

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

**Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики  
Автоматизації енергетичних процесів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Володимир ВОЛОЩУК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

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

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

**на тему: «Автоматизована система контролю системи опалення інтелектуального приватного будинку»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ТА-92

Гурський Олексій Тарасович \_\_\_\_\_

Керівник:

Кандидат технічних наук, Доцент

Бунь Валерій Павлович \_\_\_\_\_

Консультант з охорони праці:

Кандидат технічних наук, Доцент,

Каштанов Сергій Федорович \_\_\_\_\_

Рецензент:

\_\_\_\_\_

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

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2023 року

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

**Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики**

**Кафедра автоматизації енергетичних процесів**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Володимир ВОЛОЩУК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

**на дипломний проєкт студенту**

Гурському Олексію Тарасовичу

1. Тема проєкту «Автоматизована система контролю системи опалення інтелектуального приватного будинку», керівник проєкту Бунь Валерій Павлович, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проєкту «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

3. Вихідні дані до проєкту : Законодавчі та нормативні акти, аналітичні та статистичні матеріали стосовно теми роботи

4. Зміст пояснювальної записки:

Перелік скорочень та умовних позначень. Вступ. Розділ 1 Проєктування АСУТП. Розділ 2 Інженерний розрахунок САР. Розділ 3 Опис графічної частини проєкту. Розділ 4 Програмування ПТКЗА. Розділ 5 Імітаційне моделювання АТК. Розділ 6 Охорона праці. Розділ 7 Техніко-економічний розрахунок. Висновки. Списоквикористаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

Схема автоматизації функціональна. Схема принципова електрична. Креслення загального виду щита автоматизації. Схема з'єднань та підключень зовнішніх проводок. Специфікація обладнання. Відомість документів проєкту

## 6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Доцент Каштанов Сергій Федорович		

7. Дата видачі завдання

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Постановка задачі автоматизації ТОУ. Обґрунтування та аналіз.	30.04.2023	
2	Структурна ПТК. Схема автоматизації функціональна.	07.05.2023	
3	Креслення загального виду щита. Синтез САР і аналіз її функціонування	14.05.2023	
4	Розрахунок вимірювальних та виконавчих каналів АТК. Схема електрична підключень.	21.05.2023	
5	Розрахунок надійності функціонування АСУ. Схеми підключень кабелів, клем, приладів	28.05.2023	
6	Полігонні випробування імітаційної моделі і аналіз функціонування АСУ. Охорона праці. Охорона праці	04.06.2023	
7	Відомість дипломного проєкту	11.06.2023	
8	Нормоконтроль	18.06.2023	
9	Передзахист ДП	18.06.2023	
10	Захист ДП	23.06.2023	

Студент

Олексій ГУРСЬКИЙ

Керівник

Валерій БУНЬ

## АНОТАЦІЯ

Даний дипломний проєкт присвячений розробці автоматизованої системи керування системою опалення інтелектуального приватного будинку. У ході його виконання було проведено ознайомлення з об'єктом автоматизації, його особливостями та характеристиками. У результаті було обрано одноконтурні системи регулювання температури води в баку для теплої підлоги та температури в приміщенні.

Створено схеми автоматизації функціональні, підібрано обладнання для коректного функціонування системи. Виконані схема електрична принципова та креслення загального виду щита автоматизації.

Проведено синтез САР, розраховано параметри для регуляторів. З'ясовано, що система не є чутливою до значної зміни параметрів системи.

Створено програму для контролера. Розроблено інтерфейс для роботи з об'єктом в обраній SCADA-системі. Здійснено імітаційне моделювання системи.

Проведено розрахунок техніко-економічної ефективності АСК.

## **ABSTRACT**

This diploma project is devoted to the development of an automated control system for the heating system of an intelligent private house. In the course of its execution, familiarization with the object of automation, its features and characteristics was carried out. As a result, single-circuit systems for regulating the water temperature in the underfloor heating tank and the temperature in the room were chosen.

Functional automation schemes were created, equipment was selected for the correct functioning of the system. The electrical schematic diagram and the drawing of the general form of the automation panel have been completed.

The synthesis of the SAR was carried out, the parameters for the regulators were calculated. It was found that the system is not sensitive to a significant change in system parameters.

A program for the controller has been created. An interface for working with the object in the selected SCADA system has been developed. Simulation modeling of the system was carried out.

The calculation of technical and economic efficiency of ASK was carried out.

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: «Автоматизована система контролю системи**  
**опалення інтелектуального приватного будинку»**

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 ПРОЄКТУВАННЯ АСУТП .....	11
1.1 Характеристика ТОУ .....	11
1.2 Функції АСК ТОУ .....	15
1.3 Технологічні параметри АСУТП ТОУ .....	18
1.4 Огляд і аналіз сучасних АСК ТОУ .....	18
1.5 Схема структурна .....	21
1.6 Схема структурна програмно-технічного комплексу .....	23
РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК САР .....	24
2.1 Інженерний розрахунок вимірювальних каналів САР .....	24
2.1.1 Перелік вимірювальних каналів (ВК).....	24
2.1.2 Схеми структурні вимірювальних каналів.....	25
2.1.3 Метрологічний розрахунок вимірювальних каналів.....	29
2.1.4 Схеми структурні надійності вимірювальних каналів.....	30
2.2.1 Перелік систем автоматичного регулювання .....	32
2.2.2 Ідентифікація об'єкта управління.....	34
2.2.3 Розрахунок регуляторів САР.....	35
2.2.4 Функціональне моделювання САР .....	56
РОЗДІЛ 3 ОПИС ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЄКТУ .....	66
3.1 Схема функціональна автоматизації ТОУ .....	66
3.2 Схема структурна ПТК .....	66
3.3 Схема принципова електрична АСР .....	66
3.4 Креслення загального виду щита.....	66
3.5 Схема зовнішніх з'єднань .....	67
3.6 Специфікація обладнання.....	67
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ПТКЗА.....	68
4.1 Програмування функціональності ПЛК.....	68
4.2 Розробка людино-машинного інтерфейсу .....	70
РОЗДІЛ 5 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АТК .....	72
5.1 Опис структури полігону.....	72
5.2 Імітаційне моделювання ТОУ .....	72
5.3 Полігонні випробування ІМ і аналіз функціонування АСК .....	73
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	76
6.1 Опис .....	76
6.2 Технічні рішення та організаційні заходи щодо безпечної експлуатації засобів автоматизації.....	77
6.2.1 Електробезпека .....	78
6.2.2 Технічні заходи для запобігання електротравм від контакту з нормально струмовідними елементами обладнання .....	79
6.2.3 Технічні рішення щодо запобігання електротравм при переході напруги на нормально не струмоведучі елементи електроустановок .....	80
6.3 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці .....	81

ТА-92425.0009.006.АТХ.П									
Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підп.	Дата	Автоматизована система контролю системи опалення інтелектуального приватного будинку	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Гурський О.Т.					ДП	7	90
Перевір.		Бунь В.П.							
Т.контр.									
Н. контр.		Некрашевич О.В.							
Затв.		Волощук В.О.					НТУУ "КПІ", ТЕФ, ТА-92		

6.3.1	Мікроклімат та склад повітря робочої зони.....	81
6.4	Пожежна безпека та профілактика .....	82
6.4.1	Система протипожежного захисту.....	83
РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК .....		85
ВИСНОВКИ.....		88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		90

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

**АСК** – автоматична система керування;

**САР** – система автоматичного регулювання;

**РО** – регулюючий орган;

**ВМ** – виконавчий механізм;

**ПІ** - регулятор – пропорційно-інтегральний регулятор;

**$W(p)$**  – передавальна функція;

**РАФХ** – метод розширеної амплітудно-фазової характеристики;

**ПЛК** – програмно-логічний контролер;

**ПЗ** – програмне забезпечення;

**ПТКЗА** – програмно-технічний комплекс засобів автоматизації;

**SCADA** – Supervisory Control and Data Acquisition.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						9
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

У цьому дипломному проекті бакалавра розглядається тема "АКС опалення енергоефективного інтелектуального приватного будинку". Опалення є одним із найважливіших аспектів комфорту та енергоефективності будинку, особливо в умовах зростаючих енергетичних вимог та змін клімату.

Метою цього проекту є розробка та реалізація автоматизованої системи керування опаленням, яка поєднує в собі енергоефективність, інтелектуальний аналіз та зручність у використанні. Застосування такої системи дозволить ефективно використовувати ресурси, забезпечувати оптимальний температурний режим та зручність у керуванні опаленням з використанням сучасних технологій та алгоритмів.

У процесі роботи над проектом будуть вивчатися сучасні розробки в галузі опалення, методи енергоефективного керування системами опалення та інтеграція інтелектуальних аналітичних систем. Під час розробки системи будуть враховані потреби та вимоги приватного будинку, забезпечуючи оптимальний рівень комфорту для мешканців.

Результатом цього дипломного проекту буде створення прототипу системи керування опаленням, його тестування та оцінка ефективності. Це дозволить зробити висновки щодо досягнення поставлених цілей та внесення внутрішнього внеску до розвитку енергоефективних технологій у будівництві.

Весь проект буде проведений відповідно до наукових та інженерних стандартів, з урахуванням вимог з енергоефективності та сталого розвитку. Очікується, що результати цього дослідження та розробки матимуть практичну цінність і можуть бути застосовані у сучасному будівництві енергоефективних та інтелектуальних будинків.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						10
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1 ПРОЄКТУВАННЯ АСУТП

## 1.1 Характеристика ТОВ

Об'єктом автоматичної системи керування є система опалення для інтелектуального приватного будинку. Головна мета всієї системи полягає в підтримці комфортних житлових умов для мешканців, забезпеченні постійного доступу до гарячої та холодної води, а також в утриманні оптимального температурного режиму та якості повітря, які мають важливе значення для здоров'я мешканців.

Ця автоматична система повинна працювати безперервно, адаптуватися до змінних зовнішніх умов і вимог користувачів, а також раціонально використовувати ресурси, електроенергію, з урахуванням складного тарифу з двома або трьома зонами. При цьому важливо враховувати обмеження, які стосуються максимальної витрати електроенергії, яка не повинна перевищувати 15 кВт. Отже, вся система має працювати таким чином, щоб не перешкоджати мешканцям використовувати електроприлади в будинку.

Значне навантаження на електросистему відбувається переважно вранці та ввечері, коли активно використовуються електричні пристрої. Варто врахувати, що в цей період діє складний тариф, при якому вартість електроенергії є найвищою. Тому важливо, щоб автоматична система керування ефективно розподіляла споживання електроенергії та використовувала її з урахуванням економічних факторів, забезпечуючи при цьому оптимальні умови для мешканців будинку.

Для забезпечення водопостачання приватного будинку використовується свердловина як джерело води. Вода, яка знаходиться у свердловині, має постійну температуру, яка зазвичай коливається в межах 2-5 °С.

Свердловина є глибоким підземним джерелом, звідки видобувається прісна вода. Вода, яка зберігається у свердловині, зазвичай має низьку температуру

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						11
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

через постійний вплив прохолодних підземних шарів. Температура води у свердловині може бути відносно стабільною протягом року.

Така холодна вода буде використана для різних потреб у будинку, таких як питна вода, водопостачання ванних кімнат, кухонне водопостачання та інші санітарні потреби. Важливо враховувати, що низька температура води у свердловині може вплинути на комфорт користувачів, тому система опалення води або інші заходи можуть бути необхідними для підігріву води до бажаної температури перед її використанням.

Враховуючи постійну температуру води у свердловині, цей фактор буде використаний для системи охолодження, які можуть забезпечувати прохолоду у будинку. Використання холодної води зі свердловини для систем кондиціонування буде ефективним рішенням, яке забезпечить комфортні умови для мешканців влітку.

Таким чином, свердловина як джерело води для будинку виконує важливу функцію у системі водопостачання та буде використана для інших цілей, таких як опалення води чи охолодження приміщень у будинку.

Для забезпечення нагріву води в нашому будинку ми обрали електродний котел як основний засіб опалення. Електродний котел має спеціальну конструкцію, яка складається з двох електродів, розташованих у теплообміннику. Ця конструкція дозволяє ефективно передавати тепло до теплоносія.

Теплоносій, який у нашому випадку є вода, виконує роль електроліту в електродному котлі. Коли струм протікає через електроди, вода проводить його і починає нагріватись миттєво після включення котла. Це дозволяє швидко досягти потрібної температури води і використовувати її для опалення та господарських потреб.

Отримана нагріта вода з котла подається до загального бака з теплою водою. Цей бак є центральним резервуаром, звідки вода розподіляється на опалення будинку і використовується для господарських потреб. Ця система

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						12
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує надійний запас гарячої води для всього будинку, що дозволяє задовольняти потреби мешканців у комфорті та забезпечувати ефективне використання ресурсів.

Електродний котел має свої переваги. Швидкий нагрів води дозволяє забезпечувати потрібну потужність в короткий проміжок часу, що економить енергію порівняно з традиційними водонагрівачами. Крім того, ця система є більш економічною, оскільки вона споживає значно менше електроенергії для нагріву води при тій же тепловій потужності. Однак, варто враховувати, що електроди в котлі потребують періодичної очистки або заміни у разі зношення, а також наявність надійного заземлення. Також важливо враховувати додаткові витрати на теплоносій і встановлення системи. Загалом, електродні котли є ефективними та надійними рішеннями для забезпечення нагріву води в будинку.

У нашій системі передачі води з електродного котла до загального бака використовується циркуляційний насос. Цей насос відіграє важливу роль у забезпеченні безперебійного руху води по системі. Його основне завдання полягає в перенесенні гарячої води від котла до бака, забезпечуючи постійний потік теплоносія.

Циркуляційний насос працює на основі принципу гідравлічного нагнітача. Коли котел виробляє гарячу воду, насос активується і створює потужний тиск, що переносить воду через трубопроводи до загального бака. Це забезпечує ефективну та швидку передачу тепла з котла до системи опалення та гарячого водопостачання.

Однак, роль циркуляційного насоса не обмежується лише переміщенням води. Він також виконує важливу функцію перемішування води в системі. Це особливо важливо для забезпечення рівномірного прогріву води. Насос забезпечує циркуляцію теплоносія, рухаючи його через теплообмінник та розподіляючи його по всій системі. Це дозволяє уникнути утворення гарячих або холодних зон і забезпечує рівномірний нагрів води в будинку.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						13
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатково варто відзначити, що циркуляційний насос є енергоефективним компонентом системи. Він споживає лише необхідну кількість електроенергії для своєї роботи, забезпечуючи ефективне переміщення води та її перемішування. Крім того, він допомагає уникнути затримки гарячої води в системі, забезпечуючи її швидку передачу до використовуваних точок в будинку.

Тобто наявність циркуляційного насоса в системі не лише забезпечує ефективну передачу води з електродного котла до загального бака, але і гарантує рівномірний прогрів теплоносія в усій системі водопостачання та опалення.

У нашій системі ми також плануємо використовувати сонячний колектор для додаткового догріву води. Це інноваційний підхід, який дозволить зменшити споживання електроенергії та економити ресурси.

Сонячний колектор є основним елементом системи, який перетворює теплову енергію сонця на тепло для нагріву води. Він складається з трубки, виготовленої з матеріалу, що поглинає сонячне випромінювання. Сонячні промені проникають через прозорий кожух колектора та нагрівають воду всередині трубки. Щоб уникнути втрати тепла, трубка з теплоносієм розташована в прозорому кожусі, який створює вакуум навколо трубки. Цей вакуум допомагає зберігати тепло та підтримувати оптимальну температуру води.

Для ефективного функціонування системи сонячних колекторів буде встановлений циркуляційний насос. Його завдання полягатиме в переміщенні теплоносія по колектору, що дозволить уникнути перегріву води. Цей процес забезпечить рівномірний нагрів води та забезпечить оптимальні умови для її використання.

Використання сонячних колекторів разом з циркуляційним насосом є важливим компонентом нашої системи забезпечення гарячою водою. Це екологічно чистий та енергоефективний спосіб догріву води, який дозволить нам ефективно використовувати сонячну енергію та знизити залежність від електроенергії. В теплу пору року колектор може нагрівати великий об'єм води, і для запобігання перегріву нагріта вода може підмішуватись в бак для поливу.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						14
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення оптимального обігріву приміщення ми плануємо використовувати систему теплої підлоги. Ця система полягає в укладанні трубок всередині підлоги, через які циркулює тепла вода. Такий підхід дозволяє створити рівномірне та комфортне обігрівання, оскільки сама підлога виступає як теплообмінник, передаючи тепло прямо до приміщення.

Однією з переваг такої системи є використання теплоносія низької температури, зазвичай 30-40 °С. Це значно безпечніше для людей, особливо в разі аварійних ситуацій. Крім того, це дозволяє котлу працювати більш ефективно, не перегріваючи воду та забезпечуючи енергоефективну роботу системи обігріву.

Для оптимальної роботи теплої підлоги буде встановлений додатковий бак, який буде підтримувати необхідну температуру теплоносія. Цей бак буде відповідальний за збереження тепла та постійне підтримання оптимального рівня теплообміну у системі. Це дозволить забезпечити стабільний та ефективний обігрів приміщення без значних відхилень в температурі.

Використання системи теплої підлоги з додатковим баком є надійним та комфортним рішенням для обігріву приміщень. Вона забезпечить рівномірне теплове покриття та ефективне використання теплоносія низької температури, що є безпечним та енергоефективним для користувачів.

## 1.2 Функції АСК ТОУ

Кожна автоматична система керування (АСК) виконує ряд функцій, які можна упорядкувати у трьох категоріях: управляючі, захисні та інформаційні функції.

Управляючі функції в автоматичній системі керування (АСК) виконують важливу роль, дозволяючи постійно регулювати значення певних параметрів, які є критичними для ефективної та безперебійної роботи системи. Ці функції відіграють вирішальну роль у забезпеченні точного керування та налагодження параметрів системи з метою досягнення оптимального функціонування.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						15
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Управляючі функції АСК включають в себе широкий спектр дій, починаючи від встановлення початкових значень параметрів до зміни їх в реальному часі. Це може охоплювати регулювання температури, вологості, тиску, швидкості, рівня та інших важливих параметрів, які впливають на роботу системи. Завдяки управляючим функціям, оператор або автоматична система мають можливість змінювати ці значення відповідно до поточних умов та вимог, що забезпечує оптимальну ефективність та пристосованість системи до змінних умов. Точне керування та налагодження параметрів системи є необхідною умовою для її стабільної та ефективної роботи. Управляючі функції дозволяють виявляти і коригувати будь-які відхилення від заданих параметрів, що допомагає забезпечити надійність, безпеку та оптимальну продуктивність системи. Крім того, ці функції можуть включати автоматичне регулювання, програмування робочих режимів, координацію роботи різних компонентів системи та інші дії, спрямовані на досягнення бажаних результатів. Загалом, управляючі функції в АСК відіграють основну роль у забезпеченні належної роботи системи, дозволяючи точно регулювати значення необхідних параметрів. Ці функції створюють основу для ефективного керування та оптимальної роботи системи, забезпечуючи зручність управління, стабільність та високу продуктивність.

Захисні функції в автоматичній системі керування (АСК) виконують важливу роль у забезпеченні безпеки та надійності роботи системи. Вони призначені для захисту системи від можливих аварійних ситуацій, що можуть виникнути внаслідок некоректної роботи самої системи або її компонентів. Захисні функції включають в себе різноманітні механізми, які забезпечують виявлення та реагування на потенційні проблеми. Це можуть бути механізми, які моніторять параметри системи і спрацьовують, якщо вони перевищують допустимі межі. Наприклад, при перевищенні температури, тиску або інших важливих параметрів, захисні функції можуть активувати аварійне відключення або інші заходи для запобігання подальшим проблемам. Крім того, захисні функції можуть включати в себе виявлення поломок датчиків або виконавчих

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						16
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

механізмів. У разі виявлення таких неполадок, система може прийняти необхідні заходи, такі як аварійне відключення або перехід на резервні компоненти, щоб запобігти подальшому погіршенню ситуації. Захисні функції гарантують, що система буде працювати в безпечних межах і мінімізує ризик виникнення небезпечних ситуацій. Вони є критичною складовою частиною автоматичних систем керування, допомагаючи забезпечити надійність, безпеку та стабільність функціонування системи.

Інформаційні функції в автоматичній системі керування (АСК) мають важливе значення для отримання різноманітної інформації про стан системи. Завдяки розташованим датчикам та іншим пристроям, система може постійно отримувати актуальні дані про значення різних параметрів у реальному часі. Ця інформація надає можливість відслідковувати та контролювати роботу системи з високою точністю. Оператор або користувач може моніторити різні параметри, такі як температура, вологість, тиск, рівень ресурсів тощо, і бачити їх поточні значення. Це дозволяє вчасно реагувати на зміни у системі та виявляти можливі проблеми або небажані відхилення. Наприклад, якщо датчик виявляє перевищення допустимого рівня температури, система може надати відповідне сповіщення або виконати автоматичні дії для зниження температури до безпечного рівня. Це дозволяє запобігти можливим пошкодженням або аварійним ситуаціям. Отримання інформації про стан системи є невід'ємною складовою частиною ефективного управління. Вона дозволяє оператору або користувачу мати повне уявлення про роботу системи, вчасно реагувати на зміни та приймати відповідні рішення. Інформаційні функції гарантують надійність, контроль та оптимальне функціонування автоматичної системи керування.

Таким чином, управляючі, захисні та інформаційні функції АСК взаємодіють для забезпечення ефективної та безпечної роботи системи, забезпечуючи належний рівень контролю, захисту та інформаційної підтримки.

Тож сформуємо функції нашої АСК.

Управляючі функції:

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						17
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівень споживання електроенергії – регуляція відбувається за допомогою переключення водонагрівача в економний режим або повне відключення;

Рівень води в головному баку гарячої води - регуляція відбувається за допомогою відкриття клапану для надходження холодної води в електродний котел;

Температура води в головному баку – регуляція відбувається за допомогою включення нагрівача і пуску води з баку на повторний нагрів;

Температура води в баку води для теплої підлоги – регуляція відбувається за допомогою відкриття клапану гарячої води;

Температура в кімнатах – регуляція відбувається за допомогою роботи циркуляційного насосу, який регулює швидкість потоку теплої води і як результат швидкість прогріву приміщення;

Захист від сухого ходу насосів – включені давачі тиску.

### 1.3 Технологічні параметри АСУТП ТОУ

Формуємо таблицю параметрів, які нам необхідно підтримувати.

Таблиця 1.1 – Таблиця параметрів АСК ТОУ

Параметр	Рівень	Примітка
Рівень води в основному баку	30%	При кількості води в баку менше 30%, бак наповниться
Температура води в ЕВС	75°C	При заданій температурі води, ЕВС відключиться
Температура води в основному баку	50-70°C	В залежності від режиму
Температура води в баку води для теплої підлоги	30-40°C	
Температура приміщення	15-20°C	

### 1.4 Огляд і аналіз сучасних АСК ТОУ

Розглянемо існуючі види структур АСК:

Одноконтурна система є системою, в якій регулювання відбувається на основі виміряного параметра. У такій системі існує один контур, що відповідає

за контроль і регулювання потрібного параметра. Цей параметр може бути пов'язаний з температурою, вологістю, тиском або іншими фізичними величинами. Для забезпечення регулювання вимірювачі, сенсори або прилади встановлюються для зчитування значення виміряного параметра. Ці дані передаються до системи управління, яка аналізує їх і приймає рішення про необхідні дії. При необхідності система управління видає команди обладнанню або пристроям, що відповідають за контрольований параметр, для зміни його значення. Це може бути активація або вимкнення пристрою, регулювання подачі енергії або інші дії, спрямовані на забезпечення потрібного рівня параметра. Одноконтурна система забезпечує ефективне регулювання і підтримку потрібного значення виміряного параметра в системі. Це дозволяє забезпечити комфортні умови або оптимальну роботу системи з урахуванням змінних умов навколишнього середовища. Одноконтурна система заснована на принципі зворотного зв'язку, де зчитане значення параметра порівнюється з заданим значенням і виконуються необхідні корекції для досягнення бажаного результату. Це забезпечує точність і стабільність регулювання у системі. Така система знаходить застосування в різних галузях, включаючи опалення, вентиляцію, кондиціонування повітря та інші. Вона дозволяє автоматизувати процес регулювання і забезпечити оптимальні умови в залежності від потреб користувача або вимог системи.

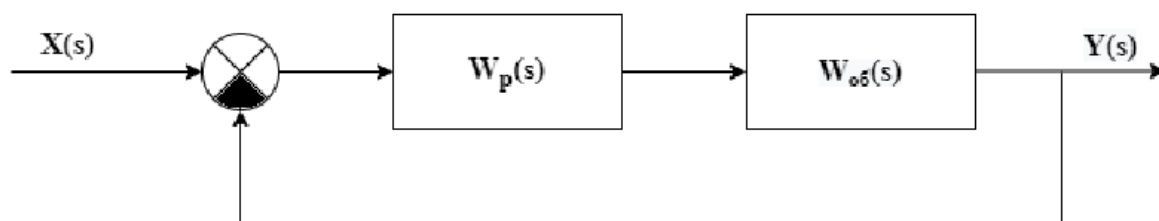


Рисунок 1.1 – Схема одноконтурної системи регулювання

Каскадна система є розширеною версією одноконтурної системи, де додатковий внутрішній контур регулювання впроваджується для поліпшення роботи зовнішнього контуру. У каскадній системі використовуються два

контури: зовнішній і внутрішній. Зовнішній контур відповідає за керування основним параметром системи, який піддається регулюванню. Внутрішній контур створюється для керування вимірним проміжним параметром, який впливає на роботу зовнішнього контуру. Основна ідея каскадної системи полягає в тому, що зовнішній контур отримує входні дані від внутрішнього контуру і використовує їх для більш точного регулювання основного параметра. Це дозволяє зменшити похибку регулювання і підвищити точність контролю системи. Для забезпечення роботи внутрішнього контуру встановлюються додаткові вимірювачі або сенсори, які зчитують проміжний параметр і передають його до системи управління. Система управління, отримавши дані від внутрішнього контуру, приймає відповідні рішення і видає команди зовнішньому контуру для коригування основного параметра. Завдяки використанню каскадної системи досягається більш точне і ефективне регулювання в порівнянні з одноконтурною системою. Внутрішній контур допомагає компенсувати вплив зовнішніх факторів і забезпечує кращу стійкість і точність регулювання. Каскадна система знаходить застосування у багатьох областях, де вимагається висока точність і швидкість регулювання, таких як промислові процеси, автоматизовані системи управління, енергетика та інші.

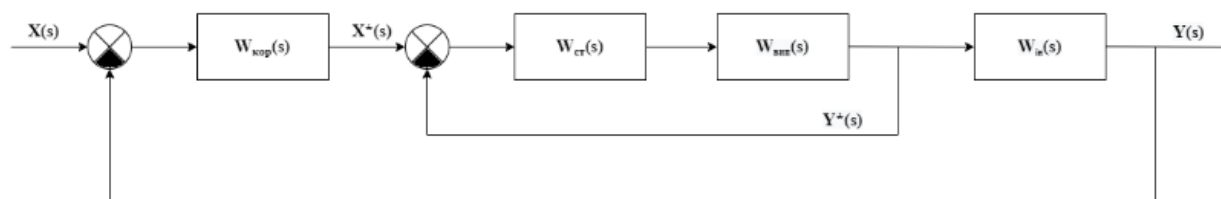


Рисунок 1.2 – Схема каскадної системи регулювання

Комбінована система автоматичного регулювання (САР) з компенсацією збурення є спеціальним типом одноконтурної системи, в якій регулювання здійснюється на основі виміряного регульованого параметра та сигналу, який надходить від компенсатора. У такій системі використовуються два входних сигнали: вимірний регульований параметр і сигнал від компенсатора. Вимірний параметр може бути, наприклад, температура, рівень рідини або

інший фізичний параметр, який підлягає регулюванню. Сигнал від компенсатора є сигналом, який компенсує збурення або вплив зовнішніх факторів на систему. Компенсатор використовується для визначення величини збурення або впливу зовнішніх факторів на систему. Він аналізує ці збурення і генерує відповідний сигнал, який використовується для компенсації цих збурень і забезпечення більш точного регулювання системи. САР з компенсацією збурення забезпечує покращену стійкість і точність регулювання шляхом врахування впливу зовнішніх факторів. Система аналізує вимірний параметр і сигнал від компенсатора, і на основі цих даних приймає рішення щодо коригування регульованого параметра. Це дозволяє забезпечити більш точне і стабільне регулювання навіть у випадку наявності збурень чи зовнішніх впливів. Комбінована САР з компенсацією збурення застосовується у різних областях, де потрібно досягнути високої точності і стійкості регулювання, наприклад, у промислових процесах, автоматизованих системах управління, електроенергетиці та інших.

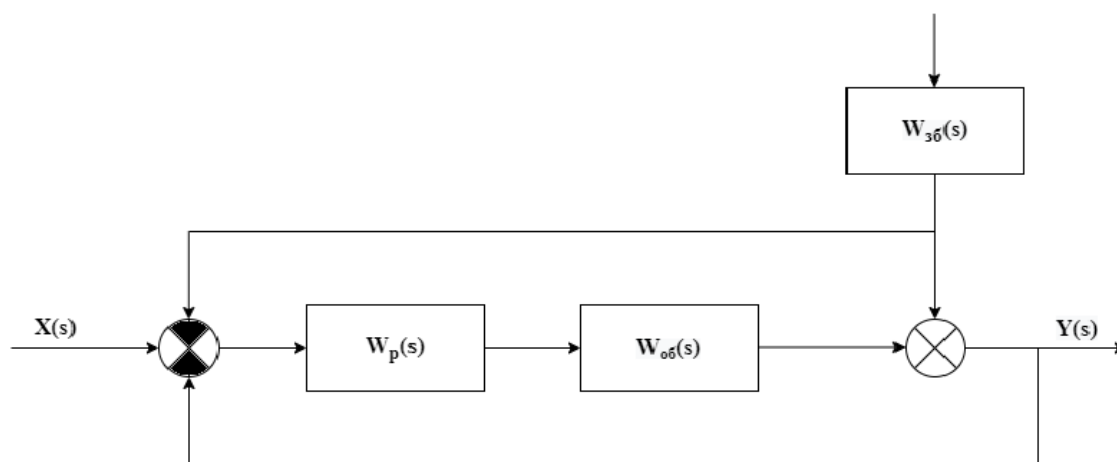


Рисунок 1.3 – Схема комбінованої системи регулювання

### 1.5 Схема структурна

На схемі зображено структурну схему автоматизації нашої системи.

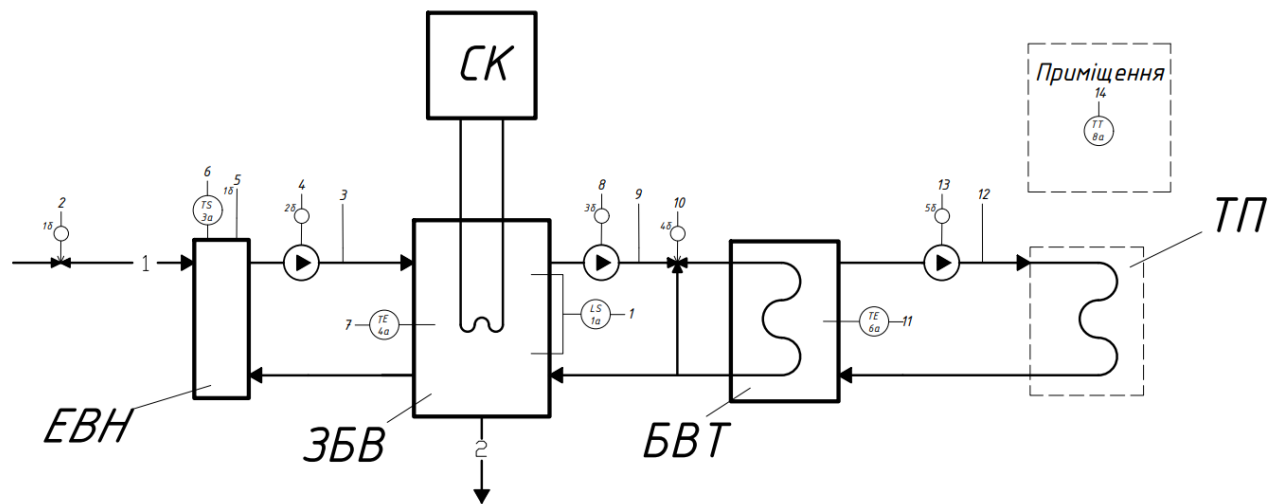


Рисунок 1.4 – Схема автоматизації функціональна

Трубопровід 1 – холодна вода, взята зі свердловини. Вона проходить через керований системою клапан у ЕВН – електроводонагрівач, в випадку нашої системи електродний котел. Після нагріву вона проходить через циркуляційний насос і потрапляє в ЗБВ – загальний бак. Також при низькій температурі в загальному баку можливий повторний пуск води в водонагрівач, вже з баку. Трубопровід 2 подає воду в загальну систему водопостачання будинку, фактично даючи гарячу воду для загальних потреб.

До баку підключена система догріву води за допомогою сонячного колектору. Фактично в цій системі теплоносії нагрівається від сонячного опромінення і проходить через змійовик в баку, нагріваючи воду в ньому

Далі нагріта вода через циркуляційний насос подається в змійовик в БВТ, для нагріву води. Подача регульована клапаном з аналоговим виконавчим механізмом.

З БВТ через ряд трьохходових клапанів за допомогою циркуляційного насоса подається в систему теплої підлоги для опалення приміщення. Регуляція опалення здійснюється регуляцією роботи циркуляційного насоса.

## 1.6 Схема структурна програмно-технічного комплексу

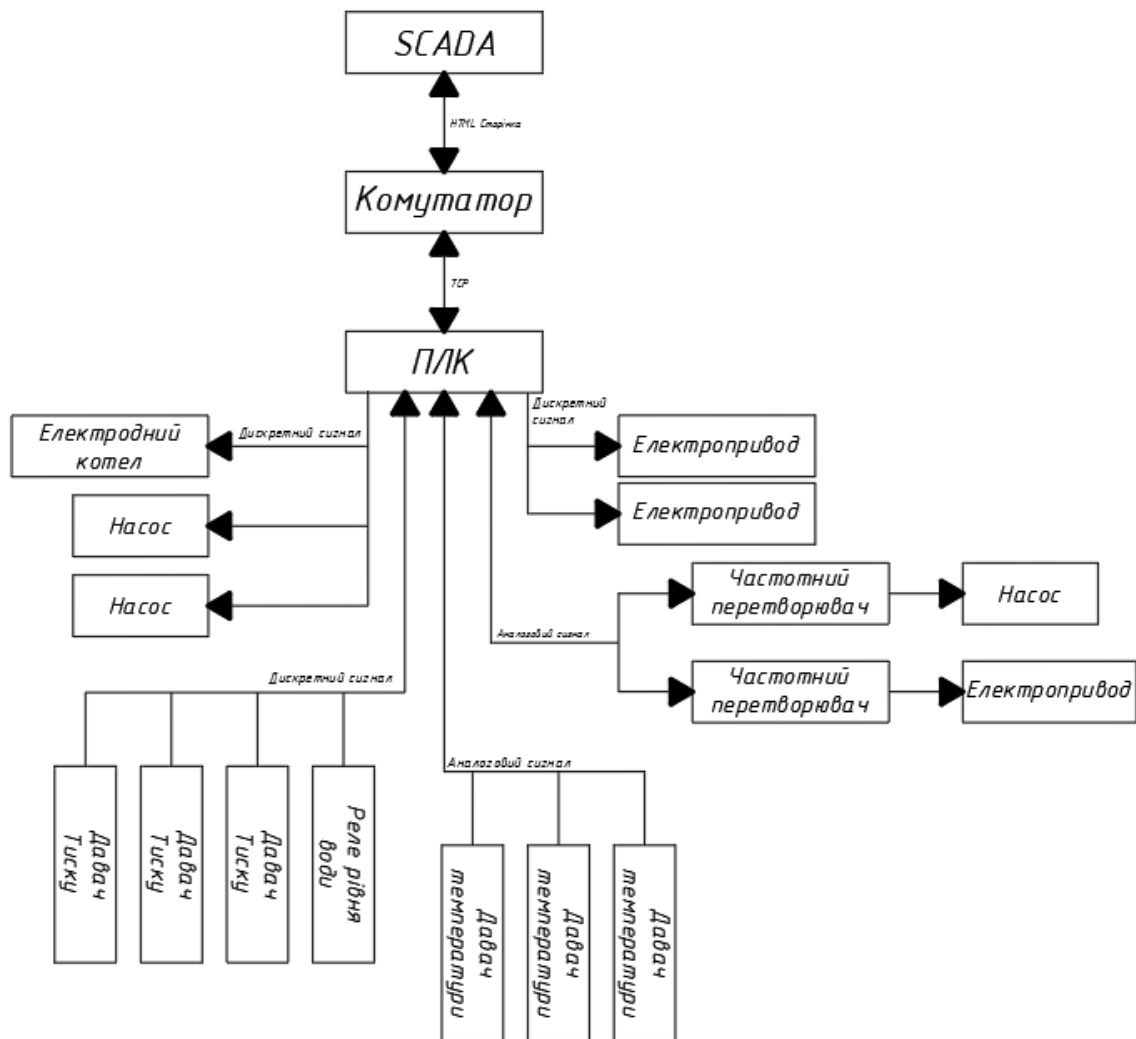


Рисунок 1.5 – Схема структурна програмно-технічного комплексу

На рисунку 1.5 наведена структура програмно-технічного комплексу, що включає трьохрівневу схему управління технічним процесом. У нижній частині схеми представлено рівень вимірювальної та виконавчої апаратури, такою як електроприводи, насоси та електродний котел.

Система опалення включає в себе вимірювальну апаратуру, таку як датчики температури, реле рівня та датчики тиску. Датчики передають уніфікований сигнал, тоді як для виконавчих механізмів використовується протокол Modbus. Сам контролер з'єднаний з сервером, де на HTML-сторінках відображаються панелі керування, актуальна інформація про об'єкт та резервування даних.

## РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК САР

### 2.1 Інженерний розрахунок вимірювальних каналів САР

#### 2.1.1 Перелік вимірювальних каналів (ВК)

Ми маємо такі вимірювальні канали в нашій системі:

Температура води в баках (головному, для теплої підлоги) вимірюється давачем температури Raut automatic STw-04 позначення (4а,6а). Давач має уніфікований сигнал 4-20мА, діапазон виміру 0-150°C. Температура води в головному баку залежить від роботи електродного котлу, в баку для теплої підлоги від роботи трьохходового клапану.

Температура повітря в приміщенні вимірюється давачем температури Raut automatic STH-01 позначення (8а). Давач має уніфікований сигнал 4-20мА, діапазон виміру 0-40°C. Температура повітря в приміщенні залежить від трьохходового клапану.

Тиск води в системі опалення вимірюється реле тиску ELT-35, «Danfoss» позначення (2а, 5а, 7а). Реле має дискретний вихід, діапазон налаштування 0-8 бар. Тиск води в системі залежить від роботи циркуляційного насосу.

Температура води в водонагрівачі вимірюється реле температури КР 78, «Danfoss» позначення (3а). Реле має дискретний вихід, діапазон налаштування 0-150°C.

Для реалізації функцій нашої АСК ТОК необхідні прилади високої надійності й точності, що передбачають довготривалу експлуатацію -так як мають працювати цілодобово і забезпечують здоров'я і комфорт мешканців будинку.

Аналогові давачі мають забезпечувати наступні вимоги:

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						24
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Таблиця вимог до аналогових датчиків

Параметр	Номинальне значення	Діапазон	Клас точності
Температура води в головному баку	80 °C	(0..80) °C	2.5
Температура води в баку для теплої підлоги	35 °C	(0..30) °C	2.5
Температура в приміщенні	20 °C	(0..25) °C	2.5

### 2.1.2 Схеми структурні вимірювальних каналів

Структура ВК ІВС для температури води в головному баку та баку для теплої підлоги



Рисунок 2.1 – Схема структури ВК ІВС для температури води в головному баку та баку для теплої підлоги

Д – термометр опору з дискретним сигналом.

ПЛК – програмно-логічний контролер.

Датчик температури є пасивним пристроєм, який генерує невеликий електричний струм на основі різниці температур. Щоб цей сигнал міг бути коректно оброблений контролером, використовується спеціальний модуль аналогових входів. Цей модуль налаштовує електричний струм, отриманий від датчика температури, і перетворює його в аналоговий сигнал. Подальше перетворення аналогового сигналу в цифровий відбувається в контролері.

Структура ВК ІВС температури повітря в приміщенні

### Електричний струм

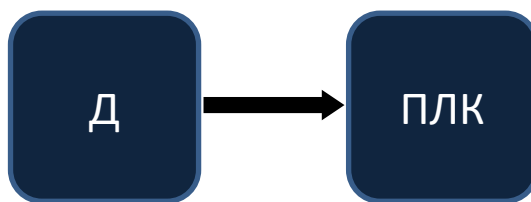


Рисунок 2.2 – Схема структури ВК ІВС для температури повітря в приміщенні

Д – термометр опору Pt1000 з уніфікованим вихідним сигналом 4..20 мА.

ПЛК – програмно-логічний контролер.

Дачч температури приміщення має аналоговий сигнал. Подальше перетворення аналогового сигналу в цифровий відбувається в контролері.

### Структура ВК ІВС тиску в системі опалення

#### Дискретний сигнал

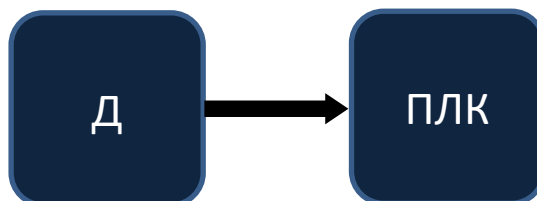


Рисунок 2.3 – Схема структури ВК ІВС тиску в системі опалення

Д – манометр з дискретним сигналом

ПЛК – програмно-логічний контролер.

Реле тиску замикає контакти при досягненні встановленого рівня тиску.

### Структура ВК ІВС рівня води в головному баку

#### Дискретний сигнал

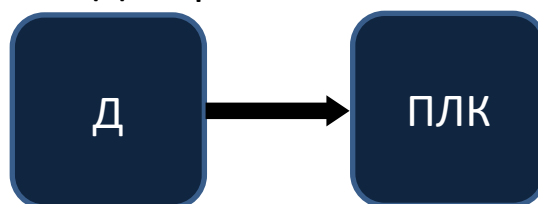


Рисунок 2.4 – Схема структури ВК ІВС рівню води в головному баку

Д – реле рівня води з дискретним сигналом

ПЛК – програмно-логічний контролер.

Реле рівня води замикає контакти при досягненні закладеного при установці рівня води

Номенклатура давачів нашої системи:

Для вимірювання температури повітря в приміщенні - Raut STH-01 M



Рисунок 2.5 – давач температури Raut STH-01 M

Выходной сигнал Т	(0—10) В	
Выходной сигнал Н	(0—10) В	
Рабочий диапазон Т	0...+50 °С	
Рабочий диапазон Н	0—100 %	
Погрешность измерения Т	± 0.4 %	
Погрешность измерения Н	0—80 %	±3 %
	80—100 %	±4.5 %
Способ установки	крепление на стену	
Электрическое подключение	клеммная коробка	
Корпус	степень защиты IP 20	

Рисунок 2.6 – Характеристики давача температури Raut STH-01 M

Для вимірювання температури води в системі опалення та водопостачання - Raut STw-4



Рисунок 2.7 – Давач температури Raut STw-4

Вихідний сигнал	Pt 1000, W=1.385	
Температурний діапазон	0...+150 °C	
Похибка вимірювання	±0.5 °C	
Довжина заглибленої частини, L	100 мм	
Спосіб встановлення	занурення у трубопровід або ємність за допомогою гільзи	бобишка M20x1.5
Електричне підключення	кабель 1.5м	
Корпус	ступінь захисту IP 54	

Рисунок 2.8 – Характеристики давача температури Raut STw-4

Для вимірювання тиску в системі опалення та водопостачання - Danfoss  
ELT-35



Рисунок 2.9 – Давач тиску Danfoss ELT-35

Тип	Діапазон налаштування Bar	Диф. тиск Bar	Макс. тиск Bar	Приєднання
ELT-35	0.8-8	0.6-3	13	G ¼ S ¼ S 7/16
ELT-36	5-16	1-3.5	21	[¼" GAS] [¼" SEA] [7/16" SAE]
ELT-37	5-28	3-10	33	G ¼ S ¼
ELT-38	5-50	3-15	55	[¼" GAS] [¼" SEA]
Макс. температура рідини	150 °C			
Макс. тем. навкол. серед.	-35°C - 60 °C			
Струмopрoвідні контакти	Срібло			
Клас захисту	IP 40			

Рисунок 2.10 – Характеристики давача тиску Danfoss ELT-35

Для вимірювання температури в нагрівачі Danfoss KP 78 060L118466



Рисунок 2.11 – Давач температури Danfoss KP 78 060L118466

Диапазон измерения температуры	80...150 °C
Материал корпуса	пластик повышенной прочности
Длина капиллярной трубки	3 метра
Принцип действия	с автоматическим сбросом
Вес	0,4 кг

Рисунок 2.12 – Характеристики давача температури Danfoss KP 78 060L118466

### 2.1.3 Метрологічний розрахунок вимірювальних каналів

Для метрологічного розрахунку візьмемо САР опалення приміщення. В цій САР ми маємо ВК температури в приміщенні та температури води в баку для теплої підлоги, тож проведемо їх метрологічний розрахунок.

ВК температури в приміщенні:

Розрахуємо межу основної приведенної похибки за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} = \sqrt{0,4^2 + 0,5^2} = 0,64 \%$$

Розрахуємо для кожного ВК межу абсолютної похибки за формулою:

$$\Delta = \varepsilon \cdot (X_{max} - X_{min}) \cdot \frac{1}{100} = 0,64 \cdot (50 - 0) \cdot \frac{1}{100} = 0,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Результат для кожного ВК:

$$t = t_0 \pm \Delta = t_0 \pm 0,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ВК температури води в баку:

$$t = t_0 \pm \Delta = t_0 \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### 2.1.4 Схеми структурні надійності вимірювальних каналів

$$\lambda = \frac{1}{T_{\text{сп}}}$$

Таблиця 2.2 – Таблиця надійності датчиків в системі

Назва		
Schneider Electric Modicon M172	80000	12,5
Raut STH-01M	30000	25
Belimo TR24-SR	60000	10
Raut STw-01	35000	20
Grundfos UPS 25-40 180	80000	15
Belimo R3015-P4-S1	100000	100
Danfoss VLT FC 51	50000	15
ПК	40000	25



Рисунок 2.13 – Структурна схема надійності температури приміщення

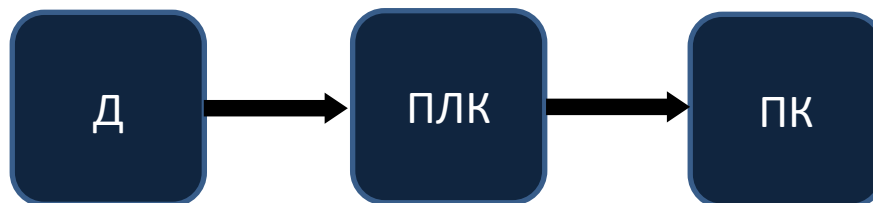


Рисунок 2.14 – Структурна схема надійності температури води в баці теплої підлоги



Рисунок 2.15 – Структурна схема надійності регулювання циркуляційним насосом

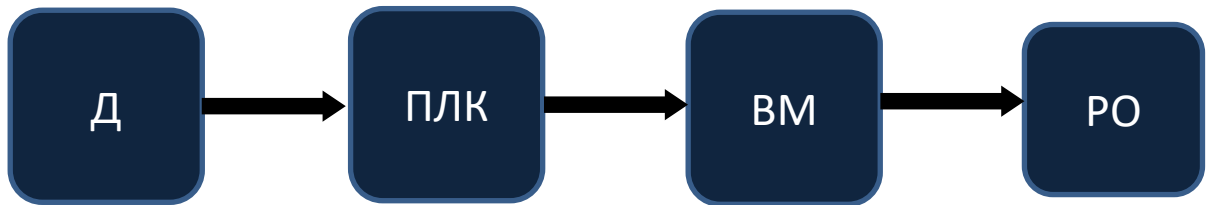


Рисунок 2.16 – Структурна схема надійності регулювання триходовим клапаном

Інформаційна функція температури приміщення

$$\lambda = \sum_1^n \lambda_i = (12,5 + 25 + 15) * 10^{-6} = 5,25 * 10^{-5} \frac{1}{\text{ГОД}}$$

$$T_{\text{ср}} = \sum_1^n T_{\text{ср}} = 30000 + 40000 + 80000 = 150000 \text{ год}$$

Інформаційна функція температури води в баку

$$\lambda = \sum_1^n \lambda_i = (25 + 20 + 12,5) * 10^{-6} = 5,75 * 10^{-5} \frac{1}{\text{ГОД}}$$

$$T_{\text{ср}} = \sum_1^n T_{\text{ср}} = 80000 + 40000 + 35000 = 155000 \text{ год}$$

Регулююча функція температури приміщення

$$\lambda = \sum_1^n \lambda_i = (12,5 + 25 + 15 + 15) * 10^{-6} = 6,8 * 10^{-5} \frac{1}{\text{ГОД}}$$

$$T_{\text{ср}} = \sum_1^n T_{\text{ср}} = 30000 + 40000 + 80000 + 50000 = 200000 \text{ год}$$

Регулююча функція температури води в баку

$$\lambda = \sum_1^n \lambda_i = (12,5 + 20 + 10 + 100) * 10^{-6} = 14 * 10^{-5} \frac{1}{\text{год}}$$

$$T_{\text{ср}} = \sum_1^n T_{\text{ср}} = 100000 + 80000 + 35000 + 60000 = 275000 \text{ год}$$

Ймовірність безвідмовної роботи де  $\tau$  – період часу = 1000 год

Інформаційна функція температури приміщення

$$P_{\delta}(\tau) = 1 - 5,25 * 10^{-5} * 1000 = 0,95$$

Інформаційна функція температури води в баку

$$P_{\delta}(\tau) = 1 - 5,75 * 10^{-5} * 1000 = 0,94$$

Регулююча функція температури приміщення

$$P_{\delta}(\tau) = 1 - 6,8 * 10^{-5} * 1000 = 0,93$$

Регулююча функція температури води в баку

$$P_{\delta}(\tau) = 1 - 14 * 10^{-5} * 1000 = 0,86$$

Ймовірність відновлення працездатності де середній час відновлення  $T_{\text{в}} = 2$  год і допустимий час функціонування об'єкту  $T_{\text{дод}} = 4$  год

$$P_{\text{в}}(\tau) = 1 - e^{-\frac{T_{\text{дод}}}{T_{\text{в}}}} = 1 - e^{-\frac{4}{2}} = 0,86$$

Ймовірність безвідмовної роботи з урахуванням відновлення

для регулювання температурою приміщення

$$P_{\text{с}}(\tau) = 0,93 + [1 - 0,93] * 0,86 = 0,99$$

для регулювання температурою води в баці

$$P_{\text{с}}(\tau) = 0,86 + [1 - 0,86] * 0,86 = 0,9 \text{ год}$$

## 2.2.1 Перелік систем автоматичного регулювання

Опис САР в нашій системі:

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						32
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

#### Температури води в основному баку

Тип САР – одноконтурна. Вибрана тому що немає проміжного параметра для додаткової регуляції, та зовнішній чинник статичний – тому ні каскадні, ні комбінована САР не мають практичного сенсу. Завдання – в залежності від конкретних умов (часу, поточного навантаження на електросистему) може змінюватись від 60°C до 80°C, об'єкт з самовирівнюванням. Температура в баку вимірюється давачем. При падінні температури води в баку нижче уставки ПЛК включає електродний котел та відкриває клапан для подачі води з баку до котлу. Потужність роботи котлу регулюється напругою струму.

#### Температури води в баку для теплої підлоги

Тип САР – одноконтурна. Вибрана тому що немає проміжного параметра для додаткової регуляції, та зовнішній чинник статичний – тому ні каскадні, ні комбінована САР не мають практичного сенсу. Завдання – підтримувати температуру близько 35°C, об'єкт з самовирівнюванням. Температура в баку вимірюється давачем. При падінні температури води в баку нижче уставки ПЛК відкриває клапан подачі гарячої води та відтоку холодної, доки температура не підніметься до установленого піку.

#### Опалення приміщення

Тип САР – одноконтурна. Вибрана тому що немає проміжного параметра для додаткової регуляції, та зовнішній чинник статичний – тому ні каскадні, ні комбінована САР не мають практичного сенсу. Завдання – підтримувати температуру в приміщенні не нижче 16-20°C (в залежності від уставки), об'єкт з самовирівнюванням. Температура в приміщенні вимірюється давачем. При падінні температури повітря нижче уставки ПЛК відкриває клапан подачі гарячої води в систему теплої підлоги і регулює роботу циркуляційного насосу, доки температура в приміщенні не підніметься до установленого значення.

#### Рівня води в основному баку

Тип САР – одноконтурна. Вибрана тому що немає проміжного параметра для додаткової регуляції, та зовнішній чинник статичний – тому ні каскадні, ні

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						33
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

комбінована САР не мають практичного сенсу. Завдання – рівень води в баку не нижче 30%, об'єкт без самовирівнювання. Рівень води вимірюється давачем. При падінні рівню води в баку нижче уставки ПЛК відкриває клапан подачі води, доки рівень води не підніметься до встановленого значення

### 2.2.2 Ідентифікація об'єкта управління

Для розгляду ми візьмемо САР опалення приміщення та САР температури води в баку для теплої підлоги. Це фактично єдині САР в нашому проекті, які не можуть бути реалізовані релейною логікою.

САР опалення приміщення - об'єкт управління з самовирівнюванням.

Сформуємо модель на основі літературних джерел та розрахуємо її в Matlab Simulink:

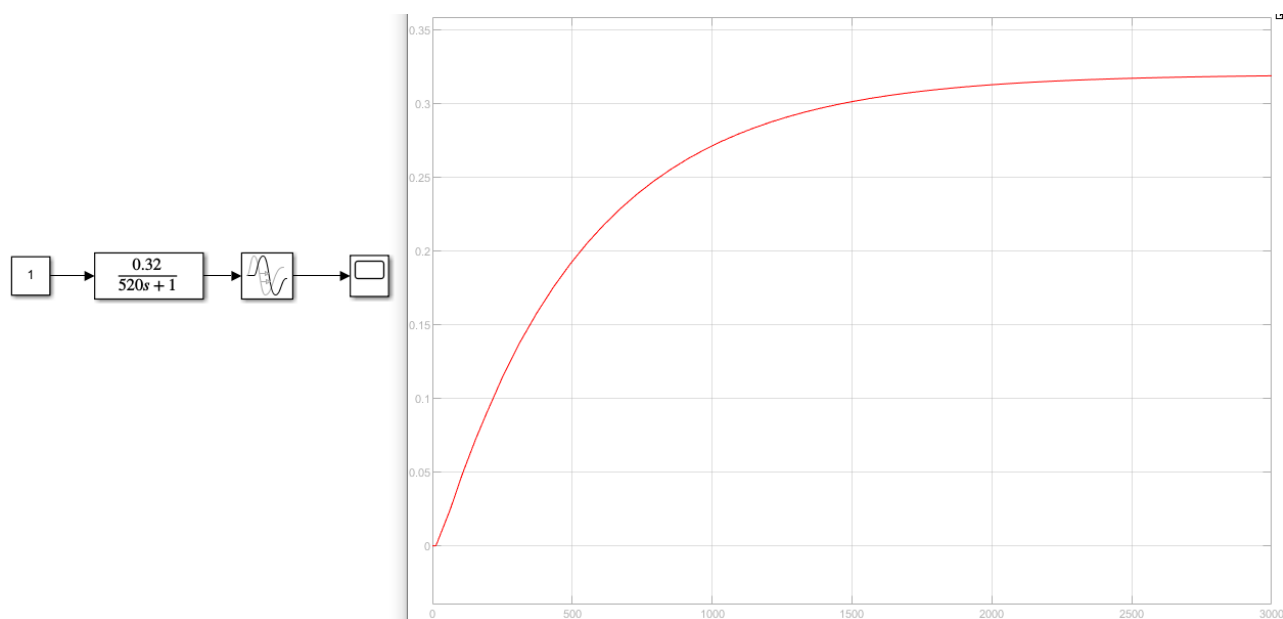


Рисунок 2.17 – Модель об'єкту регулювання САР опалення приміщення та розгінна характеристика в Matlab Simulink

Для нашої моделювання САР ми використаємо аперіодичну ланку першого порядку  $W(p) = \frac{0,32}{520p+1}$  та ланку транспортного запізнення  $\tau = 23$ .

САР температури води в баку для теплої підлоги - об'єкт управління з самовирівнюванням. Сформуємо модель на основі літературних джерел та розрахуємо її в Matlab Simulink:

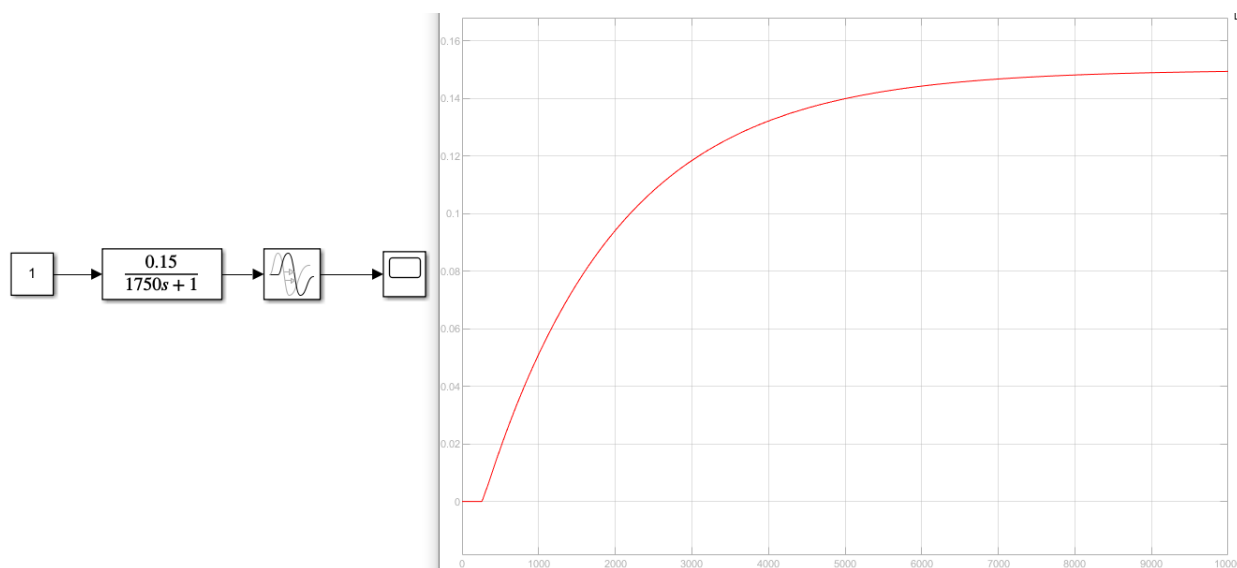


Рисунок 2.18 – Модель об'єкту регулювання САР температури води в баку для теплої підлоги та розгінна характеристика в Matlab Simulink

Для нашої моделювання САР ми використаємо аперіодичну ланку першого порядку  $W(p) = \frac{0,15}{1750p+1}$  та ланку транспортного запізнення  $\tau = 270$ .

### 2.2.3 Розрахунок регуляторів САР

Сформуємо критерії до САР нашої системи. Як для САР температури води в баку для теплої підлоги, так і для САР опалення приміщення нам необхідний перехідний процес з 20% перерегулюванням. Такий перехідний процес достатньо швидкий щоб оптимально реагувати зміну умов в системі. При тому в нашій системі допустиме невелике перерегулювання.

Для розрахунку параметрів ПІ регулятора буде метод МАЧХ та експрес метод  $\sigma = 20\%$ ,  $T_{1/2} = \min$ .

САР опалення приміщення:

- Метод МАЧХ

Обираємо параметр М як 1,4. Створюємо m-файл з різними параметрами  $T_i$  і порівнюємо результат. Код файлу:

```
w = 0.01:0.0001:5;
```

```
p = 1i.*w;
```

```
W1 = (0.32.*exp(-23*p))./(520*p);
```

```
W2 = (1+ 1./(145*p));
```

```
W = W1.*W2;
```

```
Re = real(W);
```

```
Im = imag(W);
```

```
M = 1.4;
```

```
b = asin(1/M);
```

```
X = -0.1:0.001:0;
```

```
Y = tan(b).*X;
```

```
a = 0:0.001:2*pi;
```

```
r = 0.0425;
```

```
L = r.*M;
```

```
Xpol = r.*cos(a);
```

```
Ypol = r.*sin(a);
```

```
plot(Re,Im);
```

```
xlabel('Re');
```

```
ylabel('Im');
```

```
grid on
```

```
title("Ti=145");
```

```
hold on
```

```
plot(X,Y,'g');
```

```
hold on
```

```
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');
```

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						36
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

W2 = (1 + 1./(150*p));
W = W1.*W2;
Re = real(W);
Im = imag(W);
r = 0.03741;
L = r.*M;
Xpol = r.*cos(a);
Ypol = r.*sin(a);
figure('Name', 'F2', 'NumberTitle', 'off');
plot(Re,Im);
title("Ti=150");
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
hold on
plot(X,Y,'g');
hold on
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');

```

```

W2 = (1 + 1./(200*p));
W = W1.*W2;
Re = real(W);
Im = imag(W);
r = 0.03175;
L = r.*M;
Xpol = r.*cos(a);
Ypol = r.*sin(a);
figure('Name', 'F3', 'NumberTitle', 'off');
plot(Re,Im);

```

```

title("Ti=200");
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
hold on
plot(X,Y,'g');
hold on
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');

W2 = (1 + 1./(300*p));
W = W1.*W2;
Re = real(W);
Im = imag(W);
r = 0.0296;
L = r.*M;
Xpol = r.*cos(a);
Ypol = r.*sin(a);
figure('Name', 'F4', 'NumberTitle', 'off');
plot(Re,Im);
title("Ti=300");
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
hold on
plot(X,Y,'g');
hold on
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');

W2 = (1 + 1./(400*p));

```

```

W = W1.*W2;
Re = real(W);
Im = imag(W);
r = 0.02883;
L = r.*M;
Xpol = r.*cos(a);
Ypol = r.*sin(a);
figure('Name', 'F5', 'NumberTitle', 'off');
plot(Re,Im);
title("Ti=400");
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
hold on
plot(X,Y,'g');
hold on
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');

W2 = (1 + 1./(500*p));
W = W1.*W2;
Re = real(W);
Im = imag(W);
r = 0.02844;
L = r.*M;
Xpol = r.*cos(a);
Ypol = r.*sin(a);
figure('Name', 'F6', 'NumberTitle', 'off');
plot(Re,Im);
title("Ti=500");

```

```

xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
hold on
plot(X,Y,'g');
hold on
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');

```

Результуюча таблиця та графік для порівняння

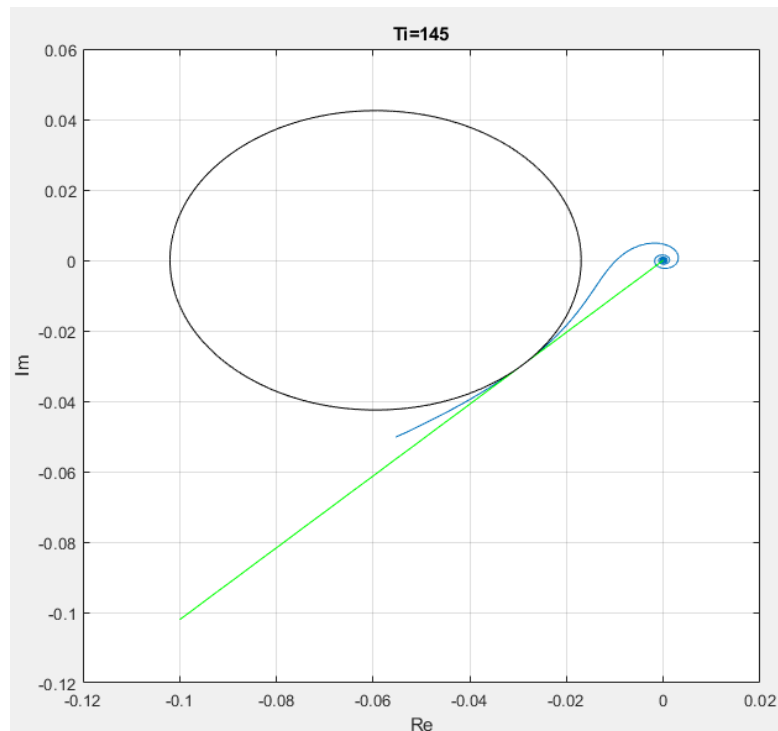


Рисунок 2.19 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.4$ ,  $T_i = 145$

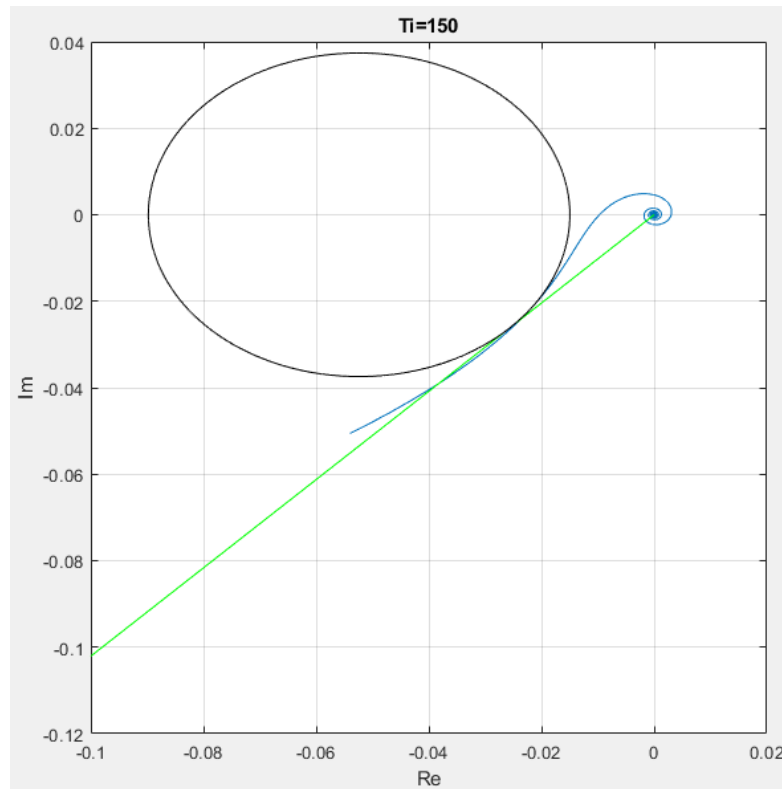


Рисунок 2.20 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.4$ ,  $T_i = 150$

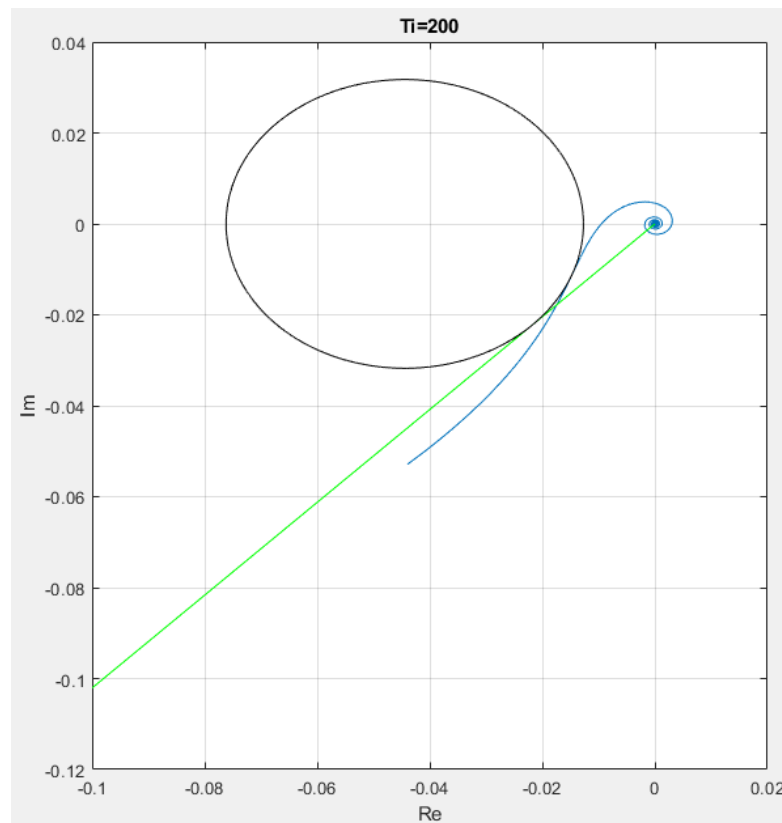


Рисунок 2.21 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.4$ ,  $T_i = 200$

	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

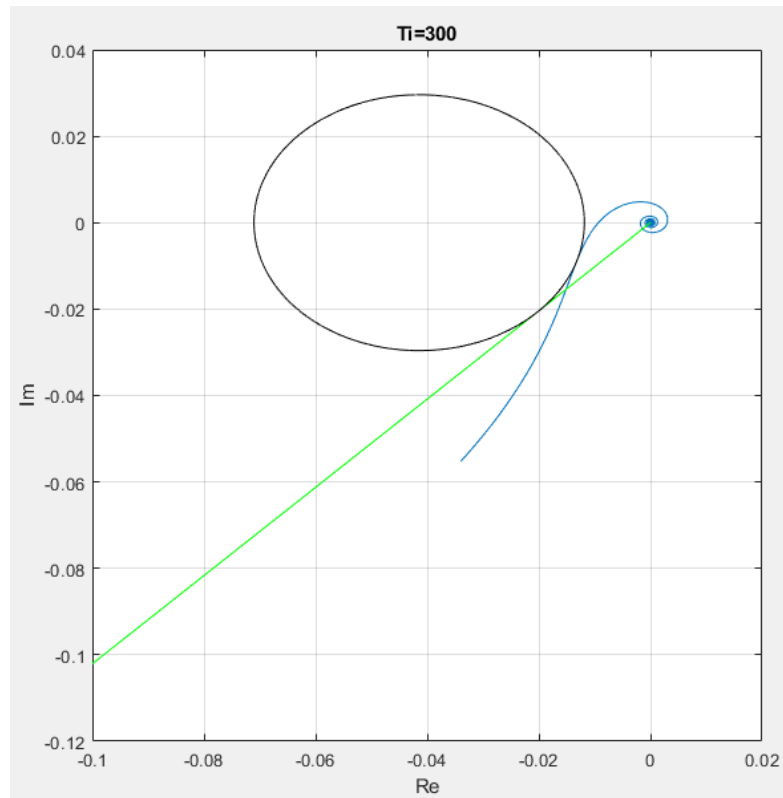


Рисунок 2.22 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.4$ ,  $T_i = 300$

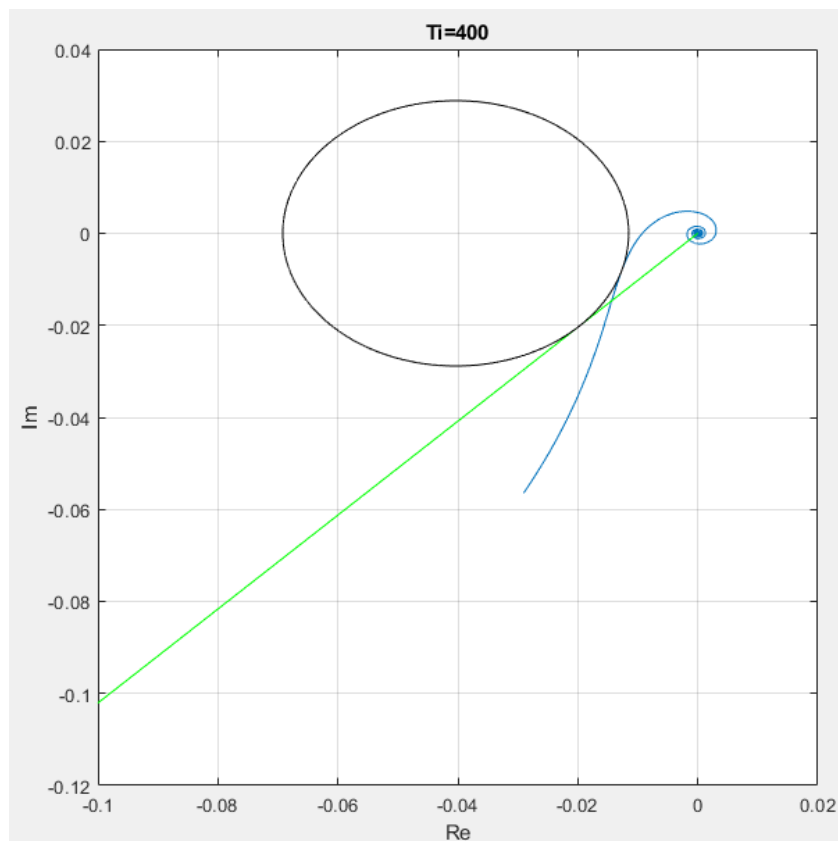


Рисунок 2.23 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.4$ ,  $T_i = 400$

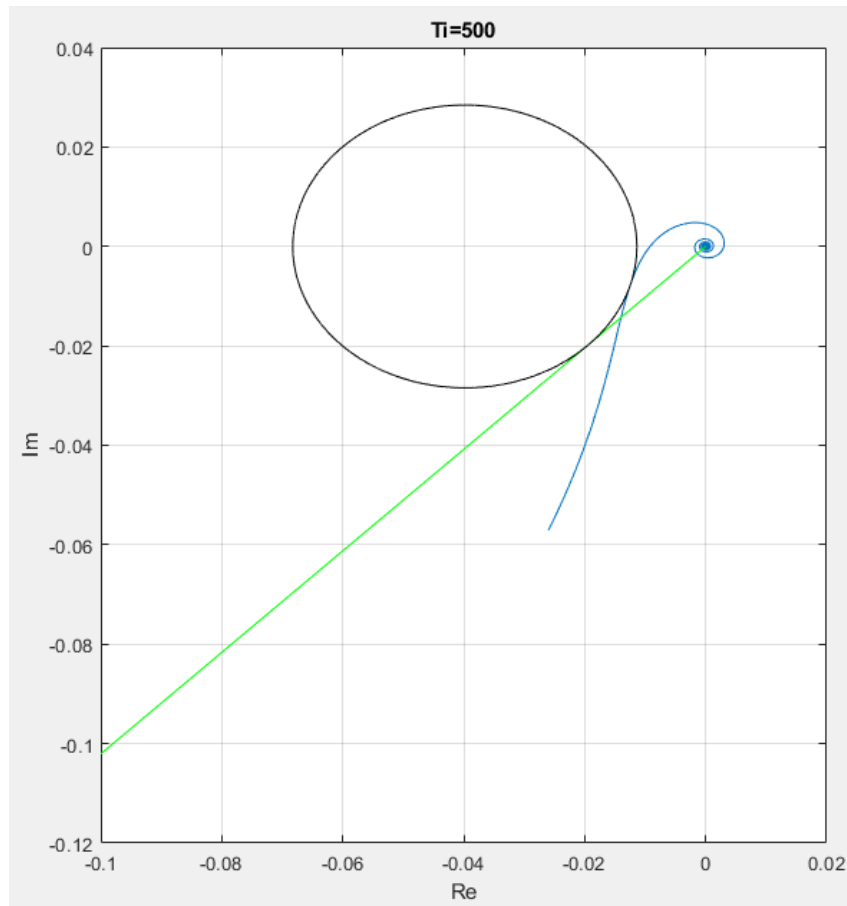


Рисунок 2.24 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.4$ ,  $T_i = 500$

Таблиця 2.3 – Таблиця розрахованих параметрів до заданих значень  $T_i$

$T_i$	$r$	$K_p$	$T_d$	$K_i$
145	0,0425	34,313725	72,5	0,236646
150	0,03741	38,982447	75	0,259883
200	0,03175	45,931759	100	0,229659
300	0,0296	49,268018	150	0,164227
400	0,02883	50,583883	200	0,12646
500	0,02844	51,277543	250	0,102555



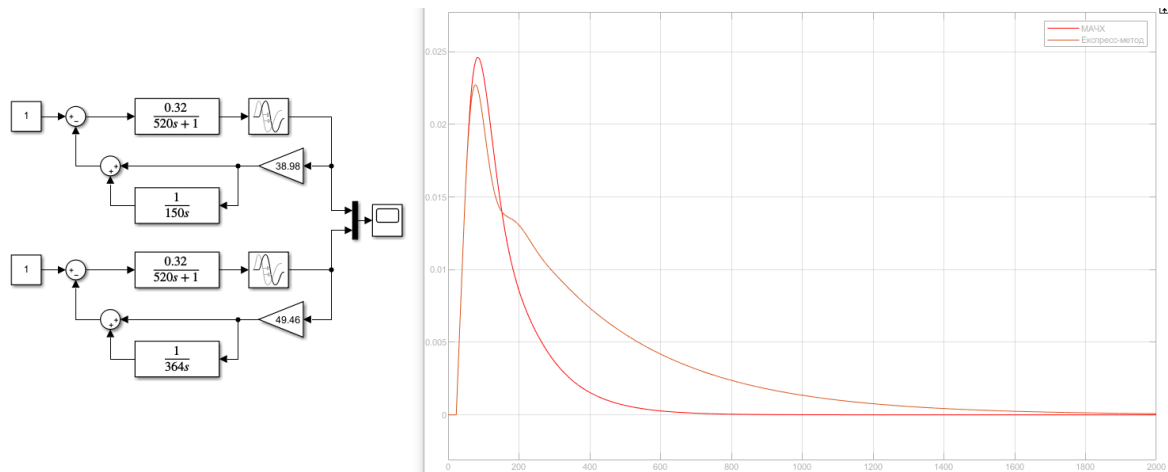


Рисунок 2.27 – Канал передачі дії «збурення зі сторони РО – регульований параметр»

Таблиця 2.4 – Таблиця характеристик методів МАЧХ та експрес-метода

Показник якості	Канал «завдання-вихід»		Канал «збурення-вихід»	
	МАЧХ	Експрес	МАЧХ	Експрес
Статична похибка	0	0	0	0
Динамічна похибка	0,262	0,236	0,0246	0,0227
Перерегулювання	26,2	23,6	0	0
Степінь затухання	1	0,894	1	1
Час перехідного процесу	403	269,6	426,5	1064

При порівнянні параметрів ми бачимо, що в каналі передачі дії «зміна завдання – регульований параметр» експрес метод хоча і має вище коливальність, ніж у МАЧХ, має нижче перерегулювання і значно нижче час перехідного процесу. В каналі с ми бачимо, що МАЧХ при трохи більшій динамічній похибці має значно менший час перехідного процесу, ніж в обраного нами експрес-методу. Так як наша САР є коригуючою – більш релевантними для нашого

випадку є результати з каналу «збурення зі сторони РО – регульований параметр», і тому параметри, отримані за допомогою методу МАЧХ є оптимальними в нашому випадку.

САР опалення приміщення:

- Метод МАЧХ

Обираємо параметр М як 1,8. Створюємо m-файл з різними параметрами  $T_i$  і порівнюємо результат. Код файлу:

```
w = 0.001:0.0001:5;
```

```
p = 1i.*w;
```

```
W1 = (0.15.*exp(-270*p))./(1150*p);
```

```
W2 = (1+ 1./(1050*p));
```

```
W = W1.*W2;
```

```
Re = real(W);
```

```
Im = imag(W);
```

```
M = 1.8;
```

```
b = asin(1/M);
```

```
X = -0.1:0.001:0;
```

```
Y = tan(b).*X;
```

```
a = 0:0.001:2*pi;
```

```
r = 0.03389;
```

```
L = r.*M;
```

```
Xpol = r.*cos(a);
```

```
Ypol = r.*sin(a);
```

```
plot(Re,Im);
```

```
xlabel('Re');
```

```
ylabel('Im');
```

```
grid on
```

```
title("Ti=1050");
```

```

hold on
plot(X,Y,'g');
hold on
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');

W2 = (1 + 1./(1100*p));
W = W1.*W2;
Re = real(W);
Im = imag(W);
r = 0.030965;
L = r.*M;
Xpol = r.*cos(a);
Ypol = r.*sin(a);
figure('Name', 'F2', 'NumberTitle', 'off');
plot(Re,Im);
title("Ti=1100");
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
hold on
plot(X,Y,'g');
hold on
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');

W2 = (1 + 1./(1150*p));
W = W1.*W2;
Re = real(W);
Im = imag(W);

```

```

r = 0.02939;
L = r.*M;
Xpol = r.*cos(a);
Ypol = r.*sin(a);
figure('Name', 'F3', 'NumberTitle', 'off');
plot(Re,Im);
title("Ti=1150");
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
hold on
plot(X,Y,'g');
hold on
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');

```

```

W2 = (1 + 1./(1200*p));
W = W1.*W2;
Re = real(W);
Im = imag(W);
r = 0.02836;
L = r.*M;
Xpol = r.*cos(a);
Ypol = r.*sin(a);
figure('Name', 'F4', 'NumberTitle', 'off');
plot(Re,Im);
title("Ti=1200");
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;

```

```

hold on
plot(X,Y,'g');
hold on
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');

W2 = (1 + 1./(1500*p));
W = W1.*W2;
Re = real(W);
Im = imag(W);
r = 0.025447;
L = r.*M;
Xpol = r.*cos(a);
Ypol = r.*sin(a);
figure('Name', 'F5', 'NumberTitle', 'off');
plot(Re,Im);
title("Ti=1500");
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
hold on
plot(X,Y,'g');
hold on
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');

W2 = (1 + 1./(2000*p));
W = W1.*W2;
Re = real(W);
Im = imag(W);
r = 0.023765;

```

```

L = r.*M;
Xpol = r.*cos(a);
Ypol = r.*sin(a);
figure('Name', 'F6', 'NumberTitle', 'off');
plot(Re,Im);
title("Ti=2000");
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
hold on
plot(X,Y,'g');
hold on
plot(-L+Xpol,0+Ypol,'k');

```

Результуюча таблиця та графік для порівняння

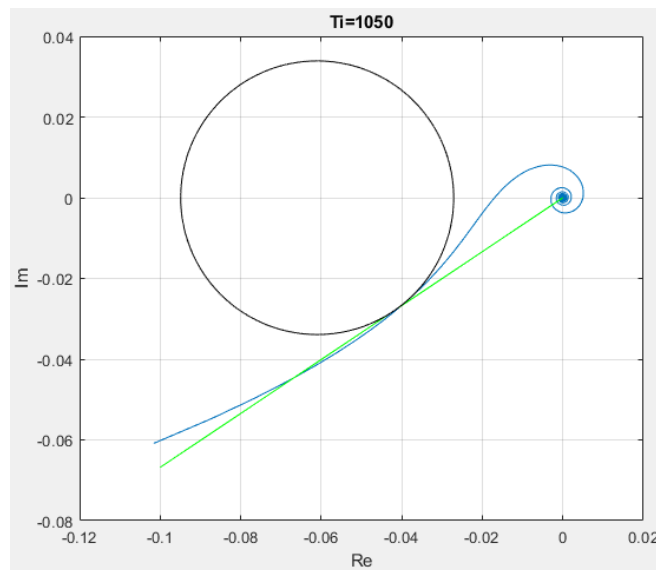


Рисунок 2.28 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.8$ ,  $T_i = 1050$

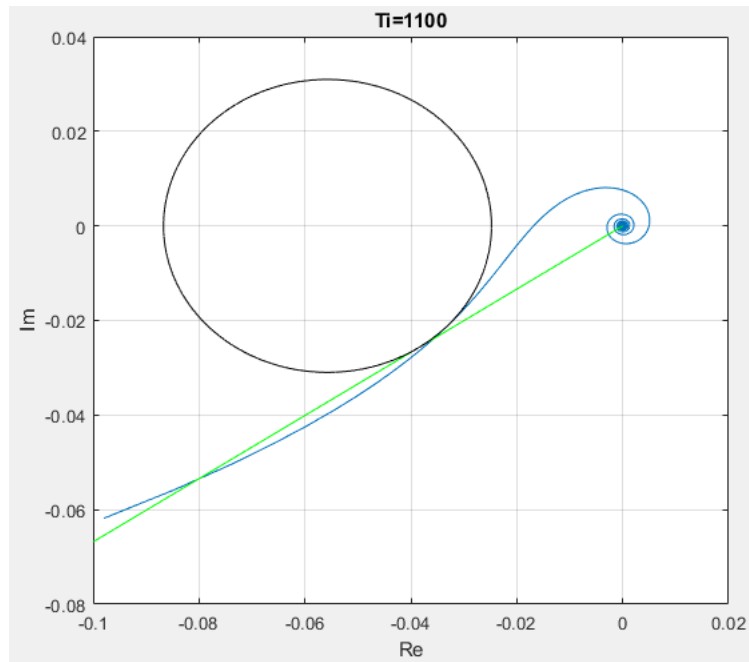


Рисунок 2.29 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.8$ ,  $T_i = 1100$

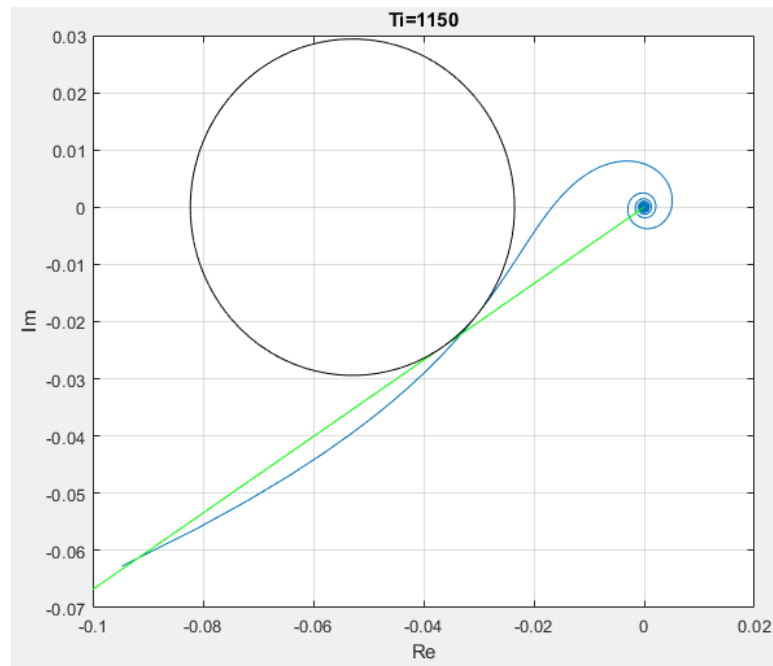


Рисунок 2.30 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.8$ ,  $T_i = 1150$

	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

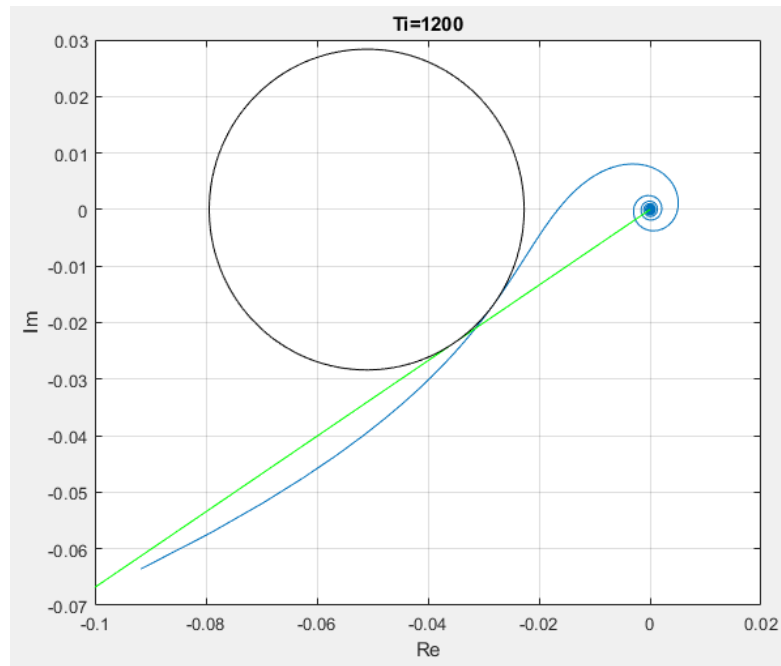


Рисунок 2.31 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.8$ ,  $T_i = 1200$

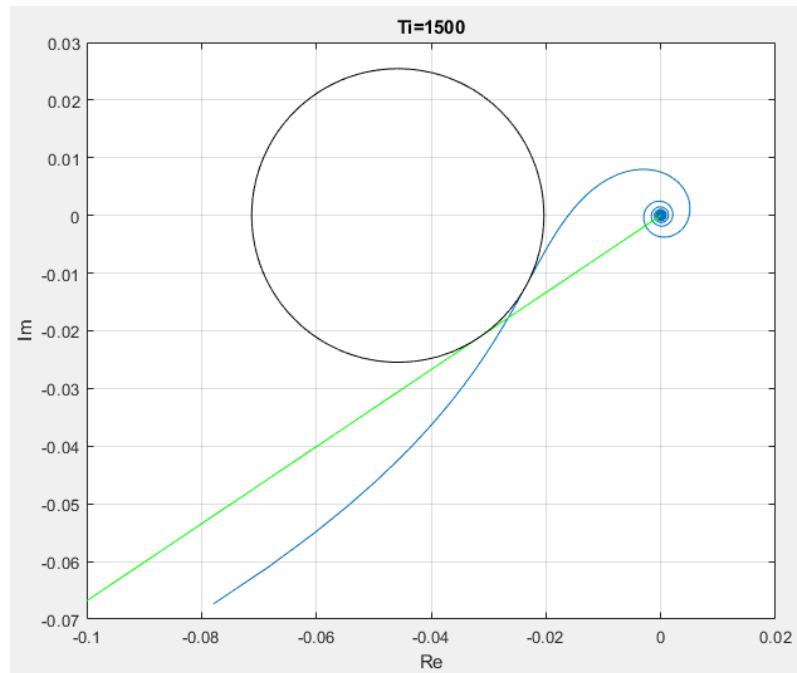


Рисунок 2.32 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.8$ ,  $T_i = 1500$

	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

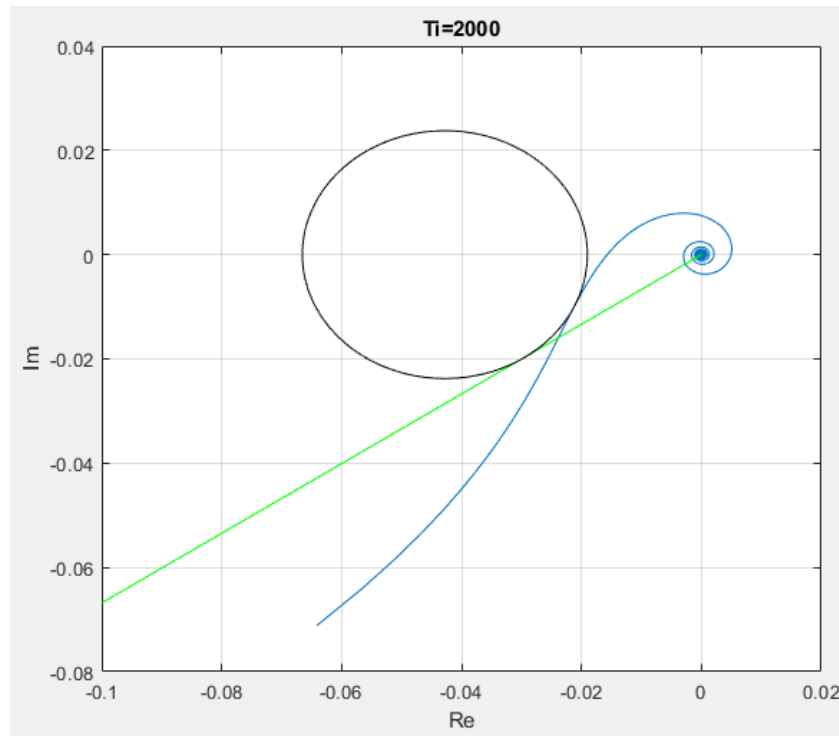


Рисунок 2.33 – АФЧХ розімкнутої системи при  $M = 1.8$ ,  $T_i = 2000$

Таблиця 2.5 – Таблиця розрахованих параметрів до заданих значень  $T_i$

$T_i$	$r$	$K_p$	$T_d$	$K_i$
1050	0,03389	23,711166	525	0,022582
1100	0,030965	25,950958	550	0,023592
1150	0,02939	27,341661	575	0,023775
1200	0,02836	28,334677	600	0,023612
1500	0,025447	31,578238	750	0,021052
2000	0,023765	33,813231	1000	0,016907

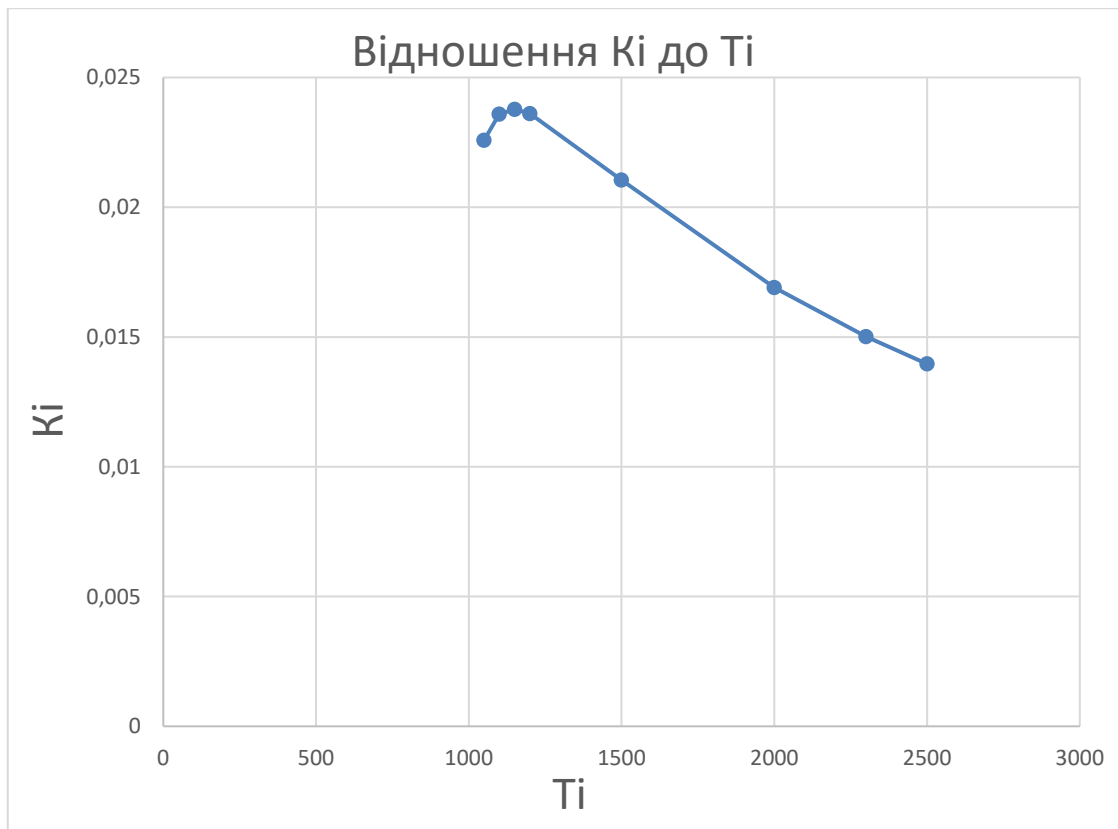


Рисунок 2.34 – Графік відношення Кі до Ті

Отже з співвідношення видно оптимальні налаштування для ПІ регулятора:

$$T_i = 1150, K_p = 27,34$$

- Експресс-метод  $\sigma = 20\%, T_{1/2} = \min$

$$K_{об} = 0,15, T_{об} = 1750, \tau_{об} = 270$$

$$K_{п} = \frac{0,7 \cdot T_{об}}{K_{об} \cdot \tau_{об}} = \frac{0,7 \cdot 1750}{0,15 \cdot 270} = 30,25$$

$$T_i = 0,7 \cdot T_{об} = 1225$$

$$T_i = 1225, K_p = 30,25$$

Порівняємо ці методи:

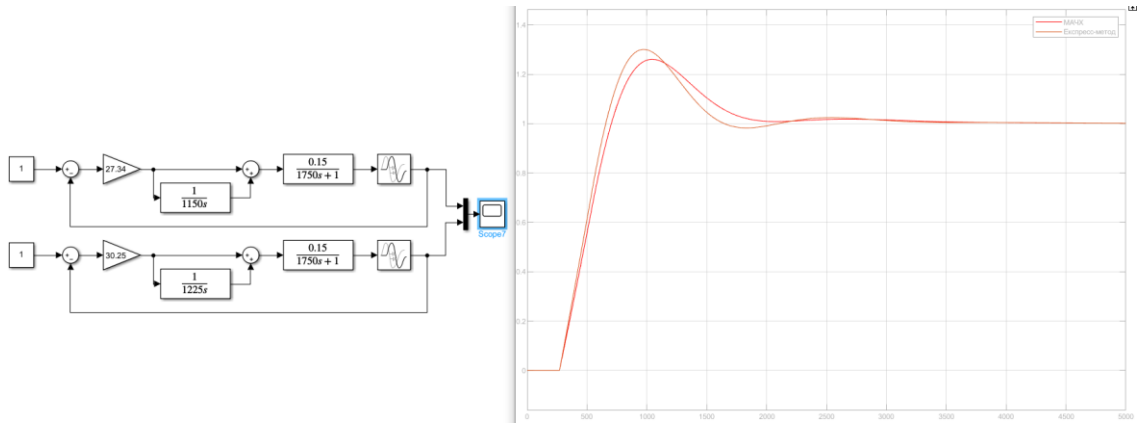


Рисунок 2.35 – Канал передачі дії «зміна завдання – регульований параметр»

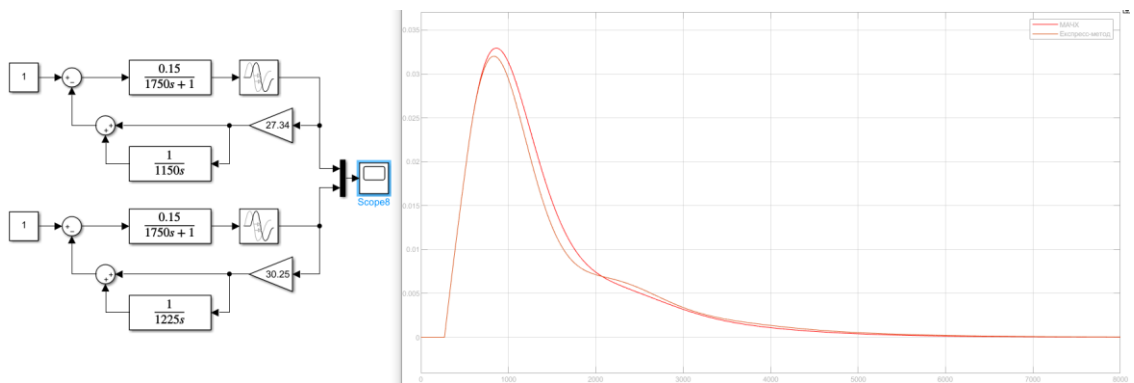


Рисунок 2.36 – Канал передачі дії «збурення зі сторони РО – регульований параметр»

Таблиця 2.6 – Таблиця характеристик методів МАЧХ та експрес-метода

Показник якості	Канал «завдання-вихід»		Канал «збурення-вихід»	
	МАЧХ	Експрес	МАЧХ	Експрес
Статична похибка	0	0	0	0
Динамічна похибка	0,26	0,301	0,03296	0,03203
Перерегулювання	26	30,1	0	0
Степінь затухання	1	0,9169	1	1
Час перехідного процесу	1917	2921	3601	3803

При порівнянні параметрів ми бачимо, що в каналі передачі дії «зміна завдання – регульований параметр» експрес метод фактично по всіх параметрах гірше, ніж у МАЧХ. В каналі «збурення зі сторони РО – регульований параметр» ми бачимо, що МАЧХ при трохи більшій динамічній похибці має менший час перехідного процесу, ніж в обраного нами експрес-методу. Так як наша САР є коригуючою – більш релевантними для нашого випадку є результати з каналу «збурення зі сторони РО – регульований параметр», і тому параметри, отримані за допомогою методу МАЧХ є оптимальними в нашому випадку.

### 2.2.4 Функціональне моделювання САР

Тепер проведемо аналіз чутливості сформованих САР з РВК на каналі «збурення зі сторони РО – регульований параметр», проваріювавши параметри системи на  $\pm 20\%$ .

САР температури в баку для теплої підлоги:

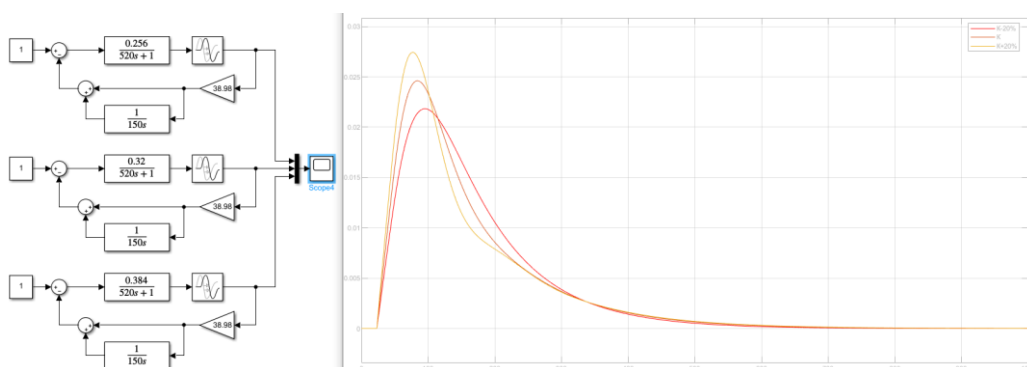


Рисунок 2.37 – Канал передачі дії «збурення зі сторони РО – регульований параметр» з варіюванням параметра К

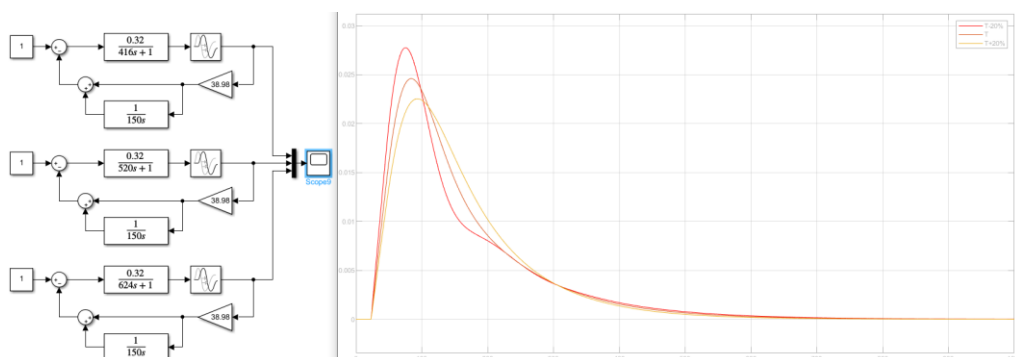


Рисунок 2.38 – Канал передачі дії «збурення зі сторони РО – регульований параметр» з варіюванням параметра Т

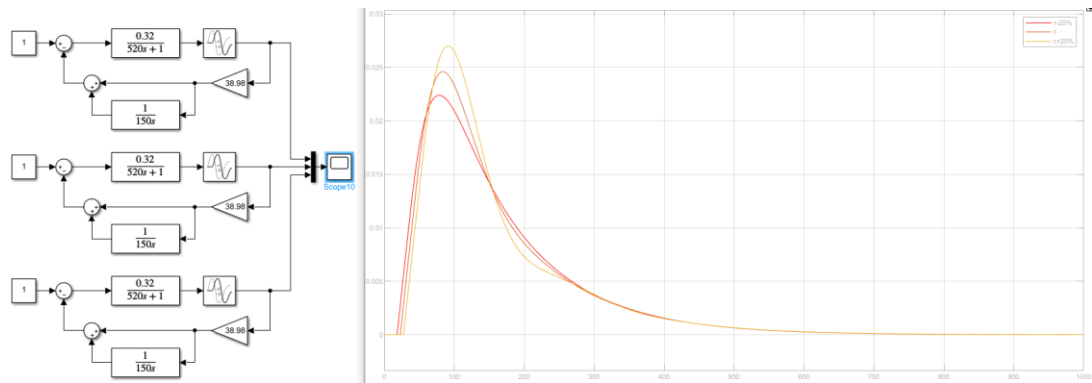


Рисунок 2.39 – Канал передачі дії «збурення зі сторони РО – регульований параметр» з варіюванням параметра  $\tau$

Таблиця 2.7 – Таблиця характеристик регулювання при варіаціях параметрів об'єкта

Показник якості	Базове значення	Варіювання К		Варіювання Т		Варіювання $\tau$	
		-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%
Статична похибка	0	0	0	0	0	0	0
Динамічна похибка	0,0246	0,0218	0,0274	0,0278	0,0225	0,0224	0,027
Перерегулювання	0	0	0	0	0	0	0
Степінь затухання	1	1	1	1	1	1	1
Час перехідного процесу	426,5	434,1	420,6	424,3	419,3	437,8	414,4

Фактично графіки відношення будуть тільки для перерегулювання та часу перехідного процесу, так як інші параметри не змінюються при варіюванні параметрів

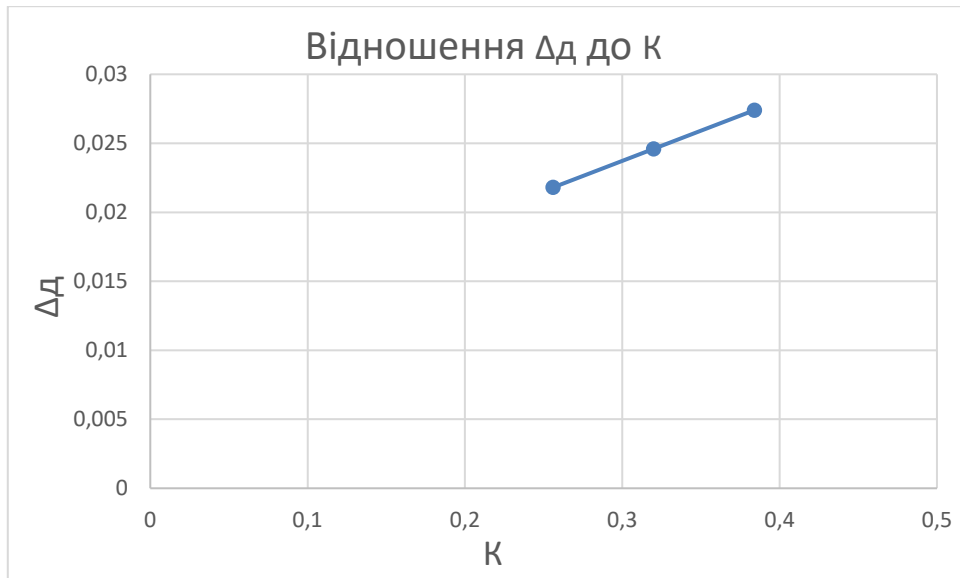


Рисунок 2.40 – Графік відношення  $\Delta d$  до  $K$

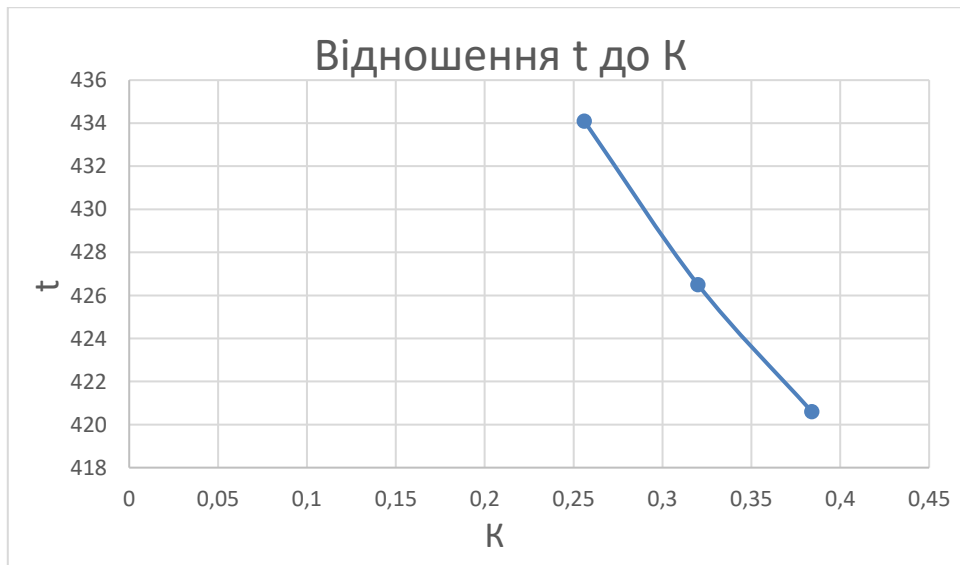


Рисунок 2.41 – Графік відношення  $t$  до  $K$

	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

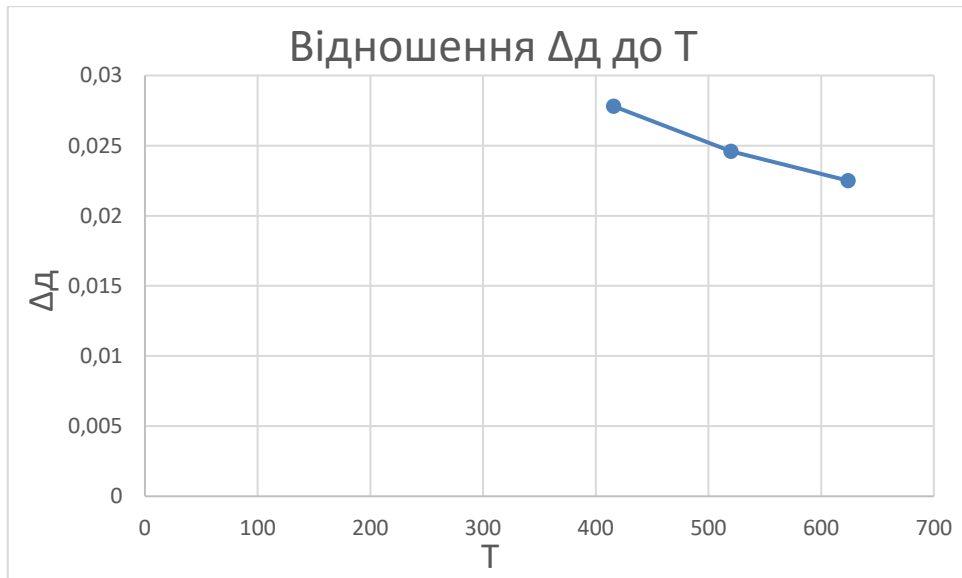


Рисунок 2.42 – Графік відношення  $\Delta d$  до  $T$

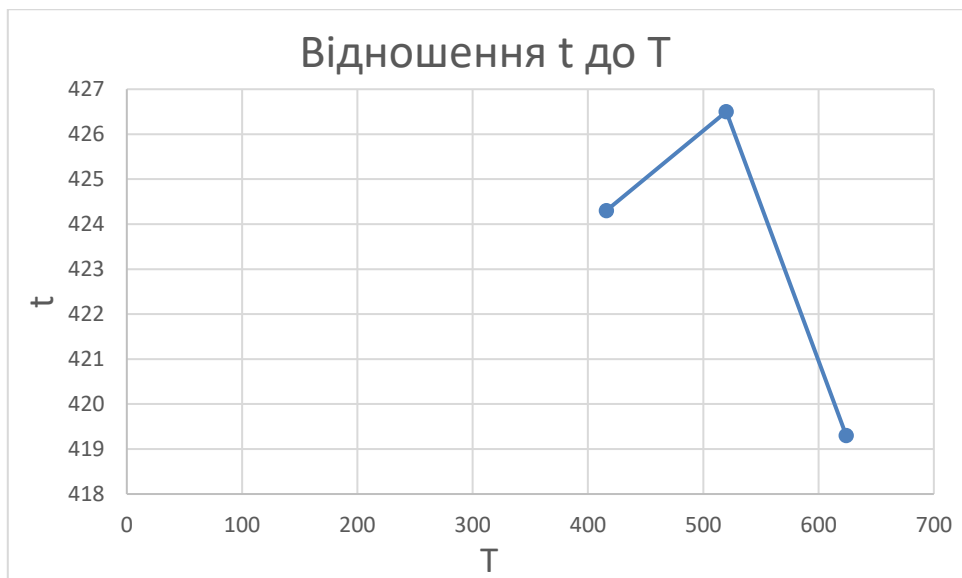


Рисунок 2.43 – Графік відношення  $t$  до  $T$

	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

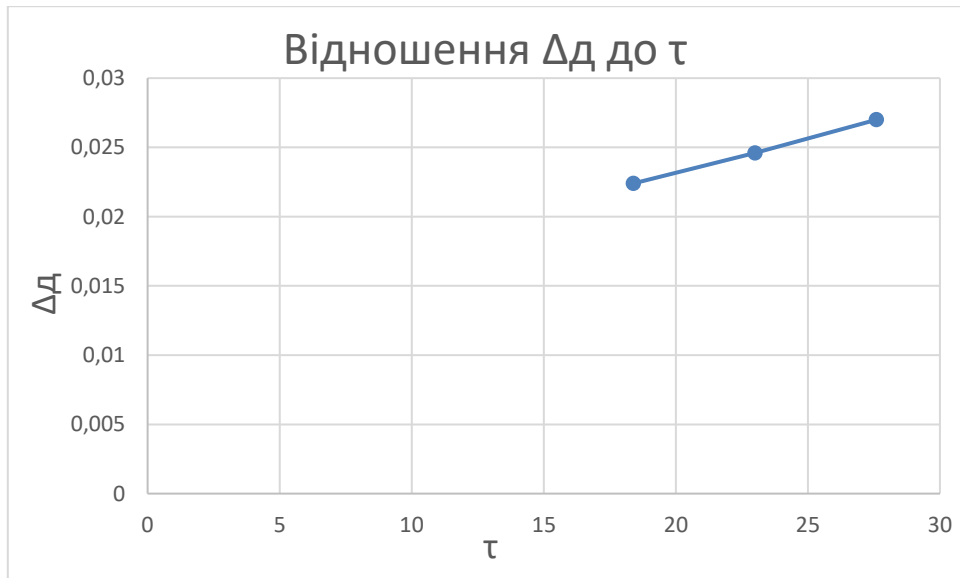


Рисунок 2.44 – Графік відношення Δd до τ

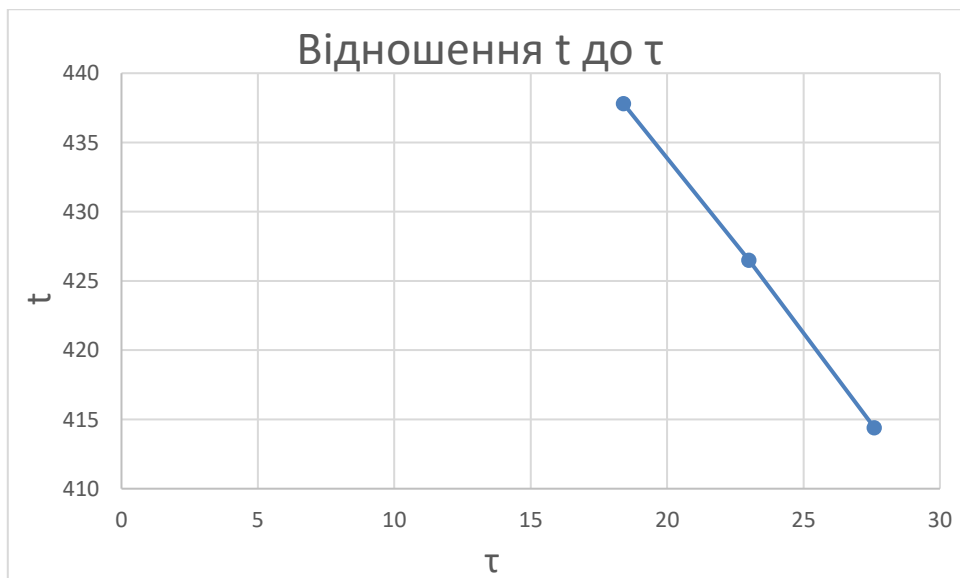


Рисунок 2.45 – Графік відношення t до τ

Відносні коефіцієнти чутливості розраховуються за формулою:

$$F_H = \frac{\frac{P_H - P}{P_H}}{\frac{A_H - A}{A_H}}$$

де  $P_H$  та  $P$  – номінальний та отриманий унаслідок варіації параметра об'єкта управління показники якості АСР,  $A_H$  та  $A$  – номінальний та проварійований параметри об'єкта управління.

	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.8 – Таблиця коефіцієнтів чутливості по різним параметрам

	$F_{K+}$	$F_{K-}$	$F_{T+}$	$F_{T-}$	$F_{\tau+}$	$F_{\tau-}$
$\Delta d$	0,569106	0,569106	-0,42683	-0,65041	0,487805	0,447154
t	-0,06917	-0,0891	-0,08441	0,025791	-0,14185	-0,13247

Отримані результати вказують на те, що система не чутлива до зміни параметрів системи.

САР опалення приміщення:

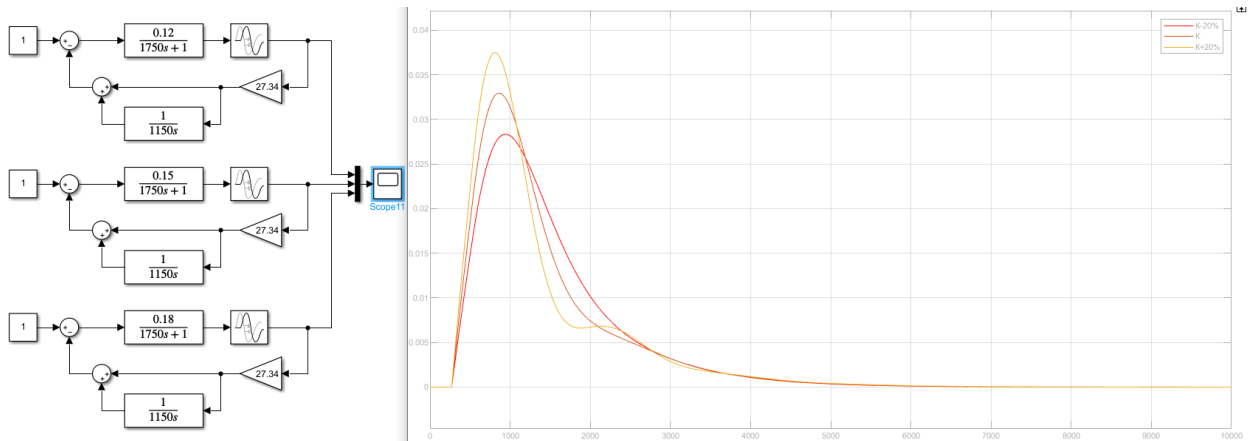


Рисунок 2.46 – Канал передачі дії «збурення зі сторони РО – регульований параметр» з варіюванням параметра К

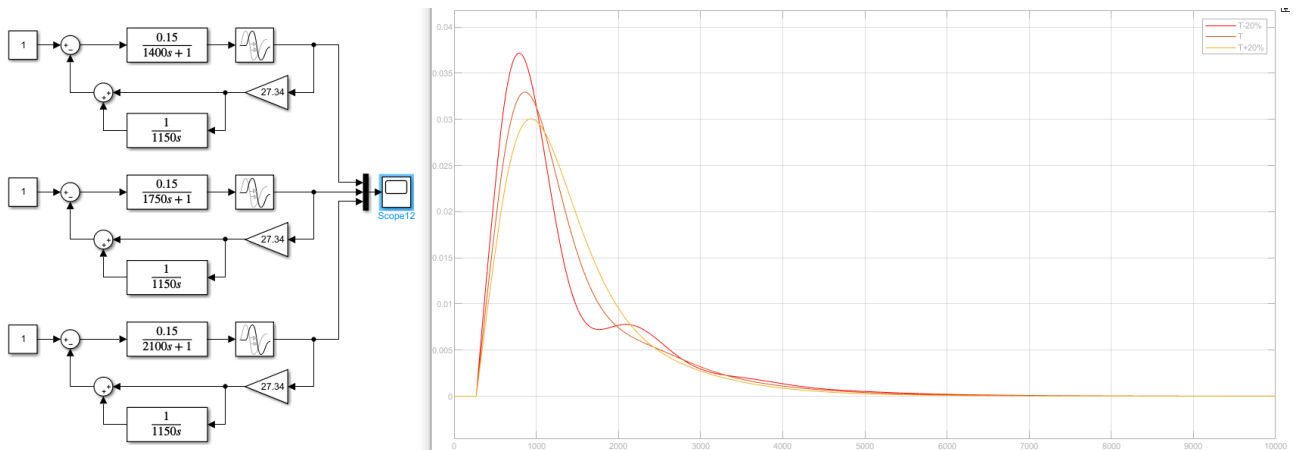


Рисунок 2.47 – Канал передачі дії «збурення зі сторони РО – регульований параметр» з варіюванням параметра Т

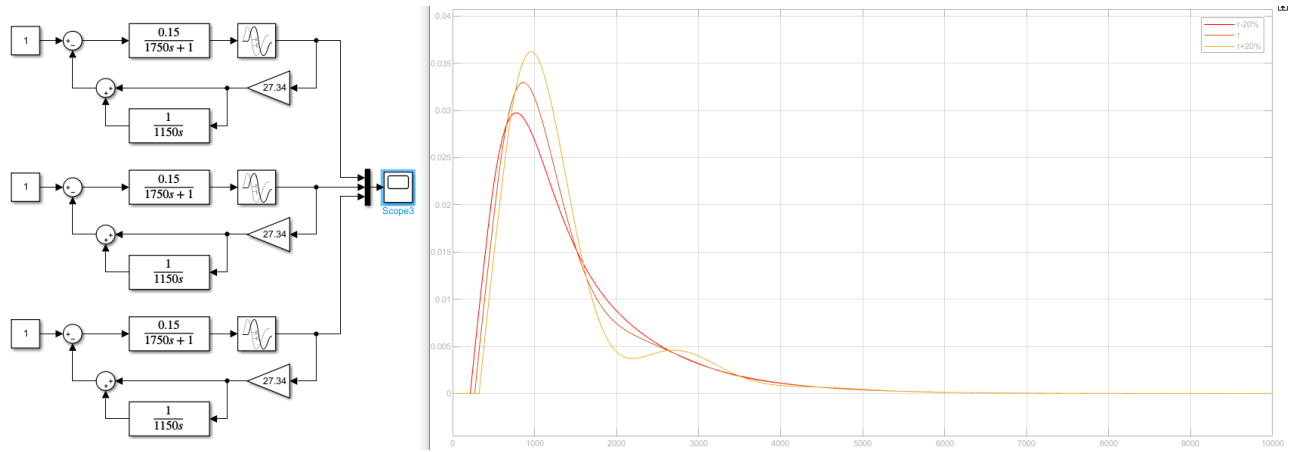


Рисунок 2.48 – Канал передачі дії «збурення зі сторони РО – регульований параметр» з варіюванням параметра  $\tau$

Таблиця 2.9 – Таблиця характеристик регулювання при варіаціях параметрів об'єкта

Показник якості	Базове значення	Варіювання К		Варіювання Т		Варіювання $\tau$	
		-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%
Статична похибка	0	0	0	0	0	0	0
Динамічна похибка	0,03296	0,0284	0,0375	0,0372	0,0301	0,0297	0,0361
Перерегулювання	0	0	0	0	0	0	0
Степінь затухання	1	1	1	1	1	1	1
Час перехідного процесу	3601	3752	3381	3640	3529	3739	3517

Фактично графіки відношення будуть тільки для перерегулювання та часу перехідного процесу, так як інші параметри не змінюються при варіюванні параметрів

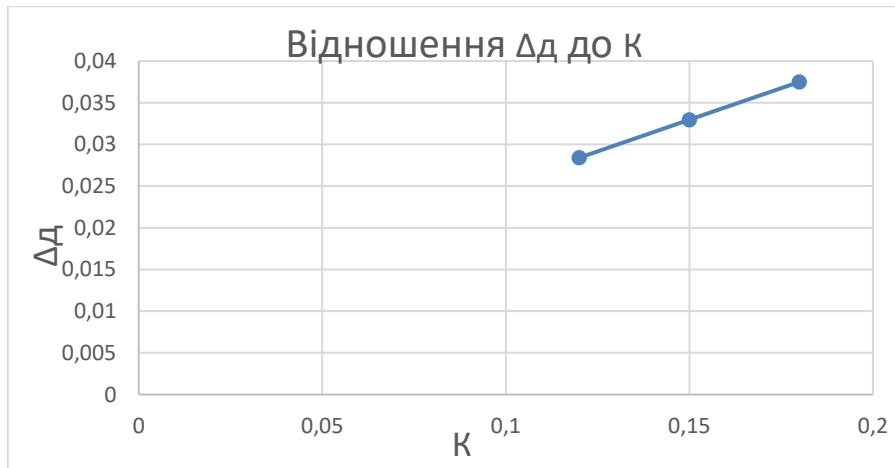


Рисунок 2.49 – Графік відношення  $\Delta d$  до  $K$

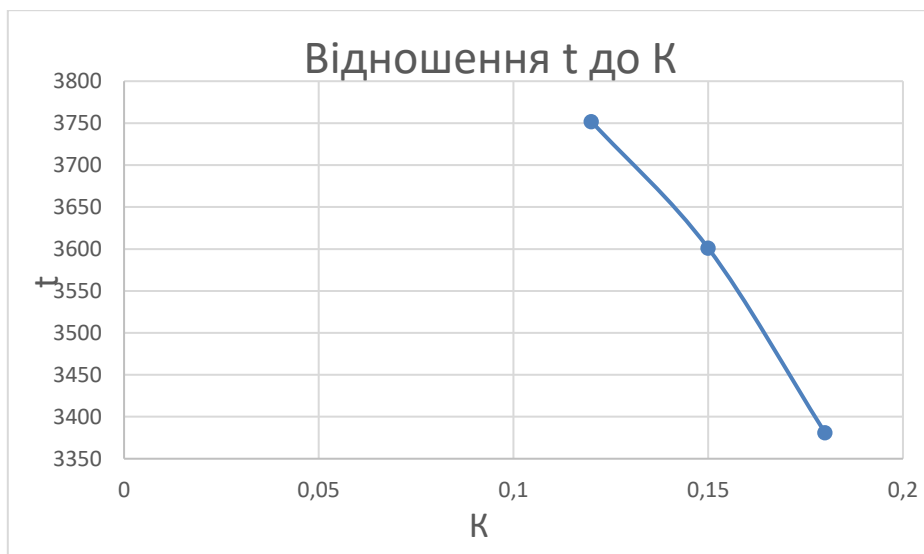


Рисунок 2.50 – Графік відношення  $t$  до  $K$

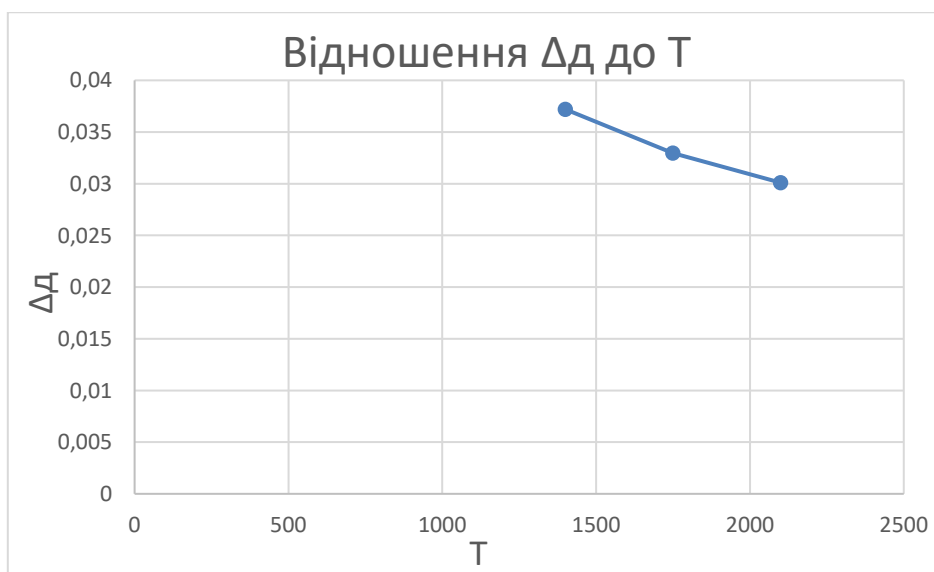


Рисунок 2.51 – Графік відношення  $\Delta d$  до  $T$

	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

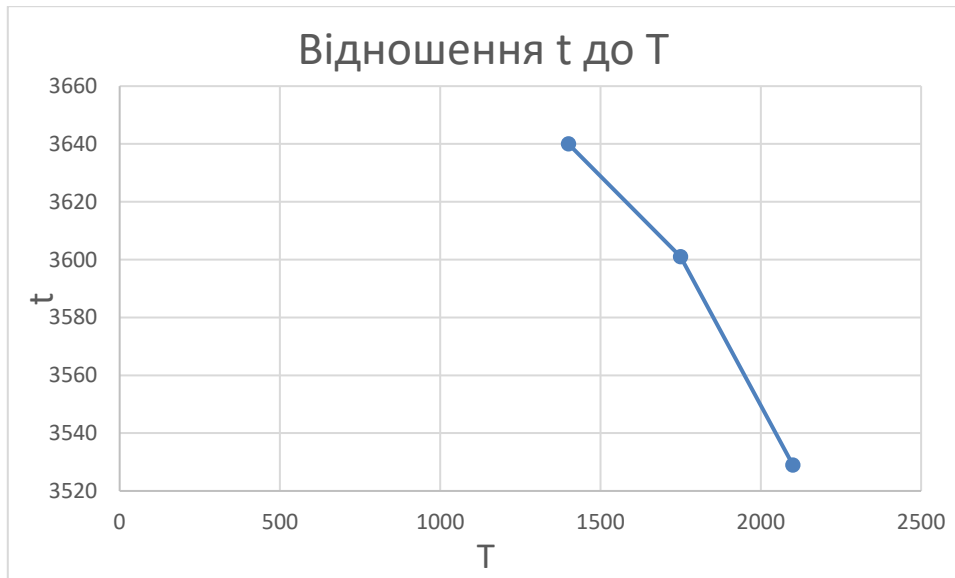


Рисунок 2.52 – Графік відношення  $t$  до  $T$

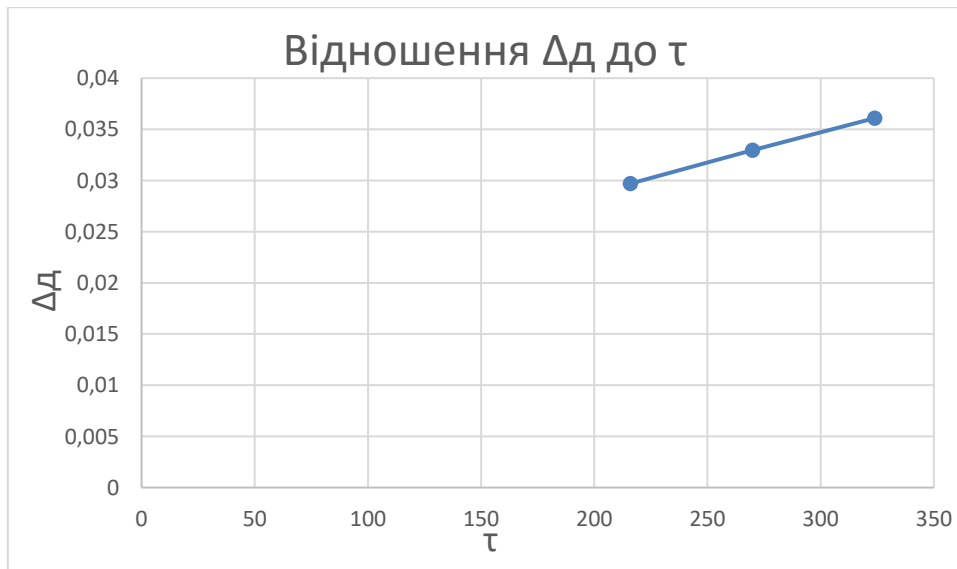


Рисунок 2.53 – Графік відношення  $\Delta d$  до  $\tau$

	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ТА-92425.0009.006.АТХ.П

Арк.

64

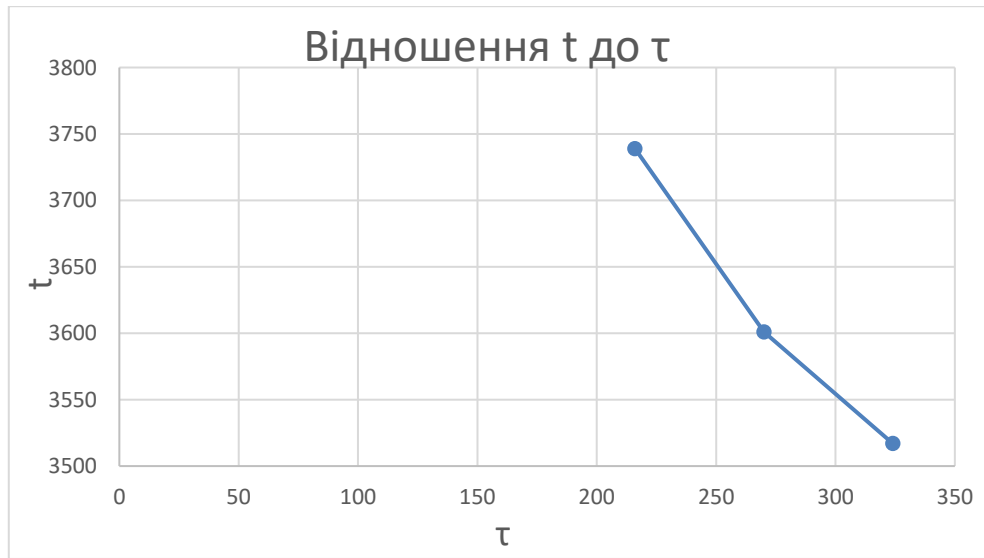


Рисунок 2.54 – Графік відношення t до τ

Відносні коефіцієнти чутливості розраховуються за формулою:

$$F_H = \frac{\frac{P_H - P}{P_H}}{\frac{A_H - A}{A_H}}$$

де  $P_H$  та  $P$  – номінальний та отриманий унаслідок варіації параметра об'єкта управління показники якості АСР,  $A_H$  та  $A$  – номінальний та проварійований параметри об'єкта управління.

Таблиця 2.10 – Таблиця коефіцієнтів чутливості по різних параметрам

	$F_{K+}$	$F_{K-}$	$F_{T+}$	$F_{T-}$	$F_{\tau+}$	$F_{\tau-}$
Δд	0,688714	0,691748	-0,43386	-0,6432	0,476335	0,494539
t	-0,30547	-0,20966	-0,09997	-0,05415	-0,11663	-0,19161

Отримані результати вказують на те, що система не чутлива до зміни параметрів системи.

## РОЗДІЛ 3 ОПИС ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЄКТУ

### 3.1 Схема функціональна автоматизації ТОУ

Опис функціональної схеми автоматизації вказаний у підрозділі 1.5

### 3.2 Схема структурна ПТК

Опис структурної схеми вказаний у підрозділі 1.6

### 3.3 Схема принципова електрична АСР

На схемі відображена комутація давачів і виконавчих механізмів в щиту керування процесом. До щиту заходить три фази з яких беруться живлення для приладів. Кожен прилад захищений від короткого замикання автоматичним вимикачем. Категорія застосування С окрім частотного перетворювача, так як це напівпровідниковий елемент, категорія застосування автомату для цього апарату А. Для живлення насосів було використано дві фази 220В, для Водонагрівача 380В. В щиті використовується блок живлення для перетворення змінного струму у постійний, що живить контролер, деякі давачі і сервопривід. Для давачів: рівня, реле тиску, реле температури і давач температури приміщення виділено окремо кабель для живлення і контрольний кабель. В той час як давачі вимірювання температури в резервуарах є лиш чутливим елементом, на контролері сигнал, що приймається конвертується в цифровий.

### 3.4 Креслення загального виду щита

На кресленні щита зображено розташування приладів. На верхній DIN рейці розташовані автоматичні вимикачі. На рейці нижче розташовані контактори й частотний перетворювач. Ще нижче можна побачити блок живлення й контролер. На самій нижній рейці, розташовані клемники для підключення місцевих і зовнішніх приладів.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						66
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.5 Схема зовнішніх з'єднань

Схема зовнішніх з'єднань слугує для правильного підключення комутації з щита по місцю. На схемі відображені клеми, що були показані на електричній схемі. Також на схемі можна побачити місце і опис: де і для чого той чи інший прилад розташований і його призначення на даному місці. Для використання правильного кабелю було поставлено відмітку яка орієнтує згідно з таблицею назву кабелю, його переріз і кількість жил.

### 3.6 Специфікація обладнання

В даній роботі використано широкий спектр виробників обладнань

Реле тиску, температури і частотний перетворювач були використані компанією Danfoss. Дана компанія є одним із лідерів в обладнанні в сфері автоматизації. Їх обладнання є надійним і доступним в Україні.

Давачі температур в приміщені і в ємності використані компанією Raut-automatic. Вони мають широкий вибір доступного обладнання, яке є не дорогим і доступним так як компанія Українська.

Насоси що циркулюють воду в системі були використані компанією Grundfos. Дана компанія є найбільшим виробником насосів в світі. Мають широкий асортимент насосів доступним за ціною і надійні в якості.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						67
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ПТКЗА

### 4.1 Програмування функціональності ПЛК

	Область	Имя	Адрес	Тип данных	Инициализация	Комментарий
1	VAR	xSystemWork		BOOL		Робота всієї системи
2	VAR	xHeatSystemWork		BOOL		Робота системи опалення
3	VAR	xWaterUpperLevel		BOOL		Сигнал про досягнення верхнього рівня води
4	VAR	xWaterLowerLevel		BOOL		Сигнал про досягнення нижнього рівня води
5	VAR	xEco		BOOL		Змінна вивалізу про включення економного режиму нагріву
6	VAR	xHeater		BOOL		Включення нагрівача води
7	VAR	xInValve		BOOL		Клапан для подачі холодної води в систему
8	VAR	xPumpMainTank		BOOL		Включення циркуляційного насосу для головного баку
9	VAR	xPumpMainTank_DR		BOOL		Сигнал сухого ходу насосу для головного баку
10	VAR	xRevValveHFTank		BOOL		Відкриття клапану подачі води від баку дял теплої підлоги
11	VAR	xPumpHFTank		BOOL		Запуск циркуляційного насосу баку для теплої підлоги
12	VAR	xPumpHFTank_DR		BOOL		Сигнал сухого ходу насосу баку для теплої підлоги
13	VAR	xMAN_HFTank		BOOL		Переключення ПІД-регулятора баку для теплої підлоги в ручний режим
14	VAR	xRES_HFTank		BOOL		Скидання ПІД_регулятора баку для теплої підлоги
15	VAR	xValveHF		BOOL		Відкриття клапану для подачі води в теплу підлогу
16	VAR	xHFPumpWork		BOOL		Запуск насосу для теплої підлоги
17	VAR	xPumpHF_DR		BOOL		Сигнал сухого ходу насосу для теплої підлоги
18	VAR	xMAN_HF		BOOL		Переключення ПІД-регулятора для теплої підлоги в ручний режим
19	VAR	xRES_HF		BOOL		Скидання ПІД_регулятора для теплої підлоги
20	VAR	tCurTime		TIME		Поточний час
21	VAR	tDayZoneStart		TIME	T#7h	Час початку денної зони тарифу
22	VAR	tDayZoneFin		TIME	T#23h	Час закінчення денної зони тарифу
23	VAR	rTempMainTank		REAL		Температура води в головному баку
24	VAR	rTempLowerLevel		REAL	40	Нижній поріг температури в головному баку
25	VAR	rTempUpperLevel		REAL	80	Верхній поріг температури в головному баку
26	VAR	rTempUpperEcoLevel		REAL	60	Верхній поріг температури в економному режимі
27	VAR	rTempHFTank		REAL		Температура в баку дял теплої підлоги
28	VAR	rTempSettingHFTank		REAL	35	Уставка температури в баку для теплої підлоги
29	VAR	rValveHFTank		REAL	0	Степінь відкриття клапану на подачу гарячої води в бак для теплої підлоги
30	VAR	Kp_HFTank		REAL	38.98	Параметр Kp для ПІД регулятора баку для теплої підлоги
31	VAR	Tn_HFTank		REAL	0.00667	Параметр Tn для ПІД регулятора баку для теплої підлоги
32	VAR	Tv_HFTank		REAL	0	Параметр Tv для ПІД регулятора баку для теплої підлоги
33	VAR	rY_MAN_HFTank		REAL		Вихідний сигнал регулятора баку для теплої підлоги в ручному режимі роботи
34	VAR	rRoomTemp		REAL		Температура в приміщенні
35	VAR	rRoomTempSetting		REAL	20	Уставка температури в приміщенні
36	VAR	rHFPump		REAL	0	Сигнал керування роботою насосу для подачі води в теплу підлогу
37	VAR	Kp_HF		REAL	27.34	Параметр Kp для ПІД регулятора для теплої підлоги
38	VAR	Tn_HF		REAL	0.00087	Параметр Tn для ПІД регулятора для теплої підлоги
39	VAR	Tv_HF		REAL	0	Параметр Tv для ПІД регулятора для теплої підлоги
40	VAR	rY_MAN_HF		REAL		Вихідний сигнал регулятора для теплої підлоги в ручному режимі роботи
41	VAR	PID_HeatFloorTank		PID		ПІД регулятор баку для теплої підлоги
42	VAR	PID_HeatFloor		PID		ПІД регулятор для теплої підлоги
43	VAR	RS_0		RS		
44	VAR	RS_1		RS		
45	VAR	RS_2		RS		

Рисунок 4.1 – Перелік змінних нашої системи

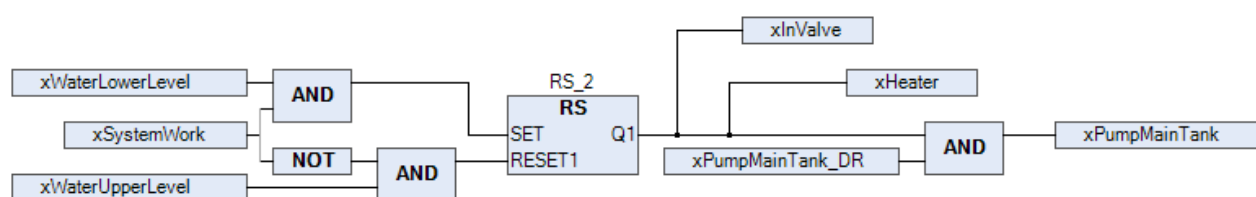


Рисунок 4.2 – Регулювання рівню води в головному баку

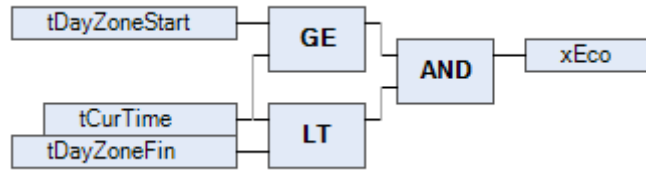


Рисунок 4.3 - Переключення між режимами для врахування двухзонального тарифу

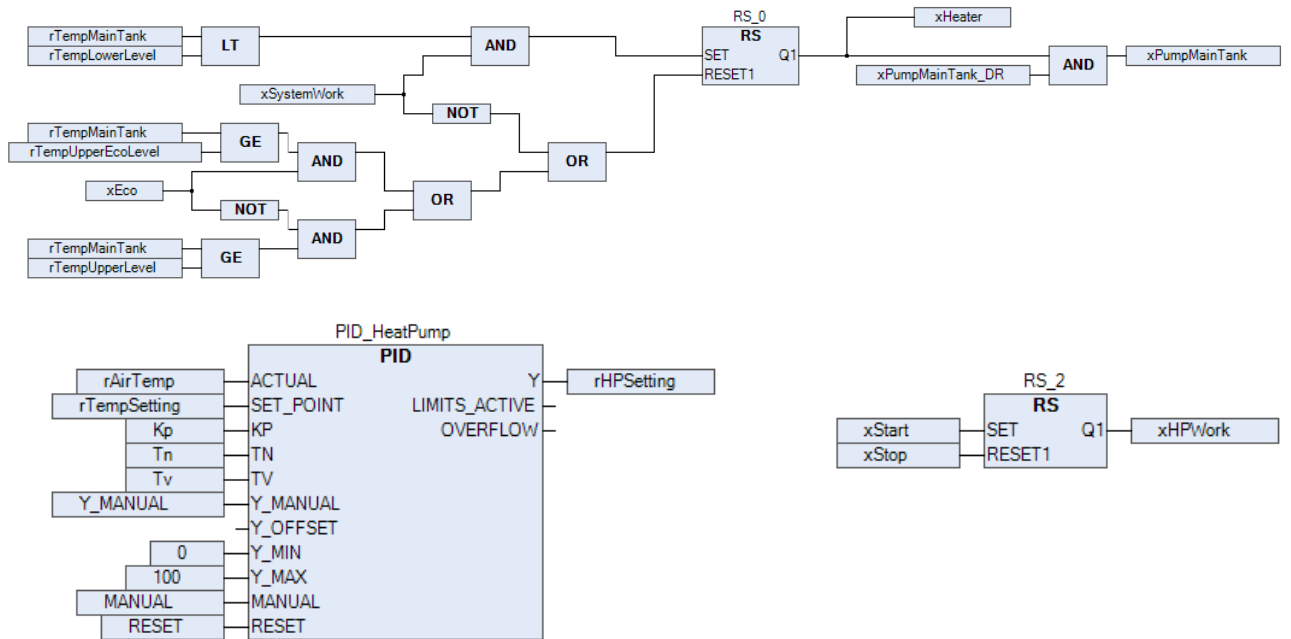


Рисунок 4.4 – Система контролю температури баку для теплої підлоги

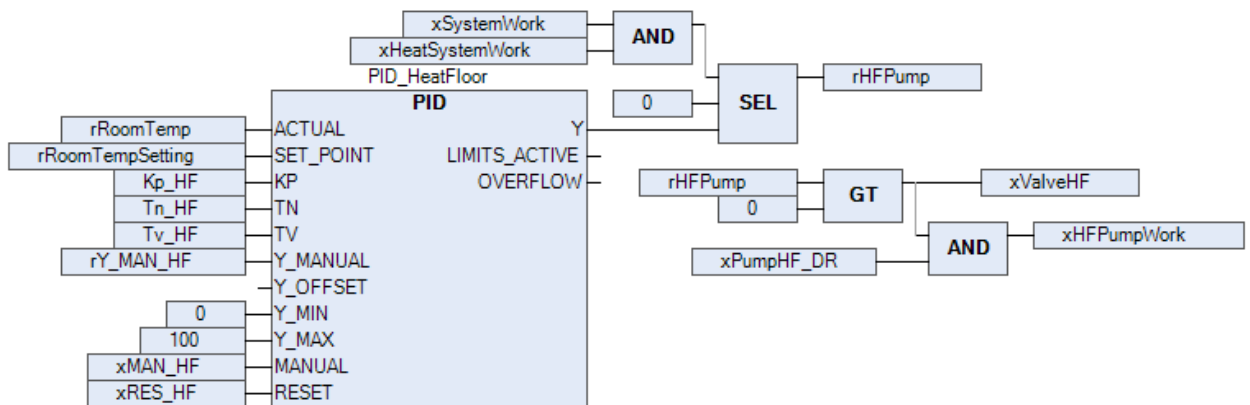


Рисунок 4.5 – Система опалення приміщення за допомогою теплої підлоги

## 4.2 Розробка людино-машинного інтерфейсу

Для розробки інтерфейсу ми використали середовище для розробки SCADA-системи Indusoft Web Studio. Меню складається з п'яти основних вікон: Menus, Accounts, Alarms, Mimics, Trends.

Вікно Menus (рис. 4.5) дозволяє переходити на всі існуючі вікна.

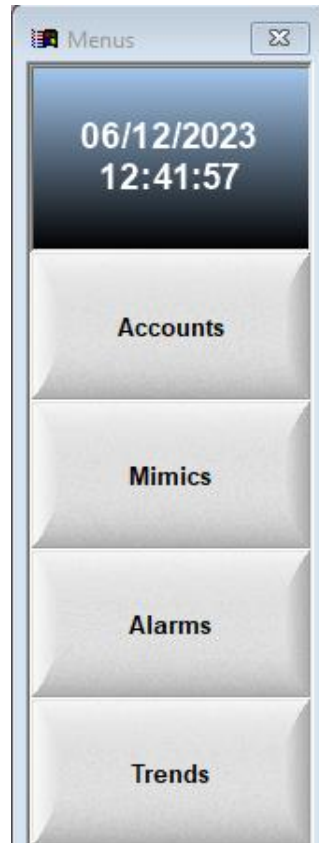


Рисунок 4.5 – Вікно Menus

У вікні Mimics (рис. 4.6) відображено мнемосхему баку для теплої підлоги та теплої підлоги з основною інформацією для оператора про стан системи.

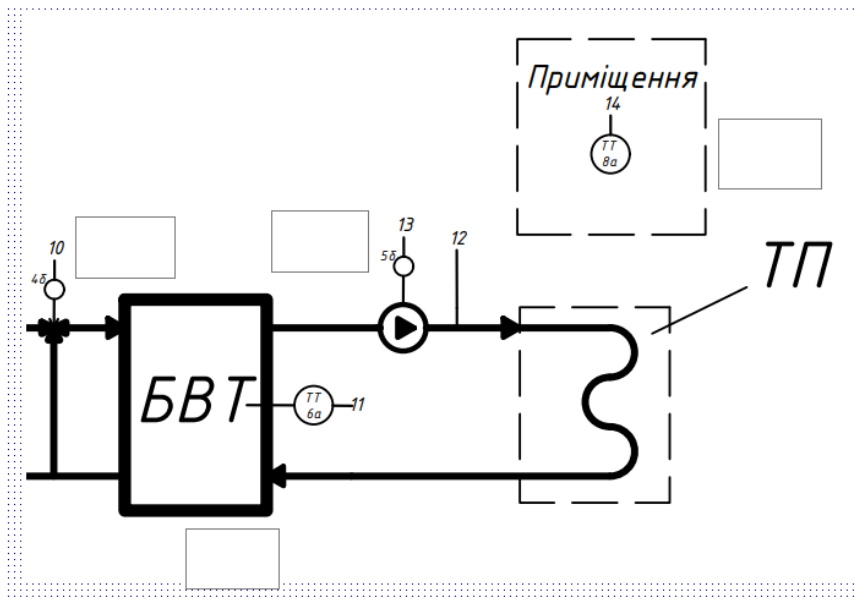


Рисунок 4.6 – Вікно Account

Вікно Mimics відображає мнемосхему нашого об'єкту управління. Де відповідна людина має змогу слідкувати за станом об'єкту

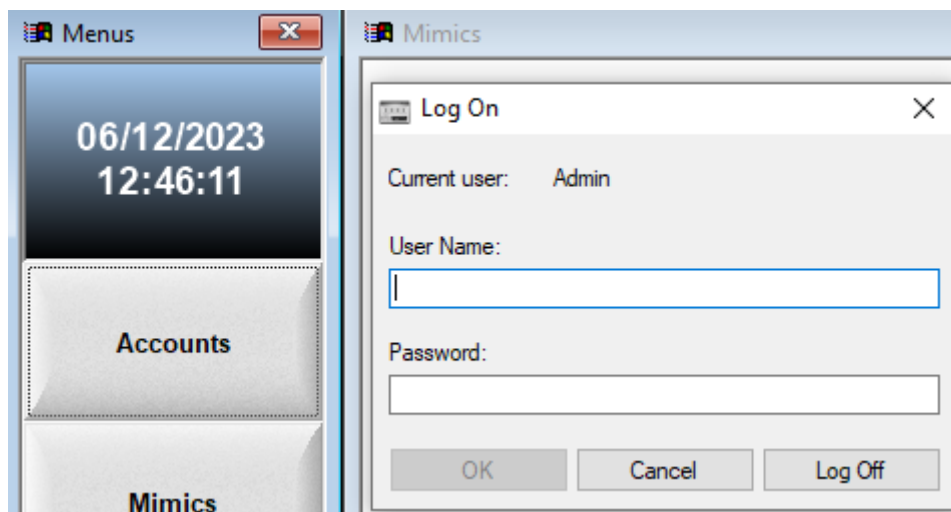


Рисунок 4.7 – Вікно Accounts

## РОЗДІЛ 5 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АТК

### 5.1 Опис структури полігону

Для проведення полігонних випробувань використовуються такі програмні засоби:

- Інтерфейс людина-машинний (HMI) Indusoft Web Studio;
- Програмовані логічні контролери (ПЛК) CODESYS;
- Matlab для імітації об'єкту;
- OPC сервер для обміну даними.

У даному випадку розглядається контур регулювання температури води в баку для теплої підлоги та температура в приміщенні. Регуляція відбувається двома ПІ-регуляторами. Реалізація цього регулятора виконана в середовищі CODESYS. Параметри для даних регуляторів були розраховані в пункті 2.2.8. Програмна реалізація цих регуляторів наведена в пункті 4.1.

### 5.2 Імітаційне моделювання ТОУ

Для імітації об'єкта керування створено схему у програмі Matlab Simulink, що зображена на рис. 5.1.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						72
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

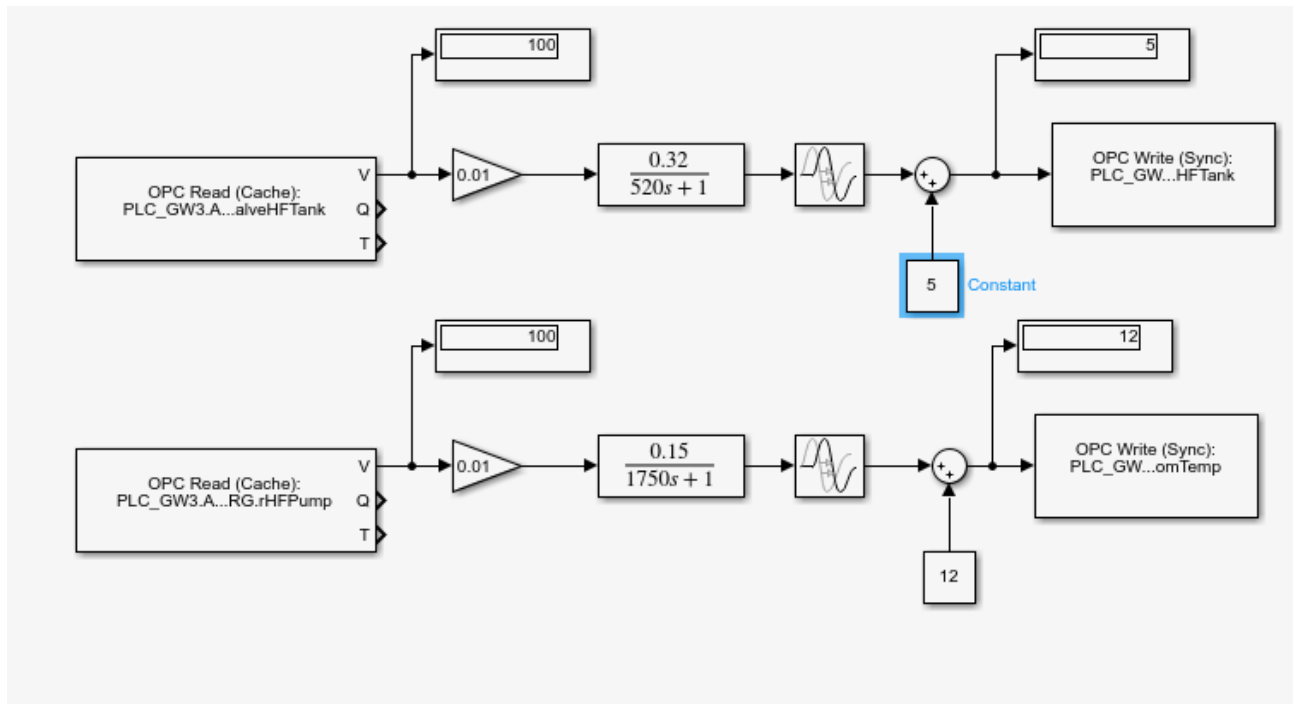


Рисунок 5.1 – Імітація роботи об'єкту Matlab

На схемі зображені об'єкти для контуру регулювання температурою в баку для теплої підлоги та в приміщенні. Обмін даними відбувається за допомогою блоків OPC Read/Write

### 5.3 Полігонні випробування ІМ і аналіз функціонування АСК

Для проведення полігонних випробувань потрібно запуснути зазначені вище програми та підключити їх за допомогою OPC сервера.

Мнемосхема системи під час імітації виглядає наступним чином.

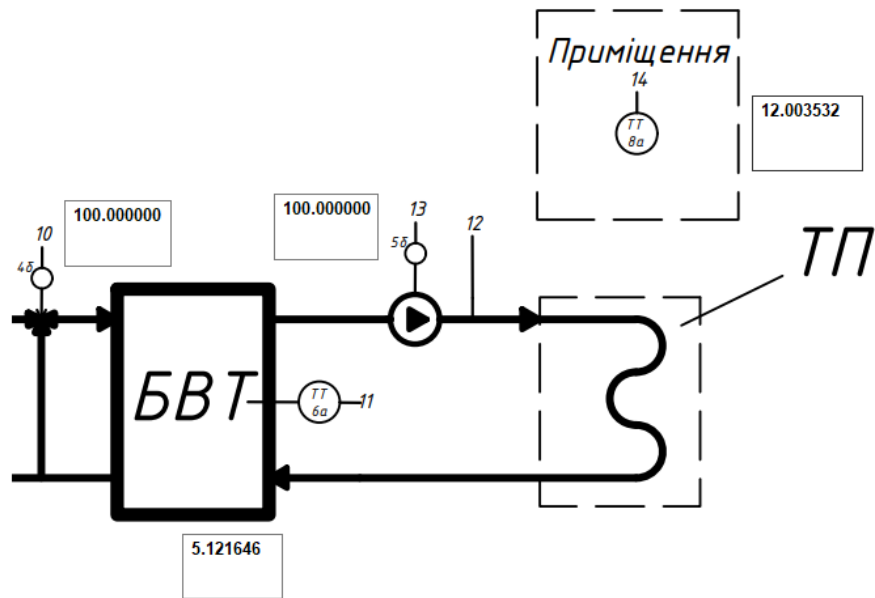


Рисунок 5.2 – Мнемосхема в режимі імітації

Функціональний блок ПІ-регулятора у режимі імітації в програмі CODESYS представлений нижче.

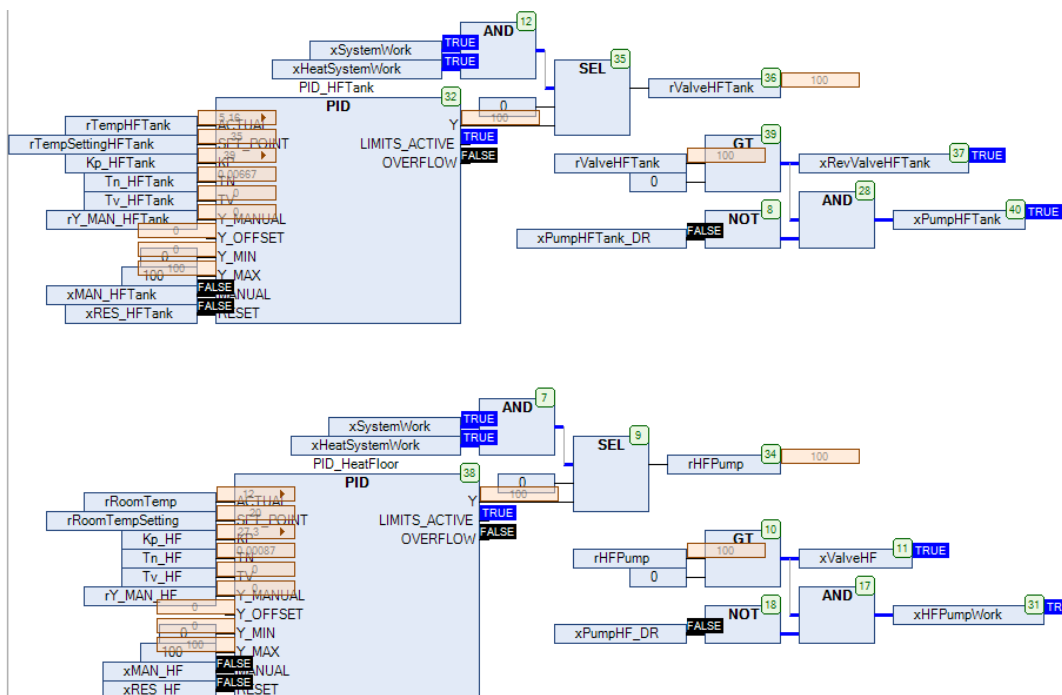


Рисунок 5.3 – Регулятор в режимі імітації

Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Після завершення полігонних випробувань можна зробити висновок, що імітація системи працює належним чином, а графіки на рис. 5.3 відповідають моделі. Таким чином, можна стверджувати, що створена система та її налаштування є коректними.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						75
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Опис

Охорона праці – це одна з основних складових низки фундаментальних прав людини, закріплених в Конституції та Законах України.

Повністю безпечних та нешкідливих умов праці не буває. Виробниче середовище завжди характеризується наявністю певних ризиків для здоров'я людини.

Дотримання вимог з охорони праці вимагає додержання діючих у цій сфері нормативно-правових актів, а також запровадження необхідних організаційно-технічних, соціально-економічних, лікувально-профілактичних та санітарно-гігієнічних заходів щодо створення комфортних та безпечних для життя та здоров'я працівників умов праці.

Тема дипломної роботи: "АСК системою опалення в інтелектуальному будинку".

У проекті проведено розрахунок автоматизованої системи опалення з використанням системи теплої підлоги.

Обладнання спроектованої АСК розташоване у приміщенні щитової та диспетчерської, звідки здійснюється контроль технологічного процесу.

У цьому розділі запропоновані технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації засобів автоматизації та технологічного устаткування, а також визначені основні заходи з гігієни праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки і профілактики.

Розрахункові параметри внутрішнього повітря в робочій зоні були визначені згідно з технічним завданням.

Операторське робоче місце знаходиться в окремому приміщенні (диспетчерській), відокремленому від щитової, і передбачає застосування комп'ютера з встановленим на ньому програмним забезпеченням для диспетчеризації. Для передачі сигналів від датчиків використовується

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						76
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

електрична система (див. електричну принципову схему), яка потребує дотримання передбачених проектом правил експлуатації та постійного підтримання її працездатності.

Планування автоматизованого робочого місця оператора має забезпечувати комфортні умови праці. Робоче місце розроблене з урахуванням технічної естетики, ергономіки та антропометричних характеристик людини (розміри, форма тіла, сила і напруга рухів рук і ніг, зір та слух) згідно вимог ДСТУ ISO 9241.

Стіни приміщення пофарбовані в малоконтрастний колір, який не відволікає увагу. Підлога в приміщенні неструмопровідна, має рівну і не ковзку поверхню.

## **6.2 Технічні рішення та організаційні заходи щодо безпечної експлуатації засобів автоматизації**

Для забезпечення безпечної та зручної експлуатації об'єкта за проектом передбачено наступні рішення:

1. Для проведення робіт передбачені безпечні та зручні проходи та зручне розташування обладнання. Робочі площадки мають конструкцію та розміри, що відповідають вимогам безпеки (ширина вільного проходу майданчиків становить 0,8 м, мінімальна площа на одну людину відповідно до діючих вимог становить 4,5 м<sup>2</sup>, а об'єм робочої зони на людину — 15 м<sup>3</sup>).
2. Виконавчі механізми та частотні перетворювачі розміщені в місцях, недоступних для випадкового доступу людей, і захищені захисною сіткою, що забезпечує безпечну експлуатацію обладнання.
3. При монтажі щита передбачається наявність спеціального проходу між стіною та обладнанням шириною не менше 0,8 м, що дозволяє зручно експлуатувати щит.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						77
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Прилади, контролери та органи дистанційного керування виконавчими механізмами мають пояснювальні надписи, на яких зазначений регульований або контрольований параметр, а також вказано, який з виконавчих механізмів дистанційно керується.

5. При ремонті апаратури встановлюються відповідні таблички, наприклад: "Ремонтні роботи".

### 6.2.1 Електробезпека

Проект виконано з урахуванням діючих вимог з електробезпеки, які викладені в ПУЕ-2017, НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП-40.1-1.32-01, ДСТУ 7237:2011 та Технічний регламент з безпеки низьковольтного електричного обладнання (постанова Каб. Міністрів України №1149 від 23.10.2009 р.), а також ДСТУ Б В.2.5-82:2016. «Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд».

1. Приміщення щитової, за небезпекою отримання електротравм відноситься до категорії приміщень з підвищеною небезпекою, оскільки існує можливість одночасного дотику людини до електропровідних частин ЕУ та до заземлених частин металоконструкцій будівлі та технологічного устаткування.

2. Обладнання (електродний котел, електродвигуни насосів, світильники робочого, аварійного, штучного та зовнішнього освітлення) живиться від 3-фазної електричної мережі змінного струму частотою 50 Гц. Електромережа має глухо заземлену нейтраль та робочу напругу 220/380В (див. схему електричну принципову). Використовується система захисного заземлення TN (підсистема TN-C-S).

У проекті використовується електротехнічне устаткування, апаратура, кабелі та органи керування, розподільні пристрої різних видів і напруг, які

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						78
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідають умовам роботи як при нормальних, так і при аварійних режимах роботи, включаючи короткі замикання, перенапруги та перевантаження.

### **6.2.2 Технічні заходи для запобігання електротравм від контакту з нормально струмовідними елементами обладнання**

Згідно з ДСТУ 7237:2011, для захисту від випадкового дотику людини до струмовідних частин електроустановки (ЕУ) використовуються наступні технічні рішення:

1. Ізоляція нормально струмовідних частин ЕУ: кабелі прокладаються у кабельних конструкціях та коробах. Опір ізоляції повинен складати 1 кОм на 1 В напруги, але допускається зниження опору ізоляції до 0.5 кОм на 1 В напруги під час роботи. Усі вимикачі та розетки мають бути закритого типу.

2. Передбачено використання закритих розподільних шаф, пускових пристроїв і клемних коробок, які розміщуються в спеціальних кожухах, для забезпечення недоступності персоналу до неізольованих струмовідних частин ЕУ.

3. Застосування захисних огорожень.

4. Світильники з робочою напругою живлення 220 В повинні бути розташовані на висоті не менше 2,5 м над рівнем підлоги.

5. В електроустановках застосовуються знаки і мітки для орієнтації персоналу. Всі струмопровідні частини повинні бути обгороджені й вивішені плакатами "Обережно! Напруга!". Встановлені блокування, які знімають напругу при знятті огорожень, а щити закриваються на замки.

6. Використання зниженої напруги, наприклад, мережа змінного й аварійного освітлення з напругою 12 В, а також переносне освітлення. Допускається використання акумуляторних й батарейних ліхтарів. Для

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						79
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ручного електроінструмента й місцевого стаціонарного освітлення використовується напруга 42 В.

7. Застосування захисного блокування, яке використовується на пусковій арматурі при вмиканні електрообладнання та відкритті апаратів електрообладнання.

8. Щитове обладнання має 01 клас за електрозахистом. Використання щита допомагає знизити можливість механічних ушкоджень та практично усуває можливість потрапляння вологи на струмоведучі частини, оскільки більшість провідників знаходиться всередині щита.

9. Використовуються засоби індивідуального захисту, такі як діелектричні рукавички, боти, килими, а також струмовимірювальні кліщі і покажчики напруги, сходи-драбини, інструмент з ізолюючими рукоятками. Усі захисні засоби зберігаються в спеціальній шафі, яка захищає їх від впливу тепла й опромінення.

### **6.2.3 Технічні рішення щодо запобігання електротравм при переході напруги на нормально не струмоведучі елементи електроустановок**

Для запобігання ураженню людини електричним струмом при дотику до металевих неструмовідних частин, які можуть бути під напругою через пошкоджену ізоляцію, застосовуються два види захисту: захисне заземлення і захисне вимкнення. Вибір між ними залежить від конкретних умов. У даному проекті застосовується захисне заземлення типу TN (підсистема TN-C-S) з метою уникнення ураження персоналу електричним струмом при пробії фази на корпус обладнання. Це досягається за допомогою приєднання неструмовідних провідних частин до заземленої нейтралі електромережі за допомогою захисного «PE» або «PEN» провідника. При замиканні однієї з фаз на корпус має місце коротке замикання і спрацьовує пристрій максимального струмового захисту.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						80
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для надійної роботи пристроїв захисту, струм короткого замикання повинен перевищувати не менше ніж в 3 рази номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника (запобіжник типу ПР-2) або струм спрацювання роз'єднувача автоматичного вимикача (типу АП-50), а повна провідність «РЕ» або «PEN» провідника повинна бути не менше провідності фазного проводу.

Контроль стану захисного заземлення проводиться один раз на п'ять років.

### **6.3 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці**

Основні виробничі фактори, що визначають санітарно-гігієнічні умови праці в приміщеннях щитової та операторської, включають:

1. Мікроклімат та склад повітря робочої зони.
2. Виробниче освітлення.
3. Виробничий шум.
4. Виробничі вібрації.

Виробнича санітарія орієнтується на забезпечення здорових умов праці для персоналу, збереження чистоти повітря та робочого середовища, зменшення шкідливого впливу виробничих шумів та випромінювань, створення комфортних умов для ефективної праці людини.

#### **6.3.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони**

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, який регулює санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень, параметри мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень залежать від категорії тяжкості робіт та періоду року.

Основні нормовані параметри мікроклімату робочої зони: температура, відносна вологість та рухливість повітря. Оптимальні і припустимі значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря встановлюються для

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						81
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

робочої зони виробничих приміщень з урахуванням надлишку тепла, категорії тяжкості роботи та періоду року.

У приміщенні диспетчерської інтенсивність теплового випромінювання становить 60 Вт/м<sup>2</sup>. Температура в приміщенні в холодний період року складає 19°C, а в теплий період - 22°C. Швидкість руху повітря - 0,1 м/с, відносна вологість - 50%. Зазначені параметри знаходяться в межах норми. Для вентиляції приміщення пункту управління використовується припливно-витяжна установка.

Згідно ГОСТ 12.1.005-88 концентрація забруднень повітря в робочій зоні регулюється відповідно до гранично допустимих концентрацій (ГДК) в мг/м<sup>3</sup>. У приміщенні щитової та операторської відсутні джерела шкідливих речовин, а концентрація пилу значно менше за ГДК.

#### **6.4 Пожежна безпека та профілактика**

За вибухопожежною небезпекою виробниче приміщення щитової згідно з ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 відноситься до категорії В, а робочі зони згідно з НПАОП 40.1-1.32-01. відносяться за пожежонебезпекою до класу П-П.

Виникнення пожежі можливе, якщо в приміщенні присутні три фактори: горюча речовина, окислювач і джерело запалювання. Для запобігання пожежі вживаються наступні заходи:

- Вся електроапаратура оснащена системою захисту від короткого замикання, використовуються плавкі запобіжники та електромагнітні розщиплювачі.
- В системі автоматизації використовуються ізольовані проводи і кабелі з мідними жилами. Перетин проводів і кабелів вибирається з урахуванням допустимих струмових навантажень, втрат напруги і механічної міцності. Також важлива якість приєднання проводів до приладів, апаратів, зажимів і з'єднання провідників між собою.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						82
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Згідно з "ДБН В.2.5-13-98. Пожежна автоматика будинків і споруд", в диспетчерській та щитовій на видному місці розміщені плани евакуації людей та правила з пожежної безпеки.
- Дотримуються такі запобіжні заходи:
  - негайно відключається несправне устаткування.
  - Не допускається перегинання і скручування проводів при переключенні устаткування.
  - Здійснюється постійний нагляд за станом електропроводки.
  - Після закінчення роботи всі електроустановки відключаються.

#### **6.4.1 Система протипожежного захисту**

Технічні рішення, які використовуються у системі протипожежного захисту, мають на меті обмеження поширення пожежі, захист людей і матеріальних цінностей від шкідливих впливів пожежі, а також створення умов для ефективного гасіння пожежі.

У приміщеннях щитової та диспетчерської зон встановлені первинні засоби пожежогасіння, такі як порошкові та вуглекислотні вогнегасники (ВП-1 та ВВ-8), які можна використовувати для гасіння пожежі в електроустановках під напругою (клас пожежі «Е»).

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-56-2014 "Системи протипожежного захисту", передбачено використання систем автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння.

Система керування пожежогасінням повинна бути інтегрована з системою автоматичного управління (САУ) та забезпечувати видачу команд (сигналів) для відключення технологічного та електротехнічного обладнання.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						83
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки в приміщенні перебувають люди, система автоматичного пожежогасіння має бути обладнана пристроєм для автоматичного відключення пуску обладнання.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						84
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Таблиця 7.1 – Кошторис матеріалів

Прилад	Тип/ Марка	Завод виг.	Кільк./ Довж.	Вартість	Сума
Реле рівня	ELSm	Ensim	1	2105	2105
Реле тиску	ELT-35	Атма	3	1833	5499
Реле температури	KP 78	Danfoss	1	3721	3721
Давач температури	STw-04	RAUT	2	735	1470
Давач температури	STH-01	RAUT	1	3297	3297
ПЛК	M172	Schneider Electric	1	4728	4728
Блок живлення	HDR 30- 24	Mean Well	1	621	621
Контактор, АС-3 220В	TeSys	Schneider Electric	2	718	1436
Контактор, АС-3 400В	TeSys	Schneider Electric	1	1 059	1059
Автоматичний вимикач 50А С	iC60N	Legrand	1	1109	1109
Автоматичний вимикач 10А С	iC60N	Legrand	1	237	237
Автоматичний вимикач 6А А	iC60N	Legrand	1	263	263
Автоматичний вимикач 6А С	iC60N	Legrand	2	569	1138
Автоматичний вимикач 40А С	iC60N	Legrand	1	642	642
Частотний перетворювач	VLT FC 51	Danfoss	1	6420	6420
Клема прохідна, 5mm_2		Wago	7	5	35
Клема прохідна, 2.5mm_2		Wago	36	10	360
Кабель 1,5	ПВ4		15	7,49	112,35
DIN рейка			3	66	198
Щит			1	1 797	1797
Циркуляційний насос	UPS 25- 40 180	Grundfos	3	4 176	12528
Електродний котел 12кВт		IOH	1	5699	5699

Кінець таблиці 7.1

Прилад	Тип/ Марка	Завод виг.	Кільк./ Довж.	Вартість	Сума
Електропривод	TF24	BELIMO	1	5648	5648
Силовий кабель 3x10	ВВГ НГ		20	124	2480
Кабель контрольний 1x2x0.8	J-Y(ST)Y		200	8	1600
Силовий кабель 3x6	ВВГ НГ		20	91	1820
Силовий кабель 3x2.5	ВВГ НГ		100	44	4400
Силовий кабель 3x1.5	ВВГ НГ		20	22	440
Гофротруба	КВВГ		200	4	800
Всього					71662,35

Загальна вартість всіх засобів складає:

$$B_o = 71662,35 \text{ грн}$$

Вартість монтажних робіт буде складати 15% від загальної суми:

$$B_m = 71662,35 \cdot 0,15 = 10\,749,4 \text{ грн}$$

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

$$B_{пн} = 7166,24 \text{ грн}$$

Вартість транспортувальних робіт:

$$B_{пн} = 5000 \text{ грн}$$

Сума всіх витрат буде складати загальну вартість витрат:

$$B_z = 71662,35 + 10\,749,4 + 7166,24 + 5000 = 94\,578 \text{ грн}$$

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

$$\Delta U = E_k - \Delta B_{авт}$$

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

$E_k$  - Економія від введення АСК

При впровадженні автоматизованої системи керування системою опалення отримаємо кращу якість регулювання температури і уникання надмірного використання електроенергії. Також значно скоротяться витрати на обслуговування системи.

Задамо, що показник  $E_k$  за рік становить:  $E_k = 80000$ грн/рік

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

$$B_{ам} = B_з \cdot 0,09 = 8512 \text{грн/рік}$$

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

$$B_p = B_з \cdot 0,11 = 10\,403,6 \text{грн/рік}$$

Вартість електроенергії, грн/рік:

$$B_{ел} = T \cdot N \cdot C_e = 3 \cdot 11 \cdot 2,64 = 31\,798,8 \text{грн/рік}$$

де  $T$  – кількість робочих годин системи;  $N$  – потужність всіх приладів;  $C_e$  – тариф на електроенергію.

Отже,  $\Delta B_{авт} = B_{ам} + B_p + B_{ел} = 8512 + 10\,403,6 + 31\,798,8 = 50\,714,4$

Провівши всі необхідні розрахунки дізнаємось економію витрат:

$$\Delta U = E_k - \Delta B_{авт} = 80\,000 - 50\,714,4 = 29\,285,6 \text{грн/рік}$$

Необхідний час для окупності АСК розраховується за наступною формулою:

$$T_{ок} = \frac{B_з}{\Delta U} = \frac{94\,578}{29\,285,6} = 3 \text{ роки } 3 \text{ місяці}$$

Хоча при побудові системи пріоритет надається не показнику окупності, система показує високу ефективність, заощаджуючи ресурси власника.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						87
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проекту бакалавра з теми "АКС опалення енергоефективного інтелектуального приватного будинку" була розроблена та реалізована автоматизована система керування опаленням, спрямована на досягнення енергоефективності та забезпечення комфортних умов для мешканців будинку. Висновки, отримані під час виконання проекту, наступні:

1. Енергоефективність: Застосування системи керування опаленням дозволяє знизити споживання енергії та оптимізувати використання ресурсів. За допомогою інтелектуального аналізу та алгоритмів оптимізації система може автоматично регулювати температурний режим в будинку з урахуванням зовнішніх умов та режиму проживання мешканців.
2. Комфорт: Реалізована система забезпечує комфортні умови проживання шляхом автоматичного контролю температури та рівня вологості в будинку. Інтелектуальні алгоритми дозволяють підтримувати оптимальні параметри опалювання в різних зонах будинку з урахуванням персональних вподобань мешканців.
3. Зручність у використанні: Система керування опаленням має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє мешканцям з легкістю налаштовувати параметри опалення та отримувати актуальну інформацію про його стан. Додатково, можлива інтеграція зі смарт-пристроями, що робить керування опаленням ще більш зручним та доступним.
4. Практичність та ефективність: Розроблена система є практично застосовною та ефективною для використання в енергоефективних інтелектуальних приватних будинках. Вона враховує сучасні стандарти енергоефективності, безпеки та комфорту, і може бути успішно впроваджена в реальні проектування та будівництво будинків.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						88
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом, розроблена АКС опалення виявляється перспективною інженерною реалізацією для створення енергоефективних та інтелектуальних будинків. Вона сприяє економії енергоресурсів, підвищенню комфорту та зручності для мешканців, а також відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та збереження навколишнього середовища.

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						89
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха: [Учеб. пособие] / Е. С. Бондарь, А. С. Гордиенко, В. А. Михайлов, Г. В. Нимич. Под общ. ред. Е. С. Бондаря – К.: ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим» 2005. – 560 с.
2. Правила виконання дипломного проекту бакалавра. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ВО рівня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем» / Т.Г. Баган, С.Г. Батюк, П.В. Гікало, С.В. Любицький, О.В. Некрашевич; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 0,6 МБайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 62 с.
3. Handbook of PI and PID controller tuning rules (3rd edition): Aidan O'Dwyer. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd 2009. – 623 p.
4. Ротач В.Я. «Теория автоматического управления» : Учебник. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. — 9 с.
5. ДСТУ EN 61140:2015 Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання (EN 61140:2002, IDT)
6. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту
7. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
8. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (укр)
9. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою

					ТА-92425.0009.006.АТХ.П	Арк.
						90
	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		