стабільного джерела живлення для роботи. Сигнальний струм 4...20 мА зазвичай постачається від джерела живлення (наприклад, блоку живлення або вимірювального приладу). Датчики можуть працювати в режимі активного або пасивного живлення, в залежності від їхніх характеристик.

Підключення: Датчики зазвичай підключаються до контрольної системи за допомогою двох проводів. Один провідник використовується для передачі живлення, а інший - для передачі сигналу. Датчики можуть мати різні типи виходів, такі як резистивний (наприклад, RTD або термістор), напруговий (наприклад, датчик тиску) або витоковий (наприклад, датчик рівня). У випадку сигналу 4...20 мА, використовується петля струму, де датчик змінює струмове значення пропорційно до вимірюваного параметра.

Замір сигналу: Для заміру сигналу 4...20 мА використовуються вимірювальні прилади, такі як аналогові входи контролерів, вимірювальні модулі або аналізатори сигналів. Ці прилади здатні вимірювати та інтерпретувати сигнал 4...20 мА для відображення вимірюваного параметра (температура, тиск, витрата тощо). Деякі вимірювальні пристрої також можуть мати можливість налаштування масштабування вхідного сигналу для точнішого заміру.

При підключенні датчиків з сигналом 4...20 мА важливо дотримуватися правильної полярності підключення, забезпечити належне екранування проводів для запобігання наводкам та перешкодам і використовувати належні методи кабельного маркування для ідентифікації проводів.

2.1.4 Монтаж технічних засобів вимірювальних каналів

Монтаж обладнання вимірювальних каналів в АСУТП ТОУ здійснюється за стандартними методиками, що забезпечують надійність і точність вимірювань. Для кожного вимірювального каналу обговорюються способи монтажу та надаються ілюстрації для кращого розуміння.

Монтаж давача температури рідини поглиблений з уніфікованим сигналом 4-20 мА «ТМ4411» від IFM:

Вибір місця установки: Розташуйте датчик у місці, де вимірювана температура є представницькою для системи трубопроводу. Це буде місце з хорошим тепловим контактом з водою, таке як нижня частина трубопроводу або резервуара.

Захист: Датчик повинен бути належним чином захищений від небажаних впливів, таких як механічні пошкодження або волога. Для цього використовуються захисні гільзи або трубки, виготовлені з матеріалу, який не впливає на точність вимірювання температури. Для води можна використовувати матеріали, такі як нержавіюча сталь або пластик.

Кріплення: Датчик кріплений безпосередньо до трубопроводу за допомогою спеціальних кріпильних елементів, які забезпечують надійне закріплення. Перед кріпленням переконайтеся, що датчик правильно орієнтований, забезпечуючи контакт з серединою потоку води. Кріплення повинно бути достатньо міцним, щоб уникнути зсуву або руху датчика при роботі системи.

Підключення: Підключіть електричні кабелі від датчика до термоутворювача, який зчитує сигнал 4-20 мА. Забезпечте правильне підключення дротів сигналу (4-20 мА) та живлення (якщо необхідно) до відповідних клем або роз'ємів.

Монтаж давача тиску рідини поглиблений, з уніфікованим сигналом 4-20 мА «P16 A3 T3 010 Z1» від PNOMEK:

При виборі місця встановлення необхідно враховувати наступне: місця встановлення повинні забезпечувати зручні умови для обслуговування та демонтажу; температура, відносна вологість навколишнього повітря, параметри вібрації не повинні перевищувати значень. Для забезпечення надійної роботи давача в умовах жорсткої та вкрай жорсткої електромагнітної обстановки електричні з'єднання необхідно вести крученими парами або крученими парами в екрані. Екран у своїй необхідно заземлити. Сполучні трубки від місця відбору тиску до Р16 повинні бути прокладені по найкоротшій відстані. Довжина лінії повинна бути достатньою для того, щоб температура середовища, що надходить до давача, не перевищувала граничної робочої температури. Рекомендована довжина не більше 15 м. Сполучні лінії повинні мати односторонній ухил (не менше 1:12) від місця відбору тиску, вгору до Р16, якщо середовище вимірювання - газ і вниз до Р16, якщо вимірюване середовище - рідина. Якщо це неможливо, при вимірюванні тиску газу в нижніх точках сполучної лінії слід встановлювати відстійні судини, а при вимірюванні тиску рідини у найвищих точках - газозбірники. Відстійні судини рекомендується встановлювати перед давачем та в інших випадках, особливо при довгих лініях з'єднання та при розташуванні Р16 нижче місця відбору тиску. Перед приєднанням до Р16 лінії повинні бути ретельно продуті, щоб зменшити можливість забруднення камер вимірювального блоку давача.

Монтаж давача тиску рідини погрузний з уніфікованим сигналом 4-20 мА «Comac Cal Flow 38 (DN 6 – 400)» від Comac Cal:

Необхідно забезпечити, щоб датчик витрати не був схильний до прямого впливу погодних умов, і щоб не могло статися замерзання вимірюваного середовища в датчику витрати, що може призвести до пошкодження вимірювальної труби. У разі зовнішньої установки електронного аналізуючого блоку виробник рекомендує використовувати захисну коробку або навіс для запобігання прямому опроміненню сонцем так, щоб електроніка, що аналізує, надмірно не перегрівалася.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						32
	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індуктивний датчик витрати встановлюється у довільному положенні вертикальний трубопровід. У випадку горизонтального трубопроводу необхідно стежити, щоб датчик був закріплений так, щоб його вимірювальні електроди знаходилися в горизонтальному положенні. Якщо йдеться про виконання з електродом заземлення або тестовим електродом порожнього трубопроводу, монтаж завжди виконується за допомогою кабельного введення датчика або аналізуючим блоком (у разі компактної версії) вгору. В такому випадку заземлюючий електрод знаходиться у нижньому, а тестовий електрод у верхньому положенні датчика витрати. Монтаж виконується за допомогою закріплення між контр фланцями (сандвіч), які приварені на заспокійливому трубопроводі (5d перед і 3d за напрямом течії), причому рідина повинна протікати через датчик витрати в напрямку, яке на ньому позначено стрілкою.

2.1.5 Захист технічних засобів вимірювальних каналів

Вимірювальні канали є необхідною складовою багатьох технічних систем, від електроніки до промислового обладнання. Ці канали забезпечують передачу сигналів, даних та інформації, яка є вирішальною для правильної роботи системи. Оскільки ці вимірювальні канали є вразливими до різних зовнішніх впливів, захист їх функціонування стає критичним завданням для забезпечення надійності та точності роботи системи. У цій статті розглянемо важливість захисту технічних засобів вимірювальних каналів та деякі стратегії для досягнення цієї мети.

Вимірювальні канали можуть бути підвернуті різного роду загрозам, які можуть вплинути на їх працездатність та точність вимірювань. Однією з найпоширеніших загроз є електромагнітні перешкоди, такі як електромагнітне випромінювання від інших пристроїв, сильні електромагнітні поля або електростатичний розряд. Ці перешкоди можуть призвести до спотворення

сигналів у вимірювальних каналах, що в свою чергу може призвести до неточностей у вимірюваннях і неправильній роботі системи.

Крім електромагнітних перешкод, існують і інші потенційні загрози. Наприклад, фізичні пошкодження кабелів, зламані контакти або недбале використання технічних засобів можуть також призвести до проблем у вимірювальних каналах.

Отже, як можна забезпечити ефективний захист технічних засобів вимірювальних каналів? Ось декілька стратегій, які можна використовувати для цього:

Електромагнітна сумісність (ЕМС): Для запобігання електромагнітним перешкодам варто виконувати вимоги ЕМС при проектуванні системи. Це включає правильне екранування кабелів, застосування фільтрів для піддавлення електромагнітного шуму та використання екранів заземлення.

Фізичний захист: Важливо забезпечити захист фізичної інфраструктури, такої як кабелі, роз'єми та прилади. Це можна зробити шляхом встановлення захисних оболонок, запобігання неправильному використанню та забезпечення відповідних механізмів фіксації.

Криптографічний захист: Для запобігання несанкціонованому доступу та фальсифікації даних можна використовувати криптографічні методи. Шифрування даних та цифровий підпис можуть забезпечити конфіденційність та цілісність інформації, що передається по вимірювальних каналах.

Постійний моніторинг: Важливо встановити систему постійного моніторингу вимірювальних каналів для виявлення будь-яких аномалій або випадків порушення безпеки. Це дозволить своєчасно реагувати на потенційні загрози та вжити заходів для їх усунення.

Усі ці стратегії повинні бути включені до процесу проектування та розробки системи, а також постійно оновлюватися і вдосконалюватися на протязі часу експлуатації. Захист технічних засобів вимірювальних каналів є постійним процесом, оскільки нові загрози і технології постійно з'являються.

У підсумку, захист технічних засобів вимірювальних каналів є критичним аспектом для забезпечення надійності та точності роботи системи. Застосування стратегій, таких як ЕМС, фізичний захист, криптографічний захист, резервування та постійний моніторинг, допоможе зменшити ризики і забезпечити ефективний захист вимірювальних каналів.

2.1.6 Схеми структурні надійності вимірювальних каналів

Структурні схеми надійності вимірювальних каналів є важливим інструментом для забезпечення надійності і точності вимірювань у різних областях, таких як наукові дослідження, промислові процеси та багато інших. Структурні схеми надійності вимірювальних каналів допомагають забезпечити високу якість вимірювань шляхом ідентифікації та усунення можливих джерел помилок і відхилень.

Структурна схема надійності для інформаційної функції: ВК температури прямої води на вході в контур споживання, ВК температури зворотної води на виході з контуру споживання, ВК температури води на виході з теплообмінника, ВК температури прямої води на вході в випарник, ВК температури зворотної води на виході з випарника, ВК температури гліколю на вході в конденсатор, ВК температури гліколю на виході з конденсатору, ВК температури гліколю на вході в теплообмінник, ВК температури гліколю на виході з теплообмінника, ВК температури гліколю на вході в градирні, ВК температури гліколю на виході з градирні, ВК температури води в баці.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						35
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

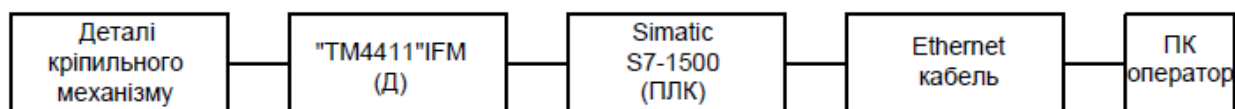


Рисунок 2.4 - Структурна схема надійності для інформаційної функції з давачем температури

Структурна схема надійності для інформаційної функції: ВК тиску води на виході з контуру споживання. ВК тиску гліколю на виході з контуру споживання.

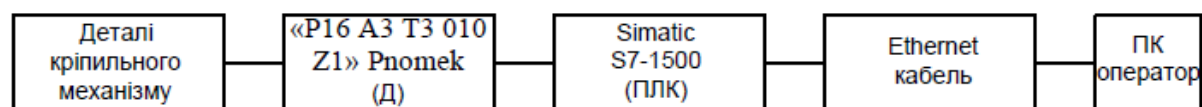


Рисунок 2.5 - Структурна схема надійності для інформаційної функції з давачем тиску

Структурна схема надійності для інформаційної функції: ВК витрати прямої води на вході в контур споживання, ВК витрати прямої води на вході в випарник, ВК витрати гліколю на виході з конденсатору, ВК витрати гліколю на виході з теплообміннику.

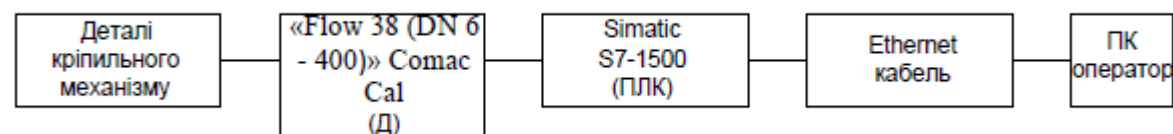


Рисунок 2.6 - Структурна схема надійності для інформаційної функції з витратоміром

2.1.7 Метрологічний розрахунок вимірювальних каналів

Метрологічний розрахунок вимірювальних каналів є важливою складовою процесу вимірювання і метрологічної діяльності. Він виконується з метою забезпечення точності, надійності і відповідності результатів вимірювань вимогам метрологічної документації та встановленим стандартам.

Визначення параметрів для ВК елементів:

Таблиця 2.1 – Елементи ВК та їх основні параметри

ВК №	ВК елемент	Клас точності	Діапазон вимірювання	Вихідний сигнал
1	Погружний датчик температури «ТМ4411» від IFM	0,2	-40...+140 °C	4-20 мА
	ПЛК Simatic S7-1500	0,1	0...+140 °C	
2	Датчик тиску «P16 A3 T3 010 Z1» від PNOMEX	0,2	0-6 бар	4-20 мА
	ПЛК Simatic S7-1500	0,1	0...+140 °C	
3	Витратомір «Comac Cal Flow 38 (DN 6 – 400)» від Comac Cal	0,3	1- 200 (м ³ /год).	4-20 мА
	ПЛК Simatic S7-1500	0,1	0...+140 °C	

До ВК №1 відносяться:

ВК температури прямої води на вході в контур споживання, ВК температури зворотної води на виході з контуру споживання, ВК температури води на виході з теплообмінника, ВК температури прямої води на вході в випарник, ВК температури зворотної води на виході з випарника, ВК температури гліколю на вході в конденсатор, ВК температури гліколю на виході з конденсатору, ВК температури гліколю на вході в теплообмінник, ВК температури гліколю на виході з теплообмінника, ВК

температури гліколю на вході в градирні, ВК температури гліколю на виході з градирні, ВК температури води в баці.

До ВК №2 відносяться:

ВК тиску води на виході з контуру споживання, ВК тиску гліколю на виході з контуру споживання

До ВК №3 відносяться:

ВК витрати прямої води на вході в контур споживання, ВК витрати прямої води на вході в випарник, ВК витрати гліколю на виході з конденсатору, ВК витрати гліколю на виході з теплообміннику.

Розрахунок абсолютної похибки ВК визначається за формулою:

$$\Delta_{BK} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2}$$

Розрахунок відносної похибки ВК визначається за формулою:

$$\eta_{BK} = \frac{\Delta_{BK}}{X} 100\%;$$

Розрахунок абсолютних похибок елементів ВК по класу точності визначається за формулою:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_i (X_{max} - X_{min})}{100}$$

Розрахунок абсолютних похибок елементів ВК для Погружного датчика температури «ТМ4411» від IFM:

$$\Delta_1 = \frac{\varepsilon_1 (X_{max} - X_{min})}{100} = \frac{0,2(140 - 40)}{100} = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Розрахунок абсолютних похибок елементів ВК для Давача тиску «P16 A3 T3 010 Z1» від PNOMEX:

$$\Delta_1 = \frac{\varepsilon_1(X_{max} - X_{min})}{100} = \frac{0,2(6 - 0)}{100} = 0,012 \text{ бар}$$

Розрахунок абсолютних похибок елементів ВК для Витратоміру «Comac Cal Flow 38 (DN 6 – 400)» від Comac Cal:

$$\Delta_1 = \frac{\varepsilon_1(X_{max} - X_{min})}{100} = \frac{0,3(200 - 1)}{100} = 0,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

Таблиця 2.2 – Розраховані значення приведенні в таблиці для ВК

ВК №	Межа основної допустимої приведеної похибки	Межа абсолютної похибки	Результат розрахунків
1	0,2 %	0,2 °C	$t = t_0 \pm \Delta = t_0 \pm 0,2 \text{ °C}$
2	0,012 %	0,012 бар	$p = p_0 \pm \Delta = p_0 \pm 0,012 \text{ бар}$
3	0,21 %	0,6 м ³ /год	$p = p_0 \pm \Delta = p_0 \pm 0,6 \text{ м}^3/\text{год}$

Після завершення розрахунків ми бачимо, що похибки є в задовільними, та не перевищують допустимі норми.

2.1.8 Розрахунок надійності вимірювальних каналів

Основна мета розрахунку надійності вимірювальних каналів полягає в оцінці ймовірності того, що переданий сигнал буде достовірно відображати значення вимірюваної величини. Надійність вимірювальних каналів впливає на точність вимірювань і, отже, на якість отриманих даних і результатів аналізу.

За формулою потрібно визначити середній час напрацювання на відмову та інтенсивність відмов:

$$\lambda = \frac{1}{T_{\text{сп}}};$$

Таблиця 2.3 – Дані інтенсивності і часу напрацювання на відмову елементів системи:

Назва елементу	$T_{\text{сп}}$, год	$\lambda \cdot 10^{-6}$, 1/год
«ТМ4411» IFM	38000	29,74
««P16 A3 T3 010 Z1» PNOMEK	50000	22
«Comac Cal Flow 38 (DN 6 – 400)» Comac Cal	62000	16,32
ПЛК Simatic S7-1500	45000	24,22
ПК оператора	40000	25
Ethernet кабель	110000	9,3
AD22-22DS Аско-Укрем (Сигнальна лампа)	40000	28
ДКМ	$65 \cdot 10^6$	0,013

Розрахунок загальної інтенсивності та $T_{\text{сп}}$ відмов:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = (0,015 + 29,74 + 24,22 + 9,1 + 28) \cdot 10^{-6} = 91,27 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{год}};$$

$$T_{cp} = \sum_1^n T_{cp} = 65 \cdot 10^6 + 38000 + 45000 + 110000 + 40000 =$$

$$= 65230000 \text{ год};$$

$$\lambda = \sum_1^n \lambda_i = (0,015 + 16,32 + 24,22 + 9,1 + 28) \cdot 10^{-6} = 77,65 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{год}};$$

$$T_{cp} = \sum_1^n T_{cp} = 65 \cdot 10^6 + 50000 + 45000 + 110000 + 40000 =$$

$$= 65245000 \text{ год};$$

$$\lambda = \sum_1^n \lambda_i = (0,015 + 22 + 24,22 + 9,1 + 28) \cdot 10^{-6} = 83,33 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{год}};$$

$$T_{cp} = \sum_1^n T_{cp} = 65 \cdot 10^6 + 62000 + 45000 + 110000 + 40000 =$$

$$= 65257000 \text{ год};$$

За формулою розрахуємо розрахунку ймовірності безвідмовної роботи:

2160 год - період

$$P_{\delta}(\tau) = 1 - \lambda \cdot \tau;$$

$$P_{\delta}(\tau) = 1 - 91,27 \cdot 10^{-6} \cdot 2160 = 0,8;$$

$$P_{\delta}(\tau) = 1 - 83,33 \cdot 10^{-6} \cdot 2160 = 0,82;$$

$$P_{\delta}(\tau) = 1 - 77,65 \cdot 10^{-6} \cdot 2160 = 0,83;$$

За формулою дізнаємось середній час працездатності ВК:

$K_{\text{гот}} = 0,9999$ - коефіцієнт готовності

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						41
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{в}} = \frac{T_{\text{ср}}}{K_{\text{гот}}} - T_{\text{ср}},$$

$$T_{\text{в}} = \frac{T_{\text{ср}}}{K_{\text{гот}}} - T_{\text{ср}} = \frac{65230000}{0,9999} - 65230000 = 6523 \text{ год.};$$

$$T_{\text{в}} = \frac{T_{\text{ср}}}{K_{\text{гот}}} - T_{\text{ср}} = \frac{65245000}{0,9999} - 65245000 = 6525 \text{ год.};$$

$$T_{\text{в}} = \frac{T_{\text{ср}}}{K_{\text{гот}}} - T_{\text{ср}} = \frac{65257000}{0,9999} - 65257000 = 6526 \text{ год.};$$

Проведемо перевірку:

$$P_{\text{кер}}(\tau) \leq P_{\text{інф}}(\tau) \leq P_{\text{зах}}(\tau);$$

$$0,8 < 0,82 \leq 0,83$$

Нерівність складена, результат задовільний.

2.1.9 Функції первинної обробки даних вимірювання в ПЛК

Зчитування даних: ПЛК забезпечує зчитування сигналів з термодатчиків або інших пристроїв, які вимірюють температуру прямої води та гліколю . Це може бути аналоговий сигнал, який конвертується в цифровий формат для подальшої обробки.

Фільтрація даних: Першинна обробка може включати фільтрацію даних для видалення шуму або непередбачуваних варіацій вимірювання. Це може включати застосування фільтрів нижньої або верхньої частоти для видалення шумових сигналів або виявлення і видалення викидів.

Конвертація одиниць виміру: Іноді вимірювання температури може бути виконане в одиницях, відмінних від бажаних одиниць виміру. Першинна обробка може включати конвертацію температури з однієї шкали в іншу, наприклад з градусів Фаренгейта в градуси Цельсія.

Калібрування датчиків: Датчики температури можуть потребувати калібрування для забезпечення точності вимірювання. Першинна обробка може включати корекцію значень, отриманих з датчиків, на основі калібрувальних даних.

Збереження даних: Першинна обробка може включати збереження вимірюваних значень температури в пам'ять ПЛК або передачу їх на зовнішній пристрій для подальшого аналізу або збереження.

Передача даних: Першинна обробка може також включати передачу даних про вимірювання температури на інші пристрої або системи, які відповідають за керування процесом холодильної станції.

Загалом, функції первинної обробки даних вимірювання в ПЛК ВК САР температури прямої води та гліколю в системі холодильної станції полягають у зчитуванні, фільтрації, конвертації, калібруванні, збереженні і передачі даних, що дозволяє забезпечити точність, надійність та ефективність контролю за температурою у системі холодильної станції.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						43
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.10 Висновок щодо роботоздатності вимірювальних каналів САР

Роботоздатність вимірювальних каналів систем автоматичного регулювання (САР) визначає їх здатність до точного та надійного вимірювання величин, необхідних для правильної роботи системи. Залежно від типу вимірювального каналу та його характеристик, роботоздатність може варіюватися.

У загальному сенсі, роботоздатність вимірювального каналу оцінюється з точки зору точності, чутливості, стійкості до шумів та перешкод, динамічного діапазону та часової відповіді. Оцінка роботоздатності включає проведення різних експериментів та аналізу отриманих даних.

Для забезпечення високої роботоздатності вимірювальних каналів САР необхідно враховували декілька факторів. По-перше, вибір відповідної методики вимірювання і датчиків залежить від характеристик вимірюваної величини та вимог до точності. По-друге, необхідно правильно налаштувати та калібрувати вимірювальне обладнання, щоб забезпечити його оптимальну роботу. Крім того, важливо враховувати умови експлуатації, такі як температура, вологість та наявність електромагнітних полів, оскільки ці фактори можуть впливати на точність вимірювань.

Узагальнюючи, роботоздатність вимірювальних каналів САР є критичним аспектом для досягнення точності та стабільності систем автоматичного регулювання. Вона залежить від якості використовуваного обладнання, правильної настройки та калібрування, а також від умов експлуатації. Правильний підхід до вимірювальних каналів САР допоможе забезпечити високу якість контролю та регулювання в системі.

2.2 Інженерний розрахунок регулювально-виконавчих каналів САР

2.2.1 Перелік систем автоматичного регулювання

САР температури прямої води в систему охолодження холодильної станції: Регулювання насосного потоку: Насоси в системі охолодження контролюють потік прямої води. Змінюючи швидкість обертання насосів або використовуючи інші методи регулювання, можна змінювати потік прямої води і, відповідно, контролювати температуру. Регулювання температури охолоджувача: В системі охолодження використовується. Змінюючи температуру охолоджувача, можна впливати на температуру прямої води. Це можна здійснити за допомогою регулятора температури, який контролює роботу охолоджувача. Регулювання пропускної здатності теплообмінника: У системі охолодження можуть бути встановлені теплообмінники, які передають тепло з прямої води до охолоджувача. Змінюючи пропускну здатність теплообмінника (наприклад, за допомогою клапана або вентилі), можна регулювати температуру прямої води.

САР температури прямої води до теплообмінника:

САР температури прямої води до теплообмінника на холодильній станції зазвичай забезпечує стабільний рівень температури в системі. Пряма вода, що подається до теплообмінника, може мати різні температури залежно від вимог конкретної системи. Оптимальна температура прямої води до теплообмінника може залежати від декількох факторів, таких як тип теплообмінника, потужність системи, ефективність охолодження та інші параметри.

САР температури гліколю на градирні:

Система автоматичного регулювання (САР) температури гліколю на градирні є пристроєм, який контролює і підтримує необхідну температуру гліколю в системі охолодження. Гліколь є рідинним охолоджуючим середовищем, яке використовується для відведення тепла з процесів охолодження.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						45
	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

САР температури гліколю на градирні може мати різні компоненти, включаючи датчики температури, контролери та приводи. Датчики температури вимірюють поточну температуру гліколю, а контролери аналізують ці дані і приймають.

САР температури гліколю до теплообмінника:

Температура чистого гліколю до теплообмінника в холодильній станції залежить від конкретних вимог системи охолодження і її дизайну. В холодильних системах гліколь використовується як антифриз для захисту системи від замерзання при низьких температурах. Оптимальна температура гліколю, яка забезпечує ефективне охолодження і захист від замерзання, вона розташовується в діапазоні від -20°C до -40°C . Важливо пам'ятати, що чистий гліколь має нижчу теплоємність порівняно з водою, тому можуть бути встановлені додаткові заходи для забезпечення достатньої ефективності охолодження, тому використовуються спеціальні насоси для регулювання швидкості потоку гліколю для компенсації недоліків у теплообміні. Остаточний вибір температури гліколю до теплообмінника в холодильній станції залежить від специфічних умов роботи системи охолодження, рекомендацій виробника обладнання та вимог ефективності системи.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						46
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2 Функціональна і структурна схеми САР

Одноконтурна САР температури гліколю в систему охолодження .

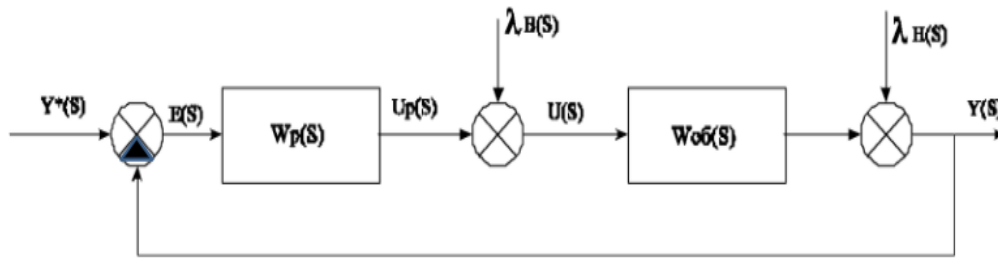


Рисунок 2.7 – Структурна схема одноконтурної САР

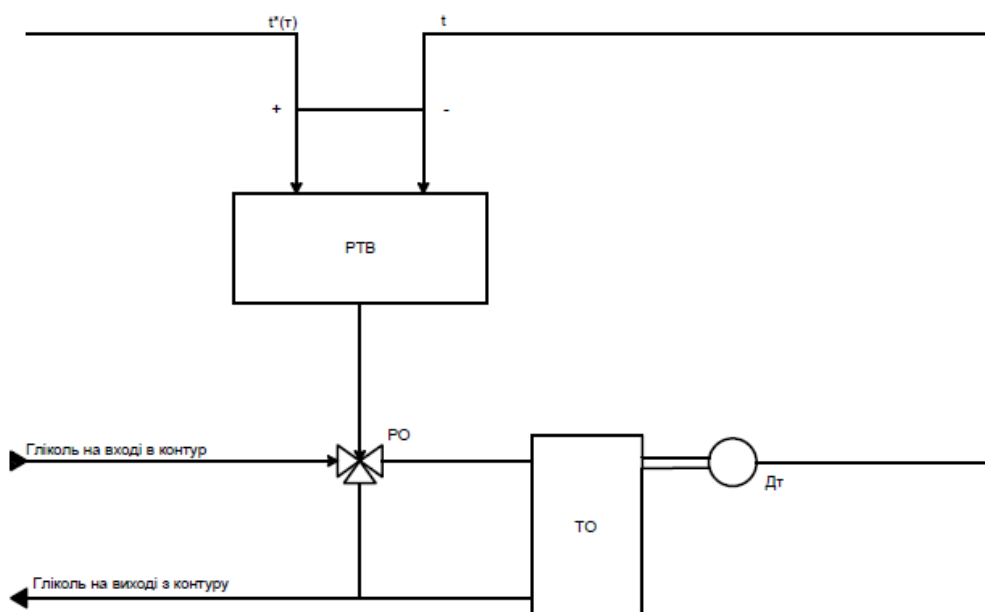


Рисунок 2.8 – Функціональна схема одноконтурної САР

Умовні позначення:

РТВ - регулятор температури води;

ТО – теплообмінний апарат;

РО – регулюючий орган;

Дт – Давач температури;

t – поточне значення температури гліколю в систему;

t * (τ) – задане значення температури гліколю в систему.

2.2.3 Схема структурна регулювально-виконавчого каналу САР

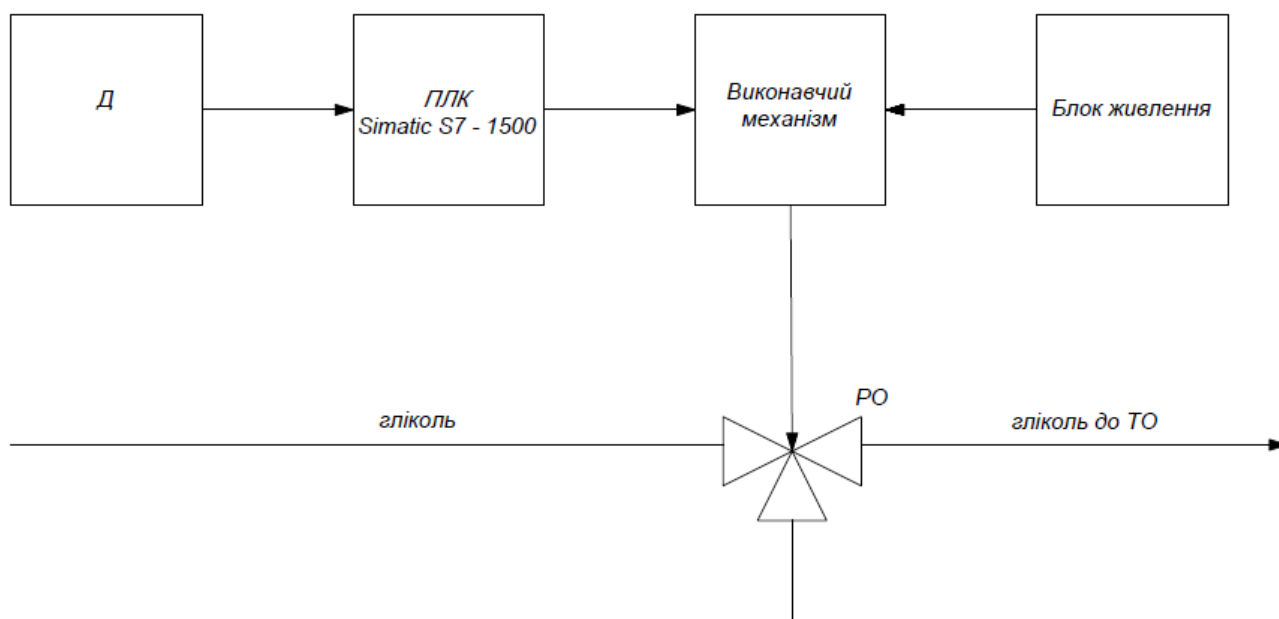


Рисунок 2.9 - Структурна схема регулювально-виконавчого каналу САР

2.2.4 Схема структурна програмно-технічних засобів САР

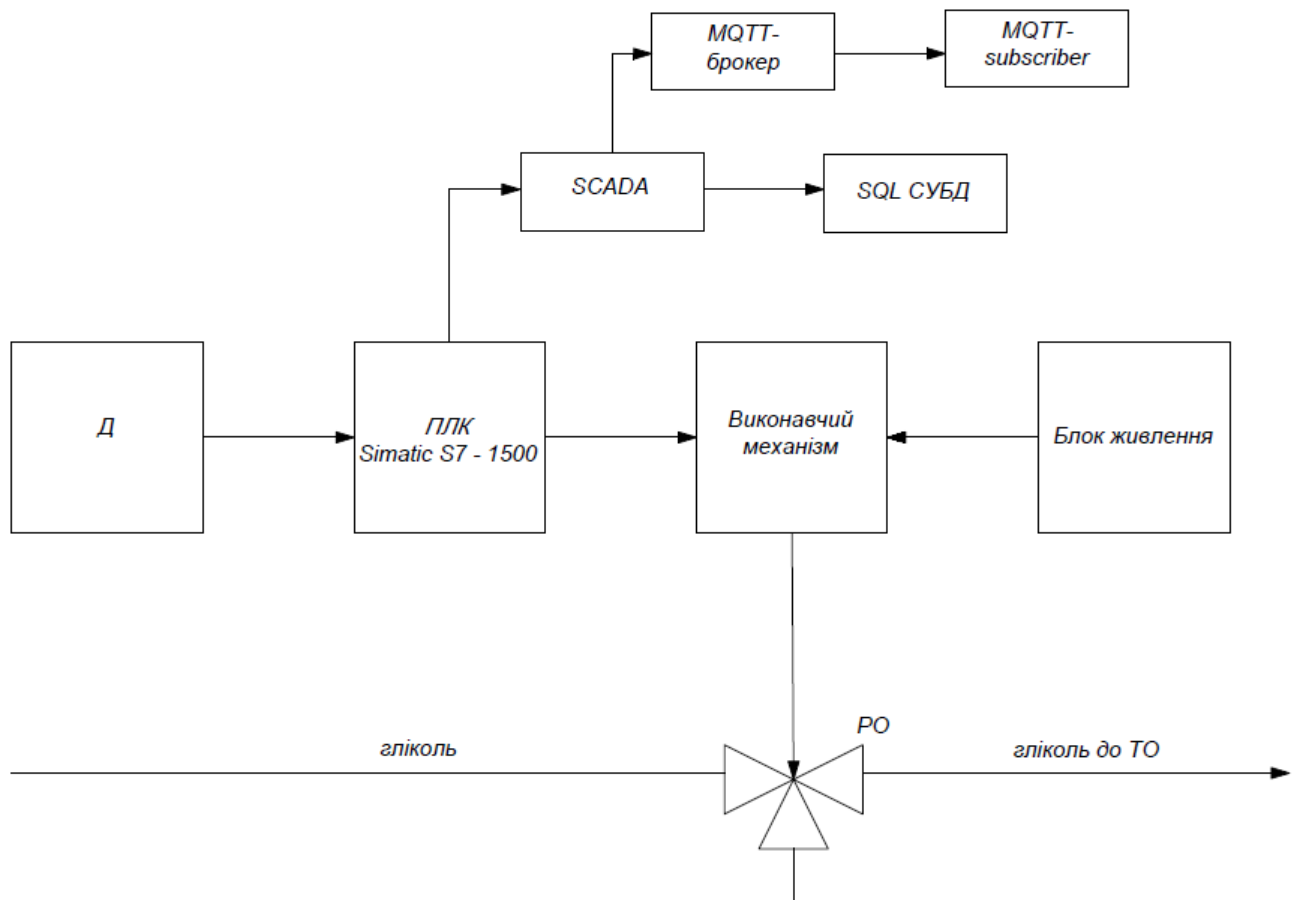


Рисунок 2.10 – Структурна схема програмно-технічних засобів САР

4...20 мА – уніфікований сигнал;

PV – поточне значення температури води;

SV – Встановлена температура води;

2.2.5 Схема структурна надійності реалізації управляючої функції САР

Структурна схема надійності реалізації управляючої функції САР (системи автоматичного регулювання) використовується для оцінки та аналізу надійності системи. Вона відображає компоненти, що складають систему, та зв'язки між ними з точки зору надійності

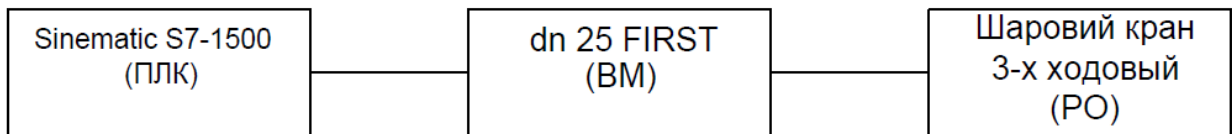


Рисунок 2.11 - Структурна схема надійності реалізації управляючої функції САР температури гліколю в систему

ПЛК приймає та обробляє сигнал від давача тиску та давача температури на вході в систему, далі сигнал переходить до ВМ він же РО, який регулює своє положення виходячи з прийнятого сигналу.

2.2.6 Розрахунок надійності реалізації управляючої функції САР

Таблиця 2.4 – Дані інтенсивності і середнього часу напрацювання на відмову елементів управляючої функції САР температури гліколю в контур споживання

Назва елементу	$T_{\text{ср}}, \text{ год}$	$\lambda \cdot 10^{-6}, 1/\text{год}$
«Modicon M172» Schneider Electric (ПЛК)	45000	24,22
dn 25» FIRST (ВМ)	115000	7,12
Шаровый кран 3-х ходовой с электроприводом (РО)	10000	100

Розрахунок загальної інтенсивності відмов:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = (24,22 + 7,12 + 100) \cdot 10^{-6} = 131,13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{год}};$$

Розрахунок середнього часу на відмову:

$$T_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{ср}} = 45000 + 115000 + 10000 = 170\,000 \text{ год.};$$

Використаємо період 2160 год для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи:

$$P_{\delta}(\tau) = 1 - \lambda \cdot \tau = 1 - 131,13 \cdot 10^{-6} \cdot 2160 = 0,71;$$

Знайдемо середній час відновлення працездатності ВК:

$K_{\text{гот}} = 0,9998$ – коефіцієнт готовності

$$T_{\text{в}} = \frac{T_{\text{ср}}}{K_{\text{гот}}} - T_{\text{ср}} = \frac{170\,000}{0,9998} - 170\,000 = 34 \text{ год.};$$

Результат розрахунків задовільний, так як дотримується показникам надійності.

2.2.7 Ідентифікація об'єкта управління

Ідентифікація об'єкта управління - це процес визначення та розпізнавання конкретного об'єкта, який підлягає управлінню або контролю. Цей процес передбачає збір інформації про об'єкт, його атрибути, властивості та стан, що дозволяє ідентифікувати його унікальні характеристики та відрізнити від інших об'єктів.

Передаточна функція об'єкту аперіодичної ланки 1-го порядку та ланки запізнення:

$$W_{\text{об}}(s) = \frac{k_{\text{об}}}{T_{\text{об}}s + 1} \cdot e^{-\tau_{\text{об}}s};$$

Використаємо значення з додаткової літератури, для отримання динамічних характеристик об'єкта:

Час запізнення - $\tau_{\text{об}} = 5 \text{ с.};$

Постійна часу - $T_{\text{об}} = 75 \text{ с.};$

Коефіцієнт передачі - $k_{\text{об}} = -0,15$

Передаточна функція для контуру регулювання:

$$W_{об}(s) = \frac{0,15}{35s + 1} \cdot e^{-4s};$$



Рисунок 2.12 - Структурна схема кривої розгону
об'єкта управління

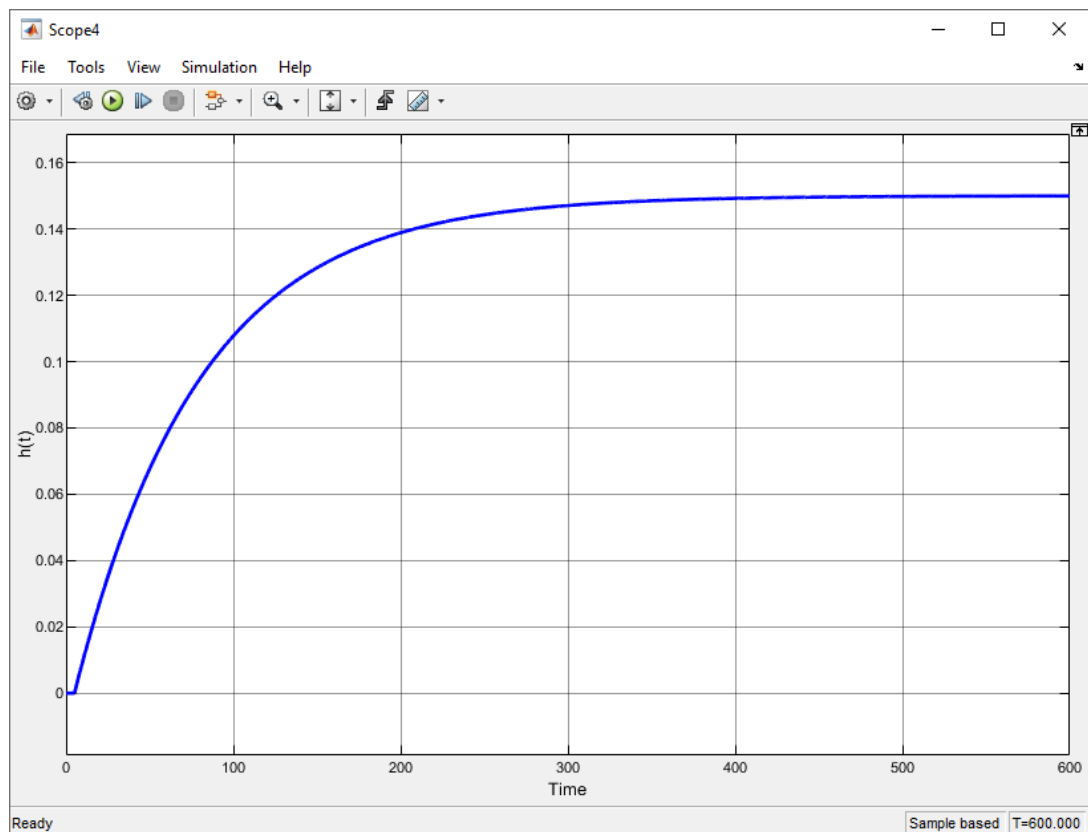


Рисунок 2.13 - Структурна схема кривої розгону
об'єкта управління

2.2.8 Розрахунок регуляторів САР

Система автоматичного регулювання вимагає детального аналізу та моделювання системи, що підлягає регулюванню. Однак, без конкретних деталей або уточнень щодо системи, на яку ви бажаєте застосувати регулятори САР, неможливо надати конкретних розрахунків. Однак, я можу надати загальну інформацію щодо розрахунку регуляторів САР.

Визначення цілей регулювання: Спочатку потрібно чітко сформулювати цілі регулювання, такі як стабілізація системи, досягнення заданого значення вихідної величини або зменшення похибки між вихідом і входом системи.

Математичне моделювання системи: Наступним кроком є отримання математичної моделі системи, яку потрібно регулювати. Це може бути диференціальне рівняння або передаточна функція, що описує динаміку системи.

Аналіз стійкості: Важливим кроком є аналіз стійкості системи, який допомагає визначити, як система буде реагувати на зовнішні збурення і вплив регулятора.

Для розрахунку ПІ-регулятора використаємо два методи:

- Метод РАФХ;
- Метод chien hrones-reswick;

Метод РАФХ

Розрахунок налаштувань ПІ-регулятора РАФХ ($\psi = 1$, $m = 0.7$):

$$K_p = - \frac{p^{\text{розш}}(m, \omega) + Q^{\text{розш}}(m, \omega)}{(A^{\text{розш}}(m, \omega))^2} ;$$

$$K_i = \frac{-\omega(m^2 + 1) \cdot Q^{\text{розш}}(m, \omega)}{(A^{\text{розш}}(m, \omega))^2} ;$$

```

Command Window

>> w=0:0.0001:0.3;
m=0.7;
W=(0.15.*exp(-5*(-m*w+1j*w)))/(75*(-m*w+1j*w)+1);
Re=real(W);
Im=imag(W);
Kp=-(m*Im+Re)/(Im.^2+Re.^2);
Ki=-w*(m.^2+1).*Im./(Im.^2+Re.^2);
plot(Kp,Ki,'-k');
ylabel('Ki');
xlabel('Kp');
grid on;
fx >> |

```

Рисунок 2.14 - Код з command window m-файлу в середовищі Matlab

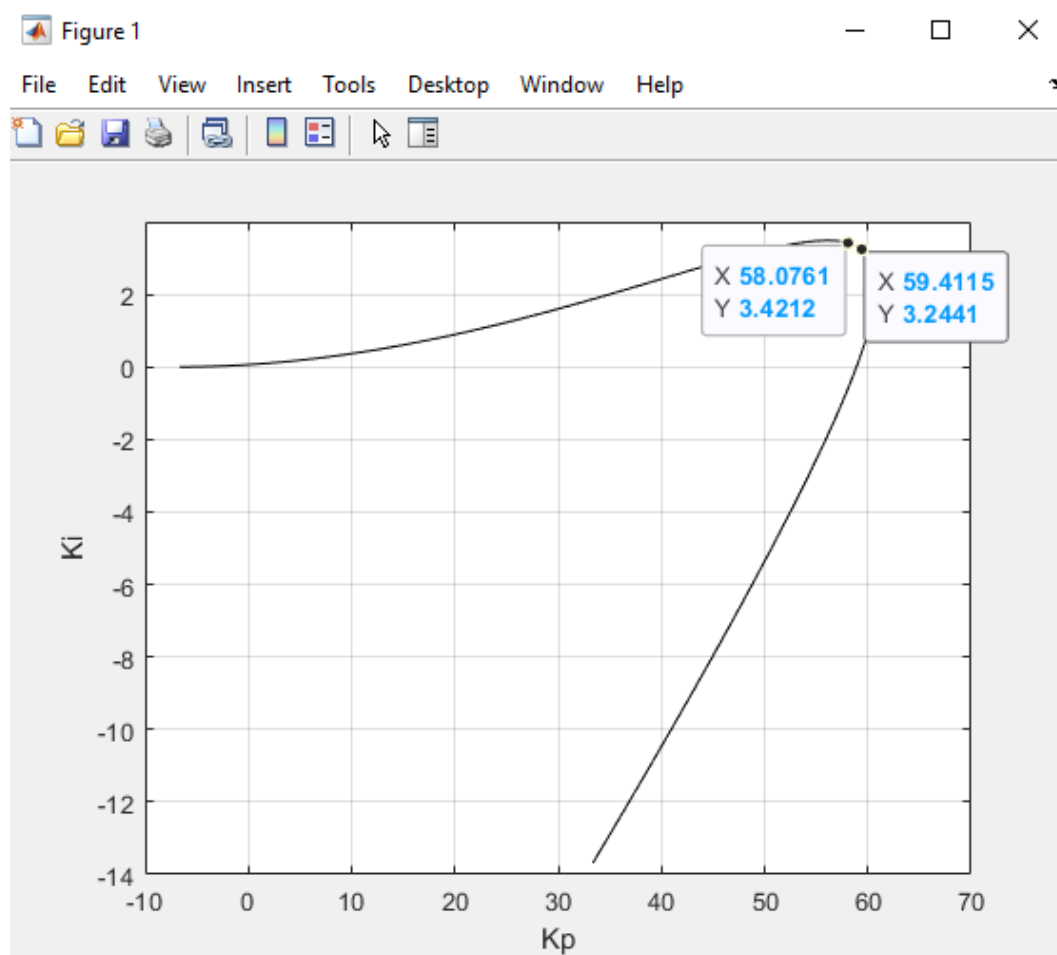


Рисунок 2.15 - Крива заданого степеня коливальності

Визначені параметри налаштування ПІ-регулятора:

$$K_p = 59,4115 ;$$

$$K_i = 3,2441 ;$$

$$T_i = 18,31.$$

Метод chien hrones-reswick

Метод Шайна-Хронаса-Ресвіка, також відомий як метод прямокутників або метод багаточленів, є чисельним методом апроксимації та інтерполяції функцій. Цей метод заснований на розкладанні заданої функції в ряд багаточленів, які називаються поліномами Шайна-Хронаса-Ресвіка, які апроксимують функцію на кінцевому інтервалі.

Розрахунок регулятора проводиться за наступними формулами:

$$1. K_p = \frac{0,35 \cdot T_{об}}{k \cdot \tau_{об}} = \frac{26,25}{0,15 \cdot 5} = 35$$

$$2. T_i = 4 \cdot \tau_{об} = 4 \cdot 5 = 20 \text{ с. ;}$$

2.2.9 Функціональне моделювання САР

Функціональне моделювання систем аналізу, проектування та управління (ФМ САР) є методологією, що використовується для аналізу та проектування складних систем. Ця методологія зосереджується на функціональних аспектах системи, а не на її деталях або реалізації.

Функціональне моделювання допомагає розібратися в тому, які функції виконує система, як вони взаємодіють між собою та як система взаємодіє з оточуючим середовищем. Це дозволяє розуміти основні потреби та завдання системи та визначати її ключові функції.

Метод РАФХ

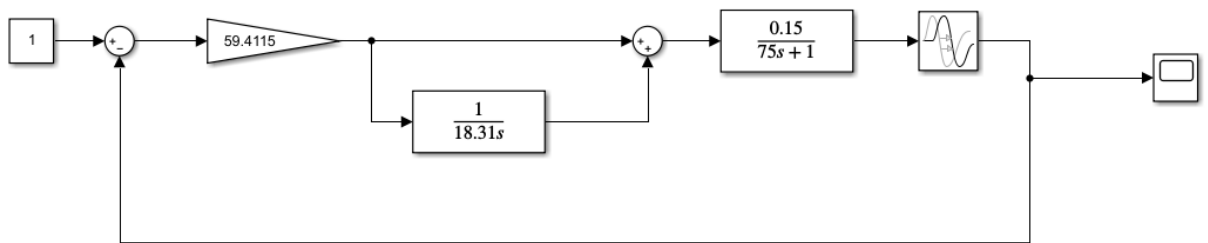


Рисунок 2.16 - Структурна схема одноконтурної САР з ПІ-регулятором за каналом «завдання-вихід»

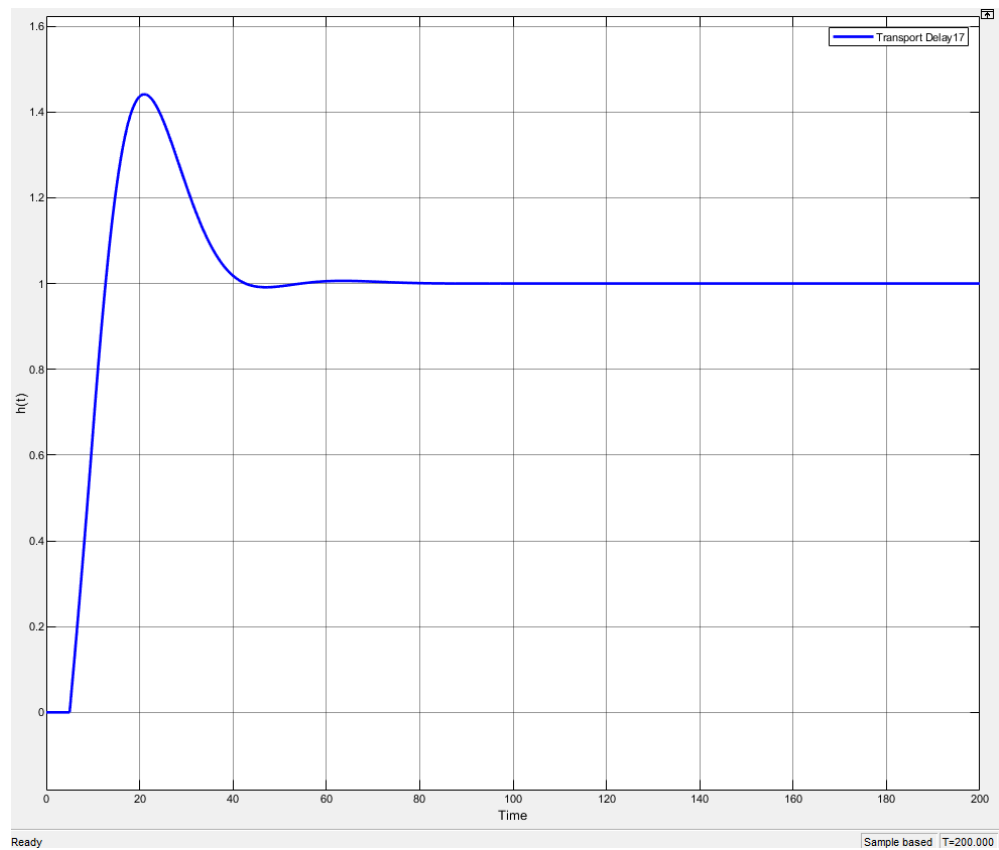


Рисунок 2.17 - Графік перехідного процесу за каналом «завдання-вихід»

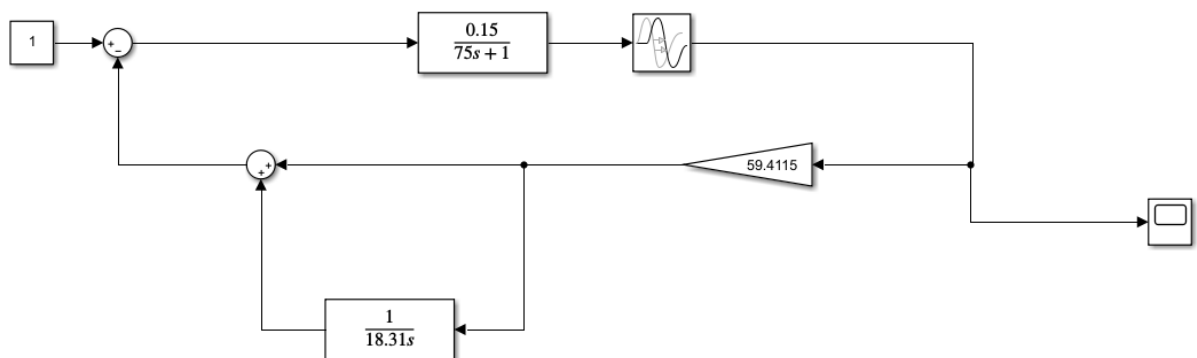


Рисунок 2.18 - Структурна схема одноконтурної САР з ПІ-регулятором за каналом «збурення-вихід»

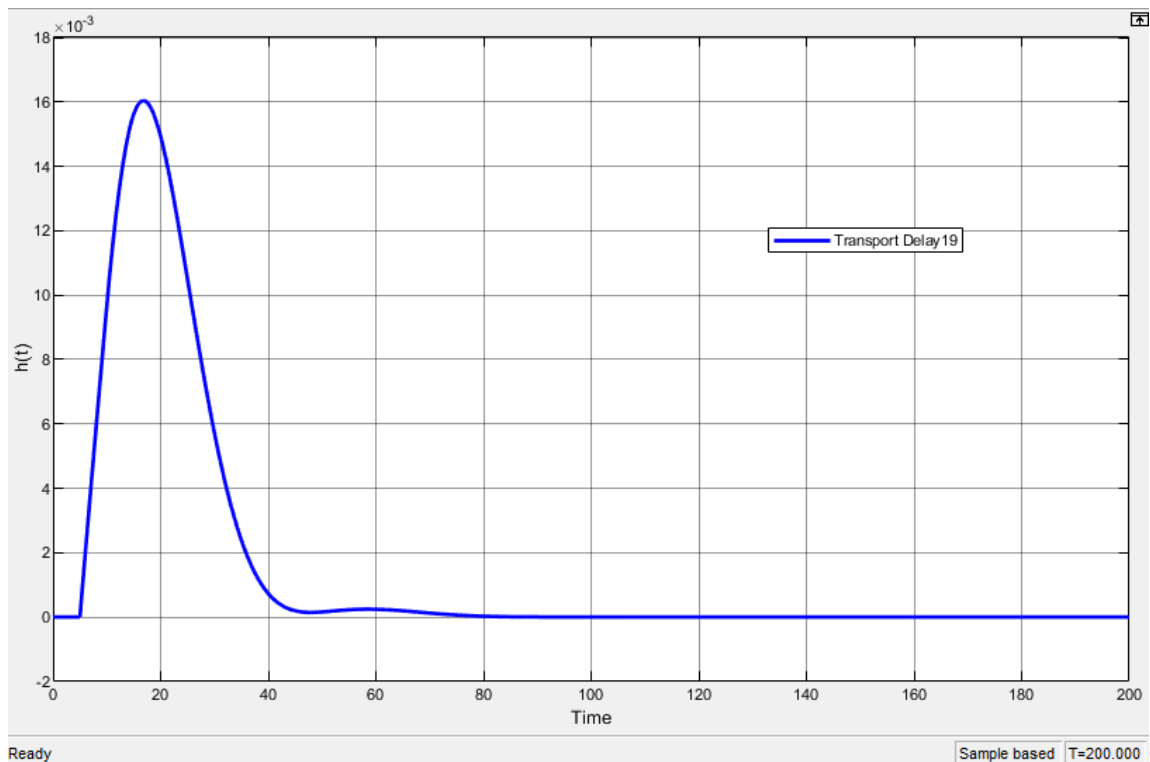


Рисунок 2.19 - Графік перехідного процесу за каналом «збурення-вихід»

Таблиця 2.5 - Прямі показники якості за каналами «завдання-вихід» та «збурення-вихід» для одноконтурної САР з ПІ-регулятором

Показник якості	Канал «завдання-вихід»	Канал «збурення-вихід»
Статична похибка $\Delta_{ст}$	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{дин}$	0,436	0,016
Перерегулювання σ , %	68,82	29,7
Степінь згасання ψ	1	1
Час перехідного процесу $t_{пн}$, с	30.63	25.73

Метод chien hrones-reswick

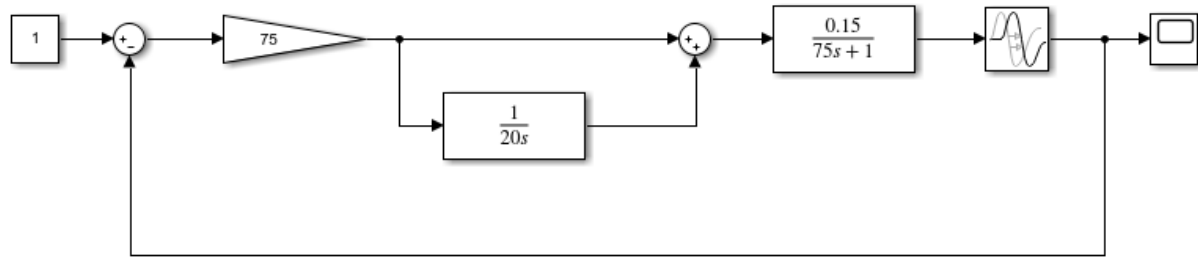


Рисунок 2.20 - Структурна схема одноконтурної САР з ПІ-регулятором за каналом «завдання-вихід»

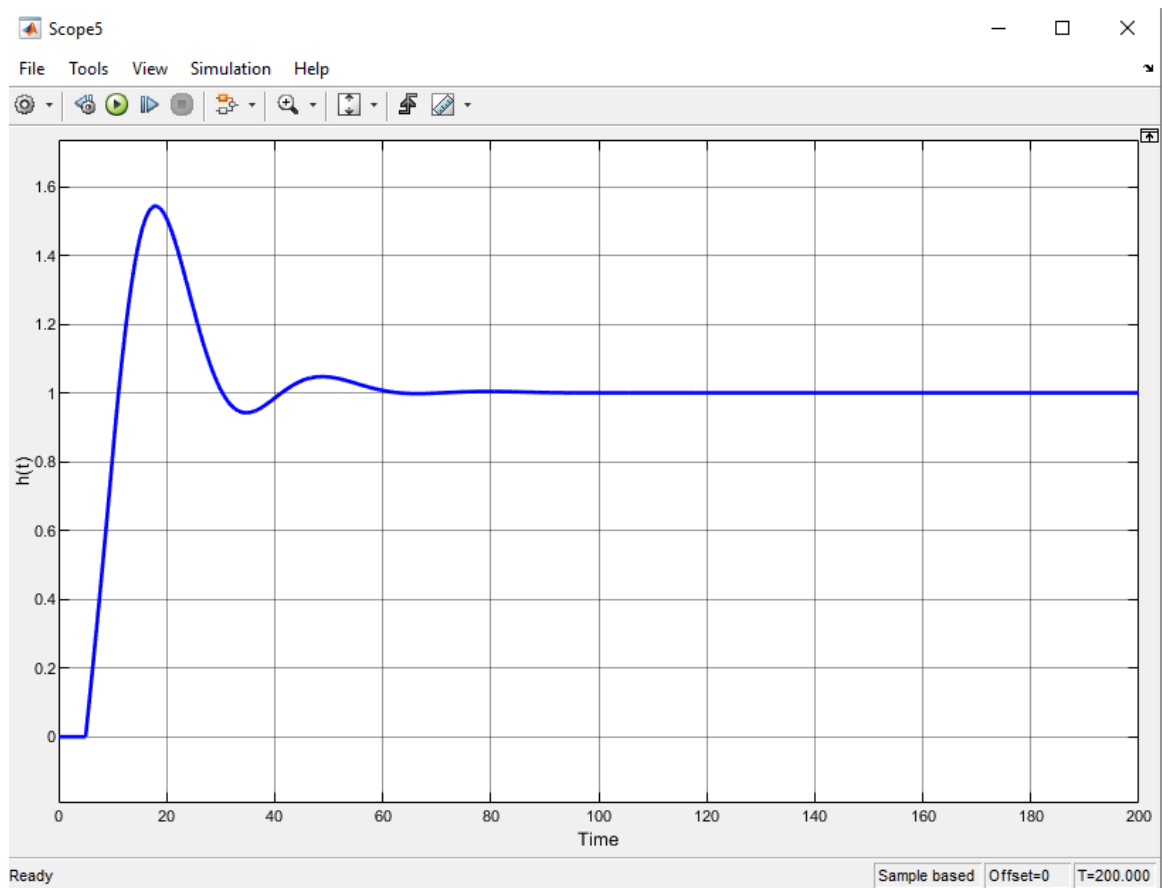


Рисунок 2.21 - Графік перехідного процесу за каналом «завдання-вихід»

	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата

ТА-92438.0013.001.АТХ.П

Арк.

60

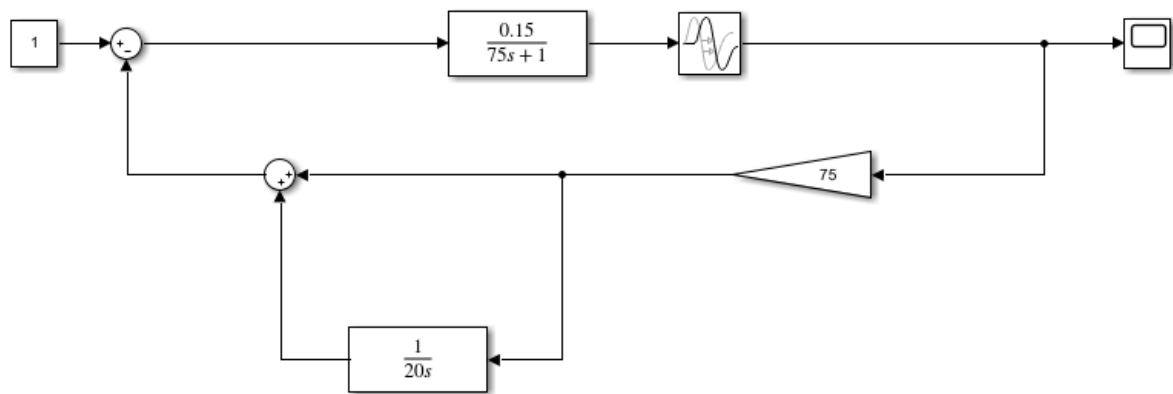


Рисунок 2.22 - Структурна схема одноконтурної САР з ПІ-регулятором за каналом «збурення-вихід»

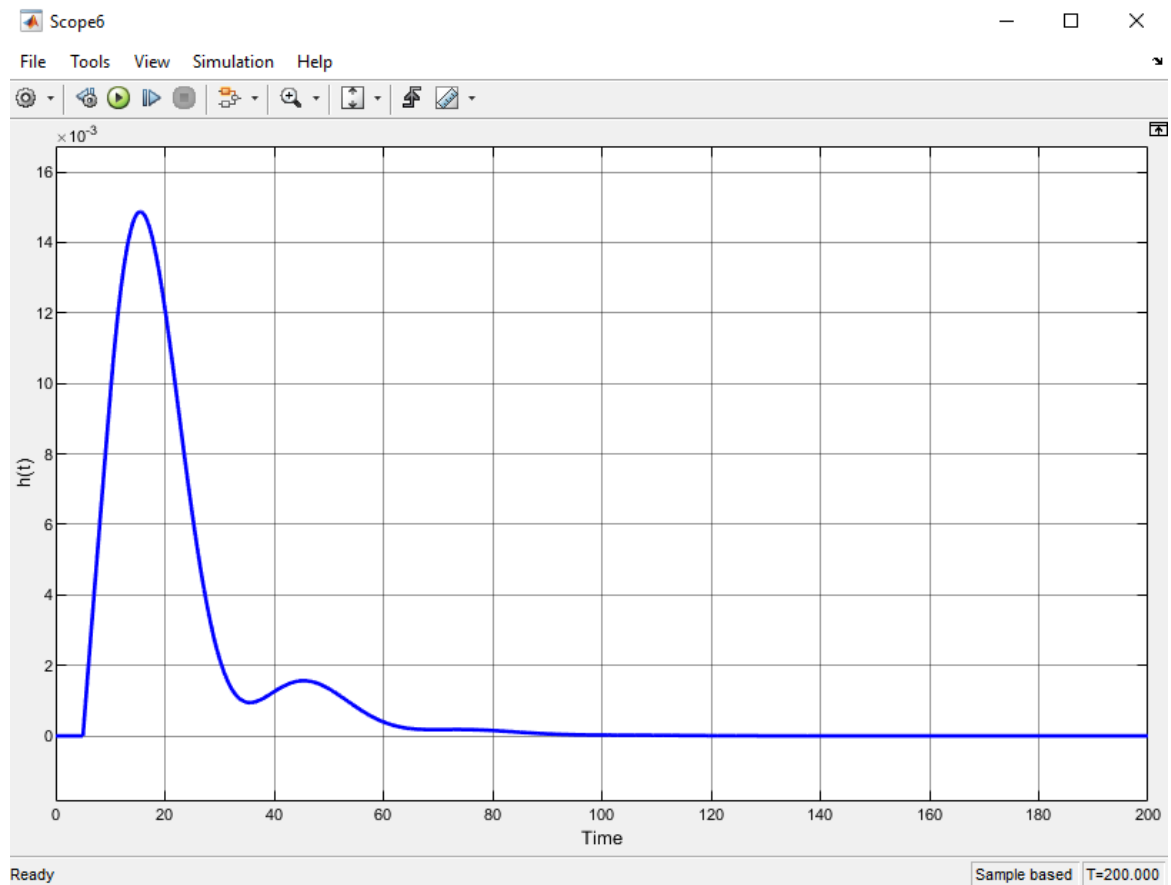


Рисунок 2.23 - Графік перехідного процесу за каналом «збурення-вихід»

Таблиця 2.6 - Прямі показники якості за каналами «завдання-вихід» та «збурення-вихід» для одноконтурної САР з ПІ-регулятором

Показник якості	Канал «завдання-вихід»	Канал «збурення-вихід»
Статична похибка $\Delta_{\text{ст}}$	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{\text{дин}}$	0,535	0,015
Перерегулювання σ , %	64,86	19,56
Степінь згасання ψ	1	0
Час перехідного процесу $t_{\text{пп}}$, с	29,122	22,2

Порівняння налаштувань ПІ-регулятора розрахованого двома методами

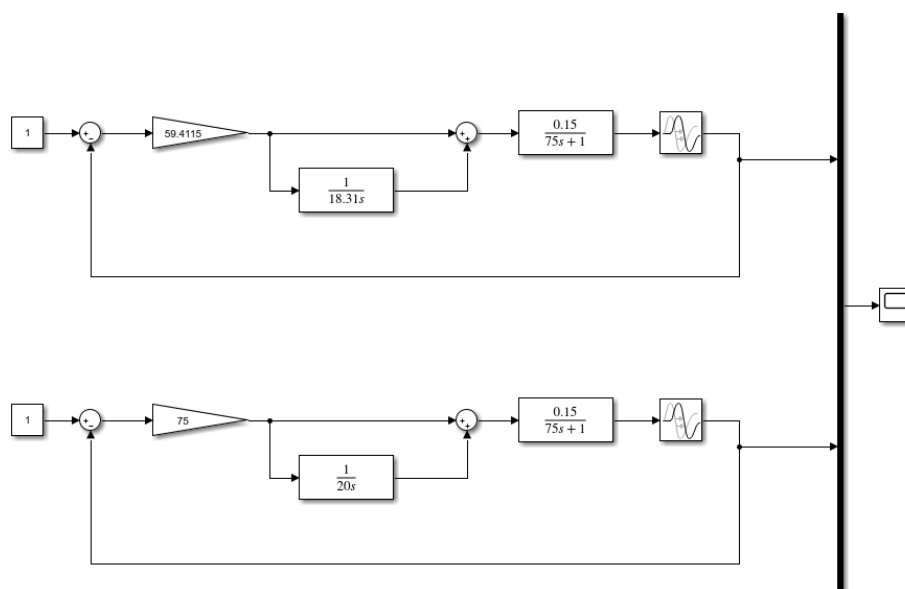


Рисунок 2.24 - Структурна схема порівняння одноконтурних САР з ПІ - регулятором за каналом «завдання-вихід»

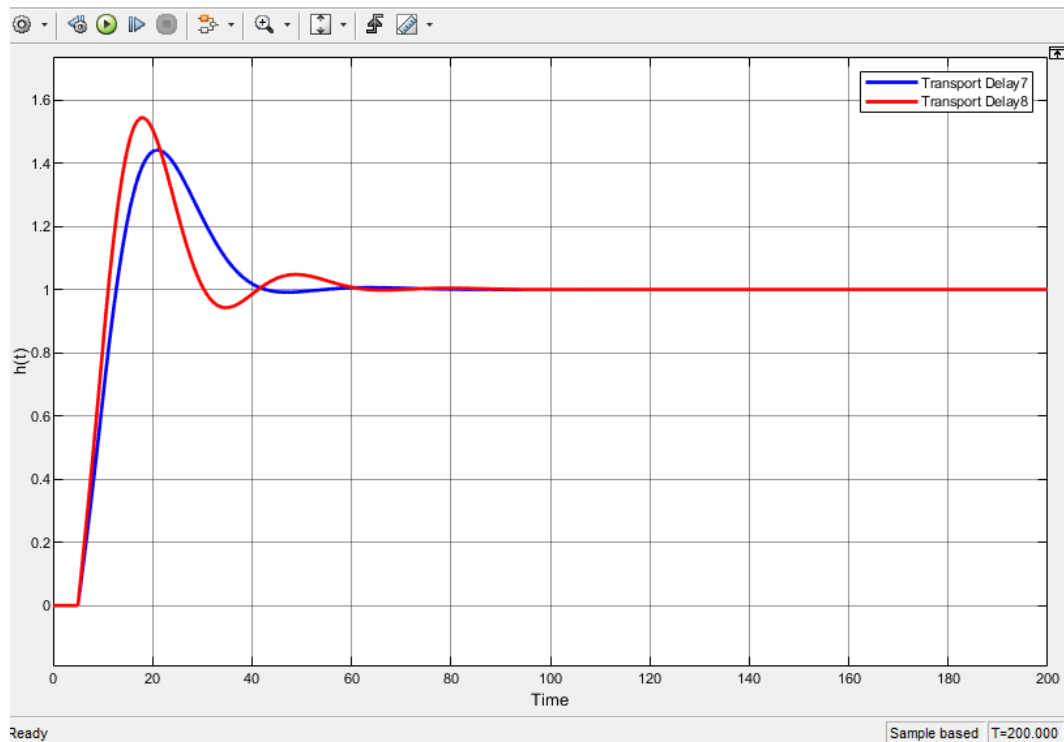


Рисунок 2.25 - Графік перехідного процесу одноконтурних САР із ПІ-регулятором за каналом «завдання-вихід»

Таблиця 2.7 – Прямі показники якості за каналом «завдання-вихід» для одноконтурних САР з ПІ-регулятором

Показник якості	РАФХ	chien hrones-reswick
Статична похибка $\Delta_{ст}$	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{дин}$	0,436	0,535
Перерегулювання σ , %	68,82	64,86
Степінь затухання ψ	1	1
Час перехідного процесу $t_{пп}$, с	30,63	29,122

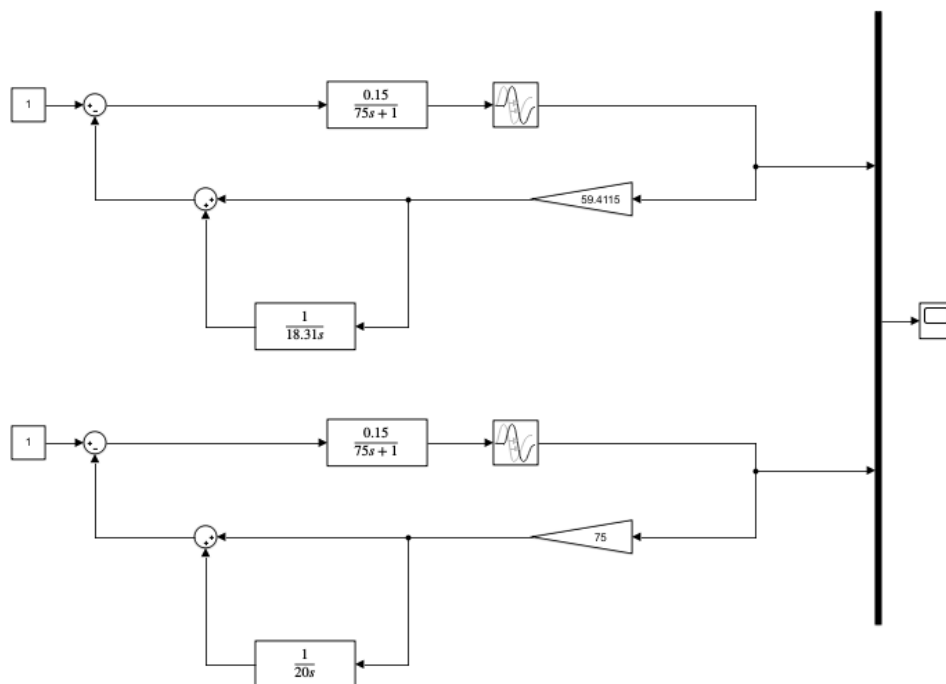


Рисунок 2.26 - Структурна схема порівняння одноконтурних САР з ПІ - регулятором за каналом «збурення-вихід»

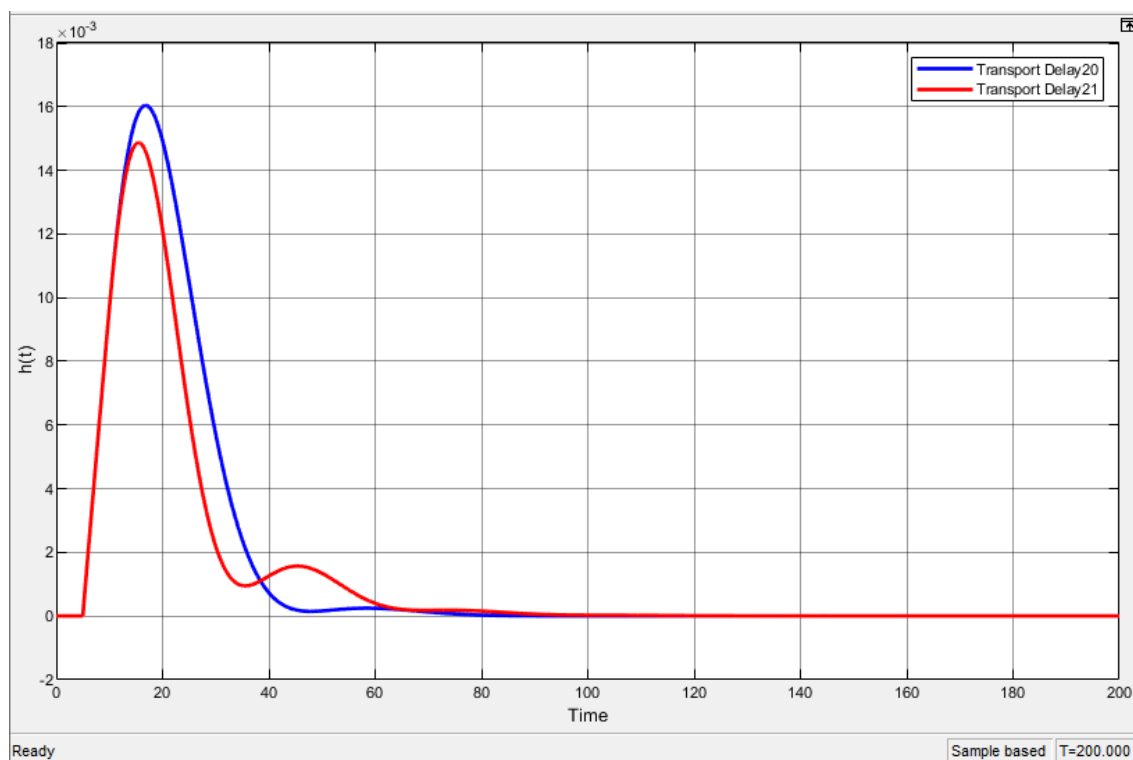


Рисунок 2.27 - Графік перехідного процесу одноконтурних САР із ПІ-регулятором за каналом «збурення-вихід»

Таблиця 2.8 – Прямі показники якості за каналом «збурення-вихід»
для одноконтурних САР з ПІ-регулятором

Показник якості	РАФХ	chien hrones-reswick
Статична похибка $\Delta_{ст}$	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{дин}$	0,016	0,015
Перерегулювання σ , %	29,7	0
Степінь затухання ψ	1	1
Час перехідного процесу $t_{пп}$, с	25,73	22,2

Аналіз чутливості одноконтурної САР температури гліколю до контуру

- K_p – на $\pm 10\%$;
- T_i – на $\pm 10\%$.

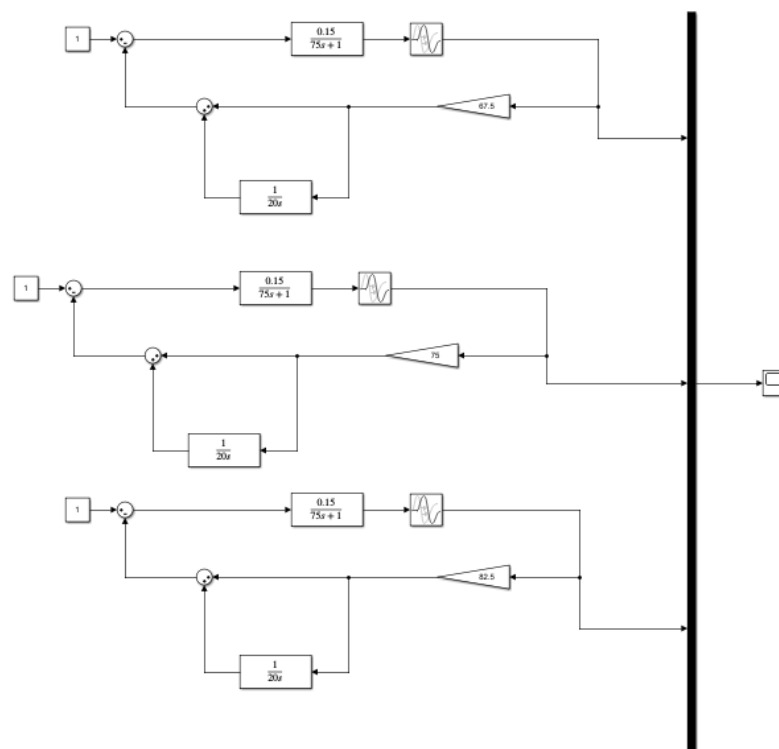


Рисунок 2.28 - Структурна схема аналізу чутливості одноконтурної САР
температури гліколю на вході в контур , за каналом «збурення-вихід»

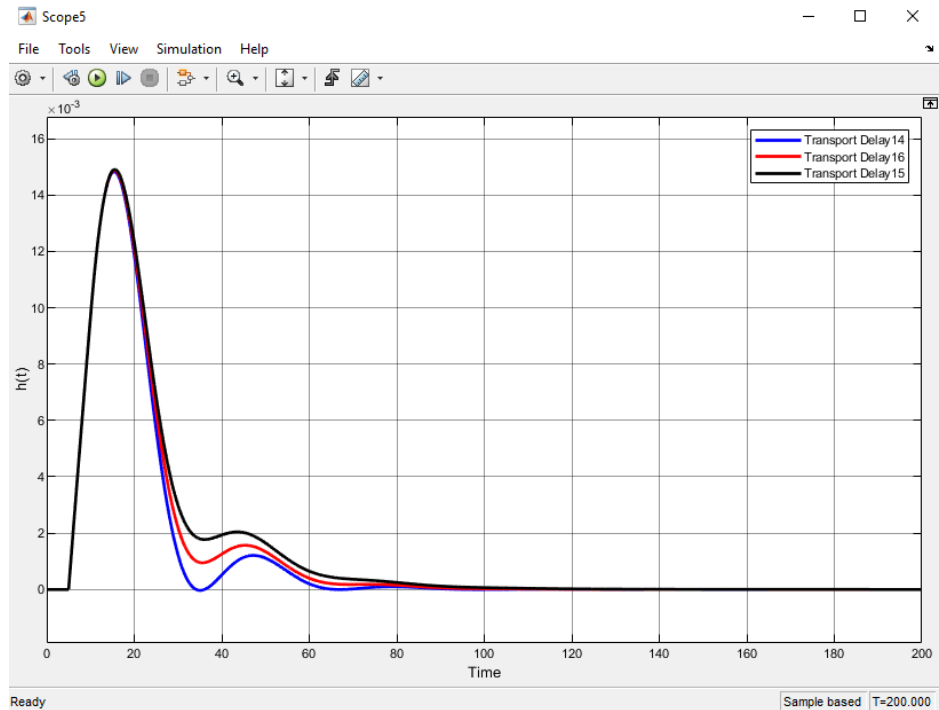


Рисунок 2.31 - Графік перехідних процесів аналізу чутливості одноконтурної САР температури гліколю на вході в контур, за каналом «збурення-вихід» при зміні

Результати аналізу чутливості показують, що система автоматичного керування(САР)майже немає помітних перехідних характеристик і показує низьку чутливість до зміни параметрів. Динамічні викиди та коливання низькі, в цілому, показники якості близькі до нормальних.

2.2.10 Висновки щодо роботоздатності РВК САР

Після проведення розрахунків, а також порівнявши два методи РАФХ та chien hrones-reswick, можна побачити що метод РАФХ є кращим методом для розрахунку. РАФХ має менше збурення, а також провівши аналіз чутливості САР ще раз впевнилися, що метод chien hrones-reswick менш стабільний, так як збурення має занадто високий вплив.

РОЗДІЛ 3 ОПИС ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ

3.1 Схема функціональна автоматизації ТОУ

Опис функціональної схеми автоматизації наведений в розділі 1.5 дипломного проекту бакалавра.

3.2 Схема структурна ПТК

Опис структурної схеми наведений в розділі 1.6 дипломного проекту бакалавра.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						68
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Схема принципова електрична АСР

Електрична принципова схема є графічним представленням електричної системи, яке відображає взаємозв'язок та взаємодію між різними електричними компонентами. Вона використовується для ілюстрації структури та функціонування електричної системи, допомагає в аналізі та розумінні принципу її роботи. У принциповій електричній схемі кожен компонент представлений символами, які відображають його функціональну роль. Це можуть бути резистори, конденсатори, індуктивності, джерела живлення, перемикачі, реле, транзистори та інші пристрої. З'єднання між компонентами показуються лініями, які представляють електричні проводи або інші засоби передачі сигналу. Принципова схема допомагає визначити логіку та послідовність роботи системи, а також виявити можливі проблеми або недоліки. Вона використовується для проектування, відладки, моделювання та документування електричних систем. Також вона дозволяє зрозуміти взаємодію компонентів та вплив змін на один компонент на інші. Принципова електрична схема допомагає інженерам та технікам в розробці та ремонті електричних систем, а також сприяє кращому розумінню принципів їх роботи для ефективного управління та покращення продуктивності системи.

На принциповій електричній схемі детально показано підключення насосів, датчиків температури, тиску, витратоміру, клапанів, градирень, частотних перетворювачів, ПЛК, додаткових модулів і тп.

3.4 Креслення загального виду щита

Креслення загального виду щита потрібного для того, щоб мати уявлення та візуалізувати його зовнішній вигляд, виробництво щита дозволяє передати конкретні специфікації та вимоги щодо його конструкції, розмірів та деталей. Виробники можуть використовувати це креслення як посібник для виготовлення щитів у масштабі. На схемі відображають розміщення приладів, та додаткового обладнання, підібрати щит, або як ще кажуть (шафу) можливо лише при точному розумінні кількості приладів та деталей. Конкретніше кажучи на схемі має бути сам щит, давачі, ПЛК, модулі вводу-виводу і тп.

3.5. Схема зовнішніх з'єднань

На "Схемі зовнішніх з'єднань" зображено графічну ілюстрацію або схематичне зображення, що показує зовнішні з'єднання системи. Ця схема надає важливу інформацію про розташування та функції різних входних та вихідних портів, роз'ємів, інтерфейсів та типи кабелів .

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						70
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6. Специфікація обладнання

Специфікація обладнання містить в собі інформацію про все обладнання, що використовується на об'єкті.

Список обладнання на об'єкті:

1. Контролер
2. Модуль аналогового вводу
3. Модуль дискретного вводу
4. Модуль дискретного виводу
5. Модуль аналогового виводу
6. Перетворювач частоти
7. Датчик тиску
8. Витратомір
9. Датчик температури
10. Блок перетворювача для датчика температури
11. Автоматичний вимикач
12. Автоматичний вимикач двигуна
13. Електродвигун
14. Клапан 2-х ходовий
15. Клапан 3-х ходовий
16. Контактор триполюсний
17. Реле проміжне
18. Блок живлення
19. Кнопка
20. Перемикач
21. Лампа сигнальна
22. Клема прохідна
23. Кабель силовий
24. Кабель контрольний

Повний перелік наданий в специфікації.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						71
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ПТКЗА

4.1 Програмування функціональності ПЛК

Функціональність ПЛК контуру управління температури гліколю, в середовищі розробки Codesys CFC. Мова CFC була обрана тому , що її легко писати, легко читати і , отже , легко розуміти . Крім того , для цього контуру керування не існує специфікацій ,які б вимагали використання іншої мови(наприклад, SFC).

	Набор	Имя	Адрес	Тип данных	Инициализация
14	VAR	MatLabCV		REAL	
13	VAR	MatLabPV		REAL	
12	VAR	RESET		BOOL	
11	VAR	MANUAL		BOOL	
10	VAR	Y_MAX		REAL	
9	VAR	Y_MIN		REAL	
8	VAR	Y_MANUAL		REAL	
7	VAR	Y_OFFSET		REAL	
6	VAR	TV		REAL	
5	VAR	TN		REAL	20
4	VAR	KP		REAL	75
3	VAR	SET_POINT		REAL	10
2	VAR	RAMP_REAL_0		RAMP_REAL	
1	VAR	PID_0		PID	

Рисунок 4.1- PROGRAM PLC_RPG таблиця змінних

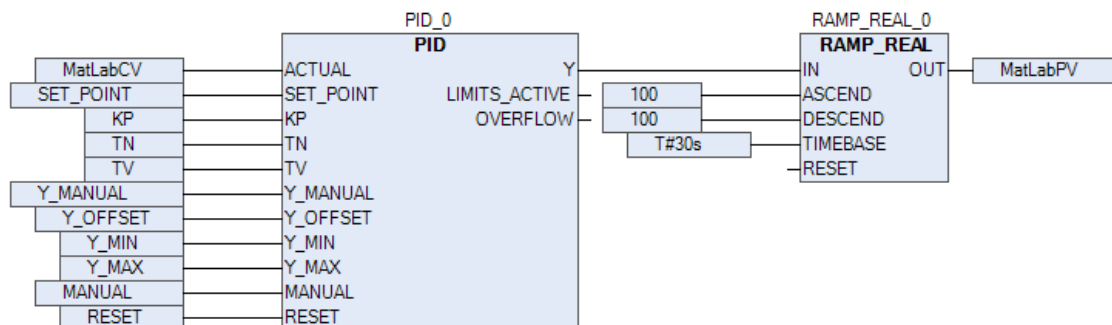


Рисунок 4.2 - Контур регулювання в CodeSys

Реалізація циклів керування за допомогою CodeSys. Для реалізації об'єктів та контурів керування використовуються Codesys, Matlab Simulink та Matrikon OPC Server. Сама реалізація об'єктів виконується в Matlab Simulink, тоді як Codesys включає в себе реалізацію регуляторів, виконавчих механізмів (якщо потрібно), додаткові перевірки та обробку помилок (також якщо потрібно). Оскільки для регулювання температури перегрітої пари використовується каскадна САР, для забезпечення коректної реалізації регулювання в системі використовуються два контролери (один для ведучого контуру і один для інерційного контуру) PID-регулятор-це функціональний блок PID в бібліотеці Util від Schneider Electric. ПІД-регулятор реалізовано за допомогою функціонального блоку PID бібліотеки Util компанії Schneider Electric. Програма також використовує блок RAMP_REAL, також з бібліотеки Util, для імітації відкриття та закриття приводів.

Реалізація програмного забезпечення в Codesys була простою, оскільки було використано готове рішення. Зв'язок між Codesys і Matlab здійснюється через Matrikon OPC Server, тобто сервер OPC. Codesys.DA; оскільки і Simulink, і Codesys підтримують OPC-сервер, мінімальна конфігурація Codesys. Після того, як обмін даними було здійснено, будь-які зміни змінних в Codesys негайно відображаються в Matrikon OPC Explorer. Потім, коли програма звертається до OPC-сервера і зчитує цю змінну, вона вже відображає поточне значення. Це працює і в зворотному напрямку, наприклад, якщо визначено змінну в Simulink, вона буде відображена в Codesys. Що був ввімкнутий обмін даними в Codesys, вам потрібно створити конфігурацію символів, а в Simulink-OPCRead, OPC Write і OPC Об'єкти конфігурації повинні бути додані.

4.2 Програмування функціональності SCADA-системи

Для програмування функцій SCADA-системи було обрано середовище WebStudio компанії Indusoft. Це середовище зручне, просте для розуміння і підтримує всі необхідні функції. Основне призначення SCADA-системи-зручний моніторинг і управління системними процесами.

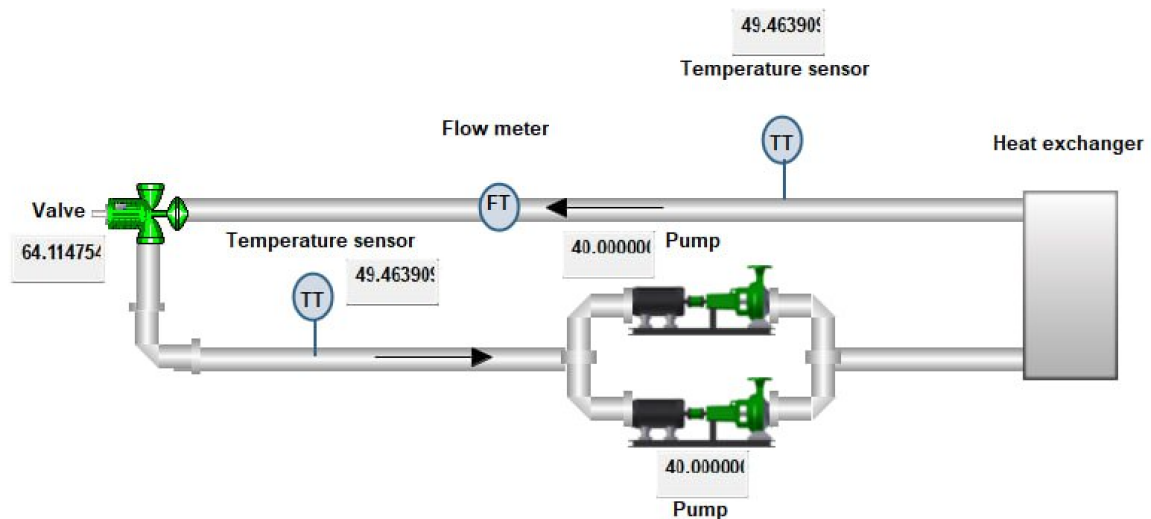


Рисунок 4.3 - Мнемосхема контуру регуювання в WebStudio

Гліколь циркулює по контуру в зимній період да проходить через два насоси до ТО де на зворотньому напрямку йде на клапан з виконавчим механізмом, який замикає кільце, та відправляє гліколь охолоджений гліколь знову до теплообмінника.

5. РОЗДІЛ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АТК

5.1 Схема структурна полігону імітаційного моделювання АТК ТОУ

Об'єкт складається з аперіодичної ланки 1 порядку, 1 ланки транспортного запізнення, блоків OPC Read і OPC Write для того щоб можливо було приймати, зчитувати та передавати інформацію на наш OPC сервер.

5.2 Функціональне моделювання ОУ в СКМ Matlab Simulink

Моделювання в програмі MatLab Simulink розроблено для імітації об'єкту керування.

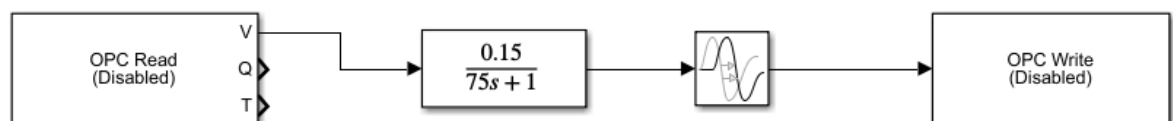


Рисунок 5.1 - Модель об'єкта в MatLab Simulink

Об'єкт складається з аперіодичної ланки 1 порядку і ланки транспортного запізнення. Також тут використані блоки OPC Read і OPC Write для зчитування і передавання даних на OPC сервер.

5.3 Реалізація контролерної функціональності САР в софтПЛК CoDeSys

Розроблення контролерної функціональності САР в софтПЛК CoDeSys проводилось в 4-тому розділі, підрозділі 4.1

5.4 Реалізація супервізорної HMI-Standard функціональності HMI/SCADA системи WebStudio

Реалізація супервізорної HMI-Standard функціональності в HMI/SCADA системі WebStudio виконувалась в вікні Mimics з додаванням символів з Symbols додатку та готовими елементами. Розроблена моносхема контуру регулювання в вікні Mimics.

5.5 Структурне моделювання АТК в програмно-технічному симуляторі

Розроблення структурного моделювання проводилось в 4-тому розділі.

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці відіграє надзвичайно важливу роль у збереженні здоров'я та дієздатності працівників під час їх трудової діяльності. Вона об'єднує правові, соціально-економічні та санітарно-гігієнічні заходи з метою запобігання травмам, захворюванням та іншим негативним наслідкам.

Згідно з темою дипломної роботи «АСК холодильної станції», одним з ключових аспектів при проектуванні даної АСК було дотримання діючих вимог з безпеки експлуатації засобів автоматизації та технологічного устаткування ТП.

Спроектована система автоматизації має наступні номінальні параметри прямої води та гліколю на вході в контурах:

- Охолодження гліколю – 20 – 30°C ;
- Охолодження води – 5 – 15°C ;

Регулювання системою здійснюється за допомогою програмованого логічного контролера (ПЛК) «Modicon M172» від Schneider Electric. За вимірювально-інформаційні канали системи відповідають датчик температури поглинутий датчик температури «ТМ4411», перетворювачі тиску («Р16 АЗ ТЗ 010 Z1» від Gems Sensors) та витратомір («Comac Cal Flow 38 (DN 6 – 400)» від Comac Cal. Сервоприводи «Шаровий кран FIRST 3-х ходовий dn 25 с електроприводом виконує виконавчу частину.

У даному розділі представлені пропозиції щодо технічних рішень та організаційних заходів, які забезпечують виконання діючих вимог з безпеки експлуатації засобів автоматизації та технологічного устаткування ТП. Крім того, визначені основні заходи, що стосуються гігієни праці та виробничої санітарії, а також пожежної безпеки та профілактики.

6.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації об'єкта

В даному розділі пропонуються технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації АСК та технологічного устаткування холодинної станції, а також визначені основні заходи з електробезпеки.

Таблиця 6.1 – Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації об'єкта

Технічні заходи	Організаційні заходи
Використання надійних і безпечних матеріалів і компонентів при побудові холодинної станції.	Проведення навчання та інструктажу персоналу щодо правил безпеки, включаючи використання обладнання.
Встановлення захисних пристроїв та систем автоматичного контролю для уникнення аварійних ситуацій.	Забезпечення належного освітлення, вентиляції та вимог щодо охорони праці в приміщеннях холодинної станції.
Проведення регулярного технічного обслуговування та перевірок обладнання з метою попередження можливих вад і випадків відмов.	Встановлення процедур і контролю за дотриманням норм і стандартів безпеки праці при експлуатації тепловпункту.

Площа приміщення операторської та щитової складає 40 кв.м і є достатньою для забезпечення комфортної роботи оператора та безпечного доступу до щита керування та його компонентів. У такому приміщенні оператор має достатньо місця для виконання роботи, зручний доступ до елементів керування та необхідну вільну площу для руху.

Під час прокладання системи водопостачання та гліколю, була використана ефективна трубопровідна система з поперечно зшитого поліетилену. Трубопроводи, які використовуються в цій системі, мають додатковий захисний шар. Ця ізоляція забезпечує надійну та тривалу експлуатацію системи. Такий вибір матеріалу є оптимальним з погляду ефективності та надійності функціонування системи водопостачання та гліколю.

З метою централізації та забезпечення зручного доступу до приладів керування та безпеки їх експлуатації, вони розміщені на щиті керування. Щит керування є спеціальною конструкцією, на якій розташовуються елементи керування, контролю та захисту системи. В нашому випадку, це ПЛК, рубильник, автоматичні вимикачі, блок живлення, контактори та інше обладнання.

6.1.1 Заходи з електробезпеки

Забезпечення надійності роботи АСК та технологічного обладнання, а також безпеки праці обслуговуючого персоналу в значній мірі залежить від обраної системи електроживлення та застосованих в ній систем захисту від можливих КЗ, перевантажень, неконтрольованих струмів витоку та дугових замикань.

Основні нормативні документи, що регламентують вимоги з електробезпеки, це ПУЕ-2017, НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП-40.1-1.32-01, ДСТУ 7237:2011. Ці документи встановлюють вимоги та правила щодо мінімізації ризиків, що пов'язані з небезпеками електричного характеру, і надають рекомендації щодо застосування захисних пристроїв, проведення електромонтажних робіт та навчання працівників.

Передбачена проектом апаратура АСК та силове електротехнічне устаткування повинні експлуатуватися відповідно до паспортних даних, які

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						79
	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначають номінальні значення струмів і напруг живлення.

Для живлення засобів автоматизації використовується трифазна електромережа з заземленою нейтраллю, з робочою напругою 220/380 В та частотою 50 Гц. Використовується система захисного заземлення TN (підсистема TN-C-S).

Дана система захисного заземлення виключає можливість ураження персоналу електричним струмом при пробіі на корпус ЕУ однієї з фаз електромережі, що забезпечується завдяки швидкому вимиканню ділянки електромережі, на якій виникло замикання фази на корпус, за рахунок використання пристроїв максимального струмового захисту.

Для виконання діючих вимог з електробезпеки, все технологічне електроустаткування згідно з ДСТУ ІЕС 61140:2015 має 0І та І класи за електрозахистом, а засоби автоматизації (блоки контролерів, екранні пристрої, давачі, виконавчі пристрої, блоки живлення тощо) системи управління мають відповідно І, ІІ та ІІІ класи.

ЕУ мають затискачі заземлювальні та відповідні знаки заземлення. Значення опору між заземлювальним затискачем та кожною доступною до дотику металевою неструмовідною частиною ЕУ, яка може опинитися під напругою в разі пошкодження ізоляції, не повинно перевищувати 0,1 Ом.

Для захисту людей від помилкових дій та випадкового дотику до струмовідних частин ЕУ при їх монтажі, обслуговуванні та експлуатації застосовані розподільні щити в металевих шафах в закритому виді, клемні колодки мають бути захищеними спеціальними щитками, електрокабелі мати різнокольорову ізоляцію провідників та відповідне кольорове маркування комутаційних елементів БЩУ, таблички та написи з позначенням робочих напруг, попереджувальні знаки.

В електричних колах фазного (L1) та нульового (N) провідників системи живлення АСК встановлено двополюсний вимикач напруги QF1, який здатний замикати та розмикати електричні кола, що дозволяє

контролювати подачу струму до електричних пристроїв або відключати їх в разі потреби.

Напруга живлення на ПЛК подається за допомогою автоматичного однополюсного вимикача QF2 від Schneider Electric.

Сервоприводи (A2-A4) мають напругу живлення 24В та живляться від зовнішнього блоку живлення (PS1). Циркуляційні однофазні насоси (PU1-PU3) підключаються за допомогою контакторів (KM1,KM2). На їх лінії мережі додатково встановлені однополюсні автоматичні вимикачі (QF3, QF4). Контрольні кабелі давачів, при підключенні до ПЛК, скручені в джгут, це зроблено для захисту та покращення їх механічної міцності.

Дотримання електробезпеки є необхідною умовою для забезпечення безпечних умов праці, захисту працівників та запобігання аварійних ситуацій. Дотримання правил з електробезпеки, та регулярна перевірка електричного обладнання зменшують ризик виникнення небезпечних ситуацій, таких як коротке замикання, перевантаження або неконтрольований витік струму. Це сприяє створенню безпечного та стабільного робочого середовища.

Працівники, які працюють з електроапаратурою, повинні бути належно підготовлені та мати належну кваліфікаційну категорію з електробезпеки. Вони повинні усвідомлювати ризики, пов'язані з оголенням проводів електроапаратури, та негайно повідомляти про це відповідних фахівців або керівництво.

При аварійному режимі роботи електроустановки, гранично допустимі значення напруги дотику, які залежать від часу дії струму, приведені нижче у таблиці 6.2

Таблиця 6.2– допустимі значення напруги дотику

t(сек)	< 0,1	0,2	0,5	0,7	0,9	>1сек., до 5 сек.
$U_{\text{доп.дот.}}$	500	400	200	130	100	65

6.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат робочої зони

Забезпечення відповідного мікроклімату є важливим аспектом організації робочого середовища. Дотримання встановлених параметрів сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшенню ризику виникнення негативних впливів на здоров'я персоналу.

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 основними параметрами мікроклімату є:

- Температура повітря;
- Відносна вологість повітря;
- Швидкість руху повітря;
- Інтенсивність теплового випромінювання.

Категорія робіт за тяжкістю, що виконується обслуговуючим персоналом холодильної установки – середньої тяжкості (II категорія).

Оптимальні параметри мікроклімату робочого приміщення операторської та щитової приведені в таблиці 6.2.1

Таблиця 6.3 - Оптимальні параметри мікроклімату в приміщенні теплову пункту.

Період року	t , °C	φ , %	v , м/с
Теплий	21-28	60	0,1-0,3
Холодний	20-24	75	0,1-0,2

Важливо мати на увазі, що оптимальні значення мікрокліматичних параметрів можуть варіюватися в залежності від специфіки робочого процесу, кліматичних умов та інших факторів. Тому рекомендується регулярно перевіряти та налаштовувати системи контролю мікроклімату, щоб забезпечити оптимальні умови для працівників згідно встановлених нормативів.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						82
	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.2 Виробничий шум та вібрація

Виробничий шум на робочих місцях в приміщенні операторської та щитової потрібно враховувати з точки зору безпеки та комфорту працівників. Шум може мати негативний вплив на здоров'я, самопочуття та продуктивність працівників. Його допустимий рівень визначається діючими нормативними документами (ДСН 3.3.6-037-99).

Відповідно до законодавства, допустимий рівень звуку на робочих місцях протягом 8-годинного робочого дня повинен бути обмежений 85 дБА. Однак, цей рівень може відрізнятись в залежності від конкретного контексту та специфіки робочого процесу.

Шум може призводити до погіршення слуху, порушень сну, підвищеної втомлюваності, зниження концентрації та збільшення ризику виникнення нещасних випадків на роботі. Тому важливо забезпечити захист працівників від шуму шляхом використання відповідного обладнання та технологій.

Щоб захиститися від шуму насосів, компресорів, вентиляторів можуть бути вжиті такі заходи, як встановлення звукоізоляційних та звукопоглинаючих матеріалів на стіни та стелю приміщення, використання акустичних кожухів або екранів для шумоутворюючих приладів, розташування джерел шуму на максимальній відстані від робочих місць, а також використання персональних засобів захисту, таких як навушники або накладки на вуха.

Допустимі рівні звуку в приміщенні вказані у таблиці 6.4

Таблиця 6.4 - Допустимі рівні звукового тиску в приміщеннях операторської та щитової

Робоче місце	Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
Оператора	50/61
Обслуговуючого персоналу	65/76

6.3 Пожежна безпека та профілактика

Пожежна безпека є важливою складовою управління ризиками та забезпеченням безпеки персоналу.

Основними завданнями пожежної безпеки є запобігання пожежам, вчасне виявлення випадків загоряння та ефективне гасіння пожеж, а також організація протипожежного захисту та евакуації працівників у разі виникнення пожежі.

Згідно з ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 робоче приміщення операторської та щитової за вибухопожежонебезпекою відноситься до категорії В.

Робочі зони цих приміщень за класифікацією НПАОП 40.1-1.32-01 належать за пожежною небезпекою до зон класу П-Па.

Згідно з ДБН В.2.5-56-2014 у виробничих приміщеннях повинна бути встановлена пожежна сигналізація, яка здатна вчасно виявити пожежу та надати сигнал про неї.

Також обов'язково мають бути встановлені засоби первинного пожежогасіння (вогнегасники) для негайного реагування на виникнення пожежі. Кількість, розташування та умови зберігання вогнегасників повинні відповідати вимогам ДСТУ 3675-98 та ISO 3941-2007.

Згідно діючих вимог ДБН В.1.1.7-2016 "Пожежна безпека будівель" для персоналу необхідно забезпечити вільний доступ до шляхів евакуації та виходів з будівлі. Шляхи евакуації повинні бути відповідним чином позначені на планах евакуації, які повинні бути розташовані у приміщеннях на видних місцях.

Повинно бути забезпечено правильне розташування обладнання, використання вогнестійких матеріалів та екранування кабелів для запобігання можливості поширення пожежі. Крім того, підключення електроапаратури (давачів, насосів, сервоприводів, щита управління) повинне відповідати безпечним стандартам та бути здійснене кваліфікованими фахівцями.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						84
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.4 Висновки до розділу 6

Розглянуті основні питання з охорони праці, пов'язані з експлуатацією холодильної станції (установки) в приміщенні. Були розроблені технічні рішення, спрямовані на забезпечення безпечної та надійної експлуатації засобів автоматизації та технологічного устаткування холодильної установки.

Одним з основних аспектів було забезпечення діючих вимог з гігієни праці та виробничої санітарії в приміщенні операторської та щитової для забезпечення комфортних та безпечних умов праці персоналу.

Також були визначені основні необхідні заходи з пожежної безпеки, включаючи вимоги до пожежної сигналізації, обладнання та шляхів евакуації у разі виникнення пожежі.

Значна увага була приділена забезпеченню діючих вимог з електробезпеки при експлуатації АСК та технологічного обладнання. Були рекомендовані до застосування необхідні заходи захисту.

РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Основним критерієм технічної та економічної ефективності системи є час, потрібний для її окупності - це період, через який система починає приносити прибуток. Економічно ефективна система дозволяє знизити виробничі витрати та зменшити витрати на енергоресурси. Час окупності капітальних вкладень визначається на основі капітальних витрат на впровадження системи автоматизації, річних експлуатаційних витрат та прибутку, отриманого від запуску системи автоматичного управління. Вартість обладнання автоматизації без включення витрат на доставку, обслуговування та інсталяцію приведена в таблиці 7.1.

Таблиці 7.1 – Кошторис створеної АСР

№ п/п	Найменування обладнання	Од. вим.	К- сть	Вартість одиниці, грн			Загальна вартість, грн		
				Облад- нання	Монтажних робіт		Облад- нання	Монтажних робіт	
					Усього	Заробітня плата		Усього	Заробітня плата
1	погружной давач температури «ТМ4411»	шт.	16	12977 9	25956	12978	1297 79	25956	12978
2	Давач тиску «P16 A3 T3 010 Z1» від PNOMEK	шт.	2	17696	3539	1770	3539 2	7 078	3540
3	Холодильна машина Technocold SMART-PT	шт.	2	22639	4527	2263	2263 9	4527	2263
4	Витратомір Comac Cal Flow 38	шт.	6	17859	3571	1785	1785 9	3571	1785
5	Контролер SIMATIC S7-1500	шт.	1	8558	1712	855	8558	1712	855
6	Модуль дискретного вводу DI 32x24 VDC HF	шт.	1	16776	3355	1677	1677 6	3355	1677
7	Модуль дискретного виводу DQ 32x24 VDC0 HF	шт.	1	50691	10138	5069	5069 1	10138	5069

Продовження таблиці 7.1

№ п/п	Найменування обладнання	Од. вим.	К- сть	Вартість одиниці, грн			Загальна вартість, грн		
				Облад- нання	Монтажних робіт		Облад- нання	Монтажних робіт	
					Усього	Заробітн я плата		Усього	Заробітня плата
8	Модуль аналогового вводу AI 8xU/I/RTD/TC ST	шт.	3	34558	6912	3456	103674	20736	10368
9	Модуль аналогового виводу AQ 8xU/I HS	шт.	1	9653	1930	965	96530	19300	9650
10	Перетворювач частоти Altivar 212	шт.	5	21340	4268	2134	106700	21340	10670
11	Блок живлення Simatic PM -1507 Siemens	шт.	5	16005	3201	1600	96030	19206	9603
12	Автоматичний вимикач EasyPact CVS LV 540306	шт.	1	3312	662	331	26496	5299	2649
13	Автоматичний вимикач двигуна TeSys GV4 GV3PE25	шт.	1	2787	557	278	2787	557	278
14	Автоматичний вимикач двигуна TeSys GV4 GV4PE65	шт.	2	220	44	22	880	176	88
15	Автоматичний вимикач IC60N 1P A9F74104	шт.	6	5685	1137	569	5685	1137	569
16	Автоматичний вимикач EZ9 EZ9F34106	шт.	1	171	34	17	513	102	51
17	Автоматичний вимикач IC60N 1P A9F74102	шт.	6	54	27	13	1998	399	199
18	Контактор триполюсний EasyPart LC1E2510M5	шт.	13	600	7800	600	7800	1126	563
19	Контактор триполюсний TeSys D LC1D65AM7	шт.	13	96	424	848	4416	848	424
20	Реле проміжне Zelio Relay 2C0 RXG22BDPV	шт.	21	28000	5600	2800	2800	5600	2800

Кінець таблиці 7.1

№ п/п	Найменування обладнання	Од. вим.	К-сть	Вартість одиниці, грн			Загальна вартість, грн		
				Облад- - нання	Монтажних робіт		Облад- нання	Монтажних робіт	
					Усього	Заробітня плата		Усього	Заробітня плата
21	Кнопка ХВ2- ЕА121	шт.	2	90	18	9	4500	2250	1125
22	Кнопка ХВ2- ЕН142	шт.	1	33	7	3	705	450	70,5
23	Перемикач ХВ2- BD33	шт.	3	172	34	17	8600	1720	860
24	Клема прохідна WT-6	шт.	1900	45	9	4	85500	17100	8550
25	Клема прохідна WT-10	шт.	52	8488 8	16978	8489	59421 6	118843	59241
26	Лампа сигнальна D22-22DC	шт.	3	3917 5	7835	3917	11752 5	23505	11752
27	Клема прохідна PT-2,5	шт.	102	4557	911	456	27342	5468	2734
28	Клапан 2-х ходовий Duravis ESV 103-05	шт.	3	4365 7	8731	4365	17462 8	34925	17462
29	Клапан 3-х ходовий First 110	шт.	3	1385 64	27712	13856	27712 8	55425	27712
30	Електродвигун 1LE1002-1DB22- 2AA4-Z D22	шт.	13	2351 42	47028	23514	70542 6	141085	70542
31	Електродвигун 1LA5207-4AA10- Z D22	шт.	2	1874 3	3748	1874	56229	11245	5622
32	Кабель силовий КГНВ 3x25+1x16	м	50	9381 3	18762	9381	28143 9	56287	28143
33	Кабель силовий КГНВ 3x1,5	м	180	2123	424	212	4246	848	424
34	Кабель силовий КГНВ 4x4	м	520	267	53	26	2136	427	213
35	Кабель контрольний КВВГЕ 4x25	м	50	267	53	26	2136	427	213

Припустимо, що час окупності становить 5 років ($T_{ок}^*$), а отже впроваджена автоматизована система керування буде доречною, якщо час її окупності буде рівний або менший за три роки.

Вартість монтажних робіт буде складати приблизно 15% від загальної суми:

$$B_m = 325310 \text{ грн}$$

Вартість пуско-налагоджувальних робіт буде складати 10% від загальної суми:

$$B_{пн} = 216873 \text{ грн}$$

Вартість транспортувальних робіт:

$$B_{тр} = 70800 \text{ грн}$$

Суму всіх витрат буде складати загальну вартість витрат:

$$B_z = 612\,983 \text{ грн}$$

Далі необхідно визначити економію витрат після впровадження АСК за наступною формулою:

$$\Delta U = E_k - \Delta B_{авт}$$

де $\Delta B_{авт}$ – витрати на обслуговування системи (амортизація відчислення, витрати на ремонт та обслуговування, заробітна плата);

E_k – економія від введення АСУ.

Задамо, що показник E_k за рік становить: $E_k = 825\,000 \text{ грн/рік}$

Для розрахунку витрат на електроенергію та періодичний ремонт на огляд, заробітну плату персоналу використаємо наступну формулу:

$$B_{авт} = B_{зп} + B_{ам} + B_p + B_{ел}$$

Вартість зарплатні для персоналу, грн/рік:

$$B_{\text{зп}} = B_{\text{п}} + T + N = 15000 \cdot 6 \cdot 2 = 180\,000 \text{ грн/рік},$$

де $B_{\text{п}}$ – заробітна плата за місяць, грн/міс; T – кількість робочих місяців, N – кількість працівників.

Вартість на амортизацію (грн/рік), буде становити 9% від загальної вартості автоматизації:

$$B_{\text{ам}} = 0,09 \cdot B_{\text{з}} = 195\,186 \text{ грн/рік}$$

Вартість на ремонт (грн/рік), буде становити 11% від загальної вартості автоматизації:

$$B_{\text{р}} = 0,11 \cdot B_{\text{з}} = 238\,561 \text{ грн/рік}$$

Вартість електроенергії, грн/рік:

$$B_{\text{ел}} = T \cdot N \cdot C_{\text{е}} = 4320 \cdot 1,8 \cdot 2,64 = 20528 \text{ грн/рік},$$

де T – кількість робочих годин системи; N – потужність всіх приладів; $C_{\text{е}}$ – тариф на електроенергію.

Отже, $\Delta B_{\text{авт}} = 634\,275 \text{ грн}$

Провівши всі необхідні розрахунки дізнаємось економію виробництва:

$$\Delta U = 825\,000 - 634\,275 = 190\,725 \text{ грн/рік}$$

В результаті отримали наступні дані:

Необхідний час для окупності АСК розраховується за наступною формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B_{\text{з}}}{\Delta U} = \frac{612\,983}{190\,725} = 3 \text{ роки } 2 \text{ місяці}$$

В результаті заданий термін окупності більший ніж розрахований, тому можна сказати що використання впровадженої системи є економічно вигідним.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						90
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході реалізації даного дипломного проекту було розроблено автоматичної системи керування котлом на деревній трісці.

Були розроблені наступні схеми: функціональна, електрична, зовнішніх проводок, і креслення шафи автоматизації. Для автоматизації використовувались пристрої такі як датчики, виконавчі механізми, насоси, частотні перетворювач і тп..

Були проведені розрахунки по похибкам і надійності вимірювальних каналів, а також розрахунки регулятора для одноконтурної системи двома методами:

методом CHR і методом РАФХ.

Для програмування ПЛК від Siemens використовувалось середовище Codesys в зв'язці з Matlab Simulink. SCADA система була реалізована в Indusoft Web Studio.

Був проведений економічний розрахунок, і можемо бачити, що система окупається за 3.2 роки.

У результаті, розроблений проект автоматизованої системи управління холодильною станцією має великий потенціал для забезпечення точного керування температурою та отримання значних економічних переваг, шляхом зниження витрат і підвищення ефективності роботи системи. Це дозволяє покращити точність керування температурою шляхом автоматизації технологічних процесів станції.

					ТА-92438.0013.001.АТХ.П	Арк.
						91
.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гарасимів В.М. Алгоритм налаштування коефіцієнтів ПД-регулятора із використанням методів нечіткої логіки / В.М. Гарасимів // Методи та прилади контролю якості. – 2020. – №2(45). – С. 102-108.
2. ДСТУ Б А.2.4-3:2009. Система проектної документації для будівництва. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів [Текст]. [Чинний від 2009-01-23]. Вид. офіц. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 54с.
3. Апроксимація перехідної характеристики аперіодичної ланки із запізнюванням: конспект лекцій. URL:
<https://studfile.net/preview/7239646/page:6/#16>
(дата звернення: 05.06.2023)
4. Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації / В. Г. Трегуб. – Київ: ЛіраК, 2014. – 344 с.
5. Грибан В. Г. Охорона праці / В. Г. Грибан, О. В. Негодченко. – Київ: Центр навчальної літератури, 2019. – 280 с.
6. Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні: наказ Міністерства внутрішніх справ України від 31.07.2017. № 657. Відомості Верховної Ради України 2017. 235с.
7. Ейдан Одвайер.Налаштування ПІ і ПД регуляторів: довідник, 2-ге вид. Львів, 2003, 27с.
8. ДСТУ Б А.2.4-16:2008 Автоматизація технологічних процесів. Умовні графічні зображення приладів і засобів автоматизації в схемах, К.: Держстандарт України, 2008. -10 с.
9. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
10. А.П. Лозовський О.М. Іванов Основи холодильних технологій, навчальний посібник 2015.

