

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

**Теплоенергетичний
Автоматизації теплоенергетичних процесів**

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Володимир
ВОЛОЩУК
«__» _____ 20__ р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Автоматизоване управління
технологічними процесами»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
на тему: «Полігон імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних
систем»**

Виконав:
студент IV курсу, групи ТО-81
Клюга Ілля Ярославович _____

Керівник:
Доцент, к.т.н.
Батюк Сергій Георгійович _____

Консультант з охорони праці:
Професор, д.т.н.
Глива Валентин Анатолійович _____

Рецензент: _____

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

Київ – 2022 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ТО-8145.007.001 АТХ.П	Пояснювальна записка	95	
3	A2	ТО-8145.007.001 АТХ.А	Функціональна схема автоматизації	1	
4	A3	ТО-8153.007.001 АТХ.С	Специфікація обладнання	1	

				ТО-8145.007.001 АТХ.ВД		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Клюга І.Я.				1	1
Керівн.	Батюк С.Г.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АТЕП Гр. ТО-81	
Консульт.	Глива В.А.					
Н/контр.	Некрашевич О.В.					
Зав.каф.	Волощук В.А.					

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Теплоенергетичний
Автоматизації теплоенергетичних процесів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Освітньо-професійна програма «Автоматизоване управління технологічними процесами»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Володимир

ВОЛОЩУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Клюга Ілля Ярославович

1. Тема проєкту «Полігон імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем», керівник проєкту Батюк Сергій Георгійович, ктн., доцент, затверджені наказом по університету від «08» червня 2022 р. № 965-с
2. Термін подання студентом проєкту «15» червня 2022 р
3. Вихідні дані до проєкту: Літературні джерела. Температура води в системі опалення – (75..150) °С.
4. Зміст пояснювальної записки опис АСУТП інженерних систем, інженерний розрахунок каскадної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО, імітаційне структурне моделювання САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО, завдання до віртуальних лабораторних робіт на полігоні імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем, техніка безпеки під час роботи з полігоном імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

Схема автоматизації функціональна; схема структурна ПТК.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
з питань охорони праці	д.т.н., професор Глива В.А.		
з нормконтролю	ст. викладач Некрашевич О.В.		

6. Дата видачі завдання «02» травня 2022 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
	Пояснювальна записка. Розділ 1. Опис АСУТП інженерних систем	02.05.2022	
	Пояснювальна записка. Розділ 2. Інженерний розрахунок каскадної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	09.05.2022	
	Пояснювальна записка. Розділ 3. Імітаційне структурне моделювання САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	22.05.2022	
	Пояснювальна записка. Розділ 4. Завдання до віртуальних робіт на полігоні імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем	24.05.2022	
	Пояснювальна записка. Розділ 5. Техніка безпеки під час роботи з полігоном імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем	30.05.2022	
	Пояснювальна записка. Результати і висновки	02.06.2022	
	Нормконтроль	15.06.2022	
	Попередній захист дипломного проєкту	17.06.2022	
	Захист	20.06.2022	

Студент

Ілля КЛЮГА

Керівник

Сергій БАТЮК

АНОТАЦІЯ

У дипломному проєкті було розроблено посібник «Порядок роботи з полігоном імітаційного SIL-моделювання АТК ТОВ»

Також була створена пояснювальна записка, яка складається з п'яти розділів: опис АСУТП інженерних систем, інженерний розрахунок каскадної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО, імітаційне структурне моделювання САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО, завдання до віртуальних лабораторних робіт на полігоні імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем, техніка безпеки під час роботи з полігоном імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем.

У першому розділі було описано інженерні системи, їх технологічні параметри, їх функції, а також наведена схема структурна ПТК АСУТП інженерних систем.

Другий розділ складається з інженерного розрахунку САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО.

У третьому розділі було проведено імітаційне структурне моделювання САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО.

У четвертому розділі були описані можливі варіанти лабораторних робіт з дисциплін ІВС, АСУ, СТА.

У п'ятому розділі була наведена техніка безпеки при роботі з полігоном.

Посібник, який був розроблений під час дипломної роботи може бути використаний під час вивчення студентами дисциплін ІВС, АСУ, СТА.

ANNOTATION

In the diploma project the manual "The order of work with proving ground for simulation SIL-modeling of ATC of engineering systems" was developed.

An explanatory note was also created and consists of five sections: description of control systems of engineering systems, engineering calculation of cascade SAR of return water temperature in independent CH system, simulation structural modeling of SAR of return water temperature in independent CH system, tasks for virtual laboratory works on landfill simulation SIL-modeling of ATC engineering systems, safety precautions when working with the landfill of simulation SIL-modeling of ATC engineering systems.

The first section described the engineering systems, their technological parameters, their functions, as well as a structural diagram of the PTC ASUTP engineering systems.

The second section consists of the engineering calculation of the SAR of the return water temperature in the independent CH system.

In the third section, simulation structural simulation of the SAR of the return water temperature in an independent CH system was performed.

In the fourth section the possible variants of laboratory works on disciplines of IMS, ACS, STA were described.

The fifth section provides safety precautions when working with the landfill.

The manual, which was developed during the thesis can be used during the study of students of the disciplines of IMS, ACS, STA.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом

АСР – автоматична система регулювання

ВК – вимірювальний канал

ЕУ – електроустановки

ІМ – імітаційна модель

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

ГВП – гаряче водопостачання

ПІ-регулятор – пропорційно-інтегральний регулятор

ПК – персональний комп'ютер

ПЛК – програмно-логічний контролер

ПТК - програмно – технічний комплекс

РО - регулюючий орган

САР – система автоматичного регулювання

ISO - Міжнародна організація зі стандартизації (International Organization for Standardization)

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Полігон імітаційного SIL-моделювання АТК
інженерних систем»

Київ – 2022 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1. ОПИС АСУТП ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ.....	14
1.1. Опис і аналіз ТОУ	14
1.2. Перелік і опис технологічних параметрів АСУТП інженерних систем.....	18
1.3. Перелік і опис функцій АСУТП інженерних систем	20
1.4. Опис схеми функціональної автоматизації ТОУ	26
1.5. Опис схеми структурної ПТК АСУТП ТОУ	37
1.6 Перелік і аналіз джерел економічної ефективності АТК інженерних систем	39
2. ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК КАСКАДНОЇ САР ТЕМПЕРАТУРИ ЗВОРотної ВОДИ В НЕЗАЛЕЖНІЙ СИСТЕМІ ЦО.....	41
2.1 Інженерний розрахунок ВК каскадної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	41
2.1.1. Перелік ВК ІВС АСУТП інженерних систем	41
2.1.2. Опис схем структурних ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	42
2.1.3. Опис схем функціональних ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	42
2.1.4. Опис схем принципів електричних ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	44
2.1.5. Опис схем монтажу технічних засобів ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	45
2.1.6. Опис схем структурних надійності ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	46

						ТО8145.007.001.АТХ.П	Арк.
							8
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

2.1.7. Метрологічні розрахунки ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	46
2.1.8. Розрахунки надійності ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	47
2.1.9. Імітаційне функціональне моделювання фільтрації даних вимірювання в САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО в СКМ Matlab Simulink	48
2.1.10. Перелік функцій первинної обробки даних в ПЛК	50
2.1.11. Реалізація функцій первинної обробки даних в ПЛК	51
2.1.12. Висновки про роботоздатність ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	53
2.2. Інженерний розрахунок РВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	53
2.2.1. Перелік САР в АТК інженерних систем	53
2.2.2. Опис схеми структурної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	57
2.2.3. Опис схеми функціональної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	58
2.2.4. Опис схеми структурної регульовального каналу САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	58
2.2.5. Опис схеми структурної виконавчого каналу температури зворотної води в незалежній системі ЦО	59
2.2.6. Опис схеми структурної ПТЗ САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	60
2.2.7. Опис схеми структурної надійності реалізації управляючої функції САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	62

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							9
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

2.2.8. Розрахунок надійності реалізації управляючої функції САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	62
2.2.9. Розрахунок регуляторів САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО	63
2.2.10. Імітаційне функціональне моделювання САР температури зворотної води в СКМ Matlab Simulink.....	64
2.2.11. Аналіз чутливості САР температури зворотної води до параметричних збурень	67
2.2.12. Висновки про роботоздатність САР температури зворотної води	69
3. ІМІТАЦІЙНЕ СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ САР ТЕМПЕРАТУРИ ЗВОРОТНОЇ ВОДИ В НЕЗАЛЕЖНІЙ СИСТЕМІ ЦО.....	70
3.1. Схема структурна полігону імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем	70
3.2. Функціональне моделювання універсального ОУ в СКМ Matlab Simulink	70
3.3 Реалізація контролерної функціональності універсальної САР в софтПЛК CoDeSys.....	71
3.4. Реалізація супервізорної функціональності САР температури зворотної води в HMI/SCADA-системі WebStudio. HMI-Standard функціональність	72
3.5. Реалізація супервізорної функціональності САР температури зворотної води в HMI/SCADA-системі WebStudio. MES-Lite функціональність.....	74
3.6. Структурне моделювання АТК в програмно-технічному SIL-симуляторі	76
4. ЗАВДАННЯ ДО ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ НА ПОЛІГОНІ ІМІТАЦІЙНОГО SIL-МОДЕЛЮВАННЯ АТК ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ.....	79
4.1. Перелік завдань до віртуальної лабораторної роботи з дисципліни ІВС на полігоні імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем.....	79
4.2. Перелік завдань до віртуальної лабораторної роботи з дисципліни АСУ на полігоні імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем.....	80

4.3. Перелік завдань до віртуальної лабораторної роботи з дисципліни СТА на полігоні імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем.....	81
5. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ПОЛІГОНОМ ІМІТАЦІЙНОГО SIL-МОДЕЛЮВАННЯ АТК ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ	81
5.1 Охорона праці	81
5.2 Визначення основних потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників при виконанні науково-дослідної роботи.	82
5.3 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії при виконанні науково-дослідної роботи	83
5.4 Ергономічні та гігієнічні вимоги і правила безпеки під час експлуатації електронно-обчислювальних машин.....	85
5.5 Вимоги щодо організації робочих місць користувачів ЕОМ	86
5.6 Відповідність параметрів мікроклімату в робочій зоні санітарним нормам	88
5.7 Вимоги до освітлення робочих місць користувачів відеодисплейних терміналів персональних електронно–обчислювальних машин.....	89
5.8 Виробничий шум.....	90
5.9 Пожежна безпека та профілактика	91
РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ	94

ВСТУП

Полігон імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем призначений для: 1) використання в навчальному процесі кафедри АТЕП (наскрізна віртуальна комплексна лабораторна робота з дисциплін ІВС (2 курс), АСУ (3 курс), СТА (4 курс)); 2) використання в якості програмно-технічного симулятора при проєктуванні, модернізації і тиражуванні інженерних систем АСУТП інженерних систем.

Програмно-модельним інструментарієм розробки полігону імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем є: 1) альбом моделей «Моделювання елементів і структур промислових САР в СКМ Matlab Simulink» для імітаційного функціонального моделювання САР промислових систем; 2) програмно-технічний SIL-симулятор АТК на платформі Matlab Simulink – CoDeSys – WebStudio для імітаційного структурного моделювання АТК інженерних систем. Вказані альбом моделей і програмно-технічний симулятор використовуються в лабораторії ІМ АТК кафедри АТЕП.

Задачами розробки є: 1) зробити огляд АТК інженерних систем; 2) виконати інженерний розрахунок САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО; 3) виконати функціональне моделювання САР температури зворотної води в СКМ Matlab Simulink; 4) виконати структурне моделювання САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО в програмно-технічному SIL-симуляторі на платформі Simulink/CoDeSys/WebStudio.

Склад полігону імітаційного SIL-моделювання інженерних систем: 1) посібник «Порядок роботи з полігоном імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем» з результатами розрахунків, імітаційного функціонального і структурного моделювання САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО; 2) файл проєкту функціонального моделювання САР температури зворотної води в СКМ Matlab Simulink; 3) сконфігурований програмно-технічний SIL-

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							12
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

симулятор – папка проекту WebStudio з структурним моделюванням HMI/SCADA-функціональності САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							13
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

1. ОПИС АСУТП ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

1.1. Опис і аналіз ТОУ

Система ЦО

Центральне опалення – це система опалення, у якій тепlopостачання відбувається по трубопроводах через опалювальні прилади або через повітроводи надходить з гарячим повітрям. Дана система використовується для опалення великої кількості житлових об'єктів. Принцип її роботи полягає у циркуляції теплоносія тепломережами.

Система центрального опалення складається з джерела теплової енергії, магістральних трубопроводів для транспортування теплоносія до споживачів, та, безпосередньо, споживачів.

Перевагами системи ЦО є, перш за все, надійність та простота у використанні, якість обслуговування, оскільки система контролюється технічними службами, екологічність та економія на паливі.

Але недоліками слугують перепади тиску в системі опалення та втрати тепла при експлуатації, дороге обладнання, сезонність, а також при системі ЦО неможливо самостійно регулювати температуру на опалювальних приладах.

Основна задача системи ЦО - це циркуляція і постачання гарячої води до системи опалення. Регульованими параметрами є температури прямої або зворотної води в системі опалення.

Насьогодні існує два актуальних варіанта цієї системи:

- Залежна система опалення

При залежній системі опалення тепла мережа з'єднана з комунікаціями для розподілу тепла споживачам через магістальні трубопроводи, а теплоносії циркулює від джерела тепла у опалювальні приміщення. Особливістю даної схеми є залежність від температури теплоносія.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							14
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Перевагами залежної системи опалення є надійність, менший діаметр арматури, менші витрати на матеріали та обслуговування, а також відсутність необхідності контролю.

Але недоліками такої схеми є складність регулювання теплового режиму на окремих об'єктах та швидке зношування трубопроводів через низьку якість теплоносія.

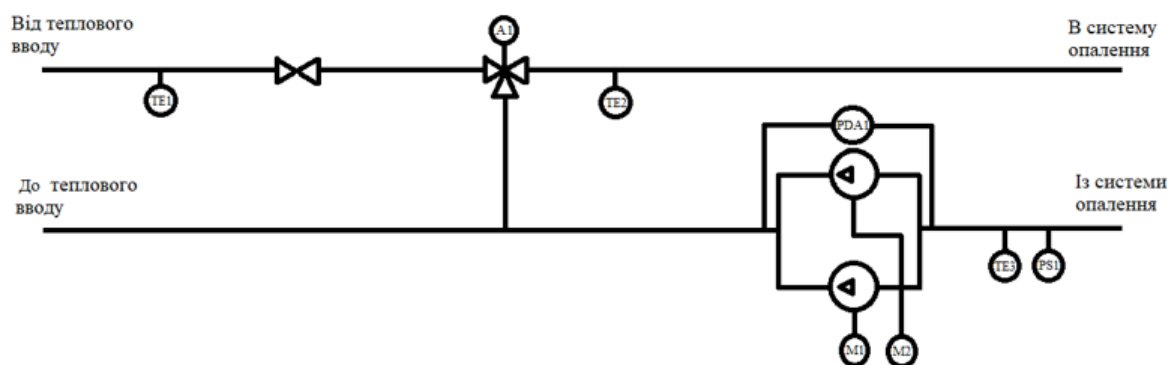


Рисунок 1.1 - Залежна система опалення ЦО

Примітка. Схема залежної системи опалення ЦО наведена з давачами технологічних параметрів і виконавчими механізмами.

- Незалежна система опалення

Незалежна система опалення відрізняється від залежної тим, що система розподілу тепла відокремлена від центральних теплових мереж гідравлічно ізольованими контурами (теплообмінниками). В даній системі теплоносії, який йде від теплового вводу нагріває теплоносії до системи опалення шляхом теплопередачі та повертається назад до теплового вводу, а нагрітий вторинний теплоносії до системи опалення віддає тепло споживачам та повертається до теплообмінного апарата, де знову нагрівається від первинного теплоносія. Рух теплоносія відбувається завдяки циркуляційному насосу.

Перевагами даної системи є можливість самостійно регулювати температуру теплоносія в трубах та можливість фільтрації води в контурах, високі показники енергозбереження, виключення ризику виникнення великих перепадів тиску та сумісність з будь-яким видом теплоносія.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							15
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Але недоліками такої системи є складність обслуговування, великі капіталовкладення на впровадження та відсутність можливості самостійного ремонту.

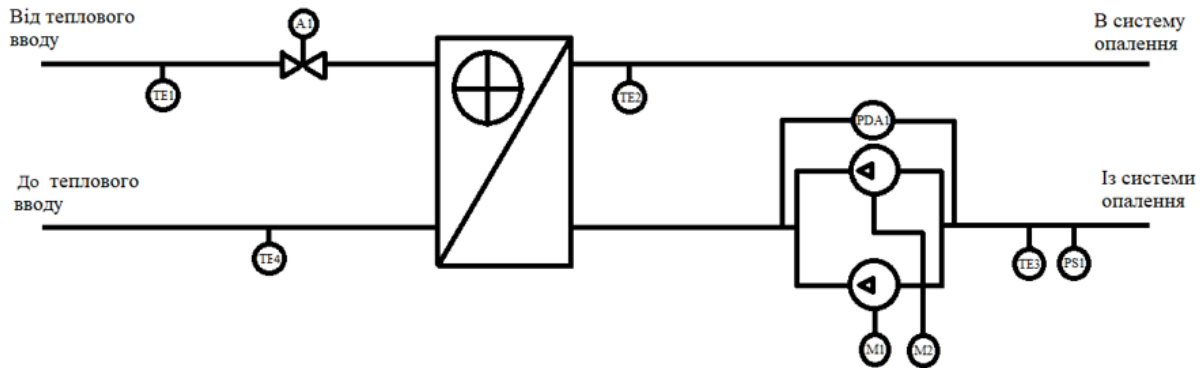


Рисунок 1.2 - Незалежна система опалення ЦО

Примітка. Схема незалежної системи опалення ЦО наведена з давачами технологічних параметрів і виконавчими механізмами.

Система ГВП

Система ГВП – це сукупність пристроїв для нагрівання холодної води та розподілу її водорозбірними приладами.

Її основна задача - це нагрівання води перед передачею до споживача. Регульованим параметром є температура прямої води. Насьогодні існує два актуальних варіанта цієї системи :

- 2-ступінчата система

Дана схема являє собою два контури, реалізовані з застосуванням двох роздільних теплообмінників. У гріючому контурі теплоносієм поступає від джерела тепла, а контролер визначає його температуру та в залежності від цього керує клапаном на відкриття чи закриття.

У контурі ГВП є лінія подачі гарячої води, лінія холодної води та лінія циркуляції. Принципом роботи є нагрівання холодної води до заданої температури в теплообміннику. Необхідний тиск забезпечують циркуляційні насоси. Лінія ХВП підключена до теплообмінника.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк. 16
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Двоступінчасті схеми застосовуються для зменшення температури води у зворотному трубопроводі та витрати води з теплової мережі.

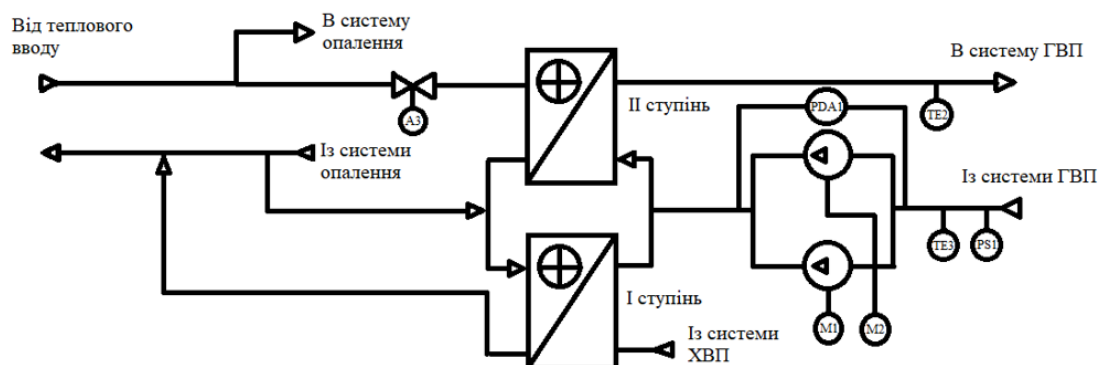


Рисунок 1.3 - 2-ступінчата система ГВП

Примітка. Схема 2-ступінчатої системи ГВП наведена з давачами технологічних параметрів і виконавчими механізмами.

- Система з баком-акумулятором

Бак-акумулятор виступає резервуаром для накопичення нагрітої води. Завдяки йому відбувається істотне зменшення витрат на опалення. Одним із недоліків бака-акумулятора є те що в старих будівлях при проектуванні не відводили вільного місця під нього.

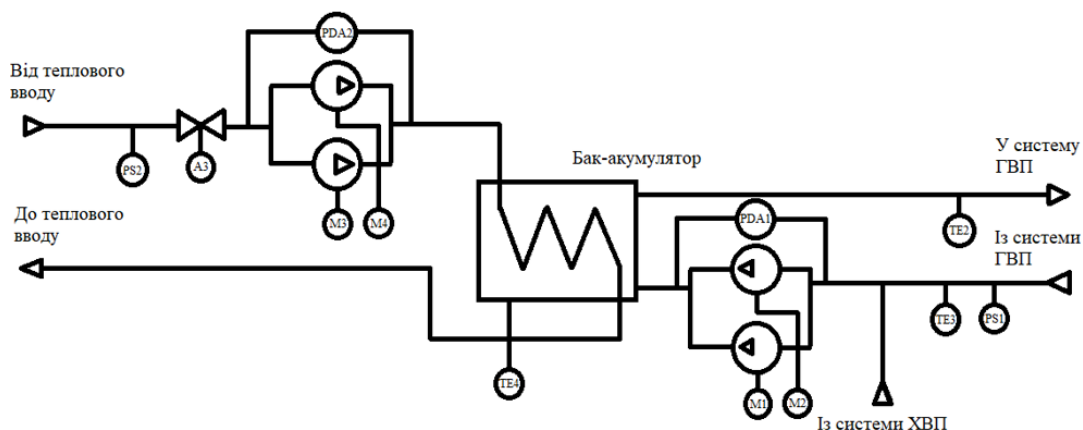


Рисунок 1.4 - Система ГВП з баком-акумулятором

Примітка. Схема системи ГВП з баком-акумулятором наведена з давачами технологічних параметрів і виконавчими механізмами.

Система ВК

Припливні системи використовуються для подачі чистого повітря взамін на повітря видаленого. За потреби, припливне повітря піддається обробці (нагрівається, зволожується, фільтрується і т.п.).

Основна задача системи ВК – це підігрів/охолодження і зволоження/осушення повітря. Регульованим параметром є температура і вологість в приміщенні.

Насьогодні актуальною є схема кондиціонування повітря з роторним регенератором, двома електричними повітрянагрівачами, одним водяним повітроохолоджувачем і парозволожувачем повітря.

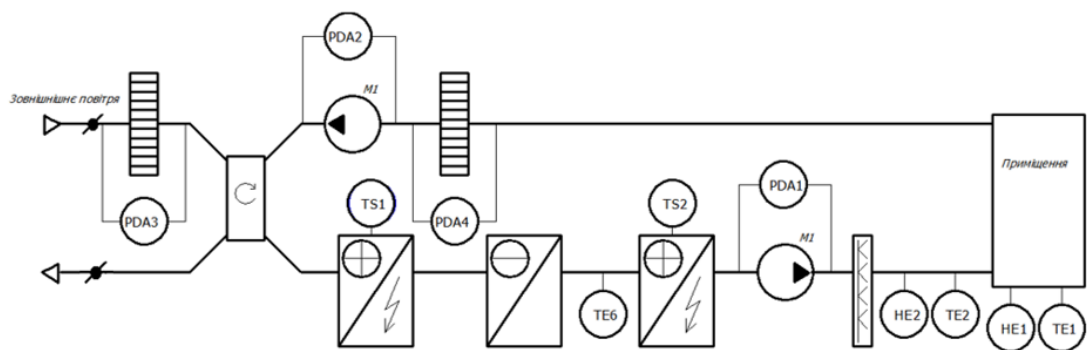


Рисунок 1.5 - Схема центрального кондиціонера

Примітка. Схема центрального кондиціонера наведена з давачами технологічних параметрів і виконавчими механізмами.

1.2. Перелік і опис технологічних параметрів АСУТП інженерних систем

Система ЦО

Залежна

Режимні параметри:

- Температура прямої води в трубопроводі
- Температура зворотної води в трубопроводі

Захисні параметри:

- Статичний тиск води в трубопроводі перед насосом

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							18
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

- Перепад тиску після і до насосу

Незалежна

Режимні параметри:

- Температура прямої води в трубопроводі
- Температура зворотної води в трубопроводі

Захисні параметри:

- Статичний тиск води в трубопроводі перед насосом
- Перепад тиску після і до насосу

Система ГВП

2х ступінчата

Режимні параметри:

- Температура прямої води в трубопроводі

Захисні параметри:

- Статичний тиск води в трубопроводі перед насосом
- Перепад тиску після і до насосу

3 баком акумулятором

Режимні параметри:

- Температура прямої води в трубопроводі

Захисні параметри:

- Статичний тиск води в трубопроводі перед насосом
- Перепад тиску після і до насосу

Система ВК

3 холодильником

Режимні параметри:

- Температура повітря в приміщенні
- Відносна вологість повітря в приміщенні
- Температура повітря на виході з вентилятору
- Відносна вологість повітря на виході з вентилятору

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							19
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

Захисні параметри:

- Перепад тиску до і після фільтрів
- Перепад тиску після і до насосу

З холодоносієм

Режимні параметри:

- Температура повітря в приміщенні
- Відносна вологість повітря в приміщенні
- Температура повітря на виході з вентилятору
- Відносна вологість повітря на виході з вентилятору

Захисні параметри:

- Перепад тиску до і після фільтрів
- Перепад тиску після і до насосу

1.3. Перелік і опис функцій АСУТП інженерних систем

Система ЦО

Залежна

Управляючі функції:

- Стабілізація температури прямої води ТЕ2 шляхом підмішування зворотної води в пряму воду виконавчим механізмом А1 (якісне регулювання).

або

- Стабілізація температури зворотної води ТЕ3 шляхом підмішування зворотної води в пряму воду виконавчим механізмом А1 (якісне регулювання).

Захисні функції:

- Захист від включення насосу на сухому ході при відсутності води в трубопроводі перед насосом, реалізований за рахунок

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							20
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

давач-реле тиску PS1, дискретний сигнал якого сигналізує про наявність/відсутність води в трубопроводі.

- Автоматичне включення резерву, при аварійному зниженні перепаду тиску після і до основного насосу PDA1 (якщо основний насос не забезпечує нагнітання середовища).

Інформаційні функції:

- Вимірювання температури прямої води TE2
- Вимірювання температури зворотної води TE3

Незалежна

Управляючі функції:

- Стабілізація температури прямої води TE2 шляхом зміни витрати води в контурі нагрівання теплообмінника виконавчим механізмом A1 (кількісне регулювання).
або
- Стабілізація температури зворотної води TE3 шляхом зміни витрати води в контурі нагрівання теплообмінника виконавчим механізмом A1 (кількісне регулювання).

Захисні функції:

- Захист від включення насосу на сухому ході при відсутності води в трубопроводі перед насосом, реалізований за рахунок датчика-реле тиску PS1, дискретний сигнал якого сигналізує про наявність/відсутність води в трубопроводі.
- Автоматичне включення резерву, при аварійному зниженні перепаду тиску після і до основного насосу PDA1 (якщо основний насос не забезпечує нагнітання середовища).

Інформаційні функції:

- Вимірювання температури прямої води TE2
- Вимірювання температури зворотної води TE3

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							21
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

- Вимірювання температури води на подачу до теплообмінника ТЕ1
- Вимірювання температури води на виході з теплообмінника ТЕ4

Система ГВП

2х ступінчата

Управляючі функції:

- Стабілізація температури прямої води ТЕ2 в системі ГВП на встановленому значенні шляхом регулювання витрати гарячої води із системи теплового вводу при постійній температурі гарячої води виконавчим механізмом А3 (кількісне регулювання).

Захисні функції:

- Захист від включення насосу на сухому ході при відсутності води в трубопроводі перед насосом, реалізований за рахунок датчика-реле тиску PS1, дискретний сигнал якого сигналізує про наявність/відсутність води в трубопроводі.
- Автоматичне включення резерву, при аварійному зниженні перепаду тиску після і до основного насосу PDA1 (якщо основний насос не забезпечує нагнітання середовища).

Інформаційні функції:

- Вимірювання температури прямої води ТЕ2 системи.
- Вимірювання температури зворотної води ТЕ3 системи.

3 баком-акумулятором

Управляючі функції:

- Стабілізація температури прямої води у баку-акумуляторі ТЕ4 в системі ГВП на встановленому значенні шляхом

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							22
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

регулювання витрати гарячої води із системи теплового вводу при постійній температурі гарячої води виконавчим механізмом АЗ (за відсутності завантажувального насосу) або включенням і відключенням завантажувального насосу (за відсутності виконавчого механізму) (кількісне регулювання).

Захисні функції:

- Захист від включення насосів на сухому ході при відсутності води в трубопроводі перед насосами, реалізований за рахунок датчиків-реле тиску PS1, PS2, дискретні сигнали яких сигналізують про наявність/відсутність води в трубопроводах.
- Автоматичне включення резерву, при аварійному зниженні перепадів тиску після і до основних насосів PDA1, PDA2 (якщо основний насос не забезпечує нагнітання середовища).

Інформаційні функції:

- Вимірювання температури прямої води системи TE2
- Вимірювання температури зворотної води системи TE3
- Вимірювання температури води в баці-акумуляторі TE4

Система ВК

З холодильником

Управляючі функції:

- Стабілізація температури повітря на виході кондиціонеру TE2 шляхом зміни витрати прямої води через повітронагрівач (кількісне регулювання).
або
- Стабілізація температури повітря в приміщенні TE1 шляхом зміни витрати прямої води через повітронагрівач (кількісне регулювання).

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							23
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

- Стабілізація відносної вологості повітря на виході кондиціонера HE2 шляхом зміни витрати прямої води через повітронагрівач (кількісне регулювання).
- або
- Стабілізація відносної вологості повітря в приміщенні HE1 шляхом зміни витрати прямої води через повітронагрівач (кількісне регулювання).

Захисні функції:

- Автоматичне включення резерву, при аварійному зниженні перепаду тиску після і до основного насосу PDA1, PDA2 (якщо основний насос не забезпечує нагнітання середовища).
- Захист від критичної засміченості фільтрів, реалізований за рахунок датчика-реле перепаду тиску PDA3, PDA4.
- Захист повітропідігрівачів від перегріву поверхонь (відключення підігрівачів, якщо датчики-реле температури TS1, TS2 формують дискретні 24V сигнали про надмірні температури). Захист першого водяного (глікольного) повітропідігрівача від замерзання (відключення припливного вентилятору, якщо температура зворотного теплоносія занизька). Захист роторного регенератору від обмерзання (перехід в режим відтаювання шляхом відключення припливного вентилятору, якщо температура витяжного повітря тривалий час занизька).

Інформаційні функції:

- Вимірювання температури повітря в приміщенні TE1
- Вимірювання температури припливного повітря TE2
- Вимірювання температури повітря після повітроохолоджувача TE6

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							24
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

- Вимірювання відносної вологості повітря в приміщенні HE1
- Вимірювання відносної вологості припливного повітря HE2

3 холодоносієм

Управляючі функції:

- Стабілізація температури повітря на виході кондиціонера TE2 шляхом зміни витрати прямої води через повітронагрівач (кількісне регулювання).
або
- Стабілізація температури повітря в приміщенні TE1 шляхом зміни витрати прямої води через повітронагрівач (кількісне регулювання).
- Стабілізація відносної вологості повітря на виході кондиціонера HE2 шляхом зміни витрати прямої води через повітронагрівач (кількісне регулювання).
або
- Стабілізація відносної вологості повітря в приміщенні HE1 шляхом зміни витрати прямої води через повітронагрівач (кількісне регулювання).

Захисні функції:

- Автоматичне включення резерву, при аварійному зниженні перепаду тиску після і до основного насоса PDA1, PDA2 (якщо основний насос не здатний нагнітати сигнал).
- Захист від критичної засміченості фільтрів, реалізований за рахунок датчиків-реле перепаду тиску PDA3, PDA4.
- Попереджувальна сигналізація про перегрів поверхонь (відключення підігрівачів, якщо датчики-реле температури TS1, TS2 формують дискретні 24V сигнали про надмірні температури). Захист першого водяного (глікольного) повітропідігрівача від замерзання (відключення припливного

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							25
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

вентилятору, якщо температура зворотного теплоносія занижка). Захист роторного регенератору від обмерзання (перехід в режим відтаювання шляхом відключення припливного вентилятору, якщо температура витяжного повітря тривалий час занижка).

Інформаційні функції:

- Вимірювання температури повітря в приміщені TE1
- Вимірювання приливної повітря TE2
- Вимірювання температури повітря після повітроохолоджувача TE6
- Вимірювання відносної вологості повітря в приміщені HE1
- Вимірювання відносної вологості приливної повітря HE2

1.4. Опис схеми функціональної автоматизації ТОВ

Примітка. Схеми функціональні автоматизації взяті з сайту “RAUT automatic”.

Система ЦО

Залежна система опалення

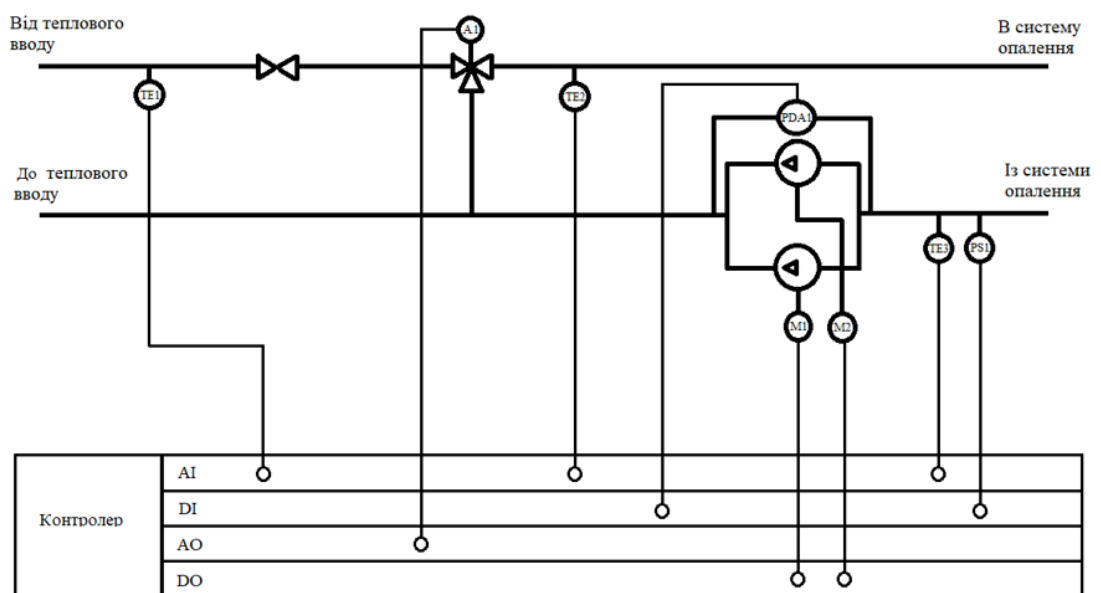


Рисунок 1.6 - Схема функціональна автоматизації залежної системи
опалення

Температури прямої і зворотної води вимірюються давачами TE2, TE3 (стандартними термометрами опору Pt1000 або термометрами опору з уніфікованим сигналом 4-20мА), які поступають на відповідні аналогові входи контролера.

Управління аналоговим виконавчим механізмом змінної швидкості A1, за допомогою якого відбувається змішування двох потоків води, відбувається сигналом 4-20 мА з аналогового виходу контролера.

Мережеві насоси M1 та M2, за допомогою яких відбувається циркуляція води у системі, включаються дискретними сигналами з контролера.

Давач-реле тиску води в зворотному трубопроводі PS1 формує дискретний 24V сигнал про наявність води в зворотному трубопроводі. Давач-реле тиску PS1 є датчиком «сухого ходу». Мережеві насоси будуть відключені контролером у разі відсутності цього сигналу (робота насосу «на сухому ході», тобто без води в трубопроводі, призведе до спалення електродвигуну насосу).

Давач-реле перепаду тиску після та до насосу PDA1 формує дискретний 24V сигнал про відсутність перепаду тиску на насосній групі, який інформує про те, що насос не включений або непрацездатний. Контролер за цим сигналом формує дискретну команду на запуск у роботу допоміжного (резервного) мережевого насосу (ABP – автоматичне включення резерву).

Управляюча функція АСУ – стабілізація на заданому значенні 1) температури прямої води TE2 в системі опалення або 2) температури зворотної води TE3 в системі опалення. Якісне регулювання температури – зміна температури води в триходовому змішувальному клапані при постійній витраті води через клапан. Регулювання здійснюється виконавчим механізмом A1.

В контролері реалізується одноконтурне ПІД-регулювання температури прямої води або каскадне ПІД-регулювання температури зворотної води.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							27
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Незалежна система опалення

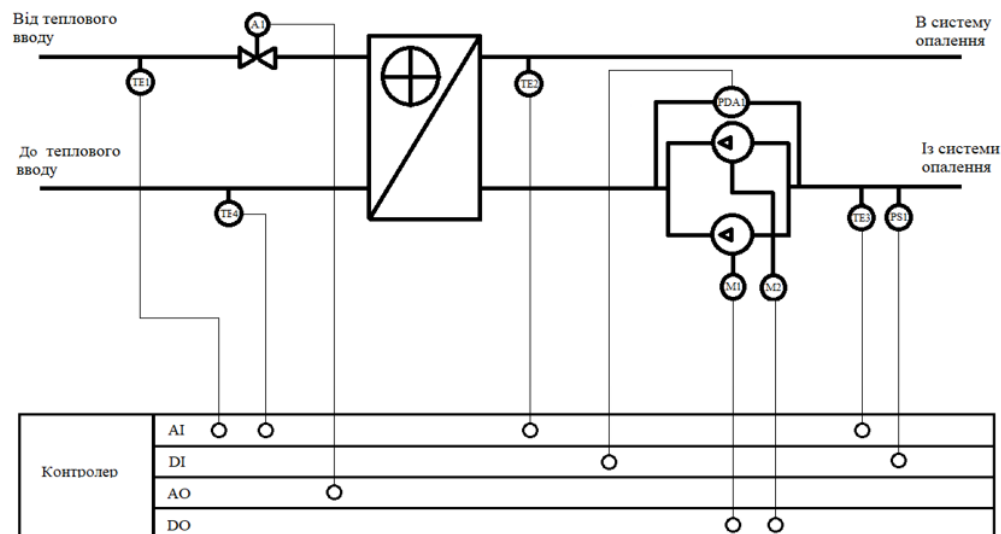


Рисунок 1.7 - Схема функціональна автоматизації незалежної системи опалення

Потоки води з внутрішнього та зовнішнього контуру проходять через теплообмінний апарат.

TE2, TE3 - датчики температури з вихідним сигналом Pt1000 або 4..20mA для вимірювання температури прямої та зворотної води внутрішнього контуру відповідно.

TE1, TE4 - датчики температури з вихідним сигналом Pt1000 або 4..20mA для вимірювання температури води до та після теплообмінника відповідно.

A1 – аналоговий виконавчий механізм для регулювання кількості проходження гарячої води через теплообмінний апарат. Керування здійснюється за допомогою сигналу 4..20mA з контролера.

M1, M2 – мережеві насоси для циркуляції води. Пуск насосів здійснюється дискретними сигналами контролера.

PS1 - давач-реле тиску води в зворотному трубопроводі формує дискретний 24V сигнал про наявність води в зворотному трубопроводі. Давач-реле тиску PS1 є датчиком «сухого ходу». Мережеві насоси будуть відключені контролером у разі відсутності цього сигналу (робота насосу «на сухому ході», тобто без води в трубопроводі, призведе до спалення електродвигуну насосу).

PDA1 - давач-реле перепаду тиску після та до насосу формує дискретний 24V сигнал про відсутність перепаду тиску на насосній групі, який інформує про те, що насос не включений або непрацездатний. Контролер за цим сигналом формує дискретну команду на запуск у роботу допоміжного (резервного) мережевого насосу (ABP – автоматичне включення резерву).

Управляюча функція АСУ – стабілізація на заданому значенні 1) температури прямої води TE2 в системі опалення або 2) температури зворотної води TE3 в системі опалення або TE4 в контурі теплообмінника. Кількісне регулювання температури – зміна витрати гарячої води в контурі теплообмінника при постійній температурі гарячої води. Регулювання здійснюється виконавчим механізмом А1.

В контролері реалізується одноконтурне ПІД-регулювання температури прямої води або каскадне ПІД-регулювання температури зворотної води.

Система ГВП

2-ступінчата система ГВП

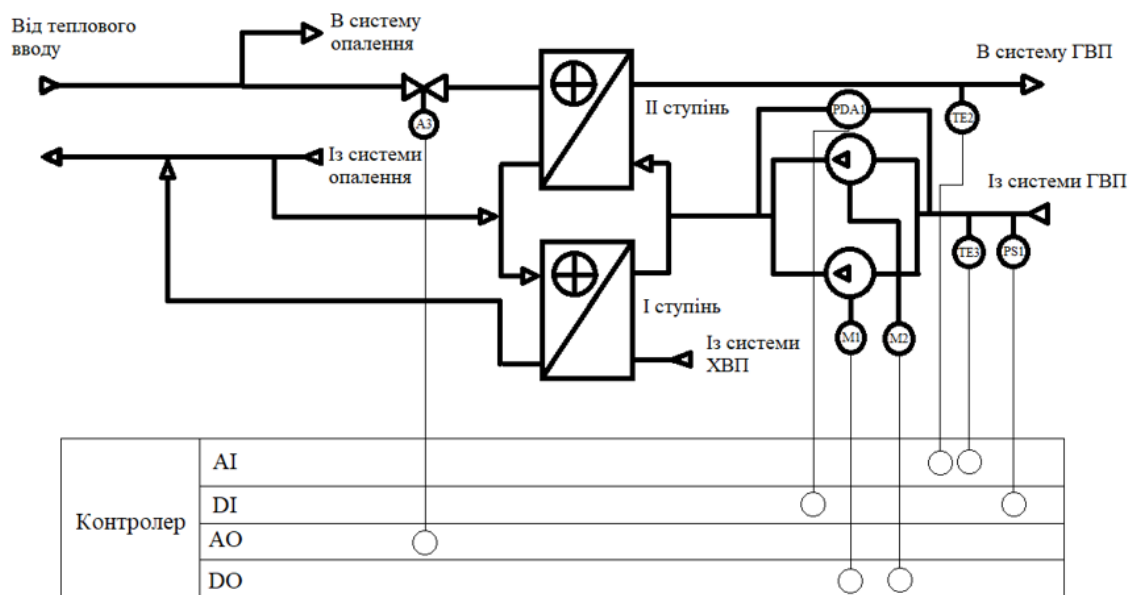


Рисунок 1.8 - Схема функціональна автоматизації 2-ступінчатої системи ГВП

TE2, TE3 – датчики температури з вихідним сигналом Pt1000 або 4..20мА для вимірювання температури прямої та зворотної води відповідно.

A3 – аналоговий виконавчий механізм. Керування здійснюється за допомогою сигналу 4..20мА з контролера.

M1, M2 – циркуляційні насоси. Пуск насосів здійснюється командами 24В контролера.

PS1 – датчик-реле тиску. Дане реле є датчиком «сухого ходу» і при виникненні статичного тиску в системі подає сигнал 24В на контролер, який, в свою чергу, запускає насос. Причому пуск насоса може здійснюватися лише при умові наявності води в трубопроводі.

PDA1 – датчик-реле перепаду тиску після та до насосу. При відсутності перепаду тиску на першому циркуляційному насосі дане реле подає сигнал 24В на контролер, який, в свою чергу, запускає другий насос(резервний).

Управляюча функція АСУ – стабілізація температури прямої води TE2 в системі ГВП на заданому значенні зміною витрати гарячої води із системи теплового вводу при постійній температурі гарячої води (кількісне регулювання). Регулювання здійснюється виконавчим механізмом А3.

В контролері реалізується одноконтурне ПІД-регулювання температури прямої води в системі ГВП.

Система ГВП з баком-акумулятором

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							30
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

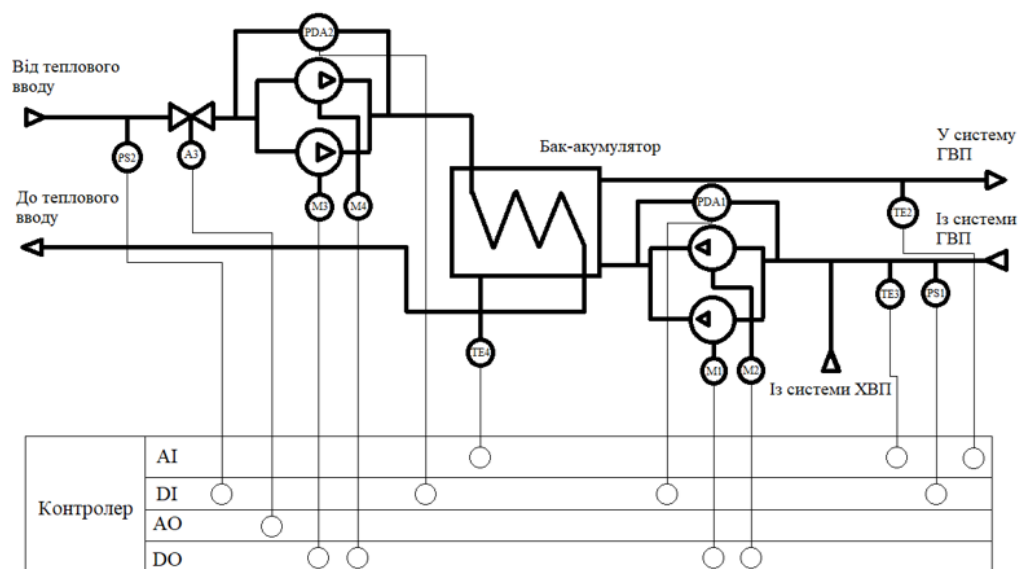


Рисунок 1.9 - Схема функціональна автоматизації ГВП з баком-акумулятором
TE2, TE3, TE4 - датчики температури з вихідним сигналом Pt1000 або 4..20mA для вимірювання температури прямої та зворотної води.

A3 – аналоговий виконавчий механізм. Керування здійснюється за допомогою сигналу 4..20mA з контролера.

M1, M2, M3, M4 – насоси. Пуск насосів здійснюється командами 24В контролера.

PS1, PS2 – реле тиску. Дані реле є датчиками «сухого ходу» і при виникненні статичного тиску в системі подають сигнал 24В на контролер, який, в свою чергу, запускає насоси. Причому пуск насоса може здійснюватися лише при умові наявності води в трубопроводі.

PDA1, PDA2 – реле перепаду тиску після та до насосу. При відсутності перепаду тиску на насосах дані реле подають сигнал 24В на контролер, який, в свою чергу, запускає інші насоси(резервні).

Управляюча функція АСУ – стабілізація температури прямої води TE4 у баку-акумуляторі системи ГВП на заданому значенні зміною витрати гарячої води із системи теплового вводу при постійній температурі гарячої води (кількісне регулювання). Регулювання здійснюється виконавчим механізмом A3 (за

відсутності завантажувального насосу) або включенням і відключенням завантажувального насосу (за відсутності виконавчого механізму).

В контролері реалізується одноконтурне ПІД-регулювання температури води у баку-акумуляторі.

Система стабілізації тиску в колекторі (відсутня на вищенаведених схемах функціональних автоматизації систем ЦО і ГВП)

САР тиску гарячої води в колекторі теплового вводу потрібна в тих випадках, коли система ЦО і система ГВП мають один тепловий ввід (зазвичай розташовані в одному тепловій пункті). САР тиску гарячої води в колекторі теплового вводу використовується для того, щоб система ЦО не впливала на систему ГВП і, навпаки, система ГВП не впливала на систему ЦО.

Управляюча функція САР – стабілізація тиску гарячої води в колекторі теплового вводу. Завдяки стабілізації тиску гарячої води в колекторі теплового вводу зникають перехресні зв'язки в об'єкті, що перетворює об'єкт з перехресними зв'язками у стандартний об'єкт тільки з прямими зв'язками.

Тиск гарячої води в колекторі теплового вводу вимірюється давачем тиску (давач з уніфікованим сигналом 4-20 мА), який підключається до відповідного аналогового входу контролера. Аналоговий виконавчий механізм (виконавчий механізм змінної швидкості) управляється аналоговим сигналом 0..10 V / 4-20 мА з аналогового виходу контролера. Кількісне регулювання тиску гарячої води в колекторі теплового вводу – зміна витрати гарячої води з теплового вводу (від котельні).

АСР тиску гарячої води в колекторі теплового вводу реалізується автономним контролером або навіть регулятором, не пов'язаним з контролерами систем ЦО і ГВП.

Часто регулятор тиску гарячої води в колекторі теплового вводу є регулятором прямої дії, який спрацьовує під дією перепаду тиску і не потребує електричного живлення.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							32
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

Регулятор тиску в колекторі завжди є регулятором тиску «після себе» – точка вимірювання тиску обов'язково розташована після регулюючого органу (в напрямку потоку середовища).

Система ВК

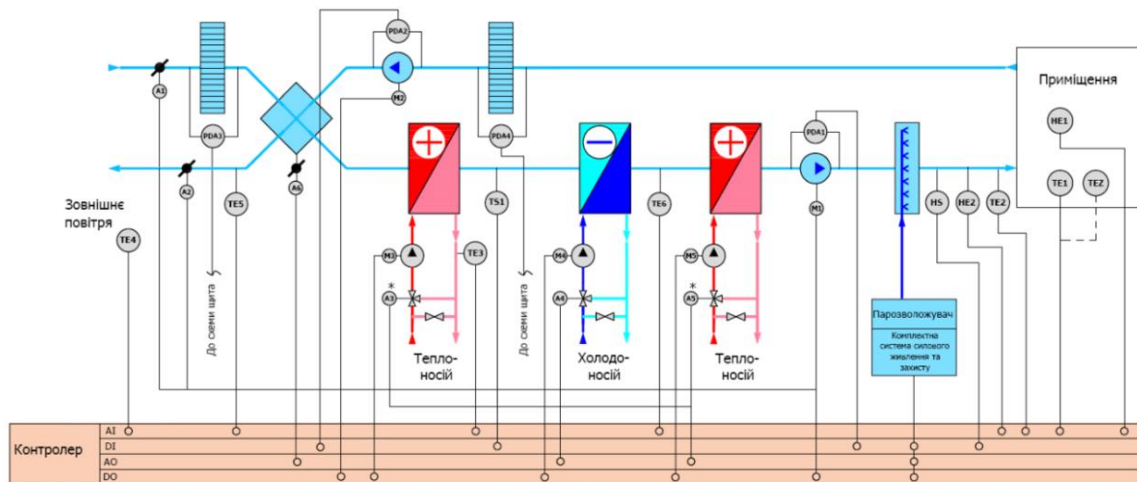


Рисунок 1.10 - Схема функціональна автоматизації ВК

Секції кондиціонеру:

- Перехресноточний регенератор.
- Водяний повітрянагрівач 1-го підігріву.
- Водяний повітроохолоджувач.
- Водяний повітрянагрівач 2-го підігріву.
- Парозволожувач із зовнішнім парогенератором.

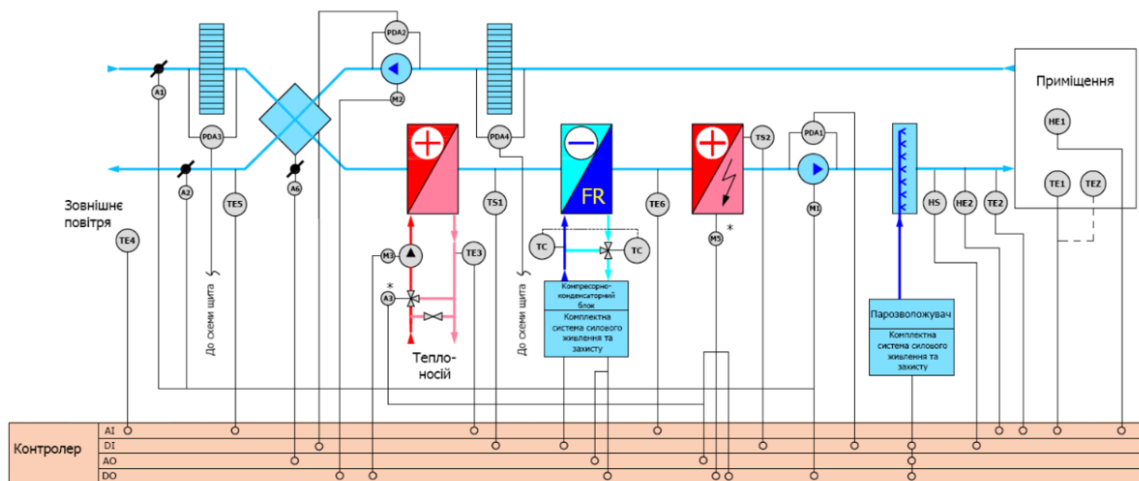


Рисунок 1.11 - Схема функціональна автоматизації ВК

Секції кондиціонеру:

- Перехресноточний регенератор.
- Водяний повітрянагрівач 1-го підігріву.
- Випаровувач повітроохолоджувача (холодильника) з виносним компресорно-конденсаторним блоком.
- Електричний повітрянагрівач 2-го підігріву.
- Парозволожувач із зовнішнім парогенератором.

TE1, TE2, TE6 - датчики температури з вихідним сигналом Pt1000 або 4..20мА для вимірювання температури повітря в приміщенні, температури приливної повітря та температури повітря після повітроохолоджувача відповідно.

HE1, HE2 - датчики вологості з вихідним сигналом 4..20мА для вимірювання вологості повітря в приміщенні і вологості приливної повітря відповідно.

M1, M2 – електроприводи вентиляторів. Пуск здійснюється дискретними сигналами контролера.

M3, M4 – електроприводи насосів прямої води на повітрянагрівачах. Пуск здійснюється дискретними сигналами контролера.

M5 – електропривід повітроохолоджувача. Пуск здійснюється дискретними сигналами контролера.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							34
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

A1, A2 – електроприводи заслінок. Пуск здійснюється дискретними сигналами контролера.

PDA1, PDA2 – реле перепаду тиску після та до насосів. При відсутності перепаду тиску на насосі дані реле подають сигнал 24В на контролер і таким чином інформують про непрацездатність насосу.

PDA3, PDA4 – реле перепаду тиску до та після фільтрів. При відсутності перепаду тиску на фільтрі дані реле подають сигнал 24В на контролер і таким чином інформують про засмічення фільтрів.

Захист повітропідігрівачів від перегріву поверхонь (відключення підігрівачів, якщо датчики-реле тиску TS1, TS2 формують дискретні 24V сигнали про надмірні температури). Захист першого водяного (глікольного) повітропідігрівача від замерзання (відключення припливного вентилятору, якщо температура зворотного теплоносія занижка). Захист роторного регенератору від обмерзання (перехід в режим відтаювання шляхом відключення припливного вентилятору, якщо температура витяжного повітря тривалий час занижка).

Управляючі функції АСУ – стабілізація на заданому значенні 1) температури повітря на виході кондиціонеру TE2 і відносної вологості повітря на виході кондиціонеру HE2 або 2) температури повітря в приміщенні TE1 і відносної вологості повітря в приміщенні HE1. Якісне регулювання (саме таке на схемі) температури повітря в водяному повітронагрівачі (повітроохолоджувачі) – зміна температури прямого теплоносія (холодоносія) повітронагрівача (повітроохолоджувача) переміщенням змішувального триходового клапану на прямому теплоносії (холодоносії) повітронагрівача (повітроохолоджувача). Кількісне регулювання (може бути реалізоване в схемі) температури повітря в водяному повітронагрівачі (повітроохолоджувачі) – зміна витрати прямого теплоносія (холодоносія) повітронагрівача (повітроохолоджувача) переміщенням розподільного триходового клапану на зворотному теплоносії (холодоносії) повітронагрівача (повітроохолоджувача).

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							35
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Стабілізація температури холодоагенту (фреону) на вході в випаровувач повітроохолоджувача реалізується автономним контролером або регулятором ТС зміною витрати прямого холодоагенту (фреону) повітроохолоджувача переміщенням розподільного триходового клапану на зворотному холодоагенті (фреоні) повітроохолоджувача (кількісне регулювання).

Кількісне регулювання вологості повітря в парозволожувачі – зміна продуктивності парозволожувача.

Режим БЕЗ ОСУШЕННЯ (завжди режим ЗИМА та інколи режим ЛІТО) – нагрівання припливного повітря в першому підігрівачі і подальше зволоження припливного повітря в парозволожувачі.

Режим З ОСУШЕННЯМ (часто режим ЛІТО, ніколи режим ЗИМА) – осушення припливного повітря до точки роси в охолоджувачі, подальше нагрівання припливного повітря в другому підігрівачі і подальше зволоження припливного повітря в парозволожувачі.

В контролері реалізується одноконтурне ПІД-регулювання температури повітря на виході кондиціонеру або каскадне ПІД-регулювання температури повітря в приміщенні. В контролері реалізується одноконтурне ПІД-регулювання відносної вологості повітря на виході кондиціонеру або каскадне ПІД-регулювання відносної вологості повітря в приміщенні.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							36
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

1.5. Опис схеми структурної ПТК АСУТП ТОУ

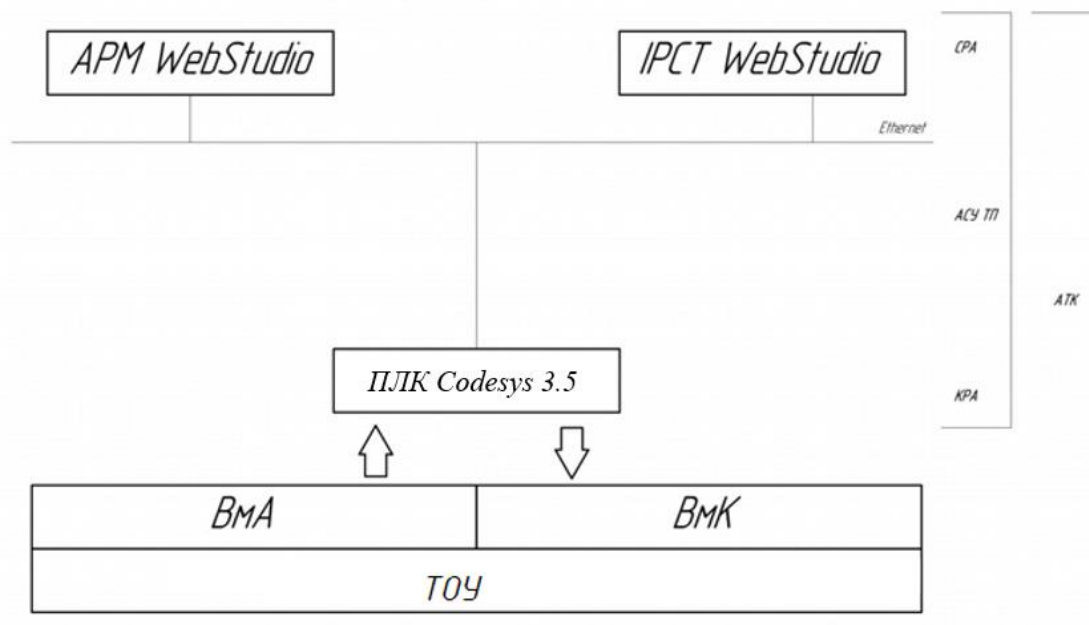


Рисунок 1.12 - Схема структурна ПТК АСУ

- ТОУ – технологічний об'єкт управління
- ВМА – вимірювальна апаратура
- ВКА – виконавча апаратура
- ПЛК – програмований логічний контролер
- АРМ – автоматизоване робоче місце
- ІРСТ – інженерна робоча станція

- СРА – supervізорний рівень автоматизації
- АСУ ТП – автоматизована система управління технологічними процесами
- КРА – контролерний рівень автоматизації
- АТК – автоматизований технологічний комплекс

Нижній рівень АСУТП – це рівень регулювання (виконання завдань, тобто реалізація заданих значень параметрів – уставок – від верхнього рівня АСУТП),

контролерний рівень, який реалізує функціональність неперервного регулювання (регулювання температури, тиску, витрати тощо) і програмно-логічного управління різними механізмами (конвеєри, рольганги, технологічні захисти тощо). Раніше елементною базою неперервного регулювання були регулятори, а елементною базою програмно-логічного управління – релейні схеми, які монтувались у так звані релейні шафи. Зараз платформою нижнього рівня є PLC – ПЛК. Сучасні ПЛК реалізують: 1) програмно-логічне управління (logic control: сигналізація; захист; старт-стопні операції); 2) неперервне ПІД-регулювання (PID control: одноконтурні і каскадні АСР режимних параметрів технологічних процесів і виробництв); 3) управління рухом (motion control: управління кроковими двигунами; контроль наявності і переміщення деталей на задану відстань і валів на заданий кут; регулювання швидкості).

Верхній рівень АСУТП – це рівень управління (формування завдань, тобто розрахунок заданих значень параметрів – уставок – для нижнього рівня АСУТП), супервізорний рівень, який реалізує функціональність людино-машинного управління (HMI або SCADA або HMI/SCADA). Супервізорне керування полягає у реалізації технологічних карт, тобто в ідентифікації ситуації на об'єкті і видачі завдань параметрів для контурів регулювання в контролерах. Елементною базою верхнього рівня є персональні комп'ютери, програмною платформою – HMI/SCADA-системи – промислове програмне забезпечення, яке виконує наступні функції:

- Обмін даними з контролерами.
- Видача установок для регуляторів в контролерах.
- Архівування даних з контролерів.
- Візуалізація даних мнемосхем (mimics);
- Ідентифікація і відображення алармів (нештатних ситуацій)
- Побудова трендів (реального часу та історичних);
- Реалізація систем звітності.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							38
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Сучасна SCADA-система не реалізує оптимізацію технологічного процесу в реальному часі, вона в реальному часі реалізує людино-машинний інтерфейс НМІ (мнемосхеми, аларми, тренди тощо).

1.6 Перелік і аналіз джерел економічної ефективності АТК інженерних систем

ЦО

Джерелами економічної ефективності для САР температури прямої та зворотної води в незалежній системі ЦО є:

- покращення якості стабілізації температури в приміщенні;
- зменшення питомої витрати гарячої води в контурі теплообмінника.

Джерелами економічної ефективності для САР температури прямої та зворотної води в залежній системі ЦО є:

- Мінімізація теплових втрат в будівлі за рахунок покращення стабілізації прямої води в систему ЦО або температури зворотної води з системи ЦО. Це призводить до зменшення витрати палива в котельні на нагрівання гарячої води в систему ЦО.

ГВП

Джерелами економічної ефективності для САР температури прямої води в двоступінчастій системі ГВП є:

- покращення якості стабілізації температури в приміщенні;
- зменшення питомої витрати гарячої води в контурі теплообмінника.

Джерелами економічної ефективності для САР температури прямої води в системі ГВП з баком акумулятором є:

- покращення якості стабілізації температури в приміщенні;

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							39
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

- зменшення питомої витрати гарячої води в контурі теплообмінника.

ВК

Джерелами економічної ефективності для САР температури повітря в приміщенні в системі ВК є:

- покращення якості стабілізації температури в приміщенні;

Джерелами економічної ефективності для САР вологості повітря в приміщенні в системі ВК є:

- покращення якості стабілізації вологості повітря в приміщенні;

Джерелами економічної ефективності для САР температури приливною повітря в системі ВК є:

- покращення якості стабілізації температури в повітронагрівачі та повітроохолоджувачі;

Джерелами економічної ефективності для САР вологості приливною повітря в системі ВК є:

- покращення якості стабілізації вологості повітря в парозволожувачі;

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							40
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

2. ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК КАСКАДНОЇ САР ТЕМПЕРАТУРИ ЗВОРотної ВОДИ В НЕЗАЛЕЖНІЙ СИСТЕМІ ЦО

2.1 Інженерний розрахунок ВК каскадної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

2.1.1. Перелік ВК ІВС АСУТП інженерних систем

ЦО

- ВК температури зворотної води в залежній системі ЦО
- ВК температури прямої води в залежній системі ЦО
- ВК температури зворотної води в незалежній системі ЦО
- ВК температури прямої води в незалежній системі ЦО

ГВП

- ВК температури прямої води в системі двоступінчастій системі ГВП
- ВК температури прямої води в системі двоступінчастій системі ГВП з баком-акумулятором

ВК

- ВК температури приливногo повітря в системі ВК
- ВК температури повітря після повітроохолоджувача в системі ВК
- ВК температури повітря в приміщені в системі ВК
- ВК відносної вологості повітря після повітроохолоджувача в системі ВК
- ВК відносної вологості повітря в приміщені в системі ВК

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							41
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

2.1.2. Опис схем структурних ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

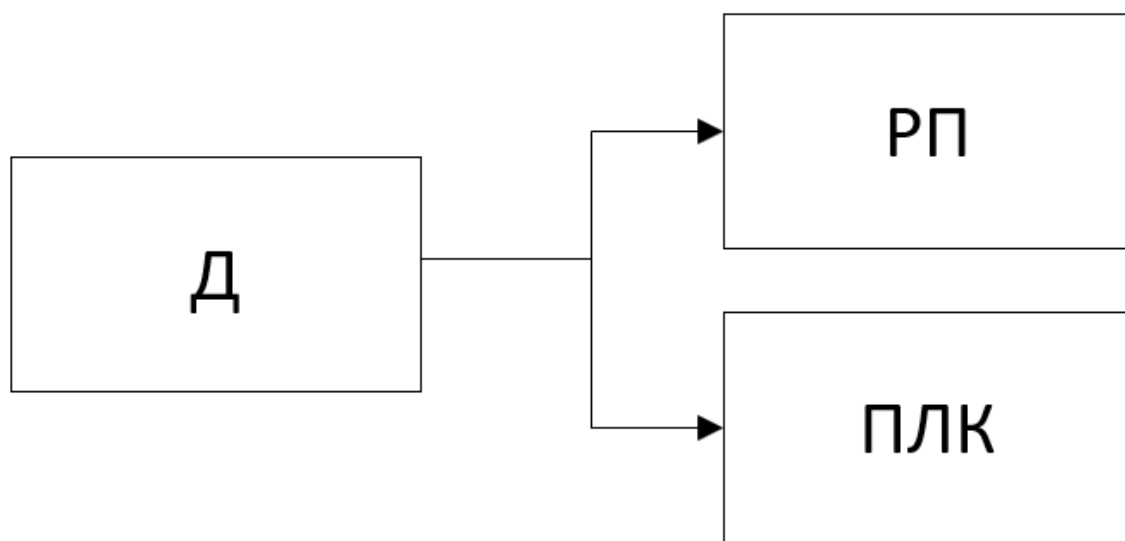


Рисунок 2.1 – Структурна схема ВК САР температури зворотної води

Д – термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4..20 мА.

РП – реєструючий вторинний прилад.

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач.

Сигнал з термометру опору передається на реєструючий вторинний прилад і на відповідні аналогові входи ПЛК.

2.1.3. Опис схем функціональних ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							42
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

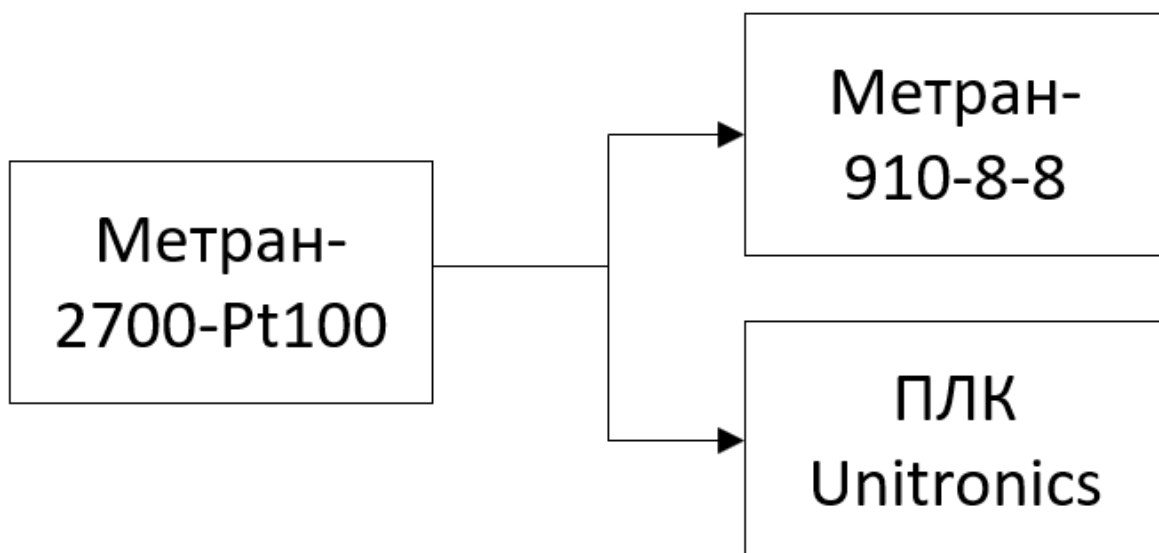


Рисунок 2.2 – Схема функціональна САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Так як температура води в системі має діапазон 75..150 °С, то в якості промислового термометру вибираємо термометр опору з уніфікованим вихідним сигналом Метран-2700-Pt100:

- Вихідний сигнал: 4..20 мА;
- Діапазон перетворення температур: -50..200 °С;
- Клас точності: 0.15;
- Час напрацювання на відмову: 360 000 год.

Вторинним вимірювальним приладом обираємо багатоканальний реєстратор Метран-910-8-8:

- Аналогових каналів: 8;
- Дискретних входів: 4;
- Дискретних виходів: 8
- Діапазони вимірювань сили постійного струму: 0..5, 0..20, 4..20 мА;
- Клас точності: 0.1;
- Час напрацювання на відмову: 40 000 год.

Вибираємо ПЛК Unitronics Unistream:

- Клас точності: 0.1;

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							43
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

- Час напрацювання на відмову: 250 000 год.

2.1.4. Опис схем принципів електричних ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Оскільки давач температури – Метран 2700-Pt100 має уніфікований сигнал 4..20мА, тому підключення до контролера здійснюється за двопровідною схемою (див. рис. 2.3). У схемі використовуються діоди Зенера (стабілітрони), які застосовуються для збереження електричного кола при відключенні РП або ПЛК.

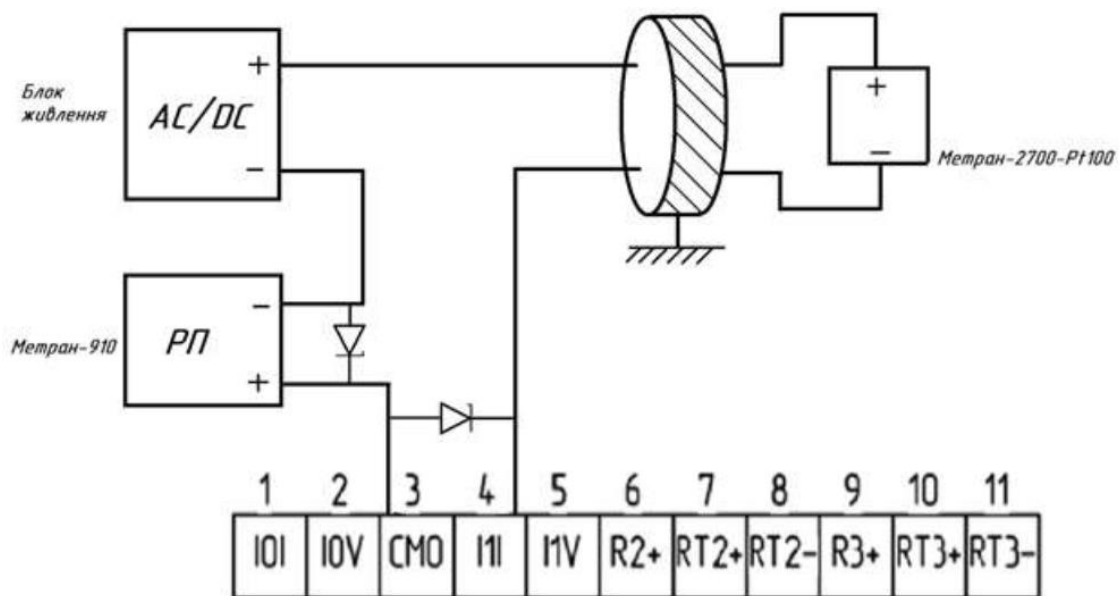


Рисунок 2.3 - Схема принципово електрична ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

2.1.5. Опис схем монтажу технічних засобів ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО



Рисунок 2.4 – Термометр опору Метран 2700-Pt100

1 – корпус з'єднальної головки

2 – кришка з'єднальної головки

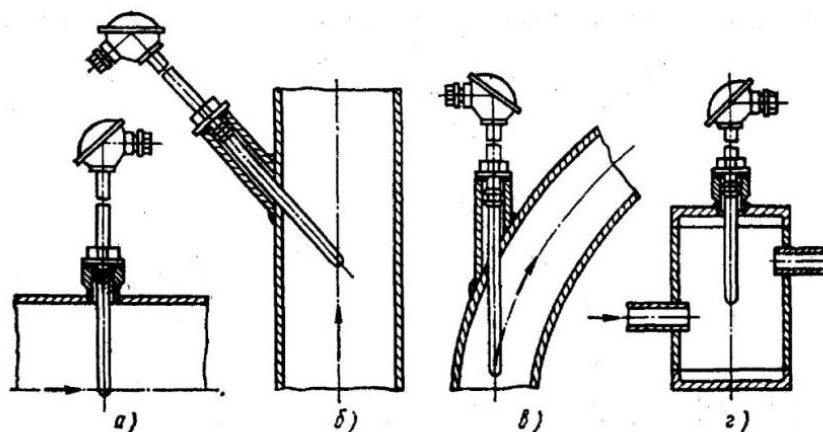
3 – вимірювальний перетворювач

4 – чутливий елемент

5 – плата DIN

Вибраний термометр опору (див. рис. 2.4) вкручується в трубу(див. рис. 2.5).

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							45
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		



Установка термометрів опору на трубопроводах
а, б - на горизонтальній та вертикальній ділянках, в - на коліні
г - за допомогою розширювача

Рисунок 2.5 – Установка термометрів опору на трубопроводах

2.1.6. Опис схем структурних надійності ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

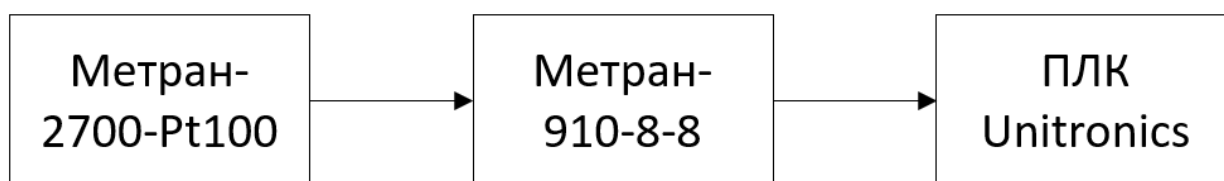


Рисунок 2.6 – Структурна схема надійності

Термометр опору передає сигнал на ПЛК, який в свою чергу подає команду на блок ручного управління (див. рис. 2.6).

2.1.7. Метрологічні розрахунки ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

ВК повинен забезпечити вимірювання з похибкою не гірше ніж $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
Розрахунок ВК ІВС для температури зворотної води в незалежній системі ЦО.
Класи точності приладів беруться з їх паспортів. Для засобів вимірювання **клас точності** являє собою межу основної допустимої похибки вимірювання.

Термін **межа** має статистичний характер і вказує на те, що з ймовірністю 0,999 всі випадкові відхилення вимірюваної величини вкладаються в довірчий діапазон вимірювання ДДВ.

Термін **основна** вказує на те, що клас точності нормує похибку для нормальних умов експлуатації (тобто коли задовольняються вимоги до температури, вологості і тиску навколишнього середовища і вимоги до живлення приладів). Якщо вказані технічні вимоги не виконуються, з'являється додаткова похибка і сумарна похибка перевищує клас точності приладу.

Межа основної допустимої приведеної похибки ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО розраховується на основі класів точності ε_i структурних компонентів даного ВК:

$$\varepsilon = \sqrt{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} = \sqrt{0.15^2 + 0.1^2} = 0.18 \%$$

Межа абсолютної похибки:

$$\Delta = \varepsilon \cdot (X_{max} - X_{min}) \cdot \frac{1}{100} = 0.18 \cdot (200 - (-50)) \cdot \frac{1}{100} = 0.45 \approx 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Результат розрахунків:

$$t = t_0 \pm \Delta = t_0 \pm 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розрахована похибка для каналу Д-РП буде дорівнювати похибці Д-ПЛК.

Розрахований ВК задовольняє поставлену задачу в забезпеченні вимірювання з похибкою не гірше ніж $\pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

2.1.8. Розрахунки надійності ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Розрахунок надійності для ІВС температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Задамо середній час напрацювання на відмову $T_{cr}^* = 250\,000$ год та коефіцієнт готовності $K_{гот}^* = 0.9995$.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							47
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Інтенсивність відмов: $\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = \frac{1}{360000} + \frac{1}{40000} + \frac{1}{250\,000} = 0.00000318 \frac{1}{\text{год}}$

Середній час напрацювання на відмову: $T_{cp} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.0000318} = 314\,465 \text{ год}$

$T_{cp} > T_{cp}^*$, отже структура вимірювальних каналів коректна.

Імовірність безвідмовної роботи ССН за період часу $\tau = 2160 \text{ год}$:

$$P_{\delta}(\tau) = e^{\frac{-\tau}{T_{cp}}} = e^{-\lambda \cdot \tau} \approx 1 - \frac{\tau}{T_{cp}} \approx 1 - \lambda \cdot \tau = 1 - 0.00000318 \cdot 2160 = 0.99$$

Ймовірність роботоспроможності (готовності до виконання функції) ССН за період часу τ розраховується за формулою:

$$P_{oc}(\tau) = P_{\delta}(\tau) * K_{гот} = 0,9995 * 0,99 \approx 0,99$$

Середній час відновлення працездатності ВК: $K_{гот} = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B} \rightarrow T_B = \frac{T_{cp}}{K_{гот}} - T_{cp} =$

$$= \frac{314465}{0.9995} - 314465 = 157 \text{ год}$$

2.1.9. Імітаційне функціональне моделювання фільтрації даних вимірювання в САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО в СКМ Matlab Simulink

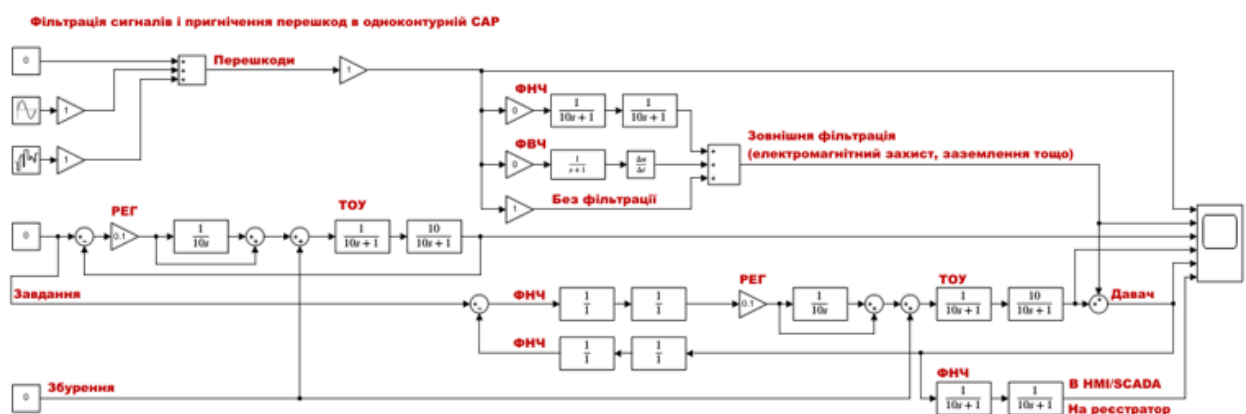


Рисунок 2.7 – Імітаційне функціональне моделювання фільтрації даних

Зовнішній фільтр має бути ФВЧ, який пригнічує зовнішню низькочастотну перешкоду; високочастотний сигнал з перешкоди фактично не впливає на об'єкт, так як сам об'єкт є ФНЧ і фактично не реагує на високочастотну перешкоду. Якщо зовнішній фільтр є ФНЧ, то він пропускає на ТОУ низькочастотну перешкоду, яку регулятор сприймає як низькочастотні коливання режимного параметра і помилково відрегулює їх.

Внутрішній ФНЧ для замкненого контуру регулювання є шкідливим, так як він фактично вносить додаткову інерційність в ОУ. Внутрішній ФНЧ є ефективним для фільтрації сигналу, який передається для візуалізації на реєструючий прилад або в HMI/SCADA-систему; дані візуалізації не мають бути зашумленими, оператор має спостерігати тільки низькочастотний сигнал. ФВЧ для контуру регулювання і для візуалізації є шкідливим.

Примітка. ФВЧ, як зовнішній так і внутрішній, практично не можливо реалізувати, так як він містить ланку реального диференціатора.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							49
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

2.1.10. Перелік функцій первинної обробки даних в ПЛК

- **Фільтрація** – ФНЧ 1-го порядку (аперіодична ланка 1-го порядку) в ВК з виходом на ПП/РП.
- **Апроксимація** – кусочно-лінійна апроксимація. Лінеаризація нелінійної характеристики вимірювання. Обмеження мінімального і максимального значень (нелінійність типу насичення).
- **Масштабування** – лінійне перетворення діапазону (шкали) вимірювання.
- **Сповільнення** – обмеження швидкості зміни параметру (нелінійність типу насичення).
- **Порівняння** – порівняння з уставкою. РІВНО, БІЛЬШЕ, МЕНШЕ, ДІАПАЗОН. Обмеження значення (нелінійність типу насичення).
- **Гістерезис** – реалізація зони нечутливості і зони повернення (двопозиційна нелінійність; релейне регулювання).
- **Алармування** – формування події тривоги (аларму) технологічної (попереджувальної) або аварійної.
- **Аналітика** – статистичний аналіз. Виділення найменшого, найбільшого і середнього значень. Розрахунок дисперсії.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							50
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

- **Інтегрування** – лінійне інтегрування параметру (площа під графіком зміни параметру).
- **Лічильник** – математична інкрементація і декрементація. Обрахування дискретних подій до уставки лічильника.
- **Таймер** – реалізація часових затримок на величину уставки таймеру.
- **NOT** – логічна операція НІ. Значення виходу протилежне значенню входу.
- **AND** – логічна операція І. Вихід = 1, якщо два входи = 1.
- **OR** – логічна операція АБО. Вихід = 1, якщо хоча б один з входів = 1.
- **XOR** – логічна операція виключного АБО. Вихід = 1, якщо тільки один з входів = 1.
- **Генератор** – генерація аналогових і дискретних даних константних і періодичних.
- **Перетворення типів даних** – вимушене явне перетворення типів даних, як правило, REAL>INT.

Типовий порядок первинної обробки аналогових сигналів (INT, REAL) в ПЛК: Сигнал > Фільтрація – Апроксимація – Масштабування – Сповільнення – Порівняння, Аналітика, Алармування > Дані.

Порядок обробки дискретних сигналів (BOOL) в ПЛК – залежить від логіки обробки і не може бути типовим.

2.1.11. Реалізація функцій первинної обробки даних в ПЛК

На рисунку 2.8 реалізовані всі функції, які були перераховані в п. 2.1.10.

SFC-діаграма первинної обробки даних в ПЛК CoDeSys

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							51
Зм.	Кільк.	Арк.	Людок.	Підп.	Дата		

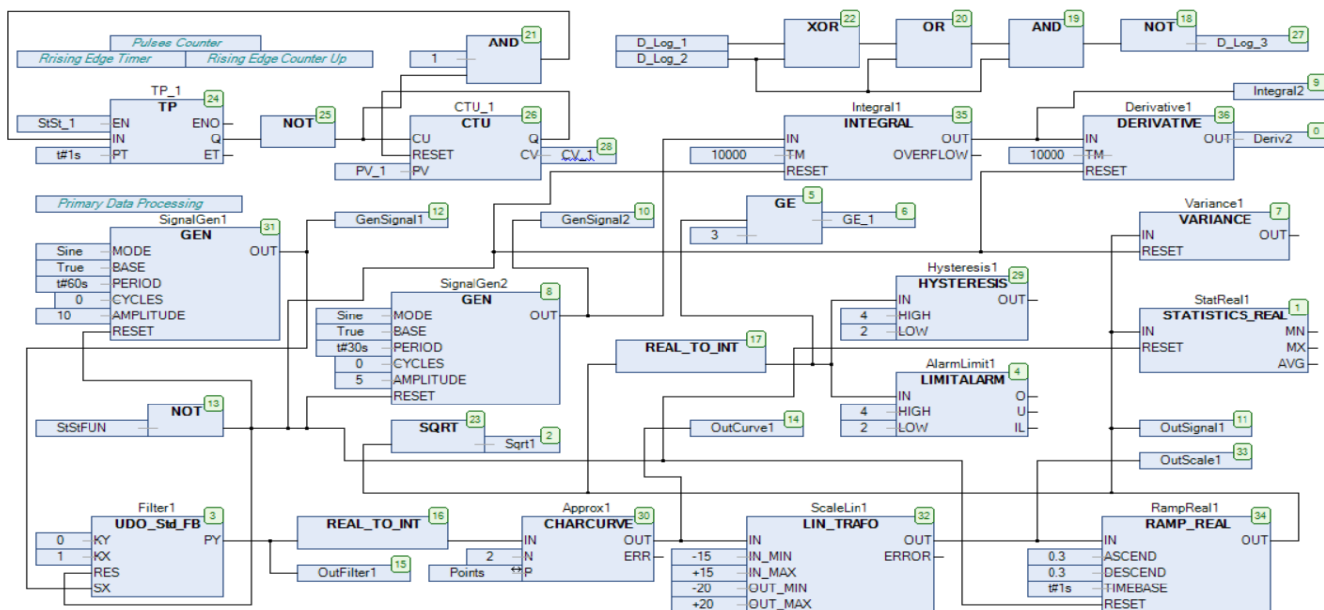


Рисунок 2.8 – CFC-діаграма первинної обробки даних в ПЛК CoDeSys

На візуалізації (див. рис. 2.9) можна задавати значення генераторів сигналів GenSignal2, GenSignal1 і спостерігати за їх обробкою алгоритмами первинної обробки (див. рис. 2.10).

Візуалізація первинної обробки даних в ПЛК CoDeSys

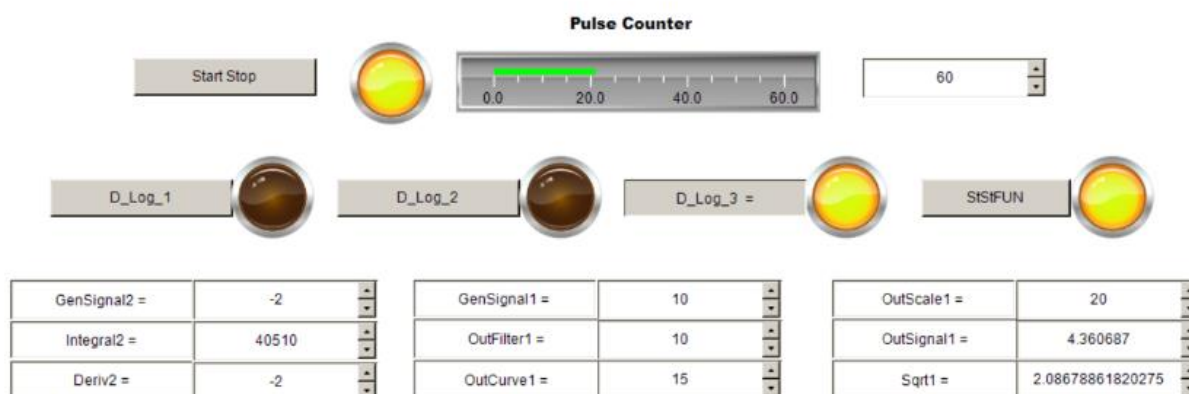


Рисунок 2.9 – Візуалізація первинної обробки даних в ПЛК CoDeSys

Візуалізація первинної обробки даних в ПЛК CoDeSys

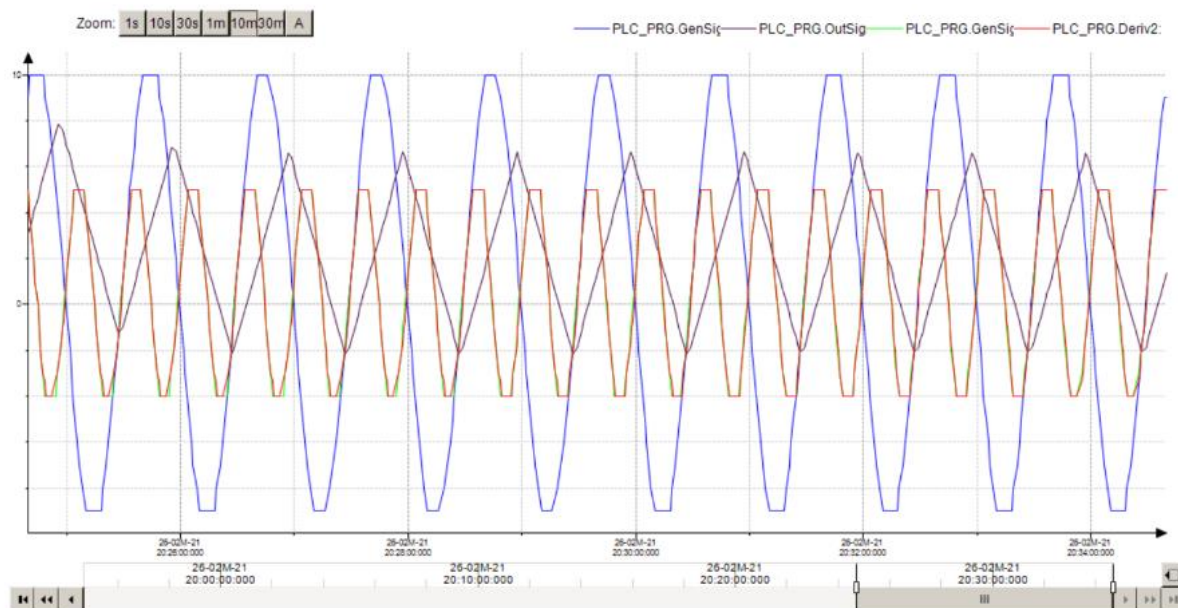


Рисунок 2.10 – Візуалізація первинної обробки даних в ПЛК CoDeSys

2.1.12. Висновки про роботоздатність ВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Так як розраховані похибки не виходять за допустимі похибки номінальних параметрів, ВК є точним. Виходячи з того, що розрахований середній час напрацювань на відмову більше ніж заданий, можемо сказати, що ВК є надійним. Використання ФНЧ є ефективним для фільтрації сигналу, який передається для візуалізації на реєструючий прилад або в HMI/SCADA-систему.

2.2. Інженерний розрахунок РВК САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

2.2.1. Перелік САР в АТК інженерних систем

Для системи ЦО:

- Одноконтурна САР температури прямої води в залежній системі ЦО.

Завдання – задане значення (уставка) температури прямої води в

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							53
Зм.	Кільк.	Арк.	№додк.	Підп.	Дата		

залежній системі ЦО. Регульований параметр – виміряне значення температури прямої води. Об'єкт управління – канал передачі дії “підмішування зворотної води – температура прямої води”. САР реалізує управляючу функцію стабілізації температури прямої води шляхом підмішування зворотної води в пряму воду.

або

- Каскадна САР температури зворотної води в залежній системі ЦО. Завдання – задане значення (уставка) температури зворотної води в залежній системі ЦО. Регульовані параметри – виміряне значення температури зворотної води і виміряне значення температури прямої води. Швидкісною частиною ОУ є канал передачі дії “підмішування зворотної води – температура прямої води”, інерційною частиною ОУ є канал передачі дії “температура прямої води – температура зворотної води”. САР реалізує управляючу функцію стабілізації температури зворотної води шляхом підмішування зворотної води в пряму воду.
- Одноконтурна САР температури прямої води в незалежній системі ЦО. Завдання – задане значення (уставка) температури прямої води в незалежній системі ЦО. Регульований параметр – виміряне значення температури прямої води. Об'єкт управління – канал передачі дії “витрата води в контурі нагрівання теплообмінника – температура прямої води”. САР реалізує управляючу функцію стабілізації температури прямої води шляхом зміни витрати води в контурі нагрівання теплообмінника.

або

- Каскадна САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО. Завдання – задане значення (уставка) температури зворотної води в незалежній системі ЦО. Регульовані параметри – виміряне значення температури зворотної води і виміряне значення температури прямої води. Швидкісною частиною ОУ є канал передачі дії “витрата води в

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							54
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

контурі нагрівання теплообмінника – температура прямої води”, інерційною частиною ОУ є канал передачі дії “температура прямої води – температура зворотної води”. САР реалізує управляючу функцію стабілізації температури зворотної води шляхом зміни витрати води в контурі нагрівання теплообмінника.

Для системи ГВП:

- Одноконтурна САР температури прямої води в двоступінчастій системі ГВП. Завдання – задане значення (уставка) температури прямої води. Регульований параметр – виміряне значення температури прямої води. Об’єкт управління – канал передачі дії “витрата гарячої води із системи теплового вводу – температура прямої води”. САР реалізує управляючу функцію стабілізації температури прямої води в системі ГВП шляхом зміни витрати гарячої води із системи теплового вводу.
- Одноконтурна САР температури прямої води в системі ГВП з баком-акумулятором Завдання – задане значення (уставка) температури прямої води. Регульований параметр – виміряне значення температури прямої води. Об’єкт управління – канал передачі дії “витрати гарячої води із системи теплового вводу – температура прямої води”. САР реалізує управляючу функцію стабілізації температури прямої води в системі ГВП на встановленому значенні шляхом зміни витрати гарячої води із системи теплового вводу.
- Одноконтурна САР тиску в колекторі гарячої води теплового вводу. Завдання – задане значення (уставка) тиску води. Регульований параметр – виміряне значення тиску води. Об’єкт управління – канал передачі дії “витрати гарячої води із колектора гарячого вводу – тиск води”. САР реалізує управляючу функцію стабілізації тиску води в колекторі теплового вводу шляхом зміни витрати гарячої води через колектор теплового вводу.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							55
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Для системи ВК

- Одноконтурна САР температури приливної повітря в системі ВК. Завдання – задане значення (уставка) температури приливної повітря. Регульований параметр – виміряне значення температури приливної повітря. Об'єкт управління – канал передачі дії “зміна витрати прямої води через повітрянагрівач – температура приливної повітря”. САР реалізує управляючу функцію стабілізації температури приливної повітря шляхом зміни витрати прямої води через повітрянагрівач.
- Каскадна САР температури повітря в приміщенні. Завдання – задане значення (уставка) температури повітря в приміщенні. Регульовані параметри – виміряне значення температури повітря в приміщенні і виміряне значення температури після повітроохолоджувача. Швидкісною частиною ОУ є канал передачі дії “ витрати прямої води через повітрянагрівач – температура повітря на виході з вентилятора ”, інерційною частиною ОУ є канал передачі дії “ температура повітря на виході з вентилятора – температура повітря в приміщенні ”. САР реалізує управляючу функцію стабілізації температури повітря в приміщенні шляхом зміни витрати прямої води через повітрянагрівач.
- Одноконтурна САР вологості приливної повітря в системі ВК. Завдання – задане значення (уставка) вологості приливної повітря. Регульований параметр – виміряне значення вологості приливної повітря. Об'єкт управління – канал передачі дії “зміна витрати прямої води через повітрянагрівач – вологість приливної повітря”. САР реалізує управляючу функцію стабілізації вологості приливної повітря шляхом зміни витрати прямої води через повітрянагрівач.
- Каскадна САР вологості повітря в приміщенні. Завдання – задане значення (уставка) вологості повітря в приміщенні. Регульовані параметри – виміряне значення вологості повітря в приміщенні. Швидкісною частиною ОУ є канал передачі дії “ витрати прямої води

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							56
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

через повітрянагрівач – вологість приливної повітря ”, інерційною частиною ОУ є канал передачі дії “ вологість приливної повітря – вологість повітря в приміщенні ”. САР реалізує управляючу функцію стабілізації вологості повітря в приміщенні шляхом зміни витрати прямої води через повітрянагрівач.

2.2.2. Опис схеми структурної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Каскадна САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО (див. рис. 2.11)

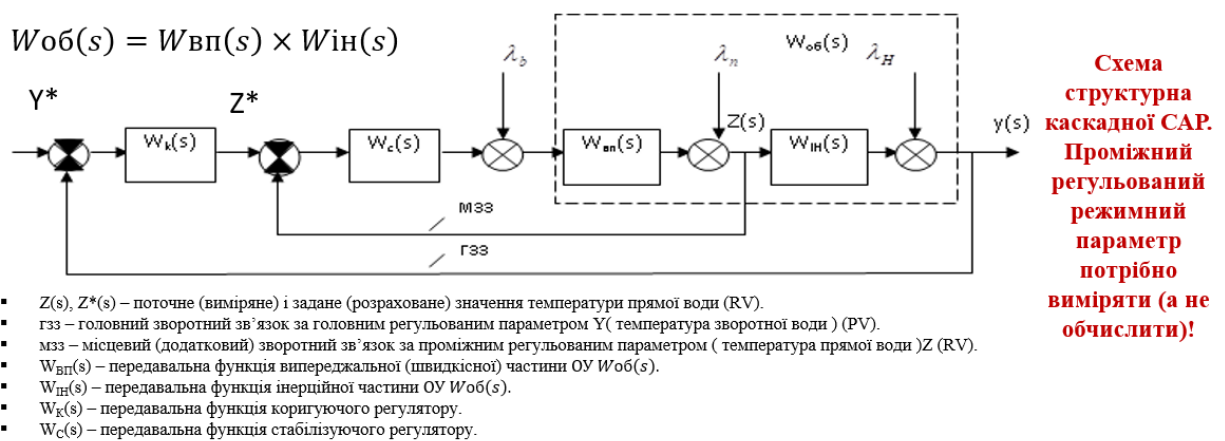


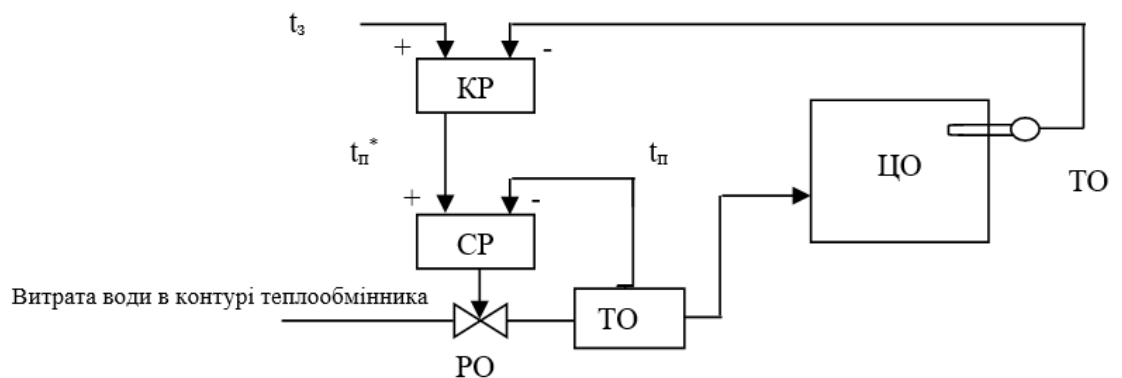
Рисунок 2.11 – Каскадна САР температури зворотної води

Каскадна САР температури зворотної води (принцип двоконтурного регулювання – двоконтурна САР з додатковим інформаційним каналом – додатково реалізується принцип регулювання з проміжної точки ОУ – створюється додатковий замкнений контур регулювання з проміжної точки ОУ). Універсальна САР (може бути використана як каскадна або як одноконтурна САР). Використовується надзвичайно широко. Дуже ефективна при збуренні зі сторони РО λ_b і λ_n – суттєво ефективніша за одноконтурну САР.

При збуренні завданням Y^* або зі сторони навантаження λ_n не є ефективнішою за одноконтурну САР. Рекомендується обов'язково використовувати тоді, коли є можливість виміряти режимний параметр в

проміжній точці ОУ. Каскадна САР практично активно використовується, так як є ефективнішою за одноконтурну САР при збуреннях зі сторони РО.

2.2.3. Опис схеми функціональної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО



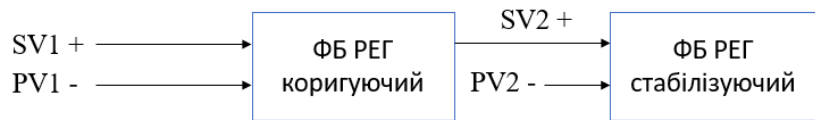
КР – коригуючий регулятор температури зворотної води
 СР – стабілізуючий регулятор температури прямої води
 ТП/ТО – термопара/термометр опору
 РО – регулюючий орган

Рисунок 2.12 – функціональна схема САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Швидкісною частиною ОУ є канал передачі дії “витрата води в контурі нагрівання теплообмінника – температура прямої води”, інерційною частиною ОУ є канал передачі дії “температура прямої води – температура зворотної води”.

2.2.4. Опис схеми структурної регулювального каналу САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Схема структурна регулювального каналу САР температури зворотної води (див. рис. 2.13)



SV1 (Set Value) – уставка температури зворотної води;

SV2 (Set Value) – значення на виході коригуючого регулятора;

PV1 (Process Value) – поточне виміряне значення температури зворотної води;

PV2 (Process Value) – поточне виміряне значення температури прямої води;

ФБ РЕГ коригуючий – функціональний блок коригуючого ПІД-регулятора;

ФБ РЕГ стабілізуючий – функціональний блок стабілізуючого ПІД-регулятора.

Рисунок 2.13 - Структурна схема регулювального каналу САР температури зворотної води

Коригуючий регулятор температури зворотної води змінює завдання стабілізуючому регулятору температури прямої води, який стабілізує температуру прямої води шляхом зміни витрати води в гарячому контурі теплообмінника.

2.2.5. Опис схеми структурної виконавчого каналу температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Структура виконавчих каналів САР (див. рис. 2.14)

Структура виконавчих каналів АСР



Модуль ЦАП ПЛК – модуль цифро-аналогового перетворення програмованого логічного контролера;

БРУ – аналоговий блок ручного управління (БРУ-17);

Аналоговий ВМ – аналоговий виконавчий механізм (Belimo RV24A-SR);

РО – регулюючий орган (двоходовий прямохідний клапан Belimo H625S).

Рисунок 2.14 - Схема структурна виконавчого каналу САР температури зворотної води

В якості регулюючих органів був обраний регулюючий клапан з лінійною конструктивною характеристикою(див. рис. 2.15).

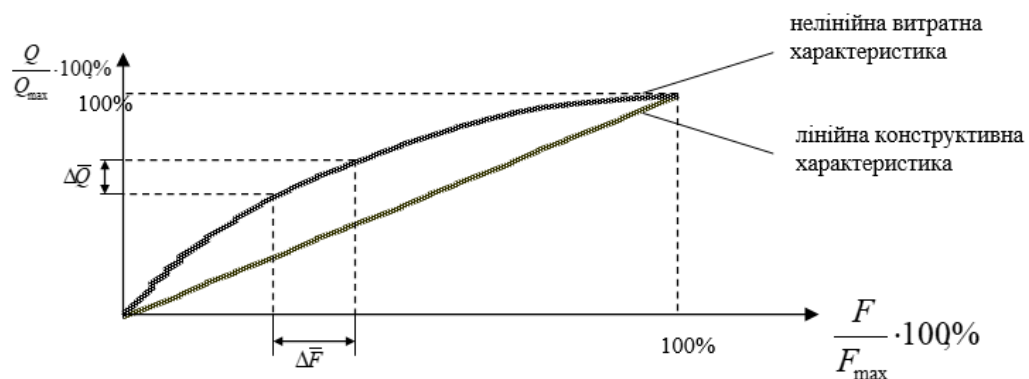


Рисунок 2.15 – Структурна схема виконавчого каналу САР температури зворотної води

Так як САР тиску в колекторі теплового вводу підтримує постійний тиск в колекторі, то нелінійна робоча витратна характеристика РО несуттєво відрізняється від лінійної і на ній можна виділити достатньо великий діапазон лінійного регулювання.

2.2.6. Опис схеми структурної ПТЗ САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Схема структурна програмно-технічного забезпечення (ПТЗ) каскадної САР температури зворотної води (див. рис. 2.16)

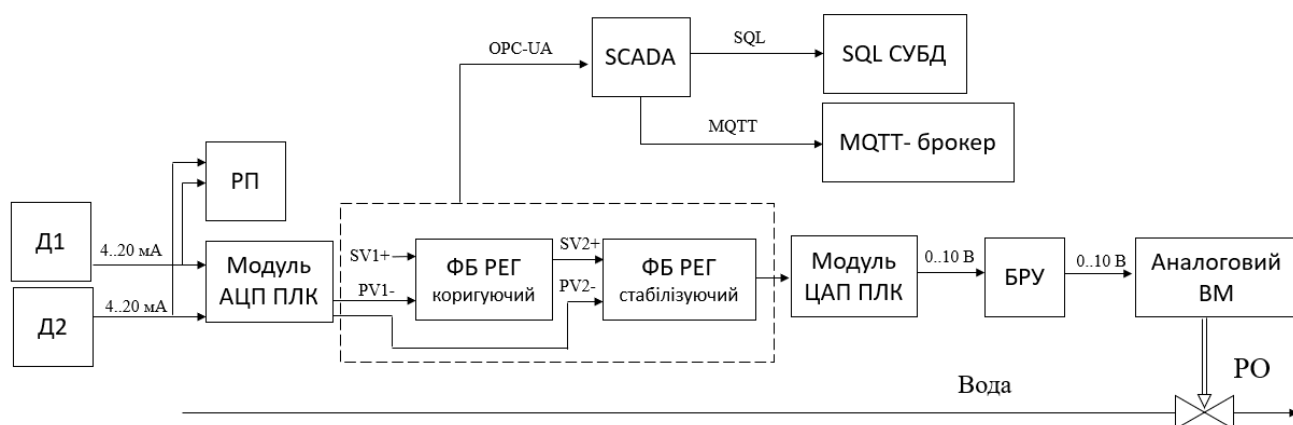


Рисунок 2.16 - Схема структурна ПТЗ САР температури зворотної води
Д1, Д2 – термометри опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4..20 мА (Метран-2700-Pt100);

РП – реєструючий вторинний прилад (Метран-910-8-8);

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк. 60
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

Модуль АЦП ПЛК – модуль аналого-цифрового перетворення програмованого логічного контролера;

Модуль ЦАП ПЛК – модуль цифро-аналогового перетворення програмованого логічного контролера;

SV1 (Set Value) – уставка температури зворотної води;

SV2 (Set Value) – значення на виході коригуючого регулятора;

PV1 (Process Value) – поточне вимірює значення температури зворотної води;

PV2 (Process Value) – поточне вимірює значення температури прямої води;

ФБ РЕГ – функціональний блок ПД-регулятора;

БРУ – аналоговий блок ручного управління (БРУ-17);

Аналоговий ВМ – аналоговий виконавчий механізм (Belimo RV24A-SR);

РО – регулюючий орган (двоходовий прямохідний клапан Belimo H625S).

Температура зворотної води в незалежній системі ЦО вимірюється термометрами опорів, які передають сигнал 4..20 мА на модулі АЦП ПЛК. Далі сигнали проходять через регулюючий канал в контролері. Після цього потрапляють у модулі ЦАП ПЛК і у вигляді сигналу 0..10 В подаються на блок ручного керування, далі на аналоговий ВМ, який переміщає регулюючий орган.

БРУ має перемикач вибору режиму роботи (автомат/ручний). В режимі автомат сигнал 0..10 В з контролера проходить через БРУ на аналоговий ВМ. В ручному режимі сигнал з контролера вимикається, а на ВМ передається сигнал, сформований ручним задатчиком БРУ.

Обмін даними ПЛК – SCADA-система реалізовано через протокол OPC-UA. SCADA-система SQL-командами записує історичні дані в бази даних стандартної СУБД. SCADA-система (публікатор) через транспортний протокол MQTT пересилає файл з параметрами на MQTT-брокер, який може бути зчитаний MQTT-підписниками.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							61
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

2.2.7. Опис схеми структурної надійності реалізації управляючої функції САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

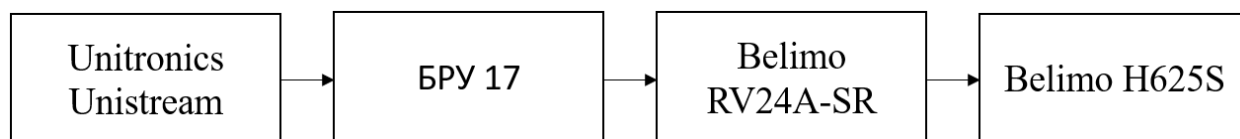


Рисунок 2.17 – Схема структурна надійності

ПЛК формує сигнал на вхід БРУ, який в випадку автоматичного режиму передає цей сигнал на ВМ. В свою чергу ВМ переміщує регулюючий орган.

2.2.8. Розрахунок надійності реалізації управляючої функції САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Задамо середній час напрацювання на відмову $T_{cr}^* = 11\,000$ год та коефіцієнт готовності $K_{гот}^* = 0.9995$.

Середній час напрацювання на відмову приладів: $T_{cr}^{контролер} = 250\,000$ год, $T_{cr}^{БРУ} = 100\,000$ год, $T_{cr}^{ВМ} = 100\,000$ год, $T_{cr}^{РО} = 15\,750$ год.

Інтенсивність відмов: $\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = \frac{1}{100000} + \frac{1}{100000} + \frac{1}{250000} + \frac{1}{15750} = 0.0000875 \frac{1}{год}$

Середній час напрацювання на відмову: $T_{cr} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.0000875} = 11\,428$ год

$T_{cr} > T_{cr}^*$, отже структура виконавчих каналів коректна.

Імовірність безвідмовної роботи ССН за період часу $\tau = 2160$ год:

$$P_{\delta}(\tau) = e^{\frac{-\tau}{T_{cr}}} = e^{-\lambda \cdot \tau} \approx 1 - \frac{\tau}{T_{cr}} \approx 1 - \lambda \cdot \tau = 1 - 0.0000875 \cdot 2160 = 0.811$$

Середній час відновлення працездатності виконавчих каналів: $K_{гот} =$

$$\begin{aligned} \frac{T_{cr}}{T_{cr} + T_{в}} \rightarrow T_{в} &= \frac{T_{cr}}{K_{гот}^*} - T_{cr} = \\ &= \frac{11428}{0.9995} - 11428 = 5.7 \text{ год} \end{aligned}$$

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							62
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

2.2.9. Розрахунок регуляторів САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Розрахунок ПІ-регуляторів для каскадної САР температури зворотної води за допомогою експрес-методів для перехідного процесу з 20%-им перерегулюванням.

Параметри об'єкта: $K_{об} = 0.69 \text{ } ^\circ\text{C}/\% \text{PO}$, $T_{об} = 240 \text{ с}$, $\tau_{об} = 25 \text{ с}$,

Параметри випереджаючого об'єкта: $K_{об} = 0.49 \text{ } ^\circ\text{C}/\% \text{PO}$, $T_{об} = 50 \text{ с}$, $\tau_{об} = 3 \text{ с}$,

Для статичного об'єкту і перехідного процесу з 20%-им перерегулюванням:

$$K_p = 0.7 \cdot \frac{1}{K_{об}} \cdot \frac{T_{об}}{\tau_{об}}; \quad T_i = 0.7 \cdot T_{об}$$

Для отримання повільного регулятора (тобто для забезпечення значного запасу сталості, тобто малочутливості САР) задається $\tau_{об} = T_{об}$. Розраховані параметри стабілізуючого регулятора в каскадній САР:

$$K_p = 9.739 \text{ } \% \text{PO}/^\circ\text{C}; \quad T_i = 168 \text{ с}; \quad T_d = 0 \text{ с}.$$

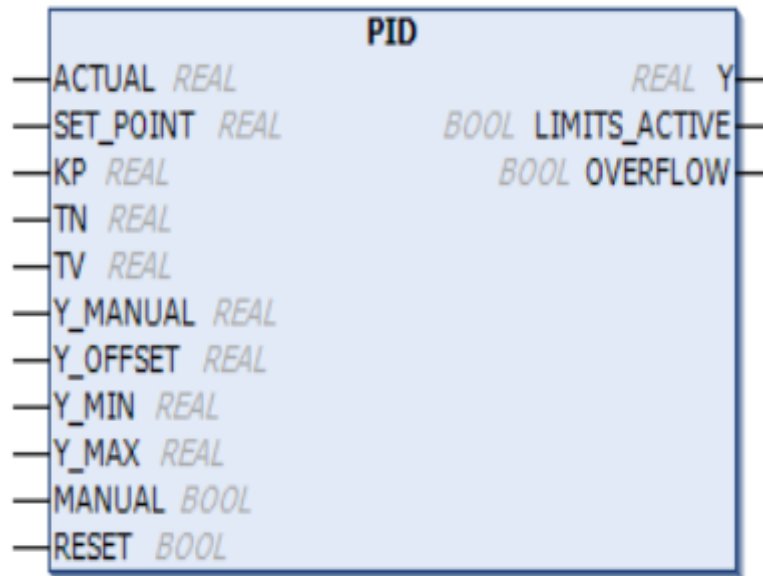
Для коригуючого регулятора в каскадній САР приймемо:

$$K_p = 0.9739 \text{ } \% \text{PO}/^\circ\text{C}; \quad T_i = 168 \text{ с}; \quad T_d = 0 \text{ с}.$$

Оскільки використовується аналоговий виконавчий механізм (ВМ змінної швидкості – динамічно позиціонер, тобто повторювач, тобто пропорційна ланка з $K=1$), то в ПЛК використовується бібліотечний ФБ «Аналоговий ПІД-регулятор», який реалізує ПІД-закон регулювання. В результаті ФБ ПЛК у взаємодії з ВМ реалізує ПІД-закон регулювання.

Примітка. Якби використовувався трипозиційний виконавчий механізм (ВМ постійної швидкості – динамічно інтегратор, тобто інтегруюча ланка зі сталою часу ВМ), то в ПЛК використовувався б бібліотечний ФБ «Імпульсний (релейно-імпульсний) ПІД-регулятор», який реалізує ДПД²-закон регулювання. В результаті ФБ ПЛК у взаємодії з ВМ реалізує ПІД-закон регулювання (ВМ «інтегрує» ДПД²-сигнал від ФБ ПЛК, що і забезпечує ПІД-закон регулювання).

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							63
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		



Name	Type	Inherited from	Address	Initial	Comment
ACTUAL	REAL				actual value, process variable
SET_POINT	REAL				desired value, set point
KP	REAL				proportionality const. (P)
TN	REAL				reset time (I) in sec
TV	REAL				rate time, derivative time (D) in sec
Y_MANUAL	REAL				Y is set to this value as long as MANUAL=TRUE
Y_OFFSET	REAL				offset for manipulated variable
Y_MIN	REAL				minimum value for manipulated variable
Y_MAX	REAL				maximum value for manipulated variable
MANUAL	BOOL				TRUE: manual: Y is not influenced by controller, FALSE: controller determines Y
RESET	BOOL				reset: set Y output to Y_OFFSET and reset integral part
Y	REAL				manipulated variable, set value
LIMITS_ACTIVE	BOOL			FALSE	true set value would exceed limits Y_MIN, Y_MAX
OVERFLOW	BOOL			FALSE	overflow in integral part

Рисунок 2.18 – Реалізація функціонального ПІД блоку

2.2.10. Імітаційне функціональне моделювання САР температури зворотної води в СКМ Matlab Simulink

Двоконтурна каскадна САР - універсальна промислова САР

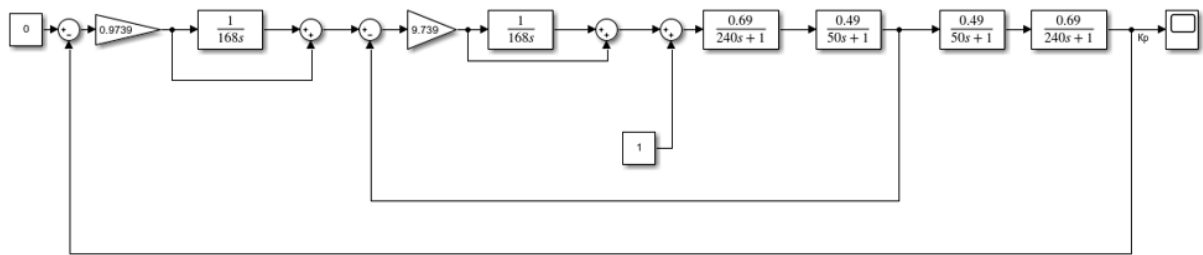


Рисунок 2.19 – Двоконтурна каскадна САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО

Порівняємо одноконтурну і каскадну САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО зі збуренням зі сторони РО (див. рис. 2.20) і збуренні завданням (див. рис 2.22). Отримані перехідні процеси зображені на рис. 2.21 і рис.2.23.

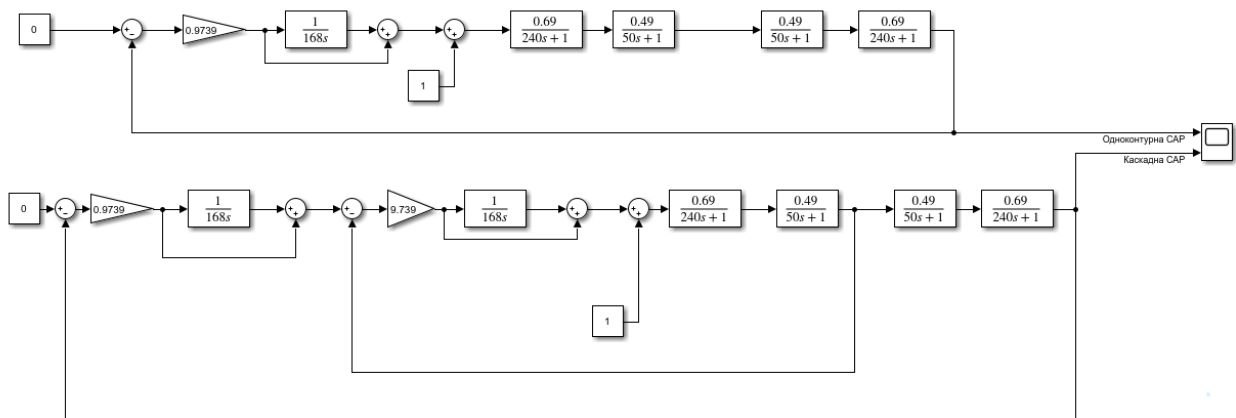


Рисунок 2.20 – Порівняння перехідних процесів каскадної та одноконтурної САР температури зворотної води в незалежній системі зі збуренням зі сторони РО

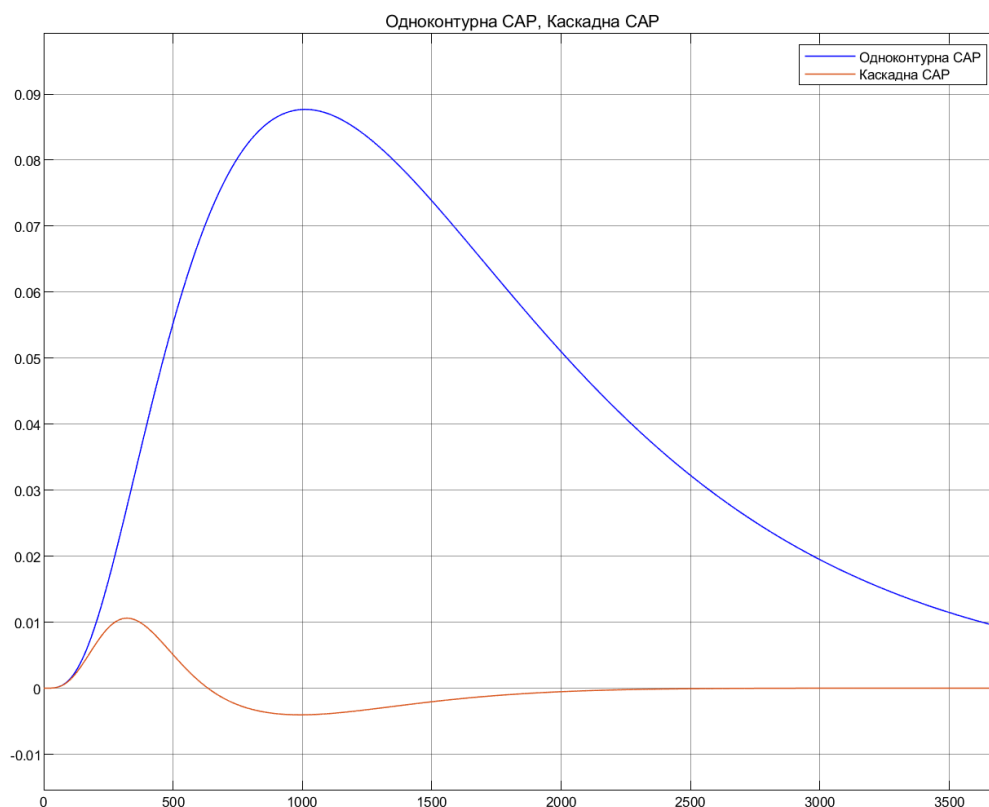


Рисунок 2.21 – Порівняння перехідних процесів каскадної та одноконтурної САР температури зворотної води в незалежній системі зі збуренням зі сторони РО

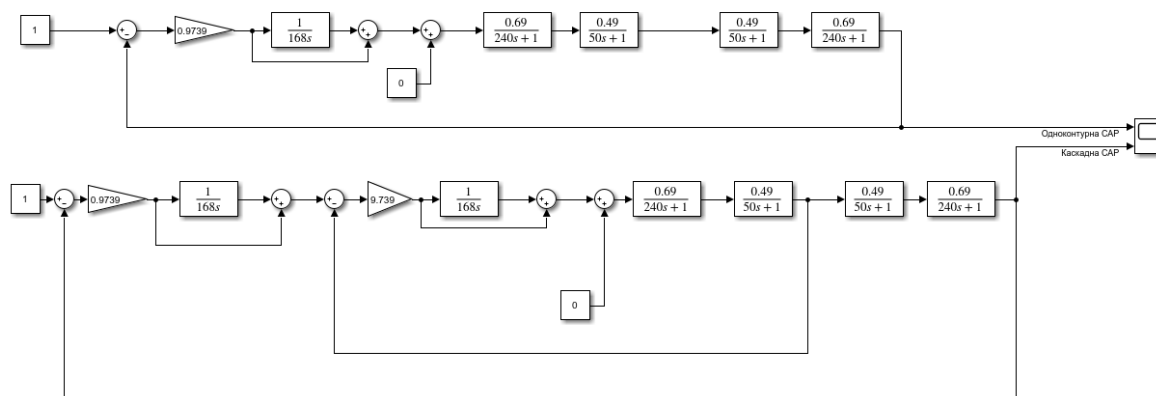


Рисунок 2.22 – Порівняння перехідних процесів каскадної та одноконтурної САР температури зворотної води в незалежній системі зі збуренням зі сторони завдання

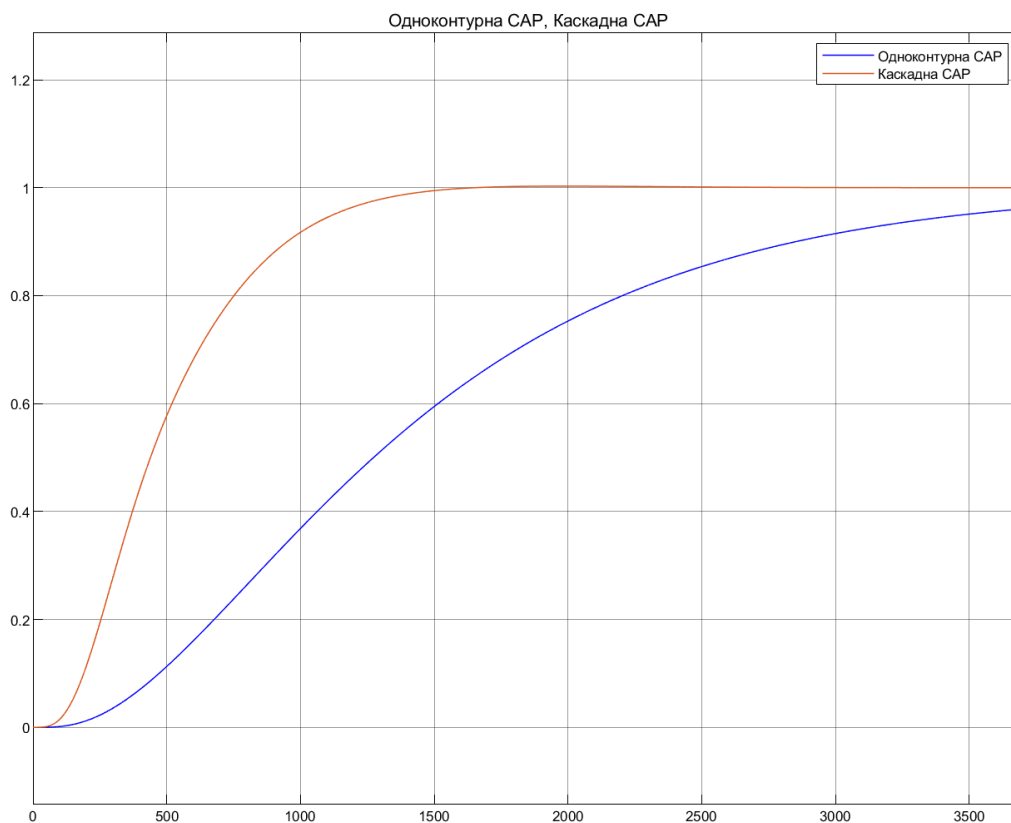


Рисунок 2.23 – Порівняння перехідних процесів каскадної та одноконтурної САР температури зворотної води в незалежній системі зі збуренням зі сторони завдання

Висновок. Як видно з графіку перехідних процесів, каскадна САР виявилася значно якіснішою за одноконтурну при збуренні зі сторони РО через менше коливання та менший час виходу на задане значення і майже однакова по збуренню зі сторони завдання, тому обираємо її.

2.2.11. Аналіз чутливості САР температури зворотної води до параметричних збурень

Для аналізу чутливості побудуємо перехідні процеси для зміни K_p та T_i регулятора на $\pm 30\%$.

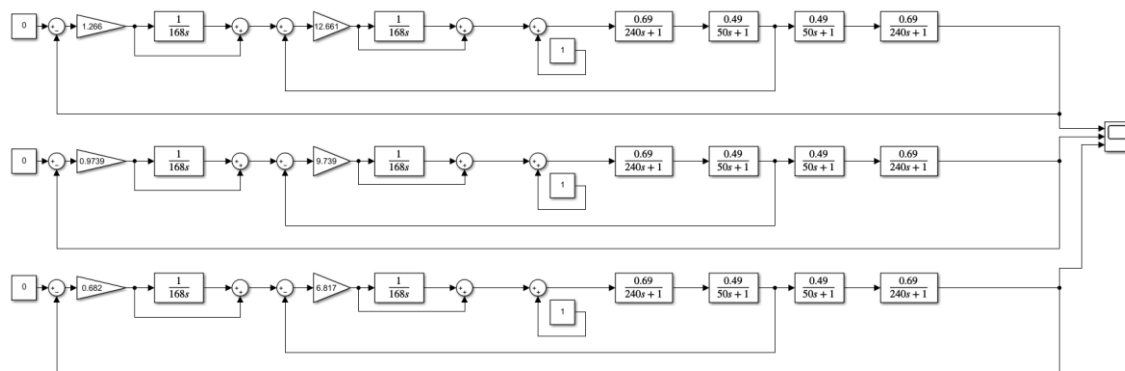


Рисунок 2.24 - Структурна схема аналізу чутливості при зміні K_p регулятора

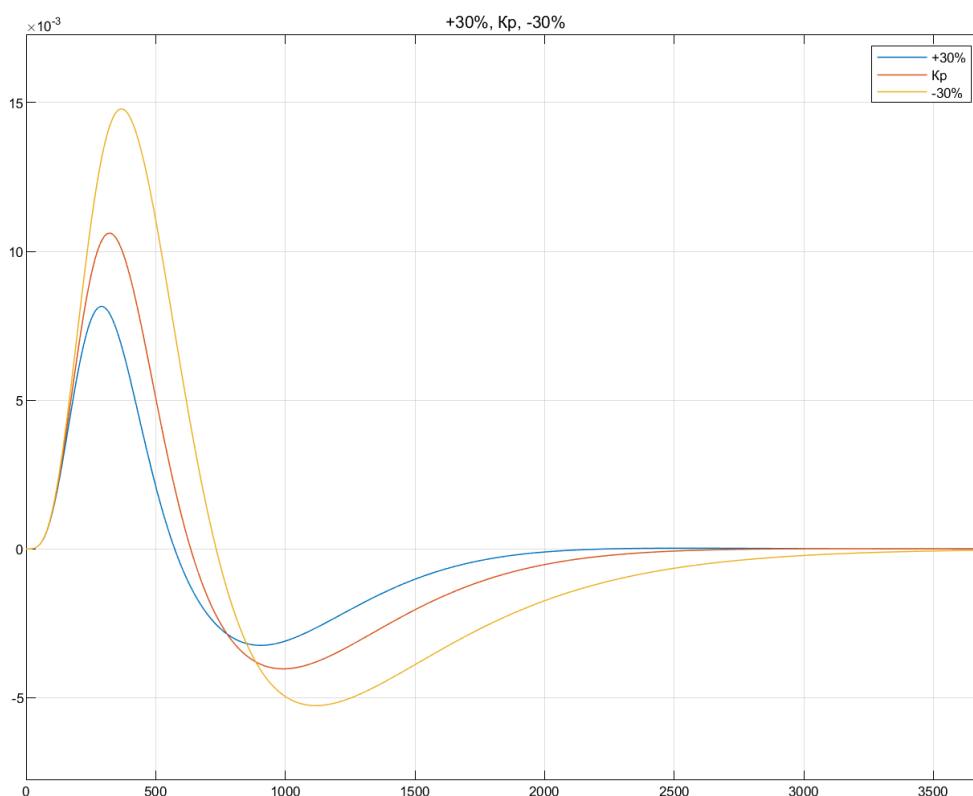


Рисунок 2.25 - Перехідні процеси для зміни K_p регулятора на $\pm 30\%$

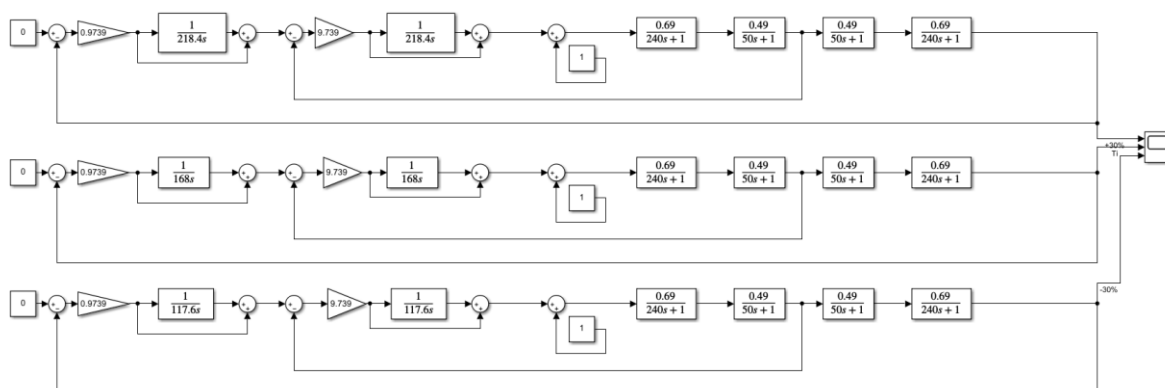


Рисунок 2.26 - Структурна схема аналізу чутливості при зміні T_i регулятора

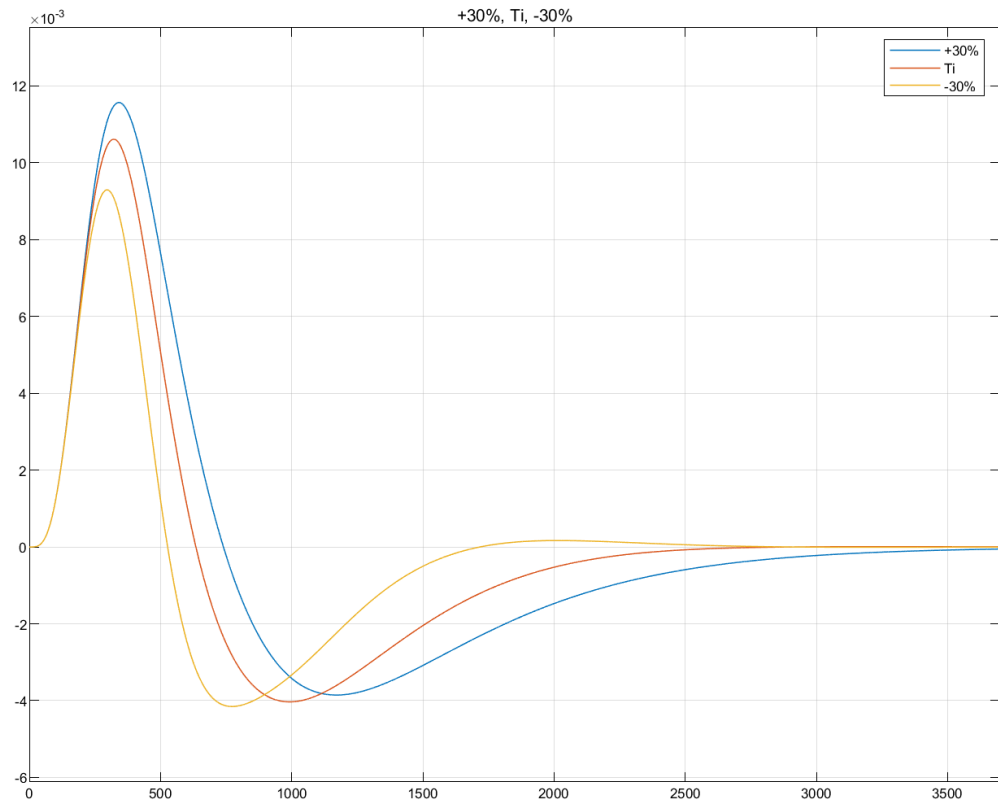


Рисунок 2.27 - Перехідні процеси для зміни T_i регулятора на $\pm 30\%$

Як видно з графіків, система малочутлива до параметричних збурень.

2.2.12. Висновки про роботоздатність САР температури зворотної води

Каскадна САР температури зворотної води порівняно з одноконтурною забезпечує кращу стабілізацію температури зворотної води. Після проведеного аналізу чутливості було з'ясовано, що САР є малочутливою до параметричних збурень. Так як розрахований середній час напрацювання на відмову більше за заданий, можемо вважати САР надійною.

3. ІМІТАЦІЙНЕ СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ САР ТЕМПЕРАТУРИ ЗВОРОТНОЇ ВОДИ В НЕЗАЛЕЖНІЙ СИСТЕМІ ЦО

3.1. Схема структурна полігону імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем

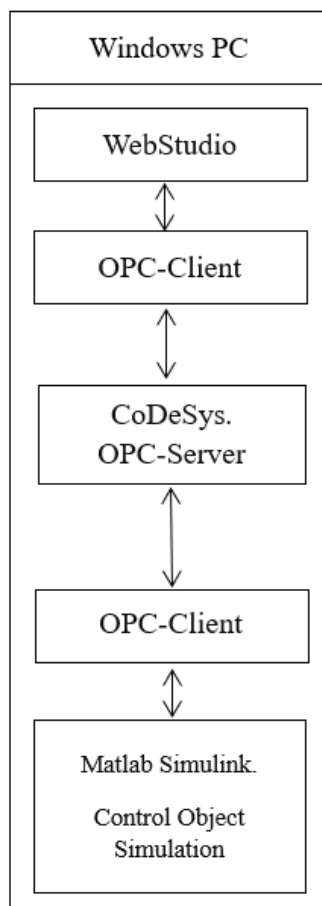


Рисунок 3.1 - Структура імітаційного SIL-полігону АТК

3.2. Функціональне моделювання універсального ОУ в СКМ Matlab Simulink

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							70
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

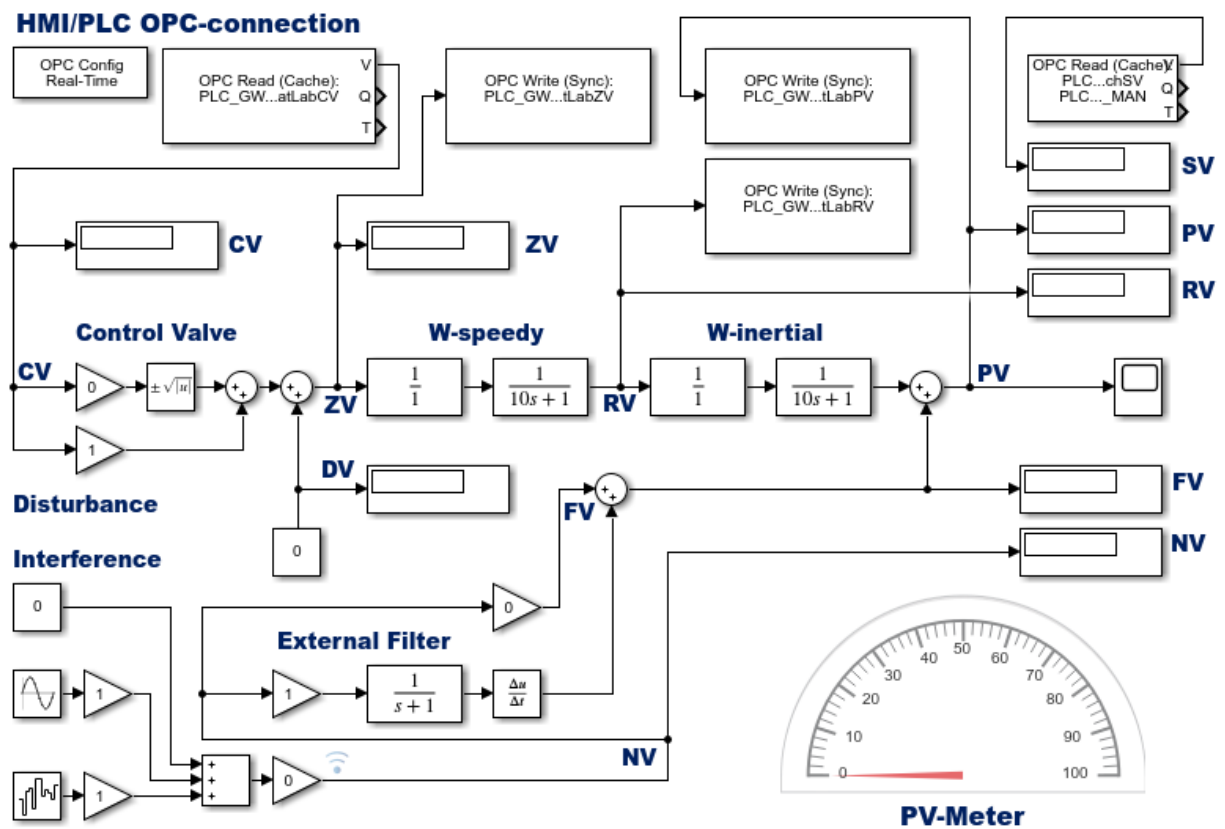


Рисунок 3.2 - Модель ТОУ в Matlab Simulink

3.3 Реалізація контролерної функціональності універсальної САР в софтПЛК CoDeSys

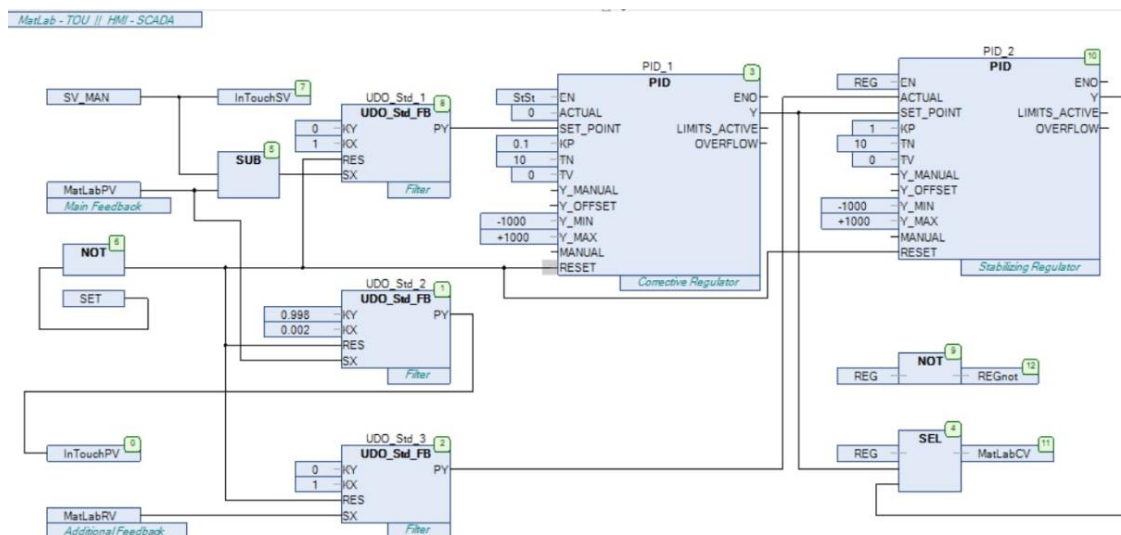


Рисунок 3.3 - Реалізація контролерної функціональності в софтПЛК CoDeSys

На схемі присутній коригуючий регулятор (PID_1) і стабілізуючий регулятор (PID_2). В режимі роботи каскадної САР коригуючий регулятор змінює завдання стабілізуючому регулятору, який в свою чергу видає управляючий сигнал в об'єкт в Matlab. В режимі роботи одноконтурної САР, стабілізуючий регулятор відключається, а вихід коригуючого регулятора(який буде звичайним регулятором) передається в об'єкт в Matlab.

3.4. Реалізація supervisory функціональності САР температури зворотної води в HMI/SCADA-системі WebStudio. HMI-Standard функціональність

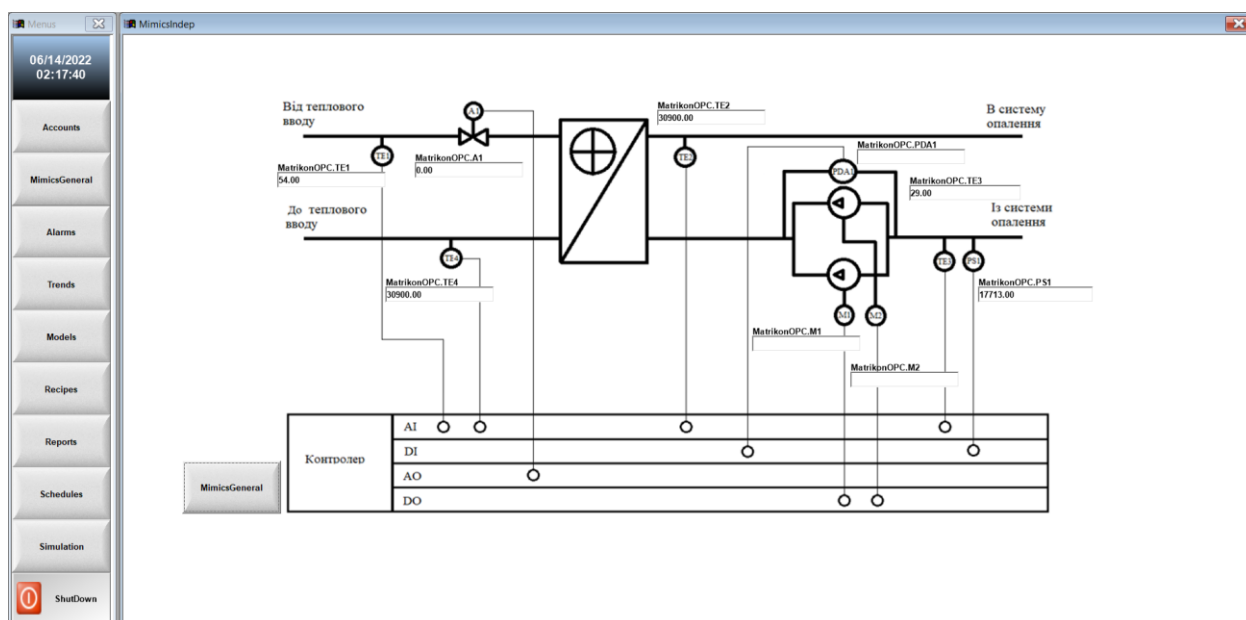


Рисунок 3.4 - Вікно «Mimics»

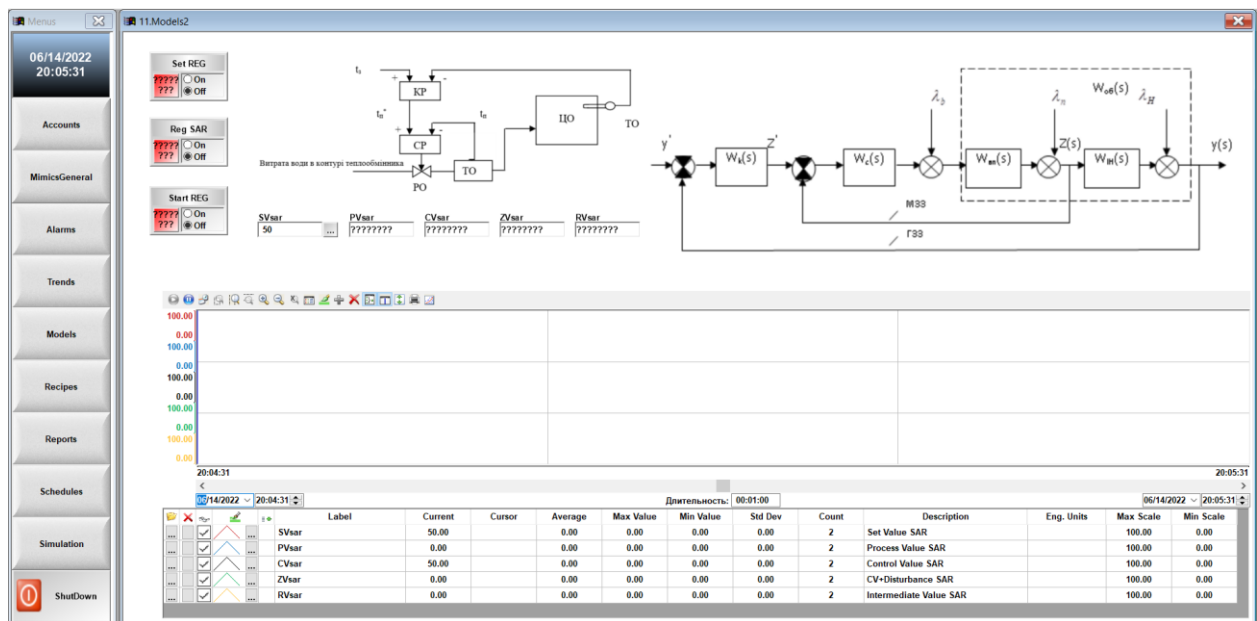


Рисунок 3.5 - Вікно «Models»

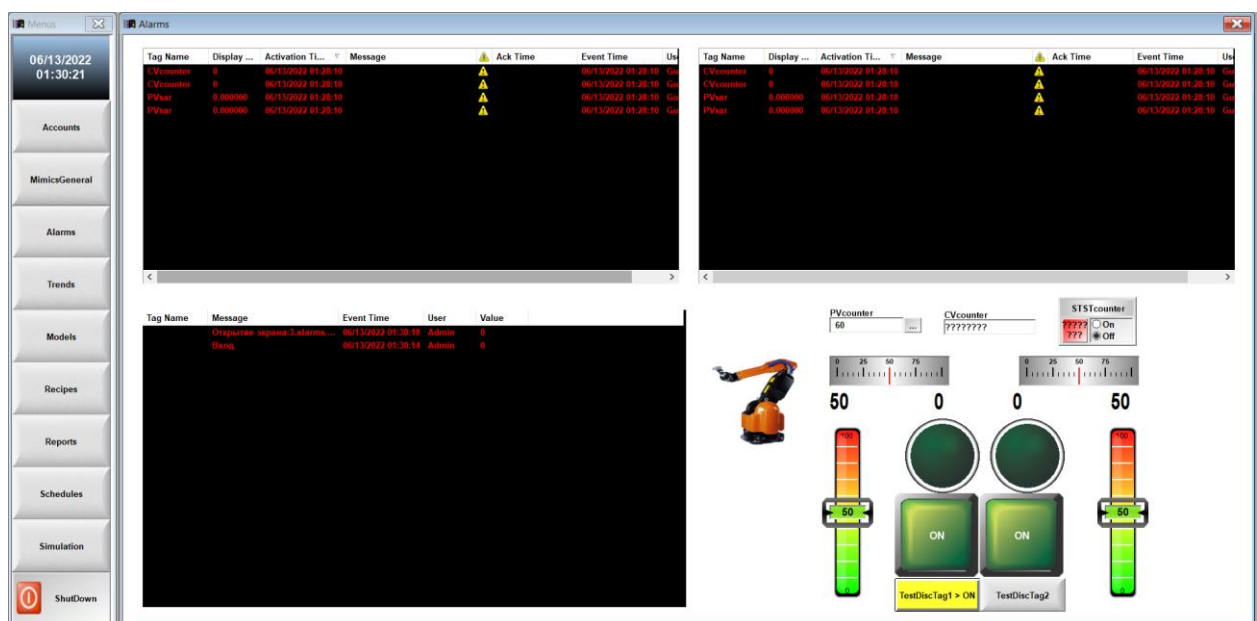


Рисунок 3.6 - Вікно «Alarms»

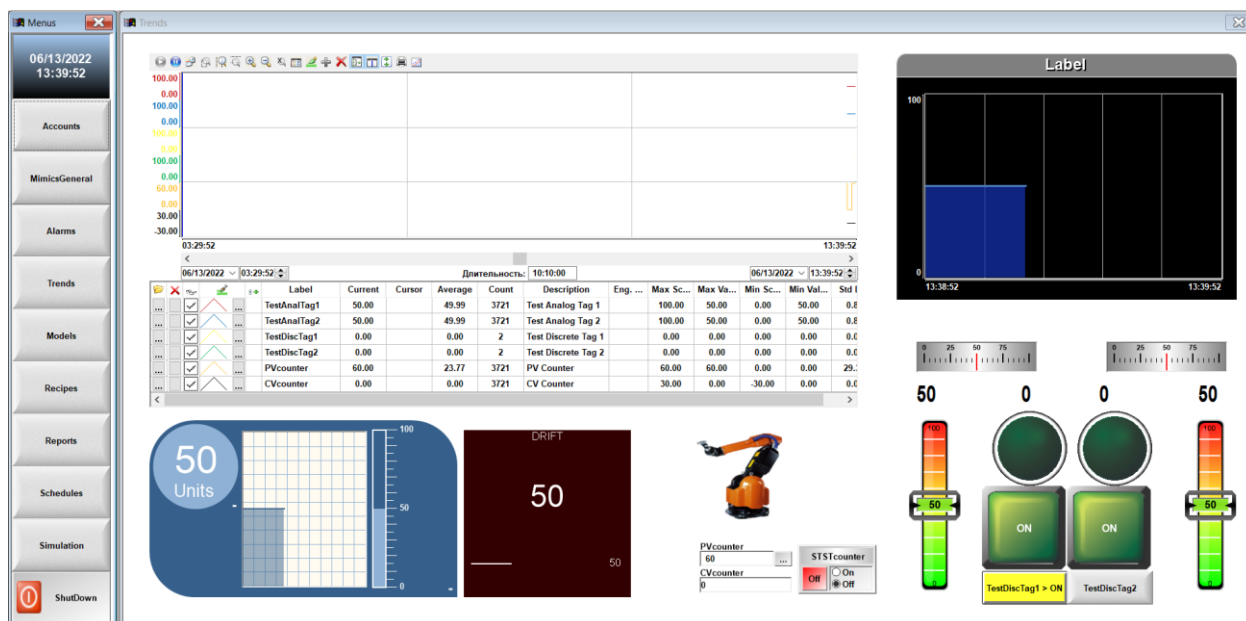


Рисунок 3.7 - Вікно «Trends»

3.5. Реалізація supervisory функціональності САР температури зворотної води в HMI/SCADA-системі WebStudio. MES-Lite функціональність

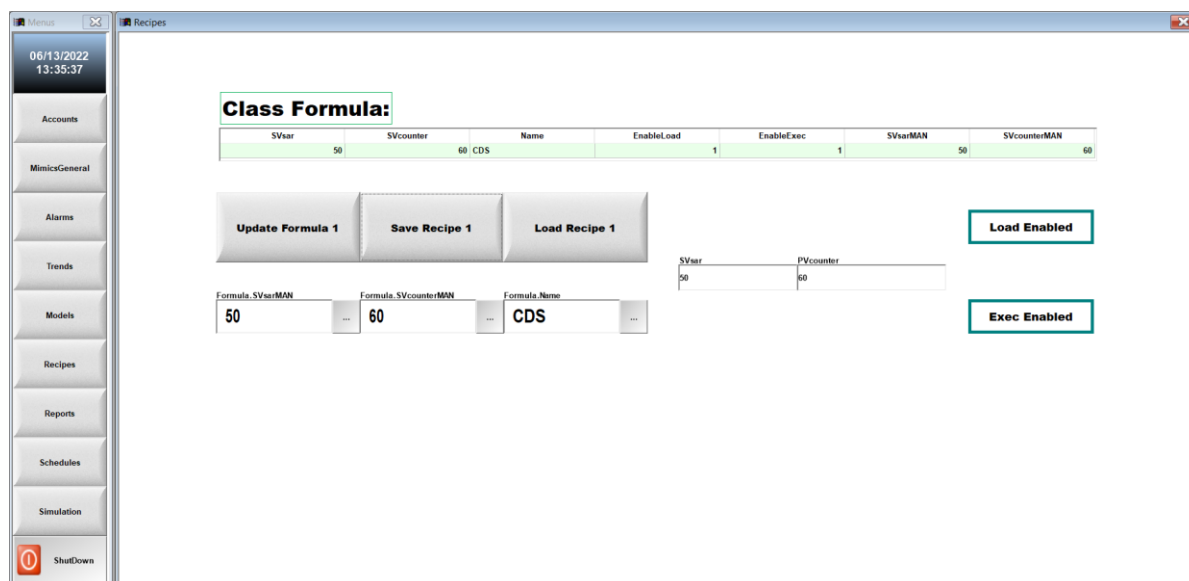
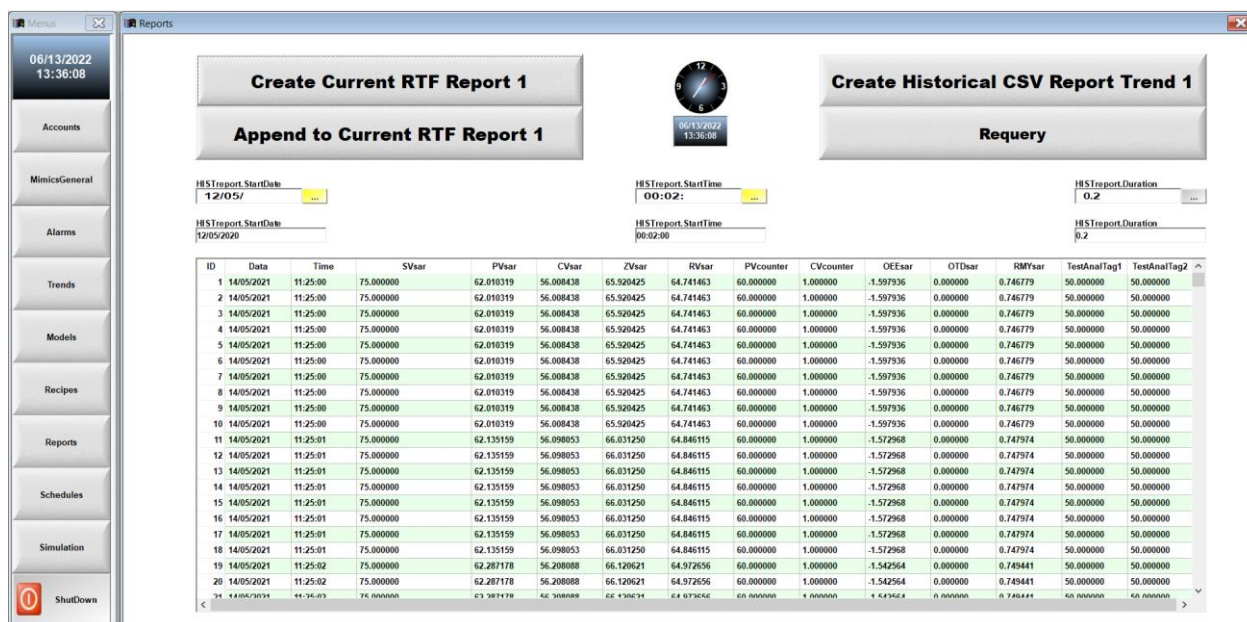


Рисунок 3.8 - Вікно «Recipes»



Кнопка Create Current RTF Report 1- створення файлу з заголовком поточного звіту.

Кнопка Append to Current RTF Report 1- додавання нового запису до поточного звіту.

Кнопка Create Historical CSV Report Trend 1- створення ексел-файлу – історичного звіту. Період, за який надаються дані, встановлюються такими елементами:

HISTreport.StartDate – початкова дата

HISTreport.StartTime – початковий час

HISTreport.Duration – тривалість

Рисунок 3.9 - Вікно «Reports»

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

ТО8153.0012.001.АТХ.П

Арк.

75

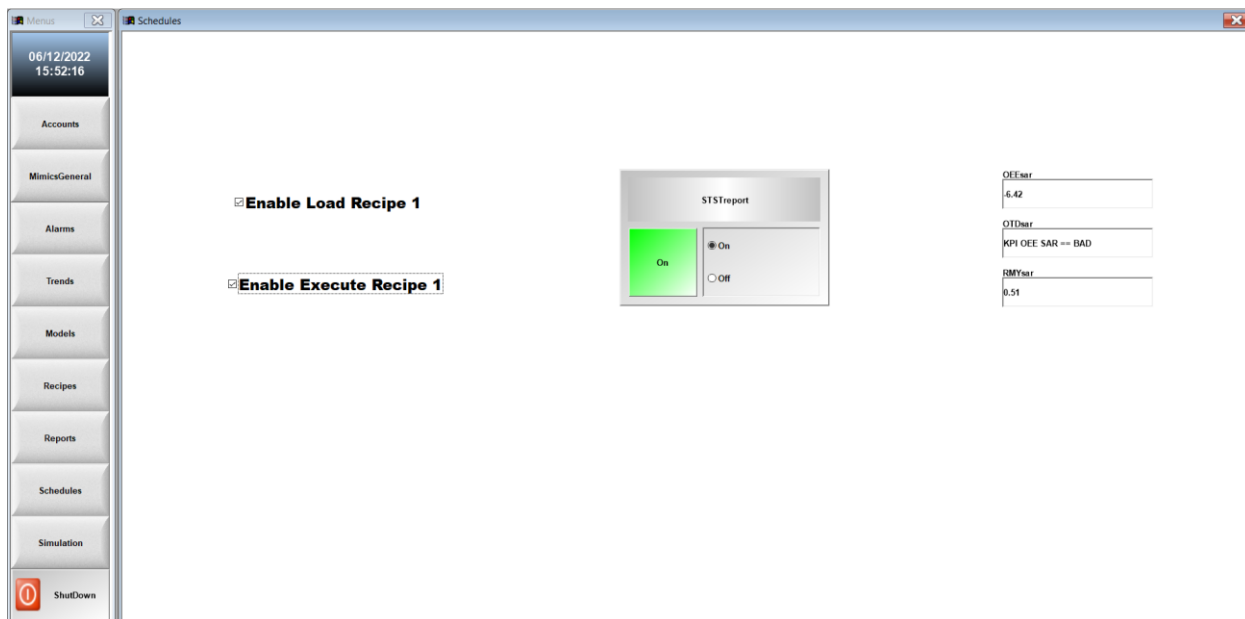


Рисунок 3.10 - Вікно «Shedules»

3.6. Структурне моделювання АТК в програмно-технічному SIL-симуляторі

На рис.3.11-3.14 Наведені робочі вікна програмно-технічного SIL-симулятора

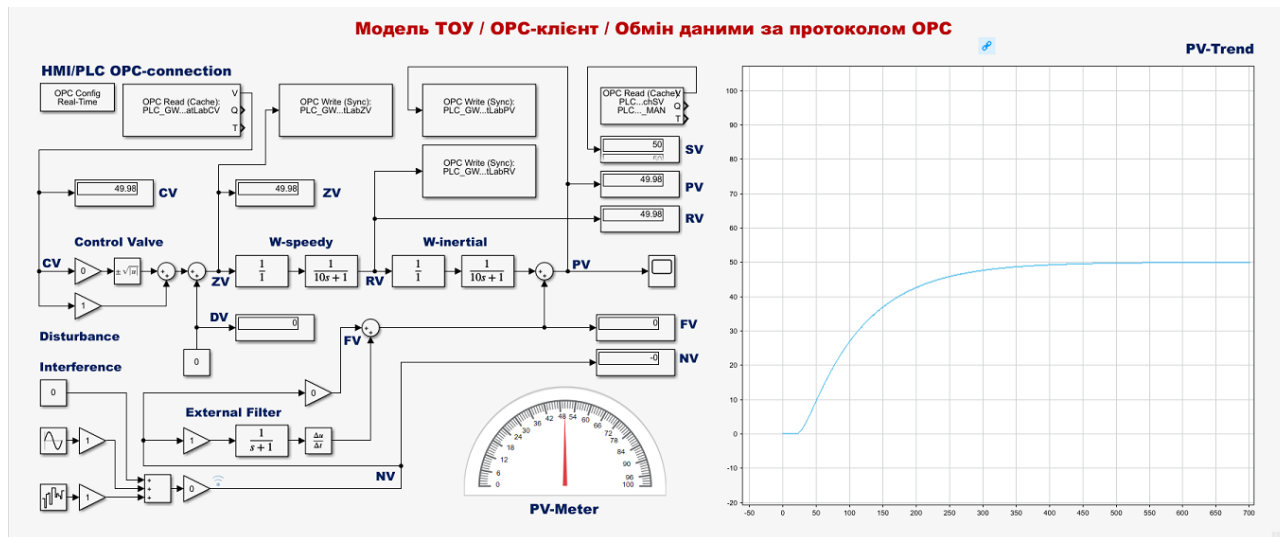


Рисунок 3.11 - Універсальна модель ТОУ об'єкта в режимі роботи

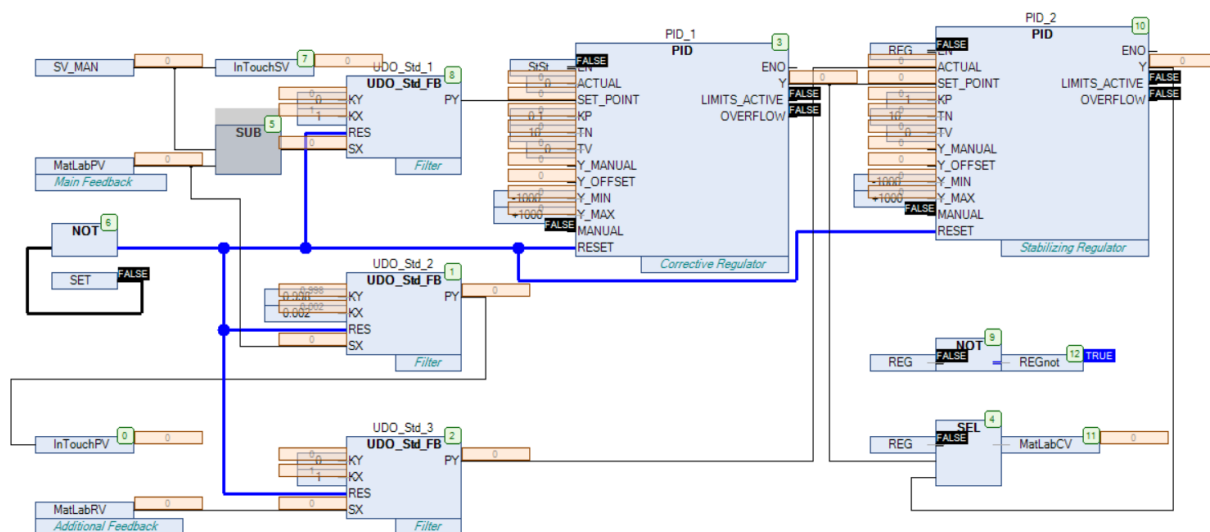


Рисунок 3.12 – Візуалізація роботи АСР температури зворотної води в незалежній системі в режимі flow control

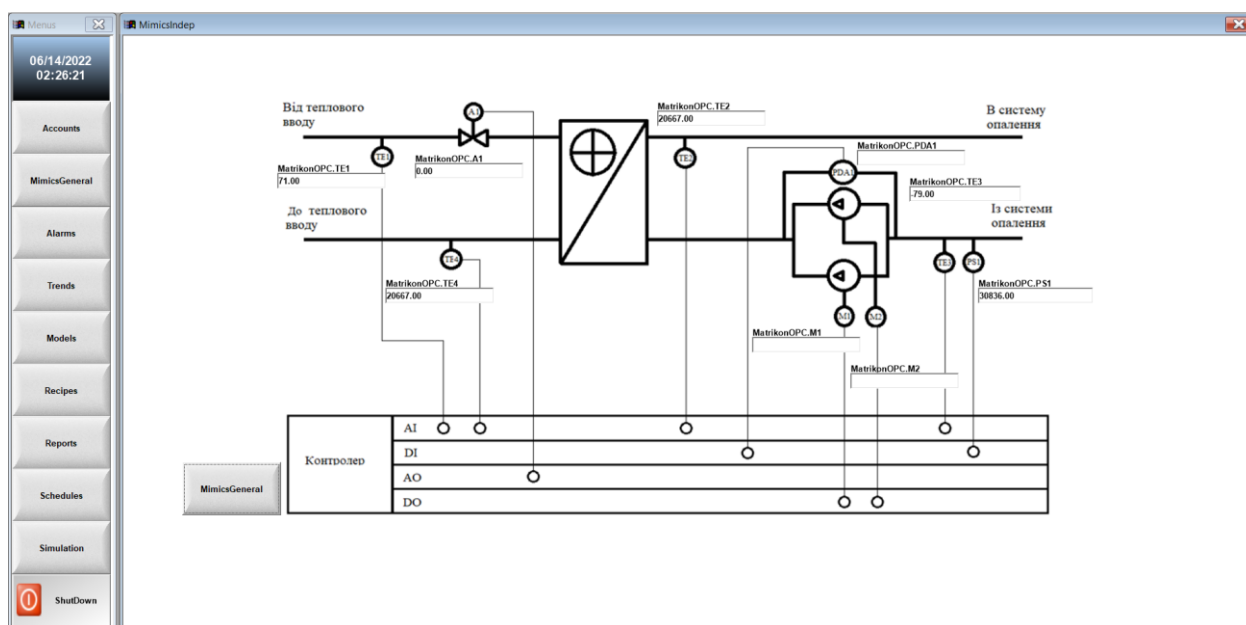


Рисунок 3.13 – Вікно “Mimics”

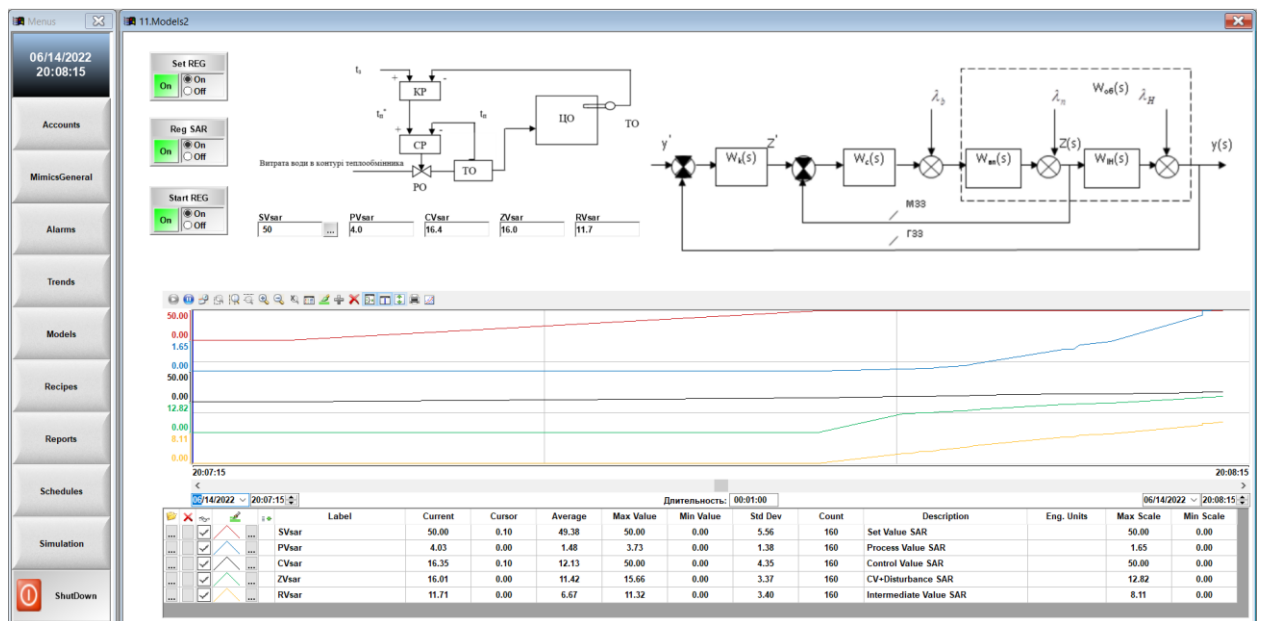


Рисунок 3.14 - Вікно “Models”

4. ЗАВДАННЯ ДО ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ НА ПОЛІГОНІ ІМІТАЦІЙНОГО SIL-МОДЕЛЮВАННЯ АТК ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

Віртуальна лабораторна робота – комп'ютеризована лабораторна робота з використанням спеціалізованого програмного продукту без необхідності фізичної присутності в аудиторії, яка може бути виконана самостійно і проконтрольована викладачем дистанційно. Віртуальна лабораторна робота може виконуватись в аудиторії на штатних комп'ютерах, як СРС, дистанційно.

Полігон імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем підтримує виконання віртуальних лабораторних робіт з дисциплін ІВС, АСУ, СТА.

Перспективність використання полігону імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем в навчальному процесі полягає в тому, що він дає можливість виконання наскрізної комплексної лабораторної роботи (КЛР) з дисциплін ІВС (2 курс; підрозділ 2.1 посібника), АСУ (3 курс; підрозділ 2.2 посібника), СТА (4 курс; розділ 3 посібника). Полігон надає єдиний програмно-модельний інструментарій. В КЛР використовується єдиний ТОУ. Студент, виконуючи КЛР впродовж трьох курсів, послідовно виконує розрахунок, імітаційне функціональне і структурне моделювання вибраної САР режимного параметру.

4.1. Перелік завдань до віртуальної лабораторної роботи з дисципліни ІВС на полігоні імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем

Виконати інженерний розрахунок вимірювальних каналів наступних САР:

- одноконтурна САР температури прямої води в залежній системі ЦО
- одноконтурна САР температури прямої води в незалежній системі ЦО
- каскадна САР температури зворотної води в залежній системі ЦО
- каскадна САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО
- одноконтурна САР температури прямої води в двоступінчатій системі ГВП
- одноконтурна САР температури прямої води в системі ГВП з баком-акумулятором
- одноконтурна САР тиску в колекторі гарячої води теплового вводу

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							79
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

- одноконтурна САР температури повітря в системі ВК
- каскадна САР температури повітря в приміщенні
- одноконтурна САР вологості повітря в системі ВК
- каскадна САР вологості повітря в приміщенні

Результати роботи представити у вигляді презентації у форматі підрозділу 2.1 посібника.

4.2. Перелік завдань до віртуальної лабораторної роботи з дисципліни АСУ на полігоні імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем

Завдання до лабораторної роботи з дисципліни АСУ №X.

Виконати інженерний розрахунок регульовально-виконавчих каналів наступних САР:

- одноконтурна САР температури прямої води в залежній системі ЦО
- одноконтурна САР температури прямої води в незалежній системі ЦО
- каскадна САР температури зворотної води в залежній системі ЦО
- каскадна САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО
- одноконтурна САР температури прямої води в двоступінчатій системі ГВП
- одноконтурна САР температури прямої води в системі ГВП з баком-акумулятором
- одноконтурна САР тиску в колекторі гарячої води теплового вводу
- одноконтурна САР температури повітря в системі ВК
- каскадна САР температури повітря в приміщенні
- одноконтурна САР вологості повітря в системі ВК
- каскадна САР вологості повітря в приміщенні

Результати роботи представити у вигляді презентації у форматі підрозділу 2.2 посібника.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							80
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

4.3. Перелік завдань до віртуальної лабораторної роботи з дисципліни СТА на полігоні імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем

Завдання до лабораторної роботи з дисципліни АСУ №Х.

Розробити вікна «Mimics» и «Models» для наступних САР :

- одноконтурна САР температури прямої води в залежній системі ЦО
- одноконтурна САР температури прямої води в незалежній системі ЦО
- каскадна САР температури зворотної води в залежній системі ЦО
- каскадна САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО
- одноконтурна САР температури прямої води в двоступінчатій системі ГВП
- одноконтурна САР температури прямої води в системі ГВП з баком-акумулятором
- одноконтурна САР тиску в колекторі гарячої води теплового вводу
- одноконтурна САР температури повітря в системі ВК
- каскадна САР температури повітря в приміщенні
- одноконтурна САР вологості повітря в системі ВК
- каскадна САР вологості повітря в приміщенні

Результати роботи представити у вигляді презентації у форматі розділу 3 посібника.

5. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ПОЛІГОНОМ ІМІТАЦІЙНОГО SIL-МОДЕЛЮВАННЯ АТК ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

5.1 Охорона праці

Дана робота пов'язана з використанням засобів обчислювальної техніки (ВДТ ПЕОМ), тому основну увагу в даному розділі приділено питанням, що пов'язані із забезпеченням комфортних та безпечних умов праці на робочих місцях користувачів ВДТ ПЕОМ, в тому числі, і питанням, що пов'язані із забезпеченням необхідного рівня електробезпеки в робочому приміщенні.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							81
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

В першу чергу, передбачається, визначити основні потенційно небезпечні і шкідливі фактори, що виникають при експлуатації відеодисплейних терміналів (ВДТ) ЕОМ, вплив цих факторів на користувачів ВДТ, розглянути принципи їх нормування, а також розробити необхідні комплексні заходи щодо запобігання шкідливого впливу цих факторів на людину.

З урахуванням вимог ДСанПін 3.3.2-007-98 «Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та діючого Положення «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», в цьому розділі визначені основні потенційно шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які мають місце при виконанні науково-дослідної роботи і запропоновані необхідні технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії, а також визначені основні заходи з пожежної безпеки та профілактики.

5.2 Визначення основних потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників при виконанні науково-дослідної роботи.

Оскільки основу роботи складають наукові дослідження із використанням електронно-обчислювальних машин (ВДТ ПЕОМ), то основну небезпеку представляє собою можливість ураження електричним струмом при роботі з електрообладнанням, а також негативний вплив електромагнітних випромінювань ВДТ ПЕОМ.

Основні потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які мають місце при проведенні наукових досліджень:

- небезпека ураження електричним струмом;
- наявність електромагнітних випромінювань ВДТ ПЕОМ;
- недостатня освітленість робочих місць;
- підвищений рівень шуму;
- незадовільні мікрокліматичні умови;
- група психофізичних факторів: перевантаження фізичне та психологічне;

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							82
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

– можливість виникнення пожежі тощо.

5.3 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії при виконанні науково-дослідної роботи

Електробезпека

Відповідно до ДСТУ ІЕС 61140:2015 основне електроустаткування у робочому приміщенні (крім ВДТ ПЕОМ - II клас) відноситься за електрозахистом до I класу, так як воно має робочу ізоляцію і підключається до електромережі за допомогою трьохконтактних вилок, один з виводів яких підключений до заземленого виводу розетки. Підключення устаткування виконане відповідно до вимог ПУЕ-2017 та НПАОП 40.1-1.21-98.

Робоче приміщення нежарке, сухе, відноситься до класу приміщень без підвищеної небезпеки поразки персоналом електричним струмом, оскільки відносна вологість повітря не перевищує 75%, температура не більше 35°C, відсутні хімічно агресивні середовища (ПУЕ-2017), а також відсутня можливість одночасного дотику до металоконструкцій будівлі, що мають контакт із землею з одного боку, та до струмопровідних елементів електроустаткування з іншого боку. Живлення електроприладів у робочому приміщенні здійснюється від 5-ти провідної трифазної мережі із глухозаземленою нейтраллю напругою 220 В і частотою 50 Гц із використанням автоматів максимального струмового захисту. У приміщенні застосована схема занулення (система заземлення TN-S).

Для зменшення значень напруг дотику й відповідних їм величин струму, при нормальному й аварійному режимах роботи електроустаткування необхідно виконати повторне захисне заземлення нульового дроту. Виконаємо електричний розрахунок електромережі на перевірку вимикаючої здатності автоматів максимального струмового захисту при аварійному режимі роботи електроустаткування.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							83
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Розрахунок на вимикаючу здатність автоматів максимального струмового захисту, включає у себе визначення значення струму К.З. при аварійному режимі роботи електрообладнання (пробій робочої ізоляції) і перевірку його кратності стосовно номінального струму спрацювання пристроїв максимального струмового захисту. Вихідні дані для розрахунку:

- а) $U_{\phi} = 220$ В – фазова напруга;
- б) кабель чотирьох жильний, матеріал – алюміній ($\rho = 0,028$ Ом*мм²/м);
- в) відстань від трансформатора до споживача (L) = 100м;
- г) номінальний струм спрацювання автомата захисту ($I_{\text{ном}}$) = 20 А. Струм однофазного К.З. визначається за формулою 5.1 :

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\phi} + R_0 + \frac{Z_m}{3}} = \frac{220}{1,9 + 2,0 + 0,15} = 49 \text{ А}, \quad (5.1)$$

де:

$R_{\phi} = 1,9$ Ом – активний опір фазного проводу;

$R_0 = 2,0$ Ом – активний опір нульового проводу;

$Z_m/3 = 0,15$ Ом – розрахунковий опір трансформатора потужністю 250 Вт.

Кратність струму однофазного короткого замикання стосовно номінального струму спрацювання автомата захисту. Для надійної роботи автомата захисту повинна виконуватись наступна умова (формула 5.2) :

$$K_M = \frac{I_{\text{к.з.}}}{I_{\text{ном}}} > 1,4 \quad (5.2)$$

де $I_{\text{к.з.}}$ – струм короткого замикання (49 А); $I_{\text{ном.}}$ – номінальний струм спрацювання автомата максимального струмового захисту (20 А). У нашому випадку:

$$K_M > 2,45$$

З розрахунків видно, що при однофазному К.З. автомат максимального струмового захисту із електромагнітним розчеплювачем, а саме такі встановлені у робочому приміщені, буде надійно спрацювати.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							84
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

При однофазному К.З. максимальне значення напруги на корпусах електрообладнання щодо землі при аварійному режимі його роботу за час спрацювання максимального струмового захисту, $U_{\max.}: U_{\max.} = I_{\text{к.з.}} R_0 = 49 \cdot 2,0 = 98 \text{ В}$. Ця напруга менша $U_{\text{доп}} = 500 \text{ В}$ ($t_{\text{дії}} < 0,1 \text{ сек.}$) згідно з ПУЕ-2017 (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Допустимі значення напруг на корпусах ЕУ в залежності від часу спрацювання захисних пристроїв (ПУЕ-2017)

t (сек)	до 0,1	0,2	0,5	0,7	0.9	>1 сек. до 5 сек.
$U_{\text{доп.дот}}$ (В)	500	400	200	130	100	65

З метою зниження $U_{\max.}$ як у нормальному, так і у аварійному режимі може бути використане повторне заземлення нульового дроту.

5.4 Ергономічні та гігієнічні вимоги і правила безпеки під час експлуатації електронно-обчислювальних машин

Правила безпеки під час експлуатації ВДТ ЕОМ регламентуються ДСанПІН 3.3.2.007–98 та діючим Положенням “Вимоги щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроями”, які встановлюють вимоги безпеки та санітарно – гігієнічні вимоги до обладнання робочих місць користувачів ЕОМ і працівників, що виконують обслуговування, ремонт та налагодження ЕОМ, та роботи з застосуванням ЕОМ, відповідно до сучасного стану техніки та наукових досліджень у сфері безпечної організації робіт з експлуатації ЕОМ та з урахуванням положень міжнародних нормативно-правових актів з цих питань (директиви Ради Європейського союзу 90/270/ЄЕС, 89/391/ЄЕС, 89/654/ЄЕС, 89/655/ЄЕС, стандарти ISO, МРПІ).

5.5 Вимоги щодо організації робочих місць користувачів ЕОМ

Облаштування робочих місць, обладнаних ЕОМ, ВДТ, повинно виконуватись з урахуванням вимог:

- ДСТУ ISO 9241-3-2001_Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 3. Вимоги до відеотерміналів (ISO 9241-31992, IDT);
- ДСТУ ISO 9241-62004_Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 6. Вимоги до робочого середовища;
- ДСанПіН 3.3.2.007-98_Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин;

Будівлі та приміщення, в яких експлуатуються ЕОМ та виконуються їх обслуговування, налагодження і ремонт, повинні відповідати вимогам: СНиП 2.09.02-85 “Производственные здания”, СНиП 2.09.04-87 “Административные и бытовые здания”, “Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей”, затверджених Головдерженергонаглядом з доповненнями, затвердженими наказом Держкоммістобудування України від 29.12.94 № 106, СН 512-78 “Инструкция по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин”, ДСанПіН 3.3.2.-007-98 “Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин“, затверджених МОЗ України 10.12.98.

Заборонено розміщувати робочі місця з ВДТ, ЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах, поряд з приміщеннями, в яких рівні шуму та вібрації перевищують допустимі значення (поряд з механічними цехами, майстернями тощо), з мокрими виробництвами, з пожежонебезпечними приміщеннями категорій А і Б, а також над такими приміщеннями або під ними.

Приміщення мають бути обладнані системами водяного опалення, кондиціонування або припливно-витяжною вентиляцією відповідно до СНиП 2.04.05-91.

Згідно з “Вимоги щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроями” площу приміщень визначають із розрахунку, що

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							86
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

на одне робоче місце вона має становити не менше ніж 6 м², а об'єм не менше ніж 20 м³ з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні. Приміщення являє собою кімнату розміром 6 х 6 м., висотою 4 м. Розмір дверного прорізу 1,5м.

Площа й об'єм приміщення знаходимо по формулах (5.3) та (5.4):

$$S = ab, \quad (5.3)$$

$$V = Sh, \quad (5.4)$$

де a – довжина, b – ширина, h – висота приміщення.

Підставляємо відомі значення та отримуємо наступне:

$$S=6 \cdot 6=36 \text{ м}^2, V=36 \cdot 4=144 \text{ м}^3.$$

Зведемо нормативні та фактичні дані приміщення в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 — Параметри приміщення

Назва характеристики	Нормати	Фактичне
Площа приміщення з	>6 м ²	36 м ²
Об'єм приміщення з розрахунку	>20 м ³	144 м ³
Висота приміщення	3,5 – 4 м	4 м
Розміри дверей	≥1,1х1.8	1,5х2 м
Відстань від стіни зі світловими прорізами до ВДТ	≥1м	1,5 м

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що геометричні розміри приміщення цілком відповідають нормативним вимогам.

Оздоблюють стіни, стелю, підлогу приміщення з матеріалів, які дозволені органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду. Заборонено застосовувати полімерні матеріали (деревостружкові плити, шпалери, що можна мити, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик, тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини. За розміщенням робочих місць з ВДТ, ЕОМ потрібно витримувати такі відстані: від стін зі світловими прорізами не менше 1 м; між бічними поверхнями ВДТ не менше 1,2 м; між тильною поверхнею

одного ВДТ та екраном іншого не менше 2,5 м; прохід між рядами робочих місць не менше 1 м. Робочі місця з ВДТ щодо світлових прорізів розміщують так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. Екран ВДТ і клавіатура мають розміщуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків і символів. Розміщення екрана ВДТ має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом $\pm 30^\circ$ від лінії зору працівника.

Усі вище перераховані вимоги відповідають робочому приміщенню, де проводяться дослідження.

5.6 Відповідність параметрів мікроклімату в робочій зоні санітарним нормам

Для нормалізації мікроклімату, згідно з ДСН 3.3.6.042–99. «Державні санітарні норми параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях», приміщення з ЗОТ обладнане системою опалення, а також системою кондиціювання повітря з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря, що подається, у відповідності до ДБН В.2.5 – 67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання». Для захисту від перегрівання в теплий період року та радіаційного охолодження — в зимовий, приміщення обладнане жалюзі і екранами.

На робочому місці роботи виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. Таким чином їх можна віднести до категорії Іа, що охоплює види діяльності з витратами енергії до 120 ккал/год.

Відповідно до ДСН 3.3.6.042–99 «Державні санітарні норми параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях» параметри мікроклімату, що нормуються: температура ($t, ^\circ\text{C}$) і відносна вологість ($W, \%$) повітря, швидкість руху повітря ($V, \text{м/с}$). Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату для умов, що розглядаються (категорія робіт та період року) наведені в табл.5.3.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							88
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

Таблиця 5.3 — Параметри мікроклімату

Період Року	Оптимальні			Допустимі		
	t,С	W,%	V,м/с	t,С	W,%	V,м/с
Теплий	23-25	40-60	0,1	22-28	55	0,2-0,1
Холодний	22-24	40-60	0,1	21-25	75	≤ 0,1

Фактичні параметри мікроклімату в робочій зоні відповідають приведеним вище нормам ДСН 3.3.6.042–99.

5.7 Вимоги до освітлення робочих місць користувачів відеодисплейних терміналів персональних електронно–обчислювальних машин.

Приміщення з ЕОМ повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В 2.5–28–2018. Природне світло повинно проникати через бічні світлопрорізи, зорієнтовані, як правило, на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5 %. Розрахунки коефіцієнта природної освітленості проводяться відповідно до ДБН В.2.5–28– 2018. Приміщення з ВДТ, ЕОМ мають бути оснащені природним і штучним освітленням відповідно до ДБН В.2.5–28–2006. Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, які орієнтовані переважно на північ чи північний схід і обладнані регулювальними пристроями відкривання та жалюзями, завісками, зовнішніми козирками.

Приміщення має бічне природне та штучне освітлення, центральне водяне опалення. У приміщенні три вікна розміром 2х2,2 м. Штучне освітлення забезпечує чотири люмінесцентних світильники з лампами ЛБ –40, розміщених у ряд.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							89
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Отже, усі вимоги до освітлення робочого місця відповідають параметрами освітлення приміщення, де проводяться дослідження.

5.8 Виробничний шум

Для умов, що розглядаються в проекті характеру роботи, який можна класифікувати як роботу програміста обчислювальної машини у лабораторії для теоретичних робіт та обробки даних, рівні шуму визначені відповідно до ДСН 3.3.6.037–99.

Допустимі рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот представлені у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 — Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих									Допустимий рівень звуку (дБ)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Інженер лабола-торії	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Джерелами шуму в умовах робочого приміщення, що розглядається в роботі є вентилятори охолодження внутрішніх систем персонального комп'ютера (вентилятори блоку живлення, радіатора процесора та відеокарти) і система кондиціонування повітря.

Очікувані рівні звукового тиску і рівень звуку відповідно до шумових характеристик цих джерел:

– рівень шуму, створюваний внутрішніми елементами персонального комп'ютера дорівнює 35 дБ;

– рівень шуму системи кондиціонування на низьких/високих частотах дорівнює 25/30 дБ.

Ці рівні звуку не перевищують допустимих норм, умови робочого приміщення повністю відповідають існуючим санітарним вимогам.

5.9 Пожежна безпека та профілактика

Відповідно до ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 “Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною небезпекою” робоче приміщення лабораторії відноситься до категорії В по вибухопожежній небезпеці. Відповідно до ПУЕ-2017 та НПАОП 40.1-1.32-01 клас робочих зон приміщення лабораторії по пожежонебезпеці – П-Па. Можливими причинами пожежі в приміщенні є несправність електроустаткування, коротке замикання проводки, і порушення протипожежного режиму (використання побутових нагрівальних приладів, паління). У зв'язку з цим, відповідно до вимог ПБЕ та ПУЕ, необхідно передбачити наступні заходи:

– ретельну ізоляцію всіх струмоведучих провідників до робочих місць, періодичний огляд та перевірку ізоляції.;

– строге дотримання норм протипожежної безпеки на робочих місцях; — відповідні організаційні заходи (заборона паління, інструктаж).

Приміщення обладнане чотирма пожежними датчиками типу ДТЛ (площа, що знаходиться під захистом одного датчика, становить 15 м²), відстань між датчиками рівна 4 м, що відповідає нормам ДБН В.2.5-56-2014. Відповідно ДСТУ 3675-98 та ISO 3941-2007 для гасіння пожежі в робочому приміщенні лабораторії (клас пожежі „Е” – наявність електрообладнання під напругою) використовуються два вогнегасники вуглекислотно-брометиленові ОУБ-3. Вибір вогнегасної речовини ґрунтується на тому, що у вогні можуть опинитись електричні пристрої, що знаходяться під напругою.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							91
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Таким чином, кількість, розміщення й вміст первинних засобів гасіння пожеж цілком задовольняють всім вимогам ISO 3941-2007.

Дотримано усі вимоги ДБН В.1.1-7-2016 по вогнестійкості будинку і ширині евакуаційних проходів і виходів із приміщень назовні. Значення основних параметрів шляхів евакуації приведені в таблиці 5.5.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							92
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Таблиця 5.45 — Характеристики і норми евакуаційних виходів

Параметр	Фактичне значення	Норма
Висота дверних прорізів	2,0 м	Не менше 2 м
Ширина дверних прорізів	1,5 м	Не менше 0,8 м
Ширина проходу для евакуації	Більше 1,5 м	Не менше 1 м
Ширина коридору	3 м	Не менше 2 м
Число виходів з коридору	2	Не менше 2
Ширина сходової клітки	1,5 м	Не менше 1 м
Висота поруччя сходів	1 м	Не менше 0,9 м

Крім того, у коридорі є 2 пожежних крана і ящик з піском.

В робочих приміщеннях дотримано усіх заходів пожежної безпеки відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні».

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							93
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

Розроблено полігон імітаційного моделювання АТК інженерних систем.

Склад полігону імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем: 1) посібник «Порядок роботи з полігоном імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем» з результатами розрахунків, імітаційного функціонального і структурного моделювання каскадної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО; 2) файл проєкту функціонального моделювання каскадної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО в СКМ Matlab Simulink; 3) сконфігурований програмно-технічний SIL-симулятор – папка проєкту WebStudio з структурним моделюванням HMI/SCADA-функціональності каскадної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО.

Інженерний розрахунок АСУТП – це спрощений (арифметичні дії) і комплексний (метрологічний розрахунок; розрахунок надійності; вибір РО; розрахунок і функціональне моделювання динаміки) швидкий формульний розрахунок основних показників роботоздатності САР в складі АСУТП, на основі якого приймаються рішення щодо експлуатації САР.

При порівнянні каскадної і одноконтурної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО було обґрунтовано вибір саме каскадної, як більш якісної. Для вибраної САР був проведений аналіз чутливості, який показав, що система є малочутливою до параметричних збурень.

Інженерний розрахунок і моделювання показали, що розроблена каскадна САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО забезпечує високоточне вимірювання, високоточне і малочутливе до параметричних збурень регулювання, а технічна реалізація САР забезпечує її надійне функціонування. Розроблена каскадна САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО є роботоздатною. Студенти при виконанні лабораторних робіт будуть орієнтуватись на виконаний інженерний розрахунок і моделювання розробленої каскадної САР температури зворотної води в незалежній системі ЦО.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							94
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Подальший розвиток розробленого полігону імітаційного SIL-моделювання АТК інженерних систем полягає: 1) у розширенні функціональності програмно-технічного SIL-симулятора в частині MES-Lite функціональності; 2) у розширенні переліку тем лабораторних робіт з дисциплін ІВС, АСУ і СТА.

						ТО8153.0012.001.АТХ.П	Арк.
							95
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		