

**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 підігрівачем мережевої води»

Виконав:

студент IV курсу, групи ТА-92

Моцаренко Іван Романович

Керівник:

Асистент, д.ф.

Маріяш Юрій Ігорович

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

Моцаренко Івану Романовичу

1. Тема проєкту: «Автоматизована система керування підігрівачем мережевої води», керівник проєкту Маріяш Юрій Ігорович, 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: АСК підігрівачем мережевої води. Контури регулювання рівня, температури та тиску. Підтримання оптимальної температури води в контурах, шляхом зміни положення клапанів.

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

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): 1. Функціональна схема автоматизації (1 арк. ф. А3). 2. Принципова електрична схема (1 арк. ф. А2). 3. Креслення загального виду щита автоматизації (1 арк. ф. А3). 4. Схема з'єднань та підключень зовнішніх проводок (1 арк. ф. А3). Специфікація обладнання (2 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 підігрівача мережевої води	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 АСР	30.04.2023	Аркуш 3
4	Креслення щита загального виду	04.05.2023	Аркуш 4
5	Схема монтажна. Схема зовнішніх з'єднань	08.05.2023	Аркуш 5. Аркуш 6
6	Опис графічних документів	12.05.2023	ПЗ, розділ 3
7	Розрахунок вимірювальних каналів АТК	16.05.2023	ПЗ, розділ 2.1
8	Графічні ілюстрації до розрахункової частини проєкту	22.05.2023	Аркуш 7
9	Програмування ПТКЗА	30.05.2023	ПЗ, розділ 4
10	Охорона праці	09.06.2023	ПЗ, розділ 5
11	Техніко-економічний розрахунок АСУ	13.06.2023	ПЗ, розділ 6
12	Передзахист ДП	16.06.2023	Доповідь
13	Захист ДП	22.06.2023	Доповідь

Студент

Іван МОЦАРЕНКО

Керівник

Юрій МАРІЯШ

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт першого (бакалаврського) рівня вищої освіти виконаний на тему «Автоматизована система керування підігрівачем мережевої води».

Система керування призначена для підтримання оптимального рівня конденсату в корпусі мережевого підігрівача.

Метою дослідження є оптимізація роботи теплофікаційної установки та забезпечення ефективного контролю температурного режиму пережевої води.

У роботі проведений огляд та аналіз теплофікаційної установки, визначені технологічні параметри та вимоги до системи автоматизації. Розроблена функціональна схема системи автоматизації, вибрані необхідні датчики з відповідним діапазоном вимірювання технологічного параметру, пристрої регулювання та контролери для забезпечення точного контролю температури в трубопроводах.

Для досягнення поставленої мети була створена програмна частина системи, в середовищі Codesys, яка реалізована на базі ПЛК (програмованого контролера логічного рівня). Виконане моделювання системи в середовищі Indusoft WebStudio (SCADA) забезпечує візуальний моніторинг і керування параметрами теплопункту.

Проведені розрахунки техніко-економічних параметрів показують, що використання АСК є ефективним з економічної точки зору. Для безпечної експлуатації теплофікаційної установки, було написано рекомендації по експлуатації, при дотриманні яких розроблена система є абсолютно безпечною і готова до впровадження. Ключові слова: автоматизація, автоматична система контролю, теплофікаційна установка, підігрівач мережевої води.

ANNOTATION

The diploma project of the first (bachelor's) level of higher education degree project on the topic " Automated control system of the network water heater".

The control system is designed to maintain an optimal level of condensate in the casing of the network water heater.

The aim of the research is to optimize the operation of the heat supply installation and ensure effective control of the temperature regime of the network water.

The work includes an overview and analysis of the heat supply installation, determination of technological parameters and requirements for the automation system. A functional diagram of the automation system has been developed, necessary sensors with the appropriate measurement range of the technological parameter, regulating devices, and controllers have been selected to ensure accurate temperature control in the pipelines.

To achieve the set goal, the software part of the system was created in the Codesys environment, implemented based on a programmable logic controller (PLC). The system was simulated in the Indusoft WebStudio (SCADA) environment, providing visual monitoring and control of heat supply parameters.

Calculations of technical and economic parameters demonstrate that the use of the automated control system is economically efficient. To ensure the safe operation of the heat supply installation, operating recommendations were written, compliance with which makes the developed system completely safe and ready for implementation.

Keywords: automation, automatic control system, heat supply installation, network water heater."

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом

АСК – автоматизована система керування

ВК – вимірювальний канал

ВМ – виконавчий механізм

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

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

РВК – регулювально-виконавчий канал

РО – регулюючий орган

САР – система автоматичного регулювання

ТОУ – технологічний об'єкт управління

ФБ – функціональний блок

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизована система керування
підігрівачем мережевої води»**

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ПРОЄКТУВАННЯ АСУТП.....	10
1.1 Характеристика технологічного об'єкту управління.....	10
1.2 Вибір і обґрунтування структури АСУТП ТОВ.....	12
1.3 Технологічні параметри АСУТП ТОВ.....	12
1.4 Функції АСУТП.....	14
1.5 Схема автоматизації функціональна.....	14
1.6 Схема структурна ПТК.....	15
РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК САР.....	17
2.1 Інженерний розрахунок вимірювальних каналів САР.....	17
2.1.1 Перелік вимірювальних каналів (ВК).....	17
2.1.2 Схеми структурні вимірювальних каналів.....	17
2.1.3 Особливості електричних підключень датчиків вимірювальних каналів....	19
2.1.4 Монтаж технічних засобів вимірювальних каналів	20
2.1.5 Захист технічних засобів вимірювальних каналів від перешкод	22
2.1.6 Метрологічний розрахунок вимірювальних каналів	23
2.1.7 Функції первинної обробки даних вимірювання в ПЛК	24
2.2 Розрахунок регулювально-виконавчих каналів САР	25
2.2.1 Перелік систем автоматичного регулювання	25
2.2.2 Функціональна і структурна схеми САР	26
2.2.3 Схема структурна надійності реалізації управляючої функції САР	26
2.2.4 Розрахунок надійності реалізації управляючої функції САР	27
2.2.5 Ідентифікація об'єкта управління.....	28
2.2.6 Розрахунок налаштувань регуляторів САР.....	30
РОЗДІЛ 3 ОПИС ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЄКТУ	41
3.1 Схема функціональна автоматизації ТОВ.....	38
3.2 Схема структурна ПТК.....	38
3.3 Схема принципова електрична АСР	38

						ТА-92435.0011.001.АТХ.П			
Зм.	К-ть	Арк.	№доку	Підп.	Дата	Пояснювальна записка АСК підігрівачем мережевої води	Стадія.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Моцаренко І.Р.					ДП	7	67
Перев.		Маріяш Ю.І.							
Т.контр.									
Н.контр.		Некрашевич О.В.							
Затв.		Волощук В.А.					НТУУ “КПІ”, ІАТЕ, ТА-92		

3.4 Креслення загального виду щита.....	40
3.5 Схема зовнішніх з'єднань	41
3.6 Специфікація обладнання	42
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ПТКЗА	43
4.1 Програмування функціональності ПЛК	43
4.2 Програмування функціональності SCADA-системи	46
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК.....	50
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	55
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

ВСТУП

Теплоелектроцентралі призначені для забезпечення споживача не тільки електричною енергією, а й теплом.

Для того щоб покривати мінливу протягом опалювального сезону навантаження, температура води в тепломережі повинна змінюватися в широких межах, залежно від температури зовнішнього повітря.

В цьому випадку відпустка тепла від ТЕЦ ведеться за температурним графіком тепломережі. Такий температурний графік розраховується для кожного джерела відпустки тепла з урахуванням покриття спільного навантаження опалення, гарячого водопостачання та вентиляції, а також з урахуванням способу увімкнення підігрівачів гарячої води.

За умови стабільності погоди, суворо дотримання гідравлічного. режиму мережі, збалансованого підключення споживачів тепла та правильної роботи теплової автоматики на центральних теплових пунктах він має виконуватися.

Проте практично повного виконання опалювального графіка немає. У зв'язку з цим виникає необхідність регулювання температур прямої та зворотної мережної води.

Для забезпечення температури мережі використовують мережні підігрівачі. Підігрівач теплофікаційної мережевої води має на меті нагрівання води до потрібної температури, яка залежить від зовнішньої температури повітря. Підігрівач є поверхневим теплообмінником, в якому вода прокачується за допомогою мережевого насоса через змійовик. Зовнішній поверхні змійовика нагріваються парою. Основною керованою величиною підігрівача є температура вхідної мережевої води, яку необхідно підтримувати на заданому рівні з високою точністю. Зворотна мережева вода подається до підігрівача, де її нагрівають за допомогою пари, що надходить з відборів турбіни. При цьому невідворотні втрати в тепловій мережі заповнюються за рахунок підживлювальної води, яка надходить на всмоктування мережевих насосів під підвищеним тиском.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						9
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ПРОЄКТУВАННЯ АСУТП

1.1 Характеристика технологічного об'єкту управління

Підігрівач теплофікаційної мережі призначений для її підігріву до необхідної температури, значення якої задають в залежності від температури зовнішнього повітря. Підігрівач - поверхневий теплообмінник 1 рис. 1.1, змійовиків якого за допомогою мережевого насоса прокачують воду. Зовні змійовики обігрівають паром. Джерелом пари, що гріє, зазвичай служать відбори парових турбін або резервують їх РОУ. Основною регульованою величиною підігрівача є температура прямої мережевої води $t_{м.в}$, яку необхідно підтримувати на заданому рівні з високою точністю, що диктується в основному умовами економічної роботи теплофікаційних турбін.

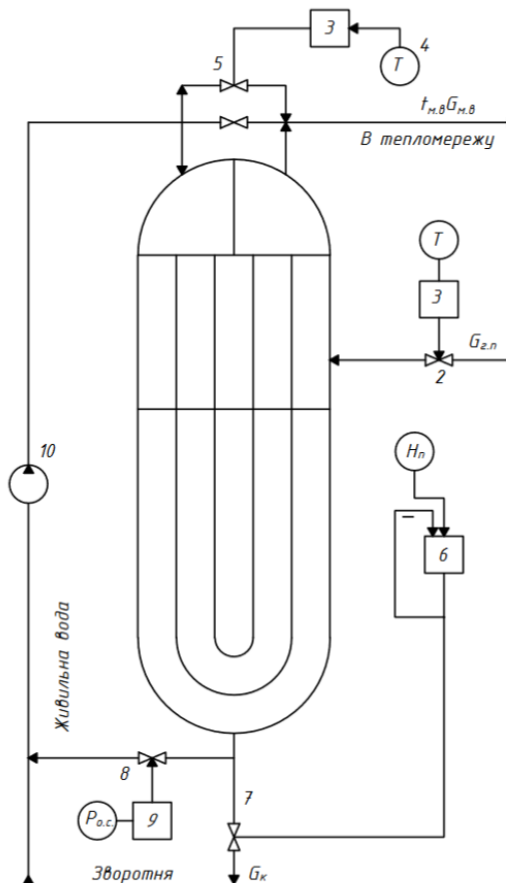


Рисунок 1.1 - Підігрівач мережної води

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						10
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 - Корпус підігрівача; 2 - регулююча заслінка; 3 - регулятор температури; 4 - термоприймачі; 5 - регулюючий клапан на лінії обведення; 6 - регулятор рівня конденсату; 7,8 - регулюючі клапани; 9 - регулятор тиску зворотної мережної води; 10 - мережевий насос

Рівень конденсату пари, що нагрівається, у корпусі підігрівача Нп є іншою керованою величиною. Оптимальний теплообмін у підігрівачі та ризик переливання води в гріючий паропровід вимагають підтримання рівня конденсату поблизу середнього значення.

Зазвичай мережева вода циркулює по замкнутому контуру, який включає насос, підігрівач, теплову мережу та ще один насос. У такій системі втрати в тепловій мережі замінюються за рахунок підживлювальної води, яка надходить на всмоктування насосів під підвищеним тиском. Втрати води в мережі мають випадковий та неконтрольований характер. Тому бажано мати автоматичне регулювання витрати підживлювальної води в залежності від тиску у зворотній мережі.

Підігрівач як об'єкт регулювання поділяється на три окремі зони: температура вхідної мережевої води, рівень конденсату в корпусі Нп та тиск у зворотній мережевій воді (рм в).

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						11
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Вибір і обґрунтування структури АСУТП ТОУ

На нульовому рівні автоматизації будуть використані Термоперетворювачі опору РТ100 для вимірювання температури прямої та зворотної мережевої води, Перетворювачі тиску S-10-3А “ WІКА” для вимірювання тиску води в трубопроводі, Датчик різниці гідростатичного тиску РМР71 для вимірювання рівня конденсату в корпусі підігрівача та трьохходові сідельні клапани з електроприводом NV24A-SZ-TPC в якості виконавчої апаратури.

На першому рівні автоматизації буде використаний контролер Modicon M172 Schneider Electric (U=24В аналог. вх. 12, дискрет. вх. 12, аналог. вих. 6) через гнучкість та розширюваність (Modicon M172 забезпечує гнучкість та розширюваність, що дозволяє легко налаштовувати його під конкретні потреби проекту автоматизації. Він підтримує різні протоколи зв'язку та може інтегруватися з різними пристроями та системами, що робить його універсальним рішенням для різних застосувань) та необхідність забезпечення високої надійності та якості в процесі підігрівання мережевої води.

1.3 Технологічні параметри АСУТП ТОУ

Керуючими впливами для виробничого процесу є керовані зміни витрат матеріальних та енергетичних потоків.

Вхідними параметрами даного технологічного процесу є:

- $t_{м.в.1}$ температура мережної води на вході до МПВ;
- $t_{п}$ температура пари на вході до МПВ;
- $P_{п}$ тиск пари, що подається в МПВ;
- $G_{п}$ витрата пари в МПВ;
- $P_{м.в.1}$ тиск прямої мережної води;
- $F_{м.в.}$ витрата мережної води на вході до МПВ.

Вихідними параметрами даного технологічного процесу є:

- $t_{м.в.2}$ температура мережної води після МП

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						12
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- $F_{м.в.}$ витрата мережної води;
- Q_{O_2} вміст кисню у мережній воді.

В якості збурювальних впливів виступають: температура конденсату t_k , рівень конденсату L_k .

Параметри підігрівача розподілені у просторі та відчувають взаємний вплив один на одного:

- Зміна температури мережевої води на вході, порушення оптимального режиму роботи МПВ;
- Зміна температури пари на вході призводить до зміни температури мережної води на виході з МПВ;
- при збільшенні температури пари, що подається в МПВ відбувається збільшення температури конденсату в МПВ;
- внаслідок підвищення рівня конденсату більш встановленого може відбутися порушення міцності труб у місці стикування; зниження рівня конденсату нижче заданого призводить до зниження ефективності роботи обладнання.

Далі в таблиці 1.1 додано перелік технологічних параметрів з діапазонами їх вимірювання та допустимими відхиленнями.

Таблиця 1.1 - Перелік технологічних параметрів

№	Назва параметру для виведення	Діапазон вимірювань у номінальному режимі	Допустиме відхилення
1	Температура мережевої води	(50..150 °C)	± 1%
2	Рівень конденсату	(550..1150 мм)	± 1%
3	Тиск води	(0..1,6 МПа)	± 2%
4	Витрата мережевої води	(750..1500 м³/год)	± 1%
5	Перепад тиску на насосі	(1,1..2,3 МПа)	± 2%

1.4 Функції АСУТП

Керуюча функція – призначена, для впливу на перебіг процесу. У даній системі є такі керуючі функції:

- стабілізація рівня конденсату шляхом зміни положення клапану на трубопроводі до колектора..
- стабілізація температури прямої мережевої води шляхом відведення частини води повз пікового або основного ПМВ

Захисна функція – призначена, для запобігання аварій внаслідок несправностей у вентиляційній установці чи інших чинників.

- реалізація аварійного захисту шляхом контролю перепаду тиску на насосі і формування команди на включення або відключення.

Інформаційна функція – призначена, для отримання інформації про параметри та їх зміну впродовж технологічного процесу. У даній системі є такі інформаційні функції:

- вимірювання температури прямої мережевої води.
- вимірювання рівня конденсату в корпусі.
- вимірювання тиску мережевої води.
- вимірювання витрати мережевої води.
- вимірювання перепаду тиску на насосі.

1.5 Схема автоматизації функціональна

Далі розглянемо функціональну схему автоматизації рис. 1.2

Після проходження механічного фільтра, зворотна мережева вода вводиться до мережевого насосу через вхідний колектор. Цей насос, за допомогою напірного колектора, подає воду до колектора прямої мережевої води. Температура прямої мережевої води контролюється шляхом відведення певної кількості води через піковий або основний прямий мережевий ввід.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						14
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

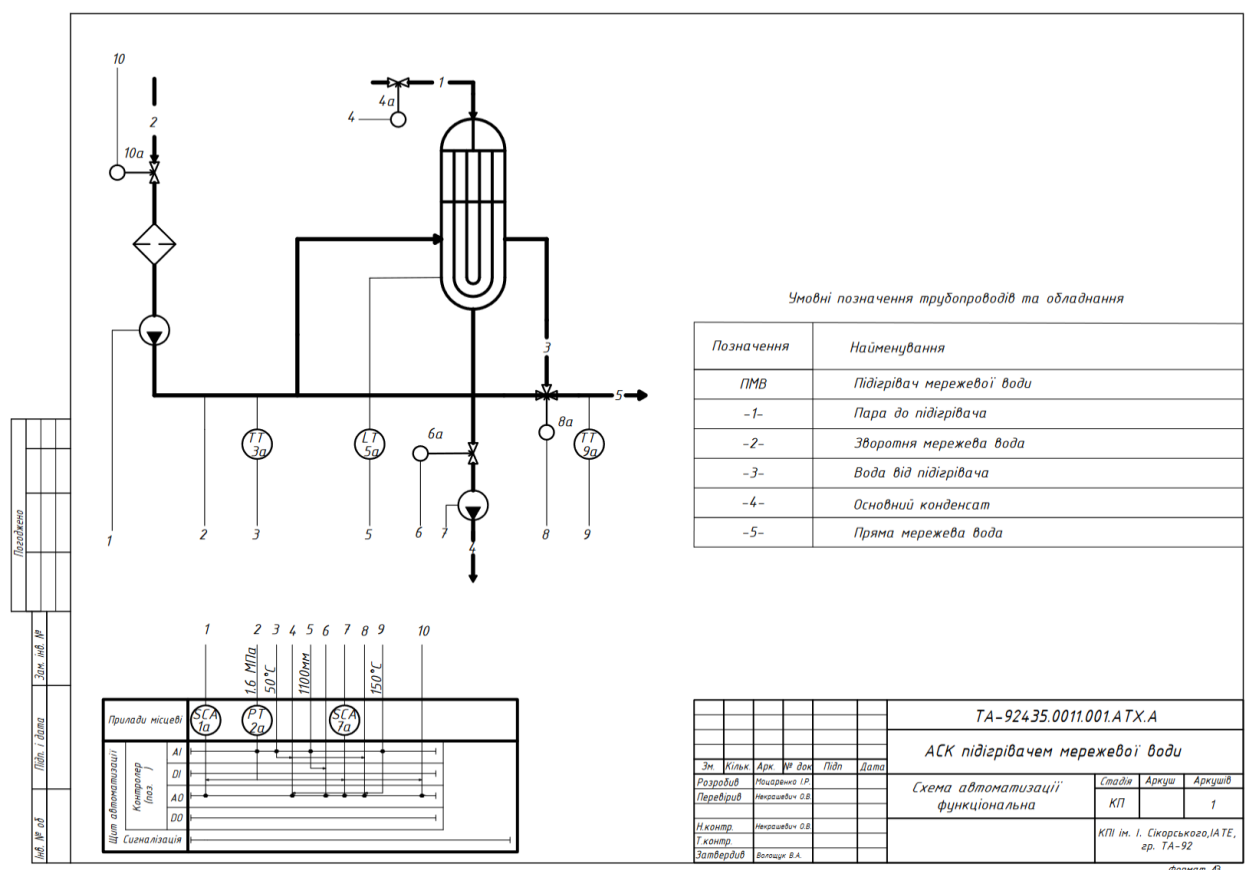


Рисунок 1.2- Функціональна схема автоматизації підігрівача мережевої води

Конденсат від гріючої пари прямого мережевого вводу відводиться безпосередньо в конденсатор турбіни, якщо показники вихідної води зберігають задовільні значення ВХР.

1.6 Схема структурна програмно-технічного комплексу

На рис. 1.3 показано програмно-технічний комплекс та відповідні компоненти, які потрібні для системи регулювання рівня конденсату в підігрівачі.

Вимірювальна апаратура використовується для вимірювання фізичних параметрів системі регулювання рівня конденсату, таких як температура живильної та прямої води, тиск в трубопроводі, рівень конденсату і т.д.

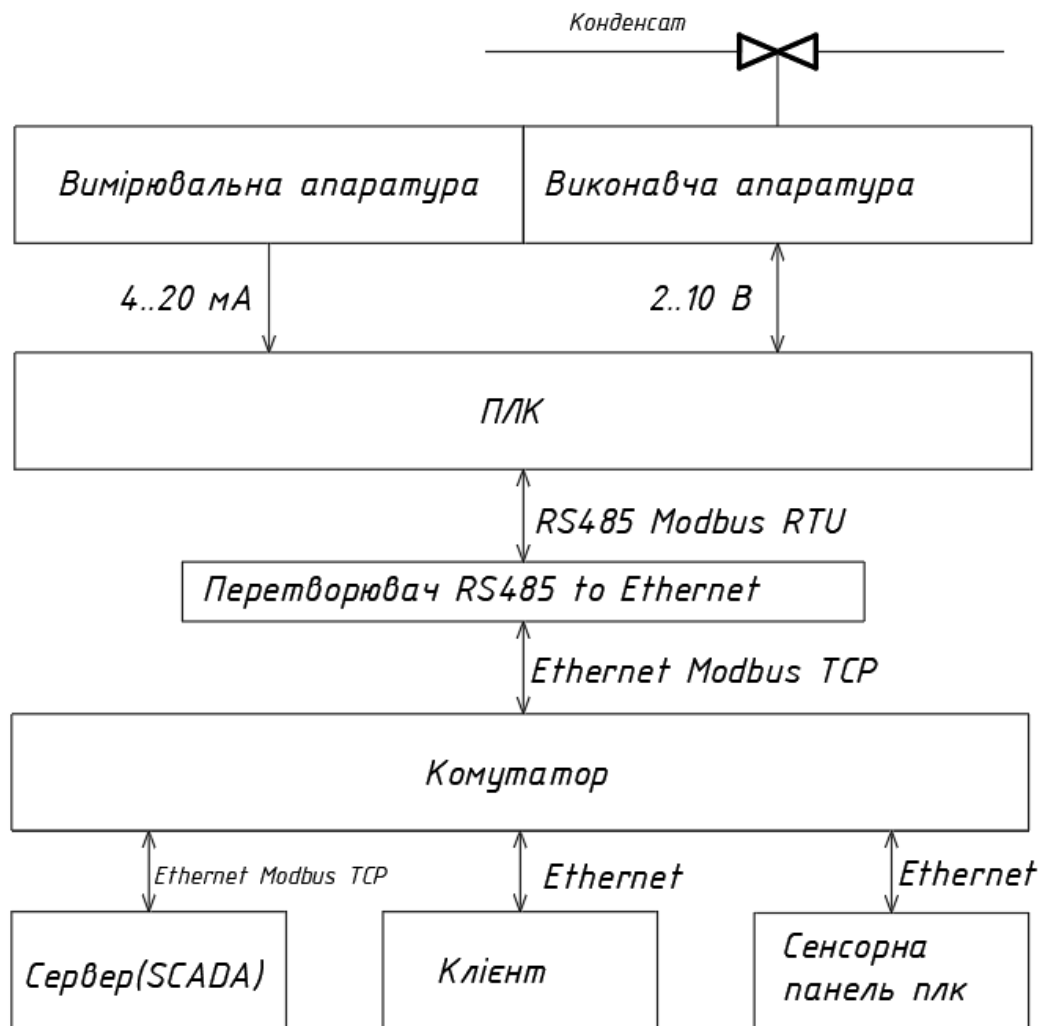


Рисунок 1.3 - Програмно-технічний комплекс

Вимірювальна апаратура підключається до програмованологічного контролеру (ПЛК) який в свою чергу надсилає дані SCADA системи, для збору і аналізу даних.

Виконавча апаратура складається з пристроїв, які керують роботою виконавчих механізмів, клапанів, насосів. Виконавча апаратура отримує команди від контролерів, таких як ПЛК або системи SCADA, і виконує відповідні дії.

ВМА та ВКА поєднані з ПЛК через Industrial Ethernet. Цей інтерфейс забезпечує надійну роботу стандартних протоколів обміну даних:

- ISO та TCP/IP;
- OPC;
- Industrial Ethernet;

Серверні і клієнтські робочі станції використовуються для керування і моніторингу автоматизованих процесів. Серверні станції зазвичай забезпечують централізоване керування і збір даних, вони можуть виконувати алгоритми контролю і керування. Клієнтські робочі станції надають інтерфейс для операторів інформацію про стан системи, дозволяють налаштовувати параметри і відправляти команди до контролерів і пристроїв.

Сервер і клієнт поєднуються з комутатором та плк в промислову мережу Ethernet через протокол Modbus

Усі ці компоненти промислової автоматизації взаємодіють між собою, забезпечуючи збір, передачу, обробку та керування даними для ефективного функціонування автоматизованих систем.

РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК САР

2.1 Інженерний розрахунок вимірювальних каналів САР

2.1.1 Перелік вимірювальних каналів (ВК)

- Температура прямої мережевої води. (150 °С)
- Температура зворотньої мережевої води. (50 °С)
- Рівень конденсату в корпусі. (550..1150 мм)

2.1.2 Схеми структурні вимірювальних каналів

Вимірювальний канал температури прямої мережевої води

На рис 2.1 Зображено структурну схему вимірювального каналу температури прямої мережевої води, температура вимірюється термоперетворювачем опору РТ100 (Danfoss MBT, 3270). Вихідний сигнал датчика 4...20мА, (50..150 мм).

Вимірювальний канал рівня конденсату в корпусі підігрівача.

На рис 2.2 Зображено структурну схему вимірювального каналу рівня конденсату, рівень вимірюється датчиком гідростатичного тиску (Endress+Hauser Cerabar PMP71). Вихідний сигнал датчика 4...20мА, (550..1150 мм).

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						17
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

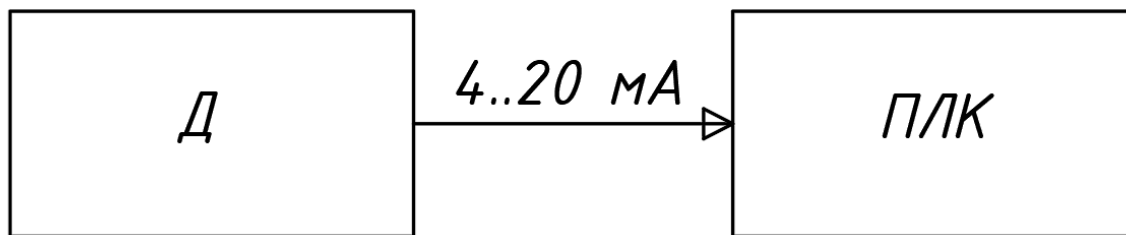


Рисунок 2.1 – Структурна схема вимірювального каналу температури мережевої води

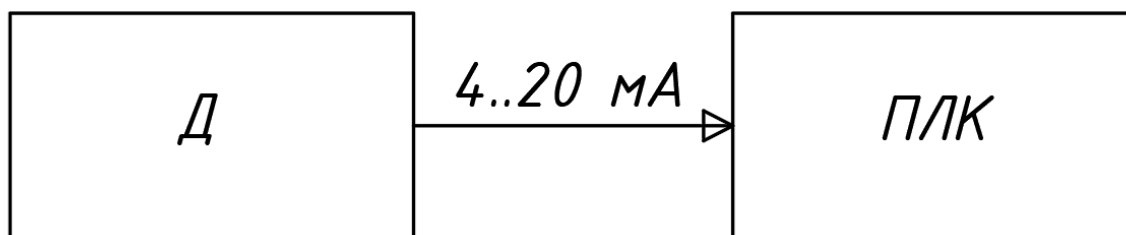


Рисунок 2.2 – Структурна схема вимірювального каналу рівня конденсату

2.1.3 Особливості електричних підключень давачів вимірювальних каналів

Для вимірювання рівня конденсату використовується датчик різниці тиску з вихідним сигналом 4...20 мА. На рис. 2.3 електрична схема для підключення датчика з вихідним сигналом 4...20 мА.

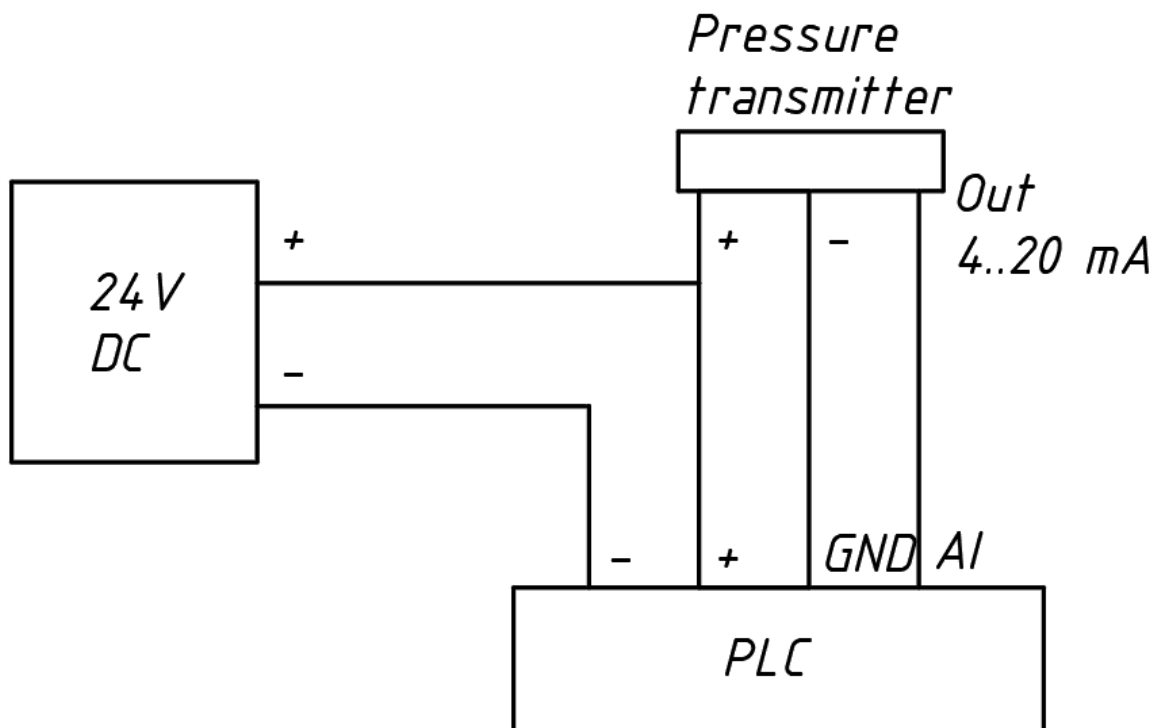


Рисунок 2.3 – Електрична схема підключення датчика різниці тиску

Захисні стабілітрони (також відомі як захисні діоди) використовуються для захисту вхідних інтерфейсів контролера від перенапруг та розряду. Вони допомагають запобігти пошкодженню контролера в разі виникнення перенапруги або струмових ударів.

Підключення давачів за напругою зазвичай вимагає використання оптичних ізоляторів або вихідних модулів, які забезпечують гальванічну ізоляцію між контролером і давачем. Це необхідно для електричної безпеки та захисту від електромагнітних перешкод.

2.1.4 Монтаж технічних засобів вимірювальних каналів

На рис. 2.4 зображено каналний датчик температури (Danfoss MBT, 3270) який монтується у трубопровід.



Рисунок 2.4 – Термоперетворювач опору Danfoss MBT 3270

На рис. 2.5 зображено Cerabar PMP71 - датчик тиску, який використовується для вимірювання різних рівнів тиску в різних процесних середовищах.

Монтаж дифманометрів та інших датчиків диференціального тиску має додаткові особливості у зв'язку з наявністю двох імпульсних ліній для підведення низького та високого тиску. Отвори для підключення цих тисків можуть розташовуватися в різних варіаціях, що може спростити монтаж приладу. Також потрібно оптимальним чином вибрати типи приєднувального різьблення імпульсних трубок, розташування та тип отворів, призначених для монтажу приладу на технологічному обладнанні.

Датчик призначений для кріплення на трубопроводах чи стінах. Рекомендована орієнтація – вертикальна. Датчик необхідно встановити таким чином, щоб він перебував вище своїх точок з'єднання. Сполучні трубки можуть мати довільну довжину, проте якщо вони довше 2-х метрів, час реакції на перепад тиску збільшується. Для того, щоб уникнути конденсації вологи в сполучних трубках їх необхідно прокладати з ухилом від датчика до місць з'єднання

Перед монтажем датчика необхідно переконатися, що монтажна поверхня чиста, рівна і відповідає вимогам виробника. Деякі датчики можуть потребувати використання додаткових кріпильних елементів, таких як фланці, ущільнювачі або прокладки



Рисунок 2.5 – Датчик гідростатичного тиску Cerabar PMP71

2.1.5 Захист технічних засобів вимірювальних каналів від перешкод

Захист вимірювальної апаратури АСУТП (автоматизованої системи управління технологічними процесами) від електромагнітних наведень включає екранізацію, заземлення та зовнішню фільтрацію сигналів. Крім того, також можуть використовуватись спеціальні типи кабельної продукції та методи прокладання кабелів для забезпечення додаткового захисту. Способи іскрозахисту та іскробезпечного монтажу також можуть бути використані для зниження ризику виникнення пожежі або вибуху.

Кабелі вимірювальної апаратури можуть бути екрановані для захисту від зовнішніх електромагнітних полів. Екран може бути виготовлений зі спеціальних матеріалів, таких як фольга або металева оплетка, які забезпечують електромагнітний бар'єр. Екран повинен бути правильно підключений до заземлення для ефективної роботи. Для захисту від електромагнітних наведень можуть використовуватись спеціальні кабелі з екраном або зі шторковою оплеткою. Такі кабелі забезпечують додатковий захист від зовнішніх перешкод і можуть бути вибрані залежно від конкретних вимог та умов монтажу.

Заземлення вимірювальної апаратури є важливою складовою для захисту від електромагнітних наведень. Заземлювальні провідники повинні бути належно підключені до пристрою та до системи заземлення, що відповідає вимогам стандартів безпеки.

Використання фільтрів може допомогти знизити рівень електромагнітних перешкод, які впливають на сигнали вимірювальної апаратури. Фільтри можуть бути встановлені на кабельних лініях або вбудовані безпосередньо в пристрій.

У випадку вибухонебезпечних середовищ можуть використовуватись спеціальні методи іскрозахисту та іскробезпечного монтажу, щоб запобігти виникненню іскор, які можуть призвести до вибуху. Це може включати використання спеціальних пристроїв, захисних покриттів, антивibraційних елементів та інших заходів безпеки, які відповідають стандартам для вибухонебезпечних середовищ.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						22
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Програмна фільтрація може допомогти видалити шуми та інші непотрібні відхилення з сигналу. Це може поліпшити точність вимірювань та знизити вплив зовнішніх факторів на результати.

Зазвичай в ПЛК існує можливість використання алгоритмів фільтрації, таких як згладжування середнім значенням, фільтр Калмана, фільтр нижньої частоти та інші. Встановлення і налагодження програмних фільтрів зазвичай виконується через спеціальне програмне середовище ПЛК. Важливо враховувати, що програмна фільтрація сигналів може вплинути на швидкодію системи, тому слід ретельно збалансувати потреби в фільтрації та вимоги до швидкості обробки даних.

2.1.6 Метрологічний розрахунок вимірювальних каналів

Для вимірювання рівня конденсату перетворювач гідростатичного тиску Cerabar PMP71. Для того, щоб правильно провести розрахунки, потрібно перевести мм в. ст. в Мпа. Відповідні технічні характеристики вимірювання рівня наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1– Технічні характеристики вимірювання витрати пари на виході з парогенератора та витрати живильної води

Елементи ВК	Тип	Клас точності	Діапазон вимірювання
перетворювач диференціального тиску	Cerabar PMP71	0,075	(0.0054.. 0.0113 МПа).
ПЛК	Modicon M172	1	(0.0054.. 0.0113 МПа).

Задамося точністю вимірювання $\Delta_{max} = 10$ мм. в. ст.

Розрахунок абсолютної похибки кожного елементу, який входить до відповідного вимірювального каналу, виконуються за формулою:

$$\Delta_i = \frac{\varepsilon_{\text{кл}}(X_{\text{max}} - X_{\text{min}})}{100}$$

де $\varepsilon_{\text{кл}}$ - клас точності елементу;

X_{max} , X_{min} - максимальне та мінімальне значення вимірюваної величини.

Тоді:

$$\Delta_{\text{РМР71}} = \frac{\varepsilon_{\text{РМР71}}(X_{\text{max}} - X_{\text{min}})}{100} = \frac{0,075(0.0113 - 0.0054)}{100} = 0.000004 \text{ МПа}$$

$$\Delta_{\text{М172}} = \frac{\varepsilon_{\text{М172}}(X_{\text{max}} - X_{\text{min}})}{100} = \frac{1(0.0113 - 0.0054)}{100} = 0.00006 \text{ МПа}$$

Абсолютна похибка ВК визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{ВК}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2} = \sqrt{0.000004^2 + 0.00006^2} = 0.00006 \text{ МПа}$$

Відносна похибка ВК:

$$\varepsilon = \frac{\Delta_{\text{ВК}}}{(X_{\text{max}} - X_{\text{min}})} 100\% = \frac{0.00006}{0.0059} 100\% = 1.02\%$$

Абсолютна похибка дорівнює 0,0006 МПа, перетворивши в мм. в. ст. виходить 6,12 мм, а це менше від допустимої 6,12 < 10 мм, з чого можна зробити висновок що прилад підібраний правильно.

2.1.7 Функції первинної обробки даних вимірювання в ПЛК

Первинна обробка даних вимірювання в програмованих логічних контролерах (ПЛК) відбувається на етапі отримання сигналів з різних вимірювальних каналів і має на меті покращення достовірності інформації, що отримується, шляхом застосування різних функцій. Основні функції первинної обробки даних вимірювання в ПЛК включають:

- Підвищення достовірності інформації: ПЛК може використовувати різні методи для підвищення достовірності даних. Це може включати перевірку на аномальні значення, виявлення відхилень від норми, валідацію даних з вимірювальних каналів тощо. В результаті цих

перевірок можна забезпечити більш точну та надійну інформацію для подальшого використання.

- Перевірка на відмову вимірювальних каналів: ПЛК може перевіряти роботу вимірювальних каналів на відмову або несправність. Це може включати перевірку на наявність сигналу, перевірку діапазону значень, виявлення розриву з'єднання або інших відхилень в роботі каналів. Якщо виявляється несправність, можуть бути вжиті відповідні заходи, такі як відключення вимірювального каналу або генерація відповідного сигналу помилки.
- Фільтрація сигналів: ПЛК може використовувати фільтри для обробки вхідних сигналів і видалення непотрібного шуму або спотворень. Це може включати застосування низкочастотних фільтрів для стабілізації аналогових сигналів або видалення високочастотних шумів, які можуть впливати на точність вимірювань.

Ці функції первинної обробки даних вимірювання в ПЛК допомагають забезпечити достовірну, точну та надійну інформацію для подальшого використання в системі автоматизації або для прийняття рішень.

2.2 Інженерний розрахунок регулювально-виконавчих каналів САР

2.2.1 Перелік систем автоматичного регулювання

В цій роботі буде використано спосіб регулювання температури пропуском частини зворотної мережевої води через клапан в обвід підігрівача в трубопровід прямої мережевої води, тобто, шляхом змішення підігрітого та холодного потоку мережевої води для зменшення інерційності регулюючої ділянки та незмінної витрати гріючої пари, та єдиного способу регулювання рівня конденсату шляхом відкриття/закриття клапана через його ефективність і простоту.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

Оскільки система регулювання температури має два збурення, доцільно буде застосувати каскадну систему регулювання щоб забезпечити високу точність регулювання.

Система регулювання рівня конденсату має одне значене збурення тому можемо використати одноконтурну систему регулювання для простоти, надійності та зменшення витрат.

2.2.2 Функціональна і структурна схеми САР

Враховуючи наявність двох збурень для моделювання в системі, найбільш впливовим було вибрано збурення, що походить від конденсату, який подається на вхід до підігрівача мережевої води. З урахуванням вищезазначеного, схема регулювання для підтримання рівня конденсату буде мати наступний вигляд, зображений на рис. 2.6

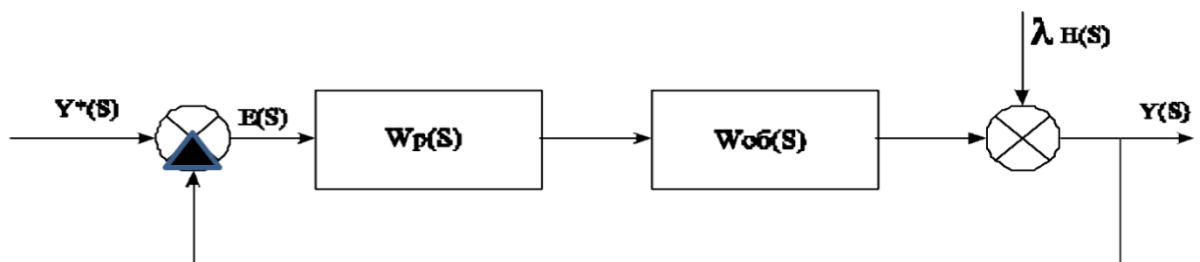


Рисунок 2.6- Структурна схема одноконтурної САР

Для забезпечення якісного регулювання рівня конденсату в корпусі підігрівача мережевої води передбачено, що уставка регулятора буде змінюватися відповідно до навантаження всієї установки.

2.2.3 Схема структурна надійності реалізації управляючої функції САР

Для розрахунку надійності керуючої функції необхідно врахувати всі компоненти управляючої структурної схеми рис. 2.7 від контролера до регулюючих органів.

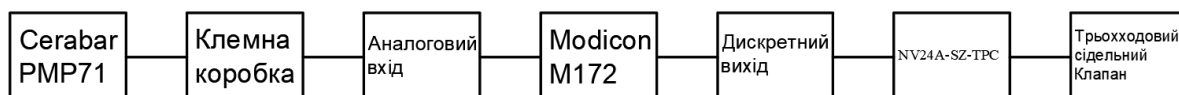


Рисунок 2.7 – Управляюча структурна схема

2.2.4 Розрахунок надійності реалізації управляючої функції САР

Для обчислення загальної інтенсивності відмов управляючої функції потрібно скласти суму інтенсивності відмов кожного елемента, які представлені в таблиці 2.2 відповідно до послідовності.

Таблиця 2.2 - Середній час напрацювання на відмову елементів системи

Елемент	$\lambda * 10^{-6}, 1/\text{год}$
Датчик різниці гідростатичного тиску PMP71 Endress+Hauser	16
Клема прохідна, 5мм ² Wago	7.6
Modicon M172 Schneider Electric	12
Виконавчий механізм BELIMO NV24A-SZ-TPC з трьохходовим клапаном	7.6

Тоді:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = \lambda = (16+7.6+12+7.6)=43.2 * 10^{-6}, 1/\text{год}$$

Відповідно середній час напрацювання буде дорівнювати:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda * 10^{-6}} = \frac{1}{43.2 * 10^{-6}} = 23148.1 \text{ год}$$

Зазвичай задаються середнім часом на напрацювання відмову елемента для всіх функцій $T_{\text{сер}} > 1000$ год. З вище описаних розрахунків та заданих вимог надійності випливає, що САР відповідає вимогам.

2.2.5 Ідентифікація об'єкта управління

ОУ без самовирівнювання являє собою послідовне з'єднання ланки транспортного запізнення та інтегруючої ланки.

Для ідентифікації було проведено експеримент. Початкові умови: рівень конденсату $H = 1037$ мм, клапан відкритий на 60%. Дочекавшись стабільного рівня відкрито клапан на 80%, побудовано, у відповідності до ступеню відкриття клапана рис 2.8 , і знято розгінну характеристику рис 2.9

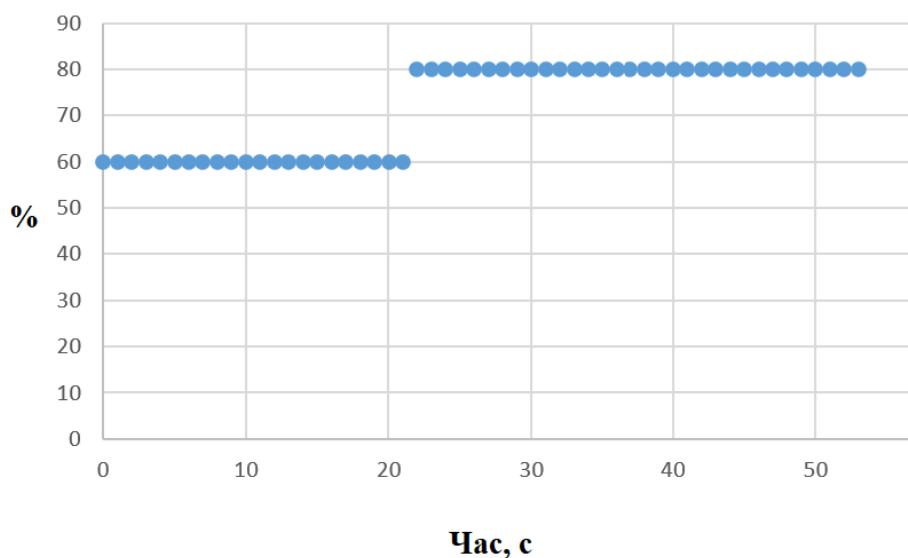


Рисунок 2.8 – Ступінь відкриття клапана

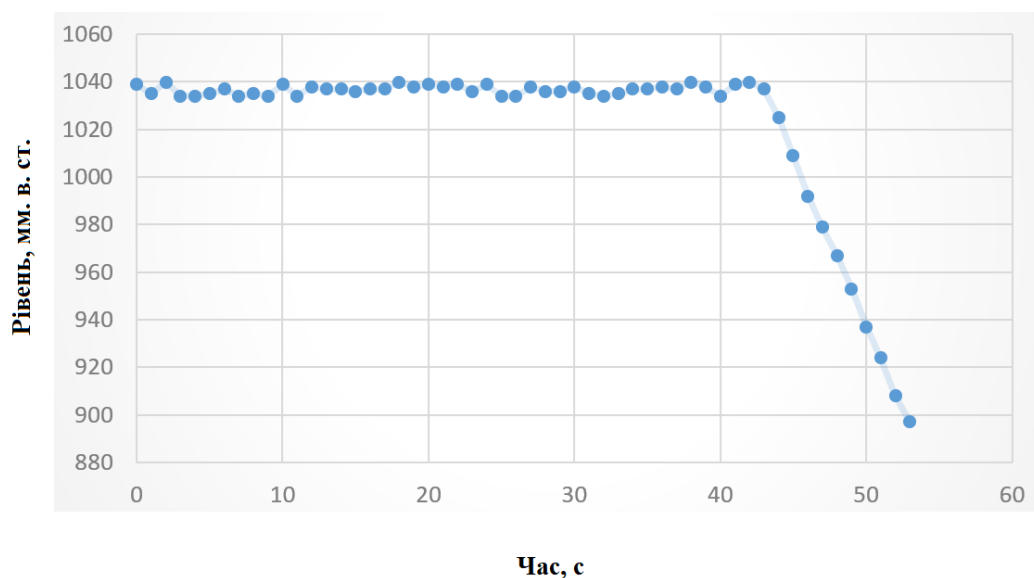


Рисунок 2.9 – Розгінна характеристика

Приведемо розгінну характеристику до перехідної рис 2.10 за формулою:

$$Y_{\text{норм}} = \frac{Y - Y_{\text{мін}}}{Y_{\text{макс}} - Y_{\text{мін}}}$$

де:

$Y_{\text{норм}}$ - нормоване значення характеристики,

Y - значення характеристики, яке потрібно нормувати,

$Y_{\text{мін}}$ - мінімальне значення характеристики,

$Y_{\text{макс}}$ - максимальне значення характеристики.

Ця формула перетворює значення характеристики Y на діапазон від 0 до 1, де 0 відповідає мінімальному значенню, а 1 - максимальному значенню. Застосовуючи цю формулу, можна нормувати розгінну характеристику до перехідної.

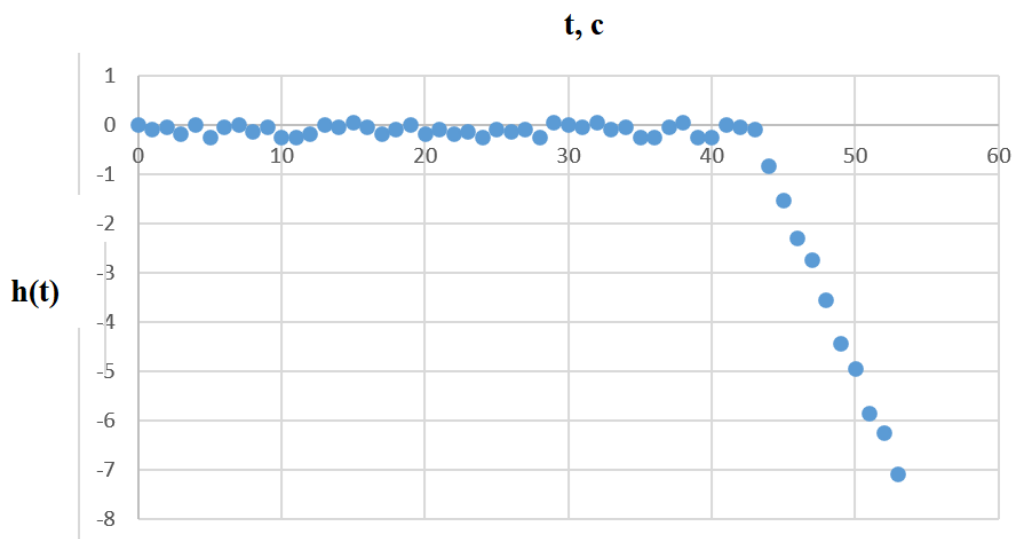


Рисунок 2.10 – Перехідна характеристика

Обробимо графічні дані за допомогою графічного методу та отримаємо функцію передачі.

2.2.6 Розрахунок регуляторів САР

Функція передачі об'єкта управління:

$$W(p) = -\frac{0.7}{p}e^{-22p}$$

Оптимальним буде процес з мінімумом квадратичного інтегрального критерію (найменший динамічний викид; практично 40%-не перерегулювання, найбільший час регулювання, три і більше напівперіода коливань).

Для розрахунку ПІ-регулятора використаємо експрес метод Minimum IAE - Shinskey (1994) націлений на мінімальний інтегральний критерій якості.

$$K_m = -0.7 ; \tau_m = 22$$

$$K_c = \frac{0.9259}{K_m \cdot \tau_m}$$

$$T_i = 4 * \tau_m$$

$$K_c = \frac{0.9259}{-0.7 * 22} = -0.06$$

$$T_i = 4 * 22 = 88$$

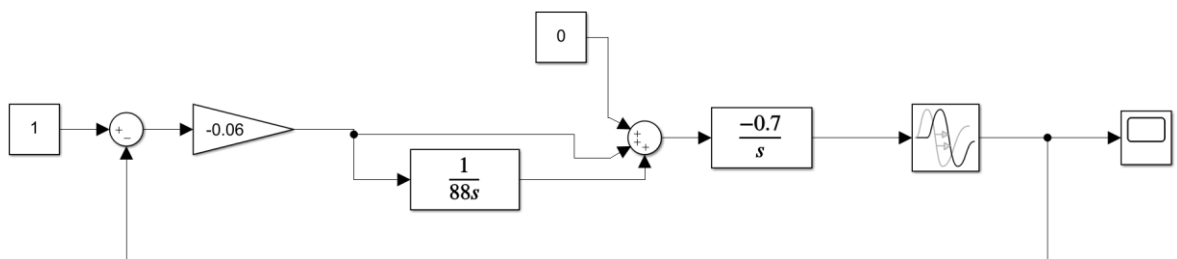


Рисунок 2.11 - Структурна схема САР підтримання рівня конденсату в корпусі підігрівача в середовищі Simulink

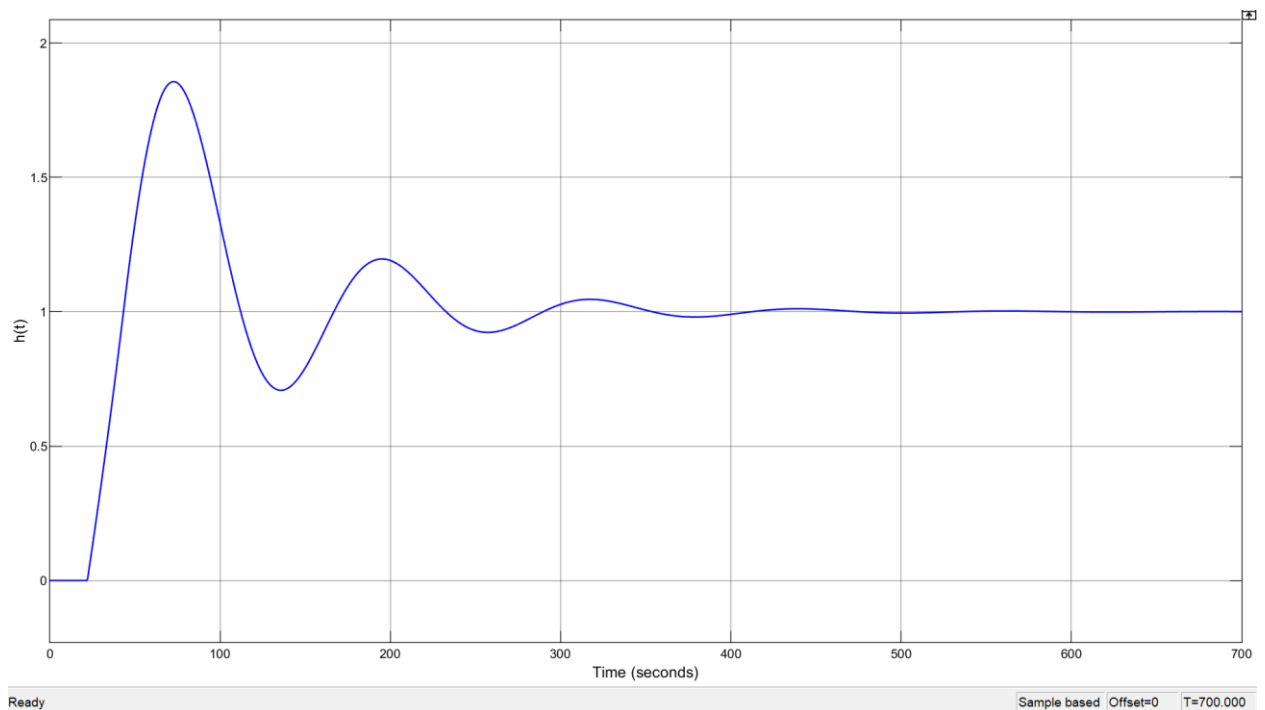


Рисунок 2.12 - Перехідний процес одноконтурної САР з ПІ-регулятором підтримання рівня конденсату в корпусі підігрівача

Таблиця 2.3 - Прямі показники якості роботи системи керування при налаштуванні регулятора за методом

Статична похибка $\Delta_{ст}$	Динамічна похибка $\Delta_{дин}$	Перерегулювання $\sigma, \%$	Степінь затухання ψ	Час перехідного процесу $t_{пп}, c$
0	0.855	85.5%	0,76	227.5

Таблиця 2.4 - Інтегральні показники якості роботи системи керування при налаштуванні регулятора за методом

$I_{лін}$	$I_{лін}^{абс}$	$I_{лін}^{КВ}$	$I_{лін}^{ШВД}$	$I_{лін}^{час}$
-0.0034	93.82	57.56	57.07	2884

Для розрахунку ПІ-регулятора використаємо експрес метод Minimum ITAE - Roulin and Pomerleau (1996).націлений на мінімальний інтегральний критерій якості.

$$K_m = -0.7 ; \tau_m = 22$$

$$K_c = \frac{0.5327}{K_m * \tau_m}$$

$$T_i = 3.8853 * \tau_m$$

$$K_c = \frac{0.5327}{-0.7 * 22} = -0.034$$

$$T_i = 3.8853 * 22 = 85.477$$

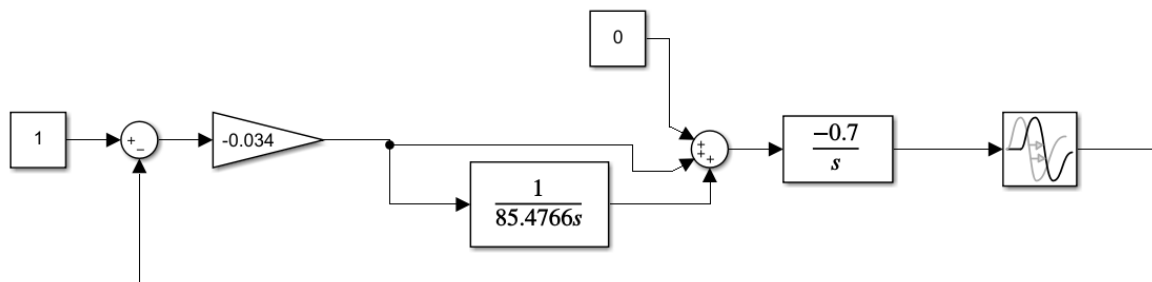


Рисунок 2.13 - Структурна схема САР підтримання рівня конденсату в корпусі підігрівача в середовищі Simulink

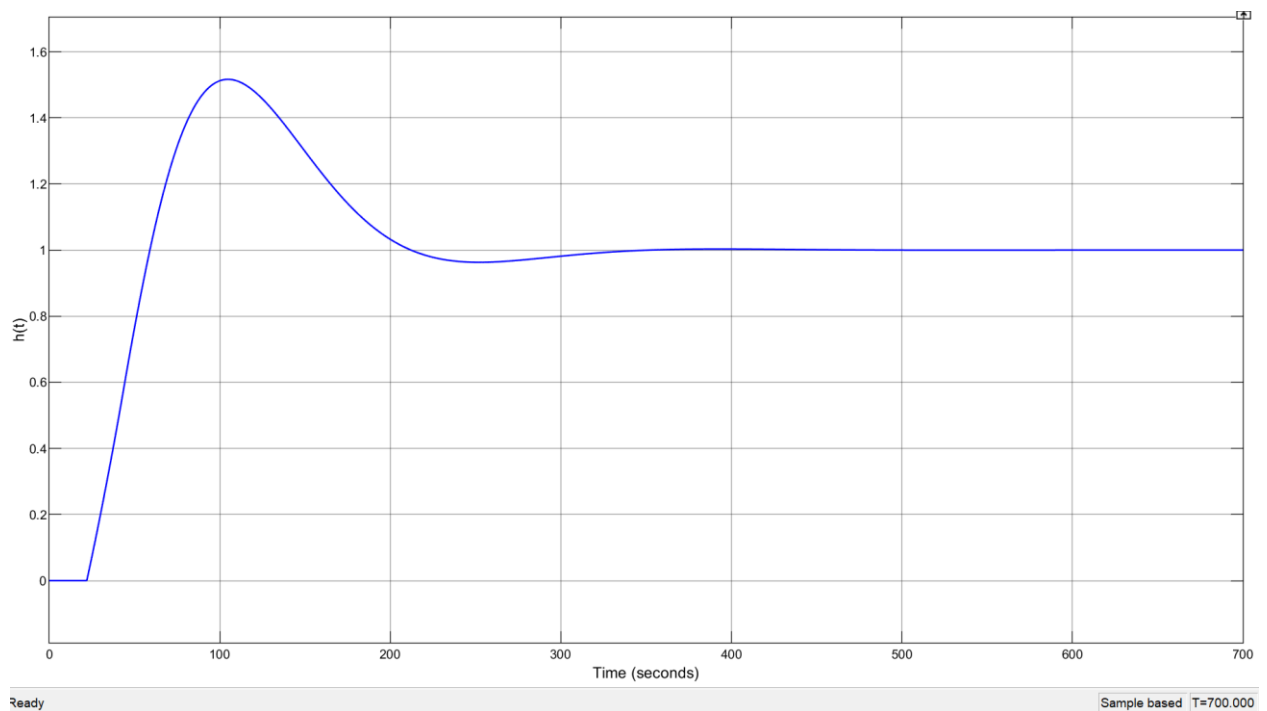


Рисунок 2.14 - Перехідний процес одноконтурної САР з ПІ-регулятором підтримання рівня конденсату в корпусі підігрівача

Таблиця 2.5 - Прямі показники якості роботи системи керування при налаштуванні регулятора за методом

Статична похибка $\Delta_{ст}$	Динамічна похибка $\Delta_{дин}$	Перерегулювання $\sigma, \%$	Степінь затухання ψ	Час перехідного процесу $t_{пп}, c$
0	0.517	51.7%	1	191

Таблиця 2.6 - Інтегральні показники якості роботи системи керування при налаштуванні регулятора за методом

$I_{лін}$	$I_{лін}^{абс}$	$I_{лін}^{кв}$	$I_{лін}^{швд}$	$I_{лін}^{час}$
0.0004	87.17	51.64	51.14	2571

Для порівняння розрахуємо також третім експрес методом Cluett and Wang (1997).

$$K_m = -0.7 ; \tau_m = 22$$

$$K_c = \frac{0.2709}{K_m * \tau_m}$$

$$T_i = 13.1416 * \tau_m$$

$$K_c = \frac{0.2709}{-0.7 * 22} = -0.031$$

$$T_i = 13.1416 * 22 = 259.11$$

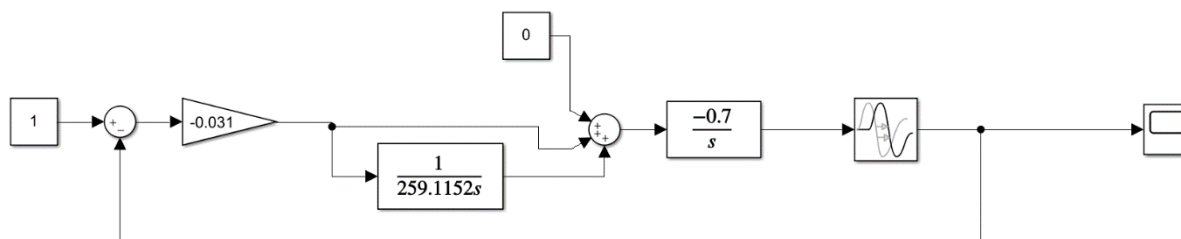


Рисунок 2.15 - Структурна схема САР підтримання рівня конденсату в корпусі підігрівача в середовищі Simulink

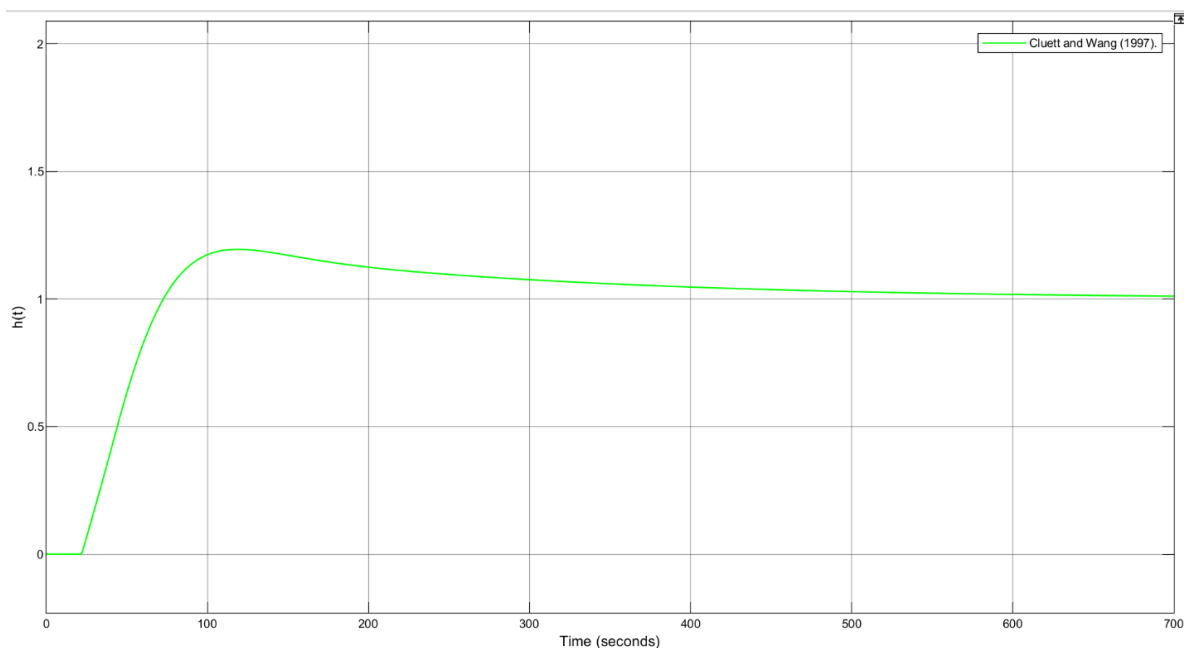


Рисунок 2.16 - Перехідний процес одноконтурної САР з ПІ-регулятором підтримання рівня конденсату в корпусі підігрівача

Проведемо порівняння для визначення найкращого методу розрахунку регулюючих параметрів, шляхом зіставлення перехідних характеристик методу Minimum IAE - Shinskey (1994), експрес-методу Minimum ITAE - Poulin and Pomerleau (1996) та Cluett and Wang (1997). рис. 2.17, а також оцінимо показники якості цих методів, які представлені у таблиці 2.7 та в таблиці 2.8

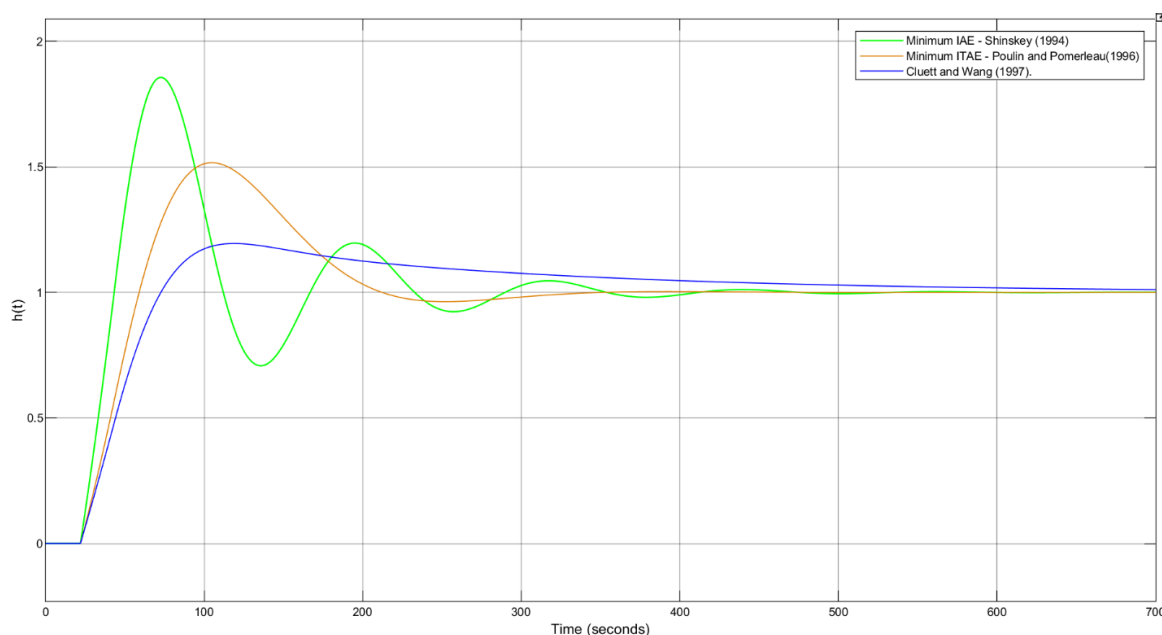


Рисунок 2.17 – Порівняння перехідних процесів одноконтурної САР з ПІ-регулятором підтримання рівня конденсату в корпусі підігрівача

Таблиця 2.7 - Порівняння прямих показників якості експрес методів

Метод	$\Delta_{ст}$	$\Delta_{дин}$	σ	ψ	$t_{пп}$
Minimum IAE - Shinskey (1994)	0	0.855	85.5	0.76	227.5
Minimum ITAE - Poulin and Pomerleau(1996)	0	0.517	51.7%	1	191
Cluett and Wang (1997).	0	0.163	16.3%	1	308

Таблиця 2.8 - Порівняння інтегральних показників якості експрес методів

Метод	$I_{лін}$	$I_{абс\ лін}$	$I_{кв\ лін}$	$I_{лін}^{швд}$	$I_{час\ лін}$
Minimum IAE - Shinskey (1994)	- 0.0034	93.82	57.56	57.07	2884
Minimum ITAE - Poulin and Pomerleau(1996)	0.0004	87.17	51.64	51.14	2571
Cluett and Wang (1997).	2.279	87.62	41.74	41.24	1642

Отже, виходячи з порівняння експрес методу Minimum Minimum IAE - Shinskey (1994), методу Minimum ITAE - Poulin and Pomerleau(1996) та Cluett and Wang (1997). видно, що метод та Cluett and Wang (1997) має кращий перехідний процес та інтегральні показники якості Таким чином, експрес метод доцільно

використати при налаштуванні параметрів ПІ-регулятора для системи регулювання рівня конденсату в корпусі підігрівача

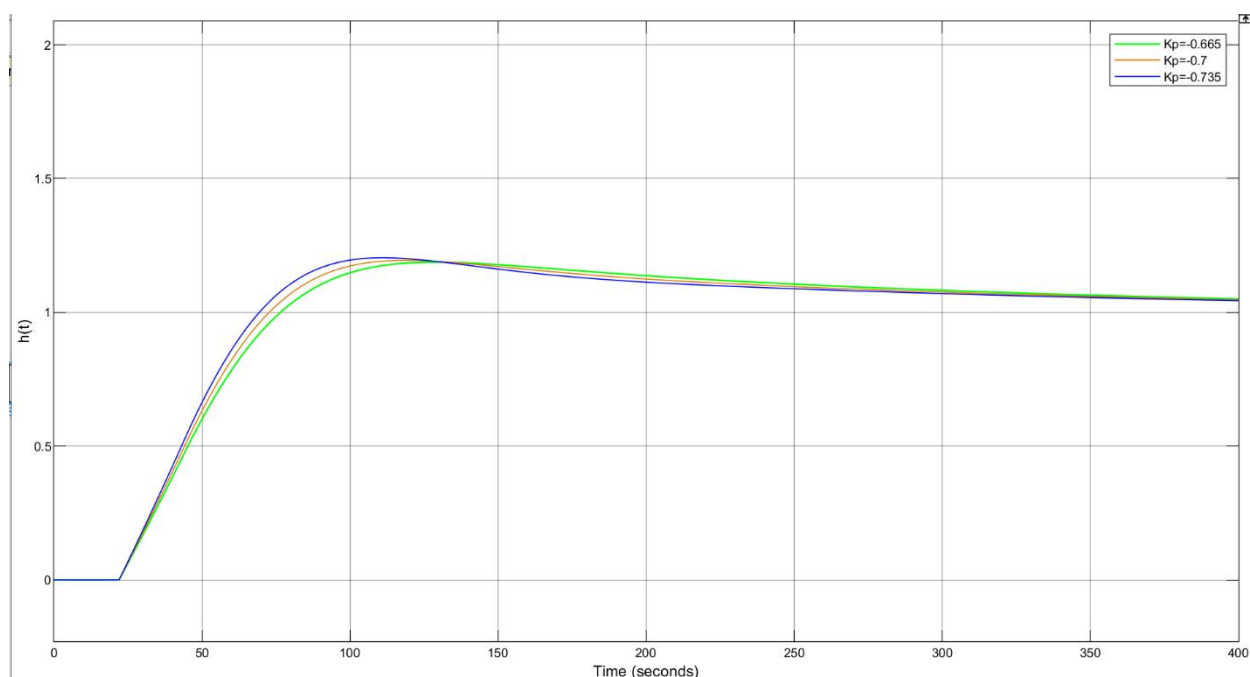


Рисунок 2.18 – Порівняння перехідних процесів одноконтурної САР з ПІ-регулятором підтримання рівня конденсату в корпусі підігрівача

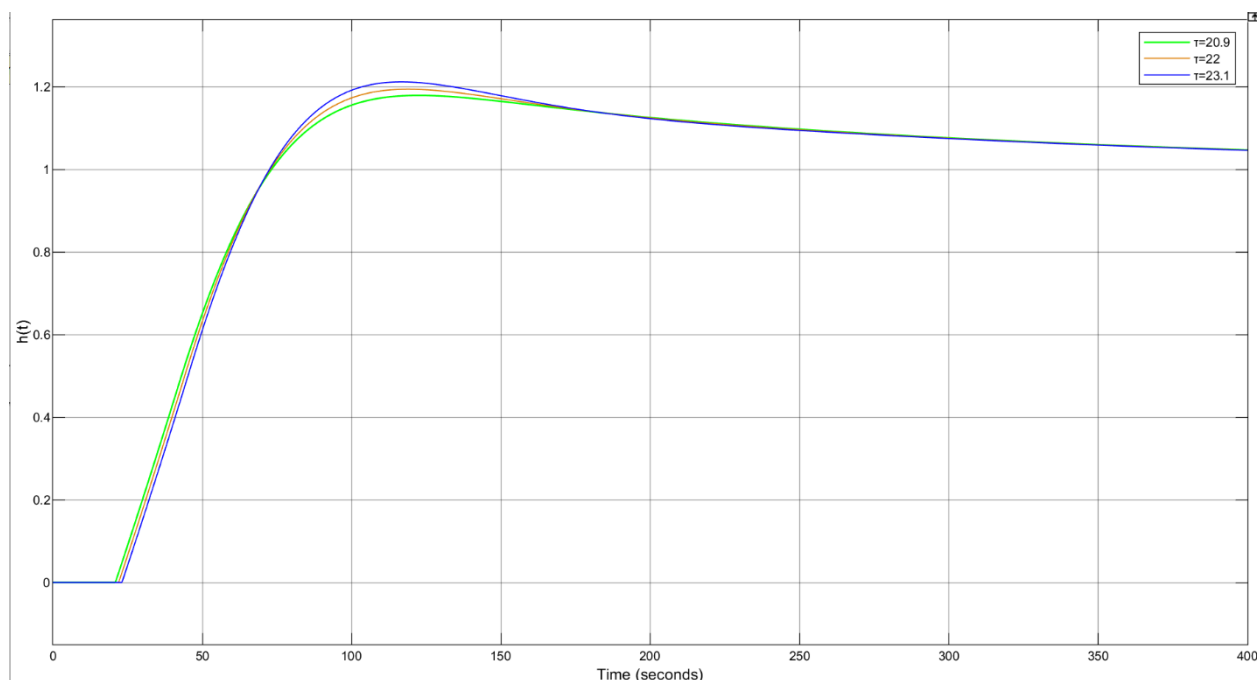


Рисунок 2.19 – Порівняння перехідних процесів одноконтурної САР з ПІ-регулятором підтримання рівня конденсату в корпусі підігрівача

Таблиця 2.9 - Аналіз функцій чутливості

Параметри	K_{ob}	τ_{ob}	Динамічне відхилення	Перерегулювання
Вихідні	-0.7	22	0.163	308
K_{var}	-0.665	-0.7	0.172	325
	-0.735	-0.7	0.154	301
τ_{var}	22	20.9	0.171	336
	22	23.1	0.157	297

РОЗДІЛ 3 ОПИС ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ

3.1 Схема функціональна автоматизації ТОУ

Опис схеми функціональної автоматизації ТОУ, яка детально розкриває функціональні елементи та їх зв'язок із системою в цілому, можна знайти в підрозділі 1.5 ПЗ ДПБ.

В підрозділі надана вся необхідна інформація щодо функціональної структури та її принципу дії, роботи давачів, насосів, виконавчих механізмів та їх взаємодію з ПЛК .

3.2 Схема структурна ПТК

Опис схеми структурної ПТКЗА, що детально розкриває компоненти та взаємозв'язки системи, можна знайти в підрозділі 1.6 ПЗ ДПБ. Розуміння та налагодження роботи ПТКЗА є важливим аспектом для забезпечення безпеки та надійності роботи всієї системи.

3.3 Схема принципова електрична АСР

Принципова електрична схема має трьохфазне джерело живлення (фазний провідник L1-L3 та нейтральний провідник N). На жилах L1-L3 встановлений трьохполюсний вимикач навантаження «iC60N» від *Schneider Electric*.

Принцип його дії базується на механічних та електричних властивостях його контактів, які забезпечують стабільну роботу та безперебійне живлення електричних пристроїв або систем.

Перелік об'єктів (електроапаратури) на щиті:

- ПЛК («Modicon M172» від Schneider Electric);
- Блок живлення (HDR 30-24 від Mean Well);
- Вимикач навантаження («SBN240» від Hager);
- Контактори («A9C22511» від Schneider Electric);
- Автоматичні вимикачі («iC60N» від Schneider Electric);

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						38
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Сигнальна лампа («Harmony XB7» від Schneider Electric
- Клеми прохідні з різним перетином провідника (2.5мм² та 5мм² від WAGO).

ПЛК (поз.А1) та блок живлення(поз.PS1) живляться від 220В та мають заземлюючий контур. Вони захищені автоматичними вимикачами (поз.QF1, поз.QF2), які захищають струмовий рівень від перенавантаження, або короткого замикання.

Сигнальні лампи (поз.HL1-HL6) працює по принципу +/-, де плюс - це дискретний вихід контролера, а мінус – мінусова клемма блока живлення (V-).

Контактори (KM3) мають напругу живлення 220В та спрацьовують за рахунок дискретних вихідних сигналів.

В той час, як ключі реле (поз. KM3.1) замикаються – подається живлення на однофазний насос, який встановлений за місцем.

ПЛК має порт RJ45 Ethernet, через який можна з легкістю підключитися до локальної мережі.

Аналогові входи (AI1-AI13) та виходи (AO1-AO3), а також дискретні входи (DI3-DI5) ПЛК, додатково забезпечені прохідними клеммами (поз.X2) від час підключення електричних проводів, що значно полегшують процес встановлення та обслуговування електричних систем.

Перелік об'єктів (електроапаратури) за місцем:

- Давачі температури («MBT, 3270» від Danfoss);
- Перетворювачі тиску («S-10-3A» від WIKA);
- Давач гідростатичного тиску («PMP71» від Endress+Hauser);
- Циркуляційний насос («TD 50 - 24 / 2DWSR» від in-line);
- Сервоприводи («NV24A-SZ-TPC» від Belimo);

Давачі температури(поз.D3-D5), перетворювачі тиску (поз.D1-D2) та давач гідростатичного тиску (поз.D6) мають уніфікований вихідний сигнал 4-20 мА та підключаються на аналогові входи контролера.

Живляться вони за рахунок струмової клеми контролера (24V out).

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						39
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі кабелі цих датчиків скручені у джгут задля зменшення перехресних завад між окремими парами проводів.

Однофазний циркуляційний насос (поз.М1), підключаються напряму до струмової жили L1.

Сервоприводи (поз.А2-А5) живляться за рахунок блока живлення та керуються аналоговими вихідними сигналами з контролера.

Узагальнюючи, принципова електрична схема є важливим інструментом для розробників, проектувальників та технічних спеціалістів, оскільки вона надає зрозуміле та компактне представлення структури та функцій електричного пристрою або системи.

3.4 Креслення загального виду щита

При розробці загального виду щита, першим чином, слід було ознайомитися з технічною документацією щодо розташування і підключення кожного пристрою.

Монтажний бік і фасадна частина (всі позиції) були реалізовані з дотриманням всіх пропорцій (відносно ширини та висоти), взятих з технічної документації, та відповідно масштабу.

Починаючи з верхньої частини щита, монтувалася найбільш високовольтна апаратура (ПЛК та його автоматичний вимикач по струмовій лінії). Було передбачено достатній вільний простір між апаратурою, для того, щоб можна було з легкістю дістатися до приладу та прокласти до нього кабель.

Вся електроапаратура кріпиться на 35-мм DIN-рейку, з метою зручного та надійного монтажу. DIN-рейки відповідають міжнародним стандартам, тому це дозволяє використовувати різні типи електроапаратури в шафних щитах.

Пластиковий перфорований короб використовується для організації системи проводки та захисту електричних кабелів та проводів. Він дозволяє розведення кабелів від точки живлення до різних пристроїв з мінімальною заплутаністю.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						40
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Клемники мають достатньо місця для комфортного підключення проводів різних розмірів та типів. Відповідне маркування клемників сприяє швидкому знаходженню та ідентифікації необхідних точок підключення.

На фасадній частині знаходиться сигнальна лампа та отвір під замок щита. Електричні щити можуть містити небезпечні напруги, струми та енергію. Замок на щиті управління допомагає запобігти випадковому або несанкціонованому доступу до цих небезпечних елементів, зменшуючи ризик ураження електричним струмом, короткого замикання або інших нещасних випадків.

3.5 Схема зовнішніх з'єднань

Призначення схеми зовнішніх з'єднань полягає у наданні зрозумілої та структурованої інформації щодо способів підключення та взаємодії між різними пристроями та компонентами системи.

На схемі представлені такі зовнішні пристрої:

- Давач температури (D3-D5);
- Перетворювачі тиску (D1-D1);
- Давач гідростатичного тиску (поз.D6)
- Сервоприводи (A2-A5);
- Циркуляційний насос (M1).

Всі вищеперелічені зовнішні пристрої підключаються до щита автоматизації відповідним типом кабелю.

Для сервоприводів та всіх давачів використовується контрольний кабель типу КВВБГ з 4 жилами та перерізом жили – 1 мм². Це броньований сталевими стрічками кабель, з мідною жилою, ізоляцією та оболонкою з ПВХ.

Для циркуляційних насосів було використано силовий кабель типу ВВГ з 3 жилами (так як однофазні) та перерізом жили – 1,5 мм². Його жили ізольовані ПВХ, так як і ізоляції зовнішньої оболонки.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						41
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6 Специфікація обладнання

Характеристики виробників (вендорів) вимірювальної апаратури, виконавчої апаратури, програмно-технічних засобів контролерної і супервізорної автоматизації:

1. Danfoss:

- Виробництво різноманітної вимірювальної апаратури, контролерів та сенсорів.
- Висока якість продукції, широкий асортимент промислових рішень, інноваційні технології та продукти, ефективність та надійність у роботі.

2. Schneider Electric:

- Виробництво виконавчої апаратури, контролерів, розподільчих пристроїв та програмного забезпечення.
- Великий досвід у галузі автоматизації, широка гамма продуктів для різних галузей, активно застосовують цифрові технології.

3. In-line:

- Виробництво насосів та систем водопостачання.
- Висока ефективність та надійність насосних систем, інноваційні технології для економії енергії.

4. Belimo:

- Виробництво клапанів, приводів та систем регулювання.
- Використовують передові розробки, такі як приводи з безконтактними сенсорами, бездротові комунікаційні протоколи та інтелектуальні системи управління.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						42
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ПТКЗА

4.1 Програмування функціональності ПЛК

Програмування задачі неперервного регулювання рівня в корпусі підігрівача реалізовано в середовищі CODESYS V3.5 мовою ST. Було створено відповідні функціональні блоки та дві програми які працюють паралельно, що дає можливість задавати різну тривалість робочого циклу задачі. В першій програмі рис. 4.1 реалізовано роботу ПІД регулятора.

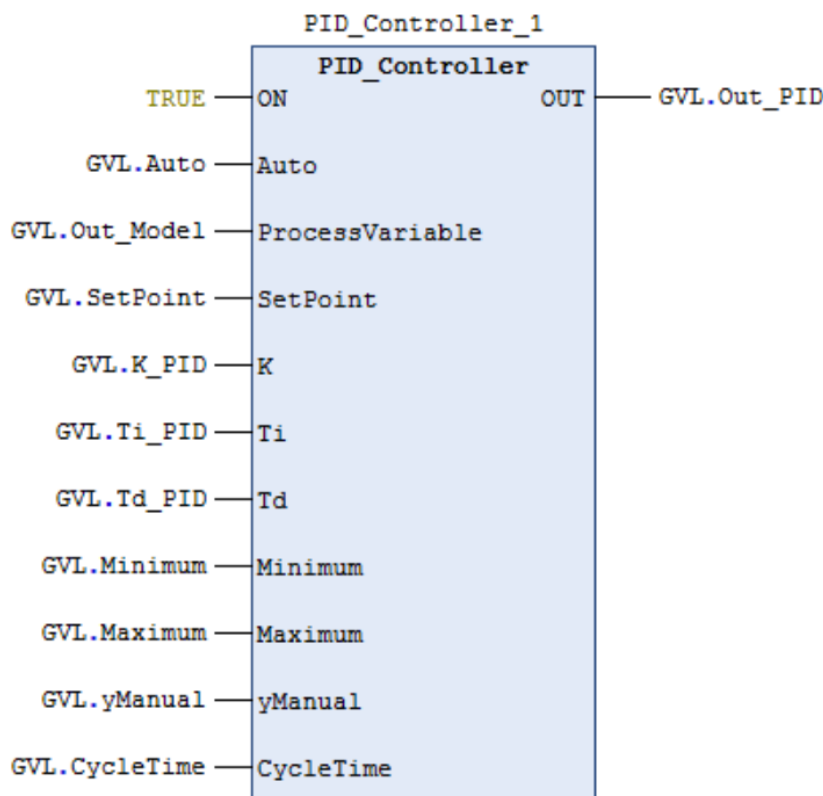


Рисунок 4.1 – Програма для роботи ПІД регулятора

Програма PID_PRG містить функціональний блок в якому реалізовано сам ПІД регулятор.

Перелік змінних ФБ PID_Controller:

```
FUNCTION_BLOCK PID_Controller
VAR_INPUT
    ON : BOOL; // увімкнення під-блоку
    Auto : BOOL; // автоматичний режим
    ProcessVariable : REAL; // текуща
    SetPoint : REAL; // що хочемо
    K : REAL; // пропорційна складова
    Ti : REAL; // інтегральна склад
```

```

Td : REAL; // диференційна складова
Minimum : REAL; // мінімум для виходу
Maximum : REAL; // максимум для виходу
yManual : REAL; // значення відкриття клапану в ручному режимі
CycleTime : TIME; // робочий цикл
END_VAR
VAR_OUTPUT
OUT : REAL; // вихідна змінна
END_VAR
VAR
CurTime : TIME; // час початку роботи блоку на поточному циклі
PrevTime : TIME; // час початку роботи блоку на минулому циклі
DeltaTime : REAL; // період квантування
e : REAL; // різниця між установкою і поточним виміряним
prevE : REAL; // різниця на попередньому етапі
P : REAL; // пропорційна частина
I : REAL; // інтегральна частина
D : REAL; // диференційна частина
END_VAR

```

Далі розглянемо код самого ПД регулятора.

```

// ініціалізація змінних
IF Ti = 0 THEN
    Ti := 1;
END_IF
IF ON = TRUE THEN
    CurTime := TIME();
    // початок роботи
    IF ((CurTime - PrevTime) > CycleTime) THEN
        e := SetPoint - ProcessVariable;
        DeltaTime := TIME_TO_REAL(CycleTime) * 0.001;
        // розрахунок параметрів при автоматичному режимі
        IF Auto THEN
            // пропорційна частина
            P := K * e;
            // інтегральна частина
            I := I + (1/Ti) * ((e + prevE) * DeltaTime / 2);
            // диференційна частина
            IF DeltaTime <> 0 THEN
                D := Td * (e - prevE) / DeltaTime;
            END_IF;
            // перевірка на обмеження
            IF OUT < Minimum THEN

```

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						44
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

    OUT := Minimum;
ELSIF OUT > Maximum THEN
    OUT := Maximum;
END_IF;
// розрахунок вихідного значення ПІД блоку
    OUT := P + I + D;
// встановлення вихідного значення при автоматичному режимі
ELSE
    OUT:= yManual;
END_IF;
//підготовка до наступного циклу
PrevTime := CurTime;
prevE := e;
END_IF;
ELSE
    OUT := 0;
END_IF

```

Основна частина програми рис. 4.2 складається з об'єкту управління та виконавчого механізму на вхід якого поступає сигнал з регулятора.

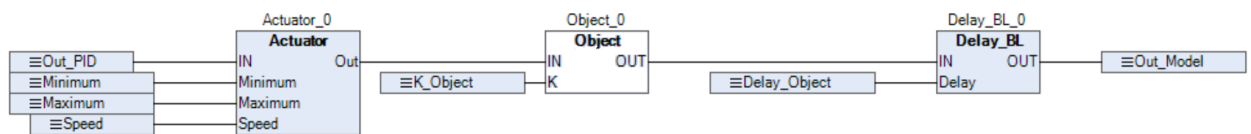


Рисунок 4.2 – Програма для роботи виконавчого механізму та моделі

Перелік змінних ФБ Actuator:

FUNCTION_BLOCK Actuator

VAR_INPUT

IN : REAL; // вхідне значення

Minimum : REAL; // мінімум для виходу

Maximum : REAL; // максимум для виходу

Speed : REAL; // швидкість зростання|спадання

END_VAR

VAR_OUTPUT

Out : REAL; // вихідне значення

END_VAR

VAR

CurTime: TIME; //час початку роботи блоку на поточному циклі

```

Initial: BOOL; // змінна/індикатор завершення ініціалізації параметрів блоку
PrevTime: TIME; // час початку роботи блоку на минулому циклі
Enable: BOOL; // проміжна змінна, дозвіл на зміну вихідного значення
K: REAL; // коефіцієнт зміни значення зростання|спадання
ScanTime: REAL; // різниця часу
Yprev: REAL; // значення на попередньому циклі
Ycur: REAL; // значення на поточному циклі
Work: BOOL; // проміжна змінна встановлення напряму зміни вихідного значення
END_VAR

```

Далі розглянемо код ФБ Actuator:

```

CurTime := TIME();

IF NOT Initial THEN
    Initial := TRUE;
    PrevTime := CurTime;
    Ycur := 0;
    Yprev := 0;
ELSE
    K := Maximum / Speed;
    ScanTime := TIME_TO_REAL(CurTime - PrevTime) / 1000;
END_IF

IF Out < IN THEN
    Ycur := ScanTime * K + Yprev;
ELSIF Out > IN THEN
    Ycur := ScanTime * (-K) + Yprev;
ELSIF Out > IN * 0.99 AND OUT < IN * 1.01 THEN
    OUT := Ycur;
END_IF

Ycur := LIMIT (Minimum, Ycur, Maximum);
Yprev := Ycur;
PrevTime := CurTime;
Out := Ycur;

```

4.2 Програмування функціональності SCADA-системи

Для ефективного контролю рівня конденсату в підігрівачі необхідно створити інтерфейс між людиною і машинами, щоб відстежувати необхідні параметри. В рамках цього дипломного проекту ми використовуватимемо Indusoft Web Studio для розробки SCADA-системи. Основними компонентами цієї системи будуть чотири вікна: Меню, Міміки, Сигнали тривоги і Тенденції.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						46
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Початкове вікно Меню рис. 4.3 - це вікно, з якого оператор починає свою роботу. У вікні Меню ми бачимо чотири кнопки, а також дату та час.

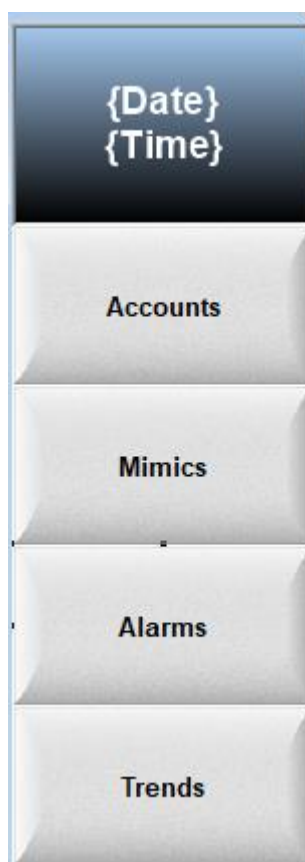


Рисунок 4.3 – Вікно Menus

У першому вікні Accounts рис. 4.4 оператор системи виконує авторизацію для безпеки доступу до необхідного рівня управління.

Рис. 4.4 – Вікно авторизації

У другому вікні Mimics рис. 4.5 натиснувши на відповідну кнопку можна побачити мнемосхему системи регулювання з основними параметрами. В даному випадку червоним кольором позначений клапан відкритий і знаходиться в дії.



Рисунок 4.5 - Вікно Mimics

В третьому вікні Alarms відображаються аларми – попередження про вихід параметрів або швидкості зміни параметрів за межі.

Для того щоб обробити аларм, оператору необхідно підтвердити його. Попередження змінює колір на зелений рис. 4.6 і це означає що зміни зафіксовані

Alarms							
Tag Name	Display ...	Activation Ti...	Message		Ack Time	Event Time	Us
PDA3	28703.00...	06/10/2023 11:10:15		✓	06/10/2023 11:10:22	06/10/2023 11:10:22	Gu
PDA2	28703.00...	06/10/2023 11:10:15		✓	06/10/2023 11:10:22	06/10/2023 11:10:22	Gu
PDA1	19169.00...	06/10/2023 11:10:15		⚠		06/10/2023 11:10:15	Gu
PDA4	4662.125...	06/10/2023 11:10:15		⚠		06/10/2023 11:10:15	Gu

Рисунок 4.6 – Підтвердження аларму

Остання кнопка Trends - в цьому вікні показано сам рівень конденсату в підігрівачі та положення клапану.

У цьому розділі "Розробка програмного забезпечення" було створено логіку системи та функціонування сигналізації в середовищі програмування CODESYS. Також було розроблено інтерфейс користувача (людино-машинний інтерфейс) в середовищі Indusoft Web Studio. Цей інтерфейс дозволяє оператору спостерігати зміни параметрів на мнемосхемі, відображати аварійні стани та їх реєстрування, а також спостерігати за змінами в процесі за допомогою трендів.

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Для оцінки переваги придбання та установки обладнання системи автоматизації, формується кошторис на придбання та установку обладнання. У таблиці 5.1 наведений розрахунок витрат на придбання обладнання та монтажні роботи для розробленої системи регулювання рівня конденсату в підігрівачі.

Таблиця 5.1 - Кошторис на придбання та монтаж обладнання

№ п.п	Найменування приладу	Од. Ви міру	Кіл - сть	Вартість одного приладу, грн			Загальна вартість, грн		
				Обладнання	Монтажних робіт		Обладнання	Монтажних робіт	
					Всього	В т.ч. ЗП		Всього	В т.ч. ЗП
1	2	3	4	5	6	7	9	9	10
1	Перетворювач тиску S-10-3A WIKA	шт.	2	2120.00	318.00	11,64	4240.00	636.00	23.28
2	Термоперетворювач опору MBT, 3270 Danfoss Deutsch	шт.	3	1467.00	220.05	7.50	4401.00	660.15	22.50
3	Датчик різниці гідростатичного тиску PMP71 Endress+Hauser	шт.	1	29920.00	4488.00	142.40	29920.00	4488.00	142.40
4	ПЛК Modicon M172 Schneider Electric	шт.	1	20479.00	3071.85	102.70	20479.00	3071.85	102.70
5	Блок живлення HDR 30-24 Mean Well	шт.	1	760.00	114.00	3.80	760.00	114.00	3.80
6	Автоматичний вимикач iC60N Schneider Electric	шт.	3	456.00	68.40	2.72	1368	205.2	8.16

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	Клема прохідна, 2.5м ² Wago	шт.	46	20.30	3.05	0.14	933.80	140.30	6.44
8	Клема прохідна, 5мм ² Wago	шт.	6	33.50	5.02	0.20	201	30.12	1.20
9	Кабель 1,5 ПВ4	м	15	38.20	5.70	0.22	573	85.5	3.3
10	DIN-рейка 35мм	шт.	3	190.00	28.50	0.98	570.00	85.50	2.94
11	Циркуляційний гідронасос TD 50 - 24 / 2DWSR	шт.	1	47510.00	7126.5	220.51	47510.0 0	7126.5	220.51
12	Виконавчий механізм BELIMO NV24A-SZ-TPC	шт.	4	13371.00	2005.6 5	70.23	53484.0 0	8022.6 0	280.92
13	Щит ІЩМ 700х600х300мм	шт.	1	6420.00	963.00	36.71	6420.00	963.00	36.71
14	Силовий кабель 3х10 ВВГ	м	20	123.52	18.53	0.92	2470.40	370.60	18.4
15	Кабель контрольний 4х1 КВВГ	м	500	30.65	4.60	0.19	15325.0 0	2300	95
16	Силовий кабель 3х2,5 ВВГ	м	100	48.43	7.26	0.32	4843.00	726.00	30.20
17	Гофротруба 20мм	м	500	15.88	2.38	0.11	7940.00	1190.0 0	55

Витрати на пакування та транспортування складатимуть 3% від загальної вартості обладнання:

$$B_T = B_{об} \cdot 3\% = 232041,78 \cdot 3\% = 6961,25 \text{ грн.};$$

Вартість монтажних робіт складатиме 15 % від загальної вартості обладнання:

$$B_M = 232041,78 \cdot 0,15 = 34\,806,267 \text{ грн.};$$

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П				Арк.
									51
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Вартість пуско-наладжуючих робіт складатиме 10% від загальної вартості обладнання:

$$B_{\text{пн}} = 232041,78 \cdot 0,1 = 23204,18 \text{ грн.};$$

Розрахуємо загальну суму, з урахуванням всіх витрат:

$$B_3 = 232041,78 + 6961,25 + 34\,806,267 + 23204,18 = 297\,012,58 \text{ грн.};$$

Для розрахунку економічної ефективності розрахуємо наступні показники:

1. Річний економічний ефект:

$$E_{\phi} = \Delta U - E_{\text{н}} \cdot \Delta K_{\text{авт}}, \text{ грн/рік}$$

де $E_{\text{н}} = 0,15$ – коефіцієнт ефективності (нормативна величина);

ΔU – економія експлуатаційних витрат по управлінню об'єктом при наявності АСР, грн/рік;

$\Delta K_{\text{авт}}$ – одноразові капіталовкладення на створення АСР, грн.

2. Термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K_{\text{авт}}}{\Delta U}, \text{ рік}$$

Для створення АСР потрібно зробити одноразове капіталовкладення у розмірі:

$$\Delta K_{\text{авт}} = 297\,012,58;$$

За умови $T_{\text{ок}} < T_{\text{ок}}^*$ наша АСР буде вважатися ефективною.

Приймаємо:

$$T_{\text{ок}}^* = 3 \text{ роки};$$

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						52
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунку витрат при встановленні даного варіанту автоматизації скористаємось наступною формулою:

$$\Delta U = E_k - \Delta B_{\text{авт}}$$

Економія від введення автоматизації:

$$E_k = 50\,000 \cdot 12 = \text{грн./рік};$$

Витрати на електроенергію, заробітну плату обслуговуючому персоналу та операторам, періодичний ремонт обладнання та амортизацію розраховуємо за формулою:

$$\Delta B_{\text{авт}} = B_e + B_{\text{зп}} + B_{\text{рем}} + B_{\text{ам}};$$

Додаткові витрати на електроенергію:

$$B_e = C_e \cdot T \cdot N = 1,68 \cdot 8000 \cdot 8,2 = 110208,94 \text{ грн./рік}$$

C_e - тариф на електроенергію, грн/кВт · год;

T - час роботи обладнання за рік, год;

N – загальна потужність засобів автоматизації, кВт;

Витрати на реновацію (амортизаційні відрахування) становитимуть 17% від загальної вартості автоматизації:

$$B_{\text{ам}} = 0,17 \cdot B_z = 0,17 \cdot 297\,012,58 = 50\,492,9 \text{ грн/рік}$$

Витрати на поточний ремонт і обслуговування системи становитимуть 15% від загальної вартості автоматизації:

$$B_p = 0,15 \cdot B_z = 0,15 \cdot 297\,012,58 = 44\,551,9 \text{ грн/рік}$$

Додаткові витрати на зарплату експлуатаційного персоналу та операторів:

$$B_{\text{зп}} = B_n \cdot T \cdot n = 15\,000 \cdot 12 \cdot 3 = 540\,000 \text{ грн/рік}$$

$B_{\text{зп}}$ - заробітна плата працівника в місяць, тис.грн;

n – кількість працівників, чол;

T – час роботи АСП за рік, міс

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						53
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta B_{\text{авт}} = 110208,94 + 540000 + 44\,551,9 + 50\,492,9 = 745\,251,64 \text{ грн/рік ;}$$

Розрахуємо економію виробництва за наступною формулою:

$$\Delta U = |E_{\text{к}} - \Delta B_{\text{авт}}| = |600000 - 745\,251,64| = 145\,251,64 \text{ грн. ;}$$

Розрахуємо економічний ефект:

$$E_{\text{ф}} = \Delta U - E_{\text{н}} \cdot B_{\text{з}} = 145\,251,64 - 0,15 \cdot 232041,78 = 110\,539,8 \text{ грн. ;}$$

Розрахуємо термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B_{\text{з}}}{\Delta U} = \frac{297\,012,58}{145\,251,64} = 2,04 \text{ роки ;}$$

$$T_{\text{ок}} < T_{\text{ок}}^*$$

2,04 роки < 3 роки - умова виконується

Робимо висновок, що даний варіант автоматизації (АСК підігрівачем мережевої води) є доцільним до впровадження і це є економічно вигідно.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Адміністрація електроенергетичних станцій несе повну відповідальність за збереження здоров'я та життя свого персоналу та мешканців прилеглих територій, які можуть бути під впливом небезпечних та шкідливих факторів, пов'язаних з експлуатацією АЕС. Відповідно до закону України про охорону праці, розробляється "Положення про систему управління охороною праці та технікою безпеки на АЕС". На підприємстві обов'язково має бути впроваджена і діюча за стандартом ДСТУ ISO 45001 система управління охороною здоров'я та безпекою праці (ОЗ і БП). Ця система повинна забезпечувати виконання вимог чинних нормативно-правових актів у цій сфері, контролювати їх дотримання та запроваджувати всі необхідні заходи щодо зменшення рівнів існуючих ризиків. Це соціально-економічні, медико-профілактичні, санітарно-гігієнічні та організаційно-технічні заходи, які спрямовані на забезпечення безпеки життя та здоров'я персоналу і створення комфортних та безпечних умов праці.

Темою дипломного проекту є «Автоматизована система керування підігрівача мережевої води».

Головною деталлю в цій автоматичній системі регулювання є відповідно сам підігрівач. Підігрівач складається з циліндричного корпусу з великим патрубком для введення пари, що гріє і розташованої над корпусом верхньої водяний камери зі здвоєним патрубком для підведення і відведення мережної води. Усередині корпусу розміщується поверхню нагріву у вигляді пучка прямих труб діаметром 19.1 мм. Труби верхніми кінцями развальцовани в трубній дошці, притиснутою шпильками до фланця корпусу. До трубної дошці на шпильках кріпиться фланець верхньої водяний камери. Нижні кінці труб развальцовани в іншій трубній дошці, до якої на фланці приєднується кришка нижньої водяний камери. Таким чином, нижня камера підвішена на трубах поверхні нагріву і може переміщатися вгору або вниз при їх температурному подовженні або вкорочення. Труби виготовляються з латуні, має більш високий коефіцієнт температурного подовження, ніж сталь корпусу. Довжина труб становить 4-4,5 м. Температура мережевої води на вході в

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						55
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

підігрівач і її підігрів змінюються в залежності від температурного режиму тепломережі і режиму роботи теплофікаційної установки. Максимально підігрів мережної води в підігрівачі становить 20-40 °С . Відповідно в процесі експлуатації змінюється і температура труб поверхні нагрівання підігрівача. Корпус підігрівача при роботі набуває температуру, близьку до температури насичення пари, що гріє відбору, яка вища за температуру мережної води. В результаті виникає змінна різниця температур між корпусом і трубами підігрівача, яка максимально може досягати 20-30 °С.

В даному розділі проекту представлені пропозиції щодо технічних рішень та організаційних заходів, спрямованих на виконання вимог з охорони праці під час експлуатації засобів автоматизації та технологічного обладнання. Також визначені основні заходи, пов'язані з виробничою санітарією, гігієною праці, пожежною безпекою та профілактикою.

6.1 Загальна характеристика проектного об'єкта

Параметри приміщення: загальний об'єм котельного цеху 800000 м³, середня висота 70 м. Будівля котельного цеху виконується зі стінових панелей типу ПСМ, комплексних металевих панелей із профлиста з вогнетривким утеплювачем, перекриття по відмітках збірні залізобетонні типу ПНОС, частково монолітні. У котельному цеху внаслідок технологічного процесу має місце теплове випромінювання від обмуровування котельних агрегатів та трубопроводів. Для зниження його передбачається теплова ізоляція (температура зовнішньої поверхні не більше 45°С при температурі зовнішнього повітря (25°С). Джерелом виробничого шуму та вібрації в котельному цеху є димососи, дутьові вентилятори, трубопроводи, млини, насоси.

6.2. Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації засобів автоматизації та технологічного обладнання.

Для обслуговування та експлуатації теплофікаційної установки допускаються особи, які пройшли попередній медичний огляд, досягли 18-річного

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						56
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

віку, мають знання про конструкцію насосів і підігрівачів, ознайомилися з інструкціями та успішно склали іспит на право самостійної роботи машиністом-обхідником турбінного обладнання.

Всі гарячі частини обладнання та трубопроводів, які можуть спричинити опіки при дотику, повинні бути обладнані тепловою ізоляцією. Температура поверхні ізоляції, за умови температури навколишнього повітря плюс 25 °С, не повинна перевищувати плюс 45 °С.

Під час роботи заборонено чистити, обтирати або змащувати рухомі частини насосних агрегатів. Заборонено також намотувати обтиральний матеріал на руку або пальці при обтиранні зовнішньої поверхні насосних агрегатів.

Робота електродвигунів насосів заборонена, якщо кришка коробки виходів не закрита належним чином або якщо корпус електродвигуна та кабель не мають належного заземлення.

Ручне закриття арматури з електроприводом допускається тільки після відключення (вимкнення) електродвигуна та розібрання схеми.

Для зниження впливу виробничого шуму на працівників передбачено розташування групового щита управління за звукоізолюючою стіною, які працюють у цеху передбачаються індивідуальні засоби захисту (навушники, беруші тощо). Для забезпечення вимог пожежної безпеки передбачаються евакуаційні виходи, внутрішній та зовнішні пожежні водопроводи, первинні засоби пожежогасіння, протипожежні роботизовані установки (лафетний ствол) пожежогасіння цеху для забезпечення охолодження будівельних конструкцій КЦ. Для захисту від низьких температур у зимовий період у всіх виходів з будівлі встановлюються установки опалювально-вентиляційної обладнання. Для захисту від дії шкідливих речовин передбачається місцева витяжна вентиляція та загальна вентиляція.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

6.2.1 Електробезпека

На АЕС з ВВЕР-1000 передбачені наступні мережі електропостачання споживачів власних потреб: електромережа 380/220В, 50Гц із заземленою нейтраллю для надійного живлення споживачів першої групи споживачів (можлива перерва в живленні у часі не більше ніж долі секунди);

- електромережі 220, 110, 48, 24В постійного струму для живлення першої групи споживачів;

- електромережі 6кВ і частотою 50 Гц з ізолюованою нейтраллю і електромережі напругою 380/220В і частотою 50 Гц з глухо заземленою нейтраллю для надійного живлення споживачів другої групи (можлива перерва в живленні у часі від 15 сек. до декількох хвилин);

- електромережі напругою 6 кВ і частотою 50 Гц з ізолюованою нейтраллю та електромережі напругою 380/220В і частотою 50 Гц із глухо заземленою нейтраллю для живлення споживачів третьої групи (не пред'являють особливих вимог).

Котельний цех, згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою з робочою напругою від 0,4 до 6 кВ.

- Установлення вимог щодо електробезпеки регулюється кількома основними нормативними документами, зокрема Правилами устаткування електроустановок (ПУЕ-2017), Нормами безпеки при виконанні ремонтних робіт у електроустановках (НПАОП 40.1-1.21-98), Нормами безпеки при експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.01-97), Нормами безпеки при монтажі та технічному обслуговуванні електроустановок (НПАОП-40.1-1.32-01), Державним стандартом України ДСТУ 7237:2011, а також Технічним регламентом щодо безпеки низьковольтного електричного обладнання, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України №1149 від 23.10.2009 року.

Згідно ДСТУ 7237:2011 для забезпечення захисту від випадкового дотику людини до струмовідних частин ЕУ застосовують такі види захисту:

- основне (робоче) ізолювання струмовідних частин (захисне ізолювання);

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						58
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- додаткове, посилене, подвійне ізолювання струмовідних частин;
- захисні оболонки;
- захисні огорожі (тимчасові або стаціонарні);
- безпечне розташування струмовідних частин;
- ізолювання робочого місця;
- мала напруга; захисне вимкнення;
- попереджувальна сигналізація (звукова, світлова тощо);
- блокування;
- встановлення знаків безпеки;
- електрозахисні засоби; засоби індивідуального захисту.

Для запобігання ураженню електричним струмом під час дотику до металевих неструмовідних частин ЕУ, які можуть бути під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, застосовують окремо або в поєднанні такі види захисту:

- захисне заземлення;
- автоматичне вимкнення живлення;
- зрівнювання потенціалів;
- застосування обладнання відповідного класу за електрозахистом;
- захисний електричний поділ кіл;
- ізолювальні (непровідні) приміщення, зони, майданчики;
- системи наднизької напруги (безпечної, захисної)

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 пробії 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.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						59
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання діючих вимог з електробезпеки, все технологічне електроустаткування згідно з ДСТУ ІЕС 61140:2015 має 0І та І класм за електрозахистом [3], 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.

Передбачена проектом апаратура системи автоматизації та силове електротехнічне устаткування повинні експлуатуватися відповідно до паспортних даних, які визначають номінальні значення струмів і напруг живлення.

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

6.3.1 Мікроклімат робочої зони

Приміщення котельного цеху характеризується:

- підвищеною температурою;
- Наявністю теплового випромінювання;
- Підвищеною відносною вологістю.

Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень регламентують санітарні правила та норми. Для створення сприятливих умов роботи у котельному цеху використовується:

- природна вентиляція;

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						60
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

-механічна вентиляція (припливно-витяжна).

Опалення цеху в холодну пору року здійснюється калориферами та нагрівальними приладами. Для запобігання термічного опіку від гарячих поверхонь застосовується теплова ізоляція. Для оцінки поєднаного впливу параметрів мікроклімату з метою здійснення заходів щодо захисту виробничого персоналу від можливого перегрівання використовується інтегральний показник теплового навантаження середовища (ТНС). На щитах управління обладнанням передбачена підтримка оптимальних показників мікроклімату. Перепади температур повітря на БЩУ (блоковий щит управління) по висоті та горизонталі, а також зміна температур повітря протягом зміни при забезпеченні оптимальних величин не повинні перевищувати 20 ° С і не виходити за межі величин. Це досягається кондиціюванням приміщення БЩУ.

Оптимальні параметри мікроклімату для умов, що розглядаються (категорія робіт та період року) відповідно до ДБН 3.3.6.042-99 наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Оптимальні			Допустимі		
		t, °C	W, %	V м/с	t, °C	W, %	V м/с
Теплий	I-б	22-24	40-60	<0,2	20-24	60	0,1-0,3
	II-а	21-23	40-60	<0,3	18-27	65	0,2-0,4
Холодний	I-б	21-23	40-60	<0,1	20-24	75	<0,2
	II-а	18-20	40-60	<0,2	17-23	75	<0,3

6.3.2 Виробничий шум та вібрації

Джерелом виробничого шуму та вібрації в котельному цеху є котельні агрегати, димососи, дутьові вентилятори, трубопроводи, млина, насоси.

Вібрація виникає при роботі машин і механізмів з вібраційно-поступальним рухом деталей, неврівноваженими обертовими масами.

Усунення шкідливого впливу вібрації на людину виробничих умов досягаються шляхом застосування:

- Віброізоляції;
- Вібродемпфування;
- Застосування засобів індивідуального захисту.

Нормування виробничого шуму за допустимим рівнем звуку здійснюється в залежності від характеру виконання робіт (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2 - Нормування за допустимим рівнем звуку

Характер виконання робіт	Норма, дБА	Факт, дБА
Обслуговування теплообмінника	80	до 85
Обслуговування димососів	85	86-95
Обслуговування нагнітаючих вентиляторів	85	86-91
Обслуговування насосів	80	85-99
Обслуговування трубопроводів	80	87-98

Подвійні стіни або перегородки проектуємо з жорстким зв'язком між елементами по контуру чи окремих точках. Розмір проміжку між елементами конструкцій має бути не менше 4 см.

Звукоізолюючі кабінки застосовуються в промислових цехах та на територіях, де допустимі рівні перевищені, для захисту від шуму робітників та обслуговуючого персоналу. Також у звукоізолюючих кабінах розташовані пульти контролю та управління технологічними процесами та обладнанням, робочі місця майстрів та начальників цехів.

Використовуються звукопоглинаючі конструкції (підвісні стелі, облицювання стін, кулісні та штучні поглиначі) для зниження рівнів шуму на робочих місцях та у зонах постійного перебування людей у виробничих та громадських будівлях.

6.4 Пожежна безпека та профілактика

Місця, де найчастіше можуть виникнути пожежі на атомних електростанціях, включають системи газо-видалення, масляні системи, струмопроводи, дизельні генератори та трансформатори. Фактори, що можуть призвести до пожежі на АЕС, включають вибухи газу, коротке замикання, потрапляння мастила на гарячі деталі обладнання, куріння у заборонених місцях та інші.

Згідно з ДСТУ Б.В. 1.1-36:2016, приміщення головного та блочного щита керування відносяться до категорії "Д" за пожежонебезпекою, а приміщення, де розташований парогенератор, відносяться до категорії "Г".

Основним завданням пожежної безпеки на атомних електростанціях є забезпечення безпеки життя та здоров'я персоналу, збереження працездатності станції, функціонування систем безпеки, швидке виявлення та обмеження поширення пожежі, створення умов для швидкого гасіння пожежі.

Першочергові організаційні та технічні заходи щодо пожежної безпеки на атомних електростанціях включають:

- Систематичні перевірки стану пожежної безпеки у виробничих приміщеннях станції.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						63
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Постійний контроль військових пожежних частин.
- Постійний технічний контроль стану пожежних гідрантів та пожежних резервуарів.
- Використання сучасних автоматичних систем виявлення пожежі.
- Запровадження сучасних автоматичних систем пожежогасіння та сигналізації.
- Систематичний контроль знань з пожежної безпеки та проведення інструктажів.
- Організація тренувань та пожежно-технічних навчань.

Всі технічні засоби та організаційні заходи з пожежної безпеки на атомних електростанціях визначені в ВБН В1.1-034-2003, ГНД 34.03.307.-2004 "Протипожежні норми проектування атомних електростанцій із ВВЕР", "Правила пожежної безпеки при експлуатації атомних станцій".

Оскільки на атомних електростанціях присутня значна кількість електротехнічного обладнання, електродвигунів, силових електричних мереж, керуючих електричних мереж, сигнальних керуючих мереж та струмопроводів, що підвищує ризик пожежі, необхідно вживати наступні заходи відповідно до вимог Правил з безпеки експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС) та Правил улаштування електроустановок (ПУЕ):

- Забезпечити надійну ізоляцію всіх струмовідних провідників у електротехнічному устаткуванні, періодично перевіряти стан ізоляції.
- Виконувати розгалуження електричних мереж у приміщеннях у діелектричних коробах (трубах), прокладених у підлозі або стінах.
- Використовувати плавкі запобіжники, електромагнітні розщеплювачі для захисту від короткого замикання та перевантаження.
- Регулярно перевіряти електроустаткування, очищувати його та своєчасно замінювати перегорілі лампи.
- Дотримуватись правил пожежної безпеки.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						64
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок: в даному розділі "Охорона праці" наведено відповідні технічні рішення та організаційні заходи, які адміністрація атомної електростанції повинна забезпечити щодо радіаційної безпеки, пожежної безпеки та електробезпеки АЕС для забезпечення безпечних умов праці робітників. Також наведено вимоги щодо безпеки експлуатації засобів автоматизації та описано вимоги до робочого місця оператора для оптимальної роботи. Усі рішення, правила та заходи розроблені згідно відповідних законів України.

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						65
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проекту було розроблено АСК підігрівачем мережевої води.

Основне завдання полягало у дослідженні технічно-робочої концепції автоматизованої системи управління підігрівачем мережевої, яка включає в себе використання передових комп'ютерно-інтегрованих технологій, таких як програмовані логічні контролери (PLC), система зі збирання та візуалізації даних (SCADA) та сучасні регулятори.

У першому розділі ПЗ була сформована та обґрунтована структура АСУТП ТОВ, описані управляючі, захисні та інформаційні функції АСУ, розглянута функціональна схема автоматизації та структурна схема ПТК.

В другому розділі ПЗ для вимірювальних каналів була складена структурна схема надійності, які визначають можливі проблеми, які можуть впливати на точність та надійність вимірювань.

Для одноконтурної САР рівня конденсату в корпусі підігрівача було зображено структурну і функціональну схеми з коротким описом роботи регулювально-виконавчого каналу. Для обраного ОУ (без самовирівнювання) було визначено передаточну функцію та відповідно побудовано криву розгону у середовищі Simulink. На основі ідентифікованого ОУ, було розраховано ПІ-регулятор за трьома експрес методами. Ефективним виявився метод Cluett and Wang (1997) який дозволяє отримати високі показники якості.

В середовищі розробки Codesys V3.5 виконувалося розробка функціонального блоку для контролера Modicon M172. Функціональний блок для підтримання рівня конденсату був розроблений на мові програмування SFC. Людино-машинний інтерфейс виконаний у програмі Web Studio, на якому показана мнемосхема установки.

Для перевірки економічної ефективності системи керування підігрівачем мережевої води було виконано розрахунки технікоекономічних параметрів, на

					ТА-92435.0011.001.АТХ.П	Арк.
						66
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

основі яких видно, що система автоматизації є економічно вигідною. Для безпечної експлуатації теплофікаційної установки, було написано рекомендації по експлуатації, при дотриманні яких розроблена система є абсолютно безпечною і готова до впровадження.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Плетнев Г.П. «Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике» М.: "МЭИ", 2016. — 277-279 с.
2. Ключев А.С. «Автоматическое регулирование». М.: "Высшая школа", 1986
3. Ротач В. Я. «Теория автоматического управления»: навч. посіб., Київ, 1985
4. Handbook of PI and POD controller tuning rules: навч. посіб., London : Imperial College Press, 2006. — 76 с.
5. М.С. Пушкар, С.М. Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с
6. ВБН В.1.1-034-2003 «Противопожарные нормы проектирования АЭС с водородными реакторами».
7. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»