

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Теплоенергетичний факультет
Кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____/ **Володимир ВОЛОЩУК**/
“ ” _____ 2021 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою
**“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології
кібер-енергетичних систем”**
зі спеціальності
**151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані
технології”**

на тему: Система кондиціонування з додатковими інформаційними каналами

Виконав: студент ІІ курсу, групи ТА-01мп

Некрасов Максим Віталійович

(прізвище ім’я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник Ст. викладач Штіфзон О.Й.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”

Факультет Теплоенергетичний
Кафедра Автоматизації теплоенергетичних процесів
Рівень вищої освіти – другий(магістерський)

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/
(підпис) (імя, ПРІЗВИЩЕ)
“ “ _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Некрасов Максим Віталійович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дисертації Система кондиціювання з додатковими з
додатковими інформаційними каналами

науковий керівник дисертації Штіфзон Олег Йосипович, ст. викладач
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «02» 11 2021 р. № 3629-с

2. Термін подання студентом дисертації «10» грудня 2021 р.

3. Об'єкт дослідження Офісне приміщення з багатьма зонами

4. Вихідні дані
Літературні джерела, зібрані під час проходження преддипломної практики.
Температура 22°C, вологість (60-65) % в приміщенні.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити
Постановка задачі автоматизації. Огляд і аналіз існуючих систем управління.

6. Орієнтований перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

Функціональна схема автоматизації, специфікація обладнання, розрахункова частина, програмування ПЛК, програмування СКАДА системи, стартап.

7. Орієнтований перелік публікацій

8. Дата видачі завдання " 01 " вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Видача завдання	01.09.2020	
2	Ознайомлення з літературними джерелами	04.05.2021	
3	Проектна документація на АСК ТОК	03.09.2021	
4	Креслення	08.10.2021	
5	Розрахунок і моделювання САР	15.10.2021	
6	Розрахунок надійності	28.10.2021	
7	Програмування ПЛК	07.11.2021	
8	Імітаційне моделювання і аналіз функціонування АТК	14.11.2021	
9	Стартап-проект	22.11.2021	
10	Висновок	22.11.2021	
11	Підпис керівника магістерської дисертації		
12	Попередній захист магістерської дисертації	16.12.2021	
13	Захист	21.12.2021	

Студент

Максим Некрасов

(підпис)

(імя, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник дисертації

Олег Штіфзон

(підпис)

(імя, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

У даній магістерській дисертації представлено результат проходження переддипломної практики, яка відповідає темі дипломного проекту – Система кондиціонування з додатковими інформаційними каналами. Описано об'єкт автоматизації із зображеною схемою приміщення та виділено основні параметри для вимірювання та регулювання. Виконаний звіт представляє перші два розділи диплому, в яких вказується постановка задачі автоматизації ТОК та сучасний стан галузі.

В першому розділі було проаналізовано сучасний стан галузі: розглянуто технічні особливості кліматичних систем, представлених на ринку, визначено певні критерії, на які слід звертати увагу при виборі системи кондиціонування для великого за площею об'єкта, а також була розглянута приблизна класифікація систем, що надала загальне уявлення про масштаб розвитку даної техніки і її важливість при створенні мікроклімату в приміщеннях.

В другому розділі увага приділялась опису об'єкту управління і з'ясування його детальних характеристик і основ роботи.

Третій розділ включає в себе розрахунки налаштувань регуляторів та передавальних функцій, розрахунки надійності системи, програмування ПЛК та розробка СКАДА системи.

Останній розділ це опис стартап проекту, де вказані його ідея та вигода для замовника, ціна та загрози впровадження.

ABSTRACT

This master's dissertation presents the result of undergraduate practice, which corresponds to the theme of the diploma project - Air Conditioning System with additional information channels. The object of automation with the represented scheme of the room is described and the basic parameters for measurement and

regulation are allocated. The completed report presents the first two sections of the diploma, which indicate the problem of automation the current state of the industry.

The first section analyzed the current state of the industry: consider the technical features of climate systems on the market, identified certain criteria to consider when choosing an air conditioning system for a large area, and considered the approximate classification of systems that provided a general idea of the scale of development of this technique and its importance in creating a microclimate indoors.

The second section focused on the description of the object of management and clarification of its detailed characteristics and basics of work.

The third section includes calculations of settings of regulators and transmission functions, calculations of system reliability, PLC programming, and development of the SCADA system.

The last section is a description of the startup project, which indicates its idea and benefits for the customer, the price, and threats of implementation.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	8
1 Аналітичний огляд проблеми.....	9
1.1 Сучасний стан галузі	9
1.2 Опис технологічної схеми об'єкту управління	11
1.3 Загальна постановка задачі.....	14
2 Опис об'єкту управління.....	16
2.1 Отримання моделі об'єкту управління.....	16
2.2 Призначення і функції створюваної системи	17
2.3 Вимоги до реалізації функцій системи управління об'єктом	18
2.3.1 Вимоги до розробки програмно-технічного комплексу автоматизації	18
2.3.2 Нормативні вимоги до ПТКЗА	18
2.3.3 Вимоги до реалізації функцій автоматизації.....	19
2.3.4 Вимоги до інтерфейсів та протоколів	19
2.3.5 Вимоги до ведення архіву та форми звітів подій, спрацювань технологічного захисту, сигналізації та блокування.....	19
2.3.6 Вимоги до забезпечення своєчасного оповіщення персоналу про нештатні події.....	19
2.3.7 Вимоги до забезпечення техніко-економічних показників системи ..	19
2.3.8 Вимоги до надійності функцій системи.....	20
3 Розробка системи управління об'єктом	21
3.1 Функціональна структура системи управління об'єктом.....	21
3.1.1 Технологічний контроль.....	21
3.1.2 Автоматичне регулювання	25
3.1.3 Технологічна сигналізація і захист	32
3.2 Розрахункова частина.....	32
3.2.1 Розрахунок налаштувань регулятора	32
3.2.2 Розрахунок надійності	53
3.3 Розробка технічного забезпечення системи управління об'єктом.....	57
3.4 Розробка програмного забезпечення системи управління об'єктом	59
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	76

4.1	Опис ідеї проекту.....	76
4.2	Технологічний аудит ідеї проекту.....	78
4.2	Визначення ціни.....	78
4.3	Опис ризиків і можливостей	80
Висновок		83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПЛК – програмований логічний контролер,

АСР – автоматична система регулювання,

АСК – автоматична система керування,

ОК – об'єкт керування,

САР – система автоматичного регулювання,

ТОК – технологічний об'єкт управління

ВСТУП

Офіс – приміщення, в якому розташована велика кількість обчислювальної техніки та одночасно перебуває велика кількість людей.

Свіже і чисте повітря дозволяє персоналу краще себе почувати, люди стають більш енергійними і працездатними. Воно же допомагає електронним приладам і матеріалам підтримувати працездатність довгий час. Однак в офісі не завжди присутнє якісне повітря, часто існують такі проблеми:

- підвищена концентрація вуглекислого газу;
- підвищена або знижена вологість;
- надто низька або висока температура
- застій неприємних запахів;

Все це безпосередньо впливає на почуття людей і стан матеріалів. З давнини і до недавнього часу вентиляція забезпечувалася в основному природним шляхом, приплив свіжого повітря - через вікна і двері, а витяжка - через канали в стінах. В останні роки, коли внаслідок подорожчання теплоносіїв приміщення максимально ущільнюються і герметизуються для зменшення тепловтрат, приплив свіжого повітря дуже малий, а при його відсутності природна витяжка фактично працювати не може.

Саме для вирішення цих проблем і створюють систему вентиляції і кондиціонування повітря. Такі системи скликані зберегти необхідний мікроклімат у приміщеннях.

Матеріали дисертаційного дослідження опубліковані на конференції: XIX Міжнародна науково-практична «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики»

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ

1.1 Сучасний стан галузі

Кондиціонування комерційних приміщень - це створення в автоматичному режимі певних нормативів для повітря (вологості, температури) всередині будівель, складів і виробництв. Кліматичні системи для виробничих приміщень включають комплексне забезпечення приміщень вентиляцією і кондиціонуванням, дозволяють встановити відразу кілька правил і режимів.

Системи кондиціонування промислових приміщень мають деякі відмінності від промислових систем. Вони розробляються індивідуально для кожного приміщення з урахуванням особливостей будівництва та призначення простору. Все обладнання для підтримки мікроклімату поділяється на такі групи:

- Домашнє господарство;
- Напівпромисловий;
- Промислове.

У першу групу входять усі пристрої, які встановлюються для роботи у приміщеннях площею до $(70 - 100) \text{ м}^2$. Це можуть бути продуктові магазини, малі торгові центри чи офіси. Зазвичай є правило встановлювати спліт-системи та мульти-спліт-системи потужністю до 10 кВт.

До другої групи систем відносяться всі системи потужністю понад 10 кВт. Це каналні, колонні, касетні та інші типи кондиціонерів. Їхня потужність становить $(10-15) \text{ кВт}$. Площа покриття може сягати 400 м^2 . Ці типи кондиціонерів найчастіше встановлюються в офісах.

У третю групу входять промислові системи вентиляції та кондиціонування. Це системи кондиціонування понад $(20-25) \text{ кВт}$. Можна виділити мультизональні серії VRF і VRV, центральні системи кондиціонування, чіллер-фанкойли, прецизійні та інші типи кондиціонерів. Ці типи кліматичних систем обслуговують офісні будинки, спортивні комплекси, торгові центри, адміністративні приміщення.

В наш час існує безліч видів кондиціонування для великих приміщень:

- Мультиспліт-системи;
- Мультизональні VRF-системи кондиціонування;
- Система чиллер фанкойл;
- Дахові кондиціонери;
- Приточно-витяжна система з рекуперацією тепла.

Усі ці системи мають ряд недоліків і переваг.

Виокремлюють такий ряд недоліків:

- Найдаальші частини приміщення, найчастіше, погано опалюються або охолоджуються;
- Погане кондиціонування приміщення;
- Регулятори орієнтуються по одній контрольній точці – датчик температури біля кондиціонера;
- Велика витрата електроенергії;
- Низький рівень інформативності системи та затримки при передачі даних;

Вище перераховані недоліки спонукають до створення нової приточно-витяжна система з рекуперацією тепла з додатковими каналами інформації.

1.2 Опис технологічної схеми об'єкту управління

Об'єктом управління є припливно-витяжна система з рекуперацією для офісної будівлі (Рисунок 1.1). Офіс являє собою приміщення розмірами 2500 метрів квадратних висотою 3 метри. Для створення нормальних умов праці персоналу приміщення розділяється на 10 зон, де підтримується необхідний мікроклімат.

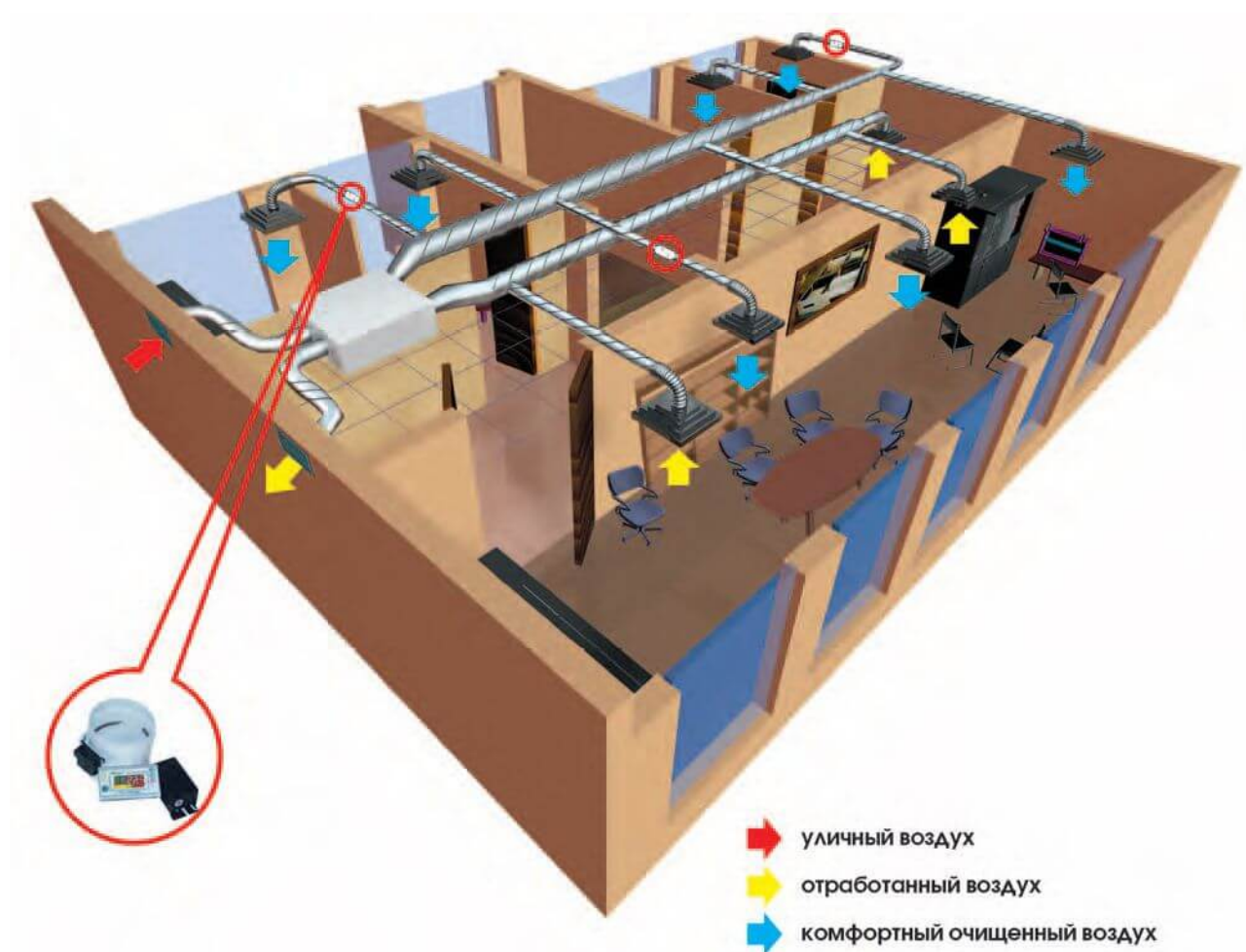


Рисунок 1.1 – мультизональна система кондиціювання

Повітря з вулиці подається через приточний повітропровід, проходячи очищаючий фільтр. Далі повітря проходить через рекупераційну пластину, де частина тепла утилізується і поступає до відповідних зон будівлі крізь патрубки, попередньо нагріваючись або охолоджуючись водяним калорифером або ККБ. Все повітряне навантаження залишається на системі вентиляції (Рисунок 1.2):

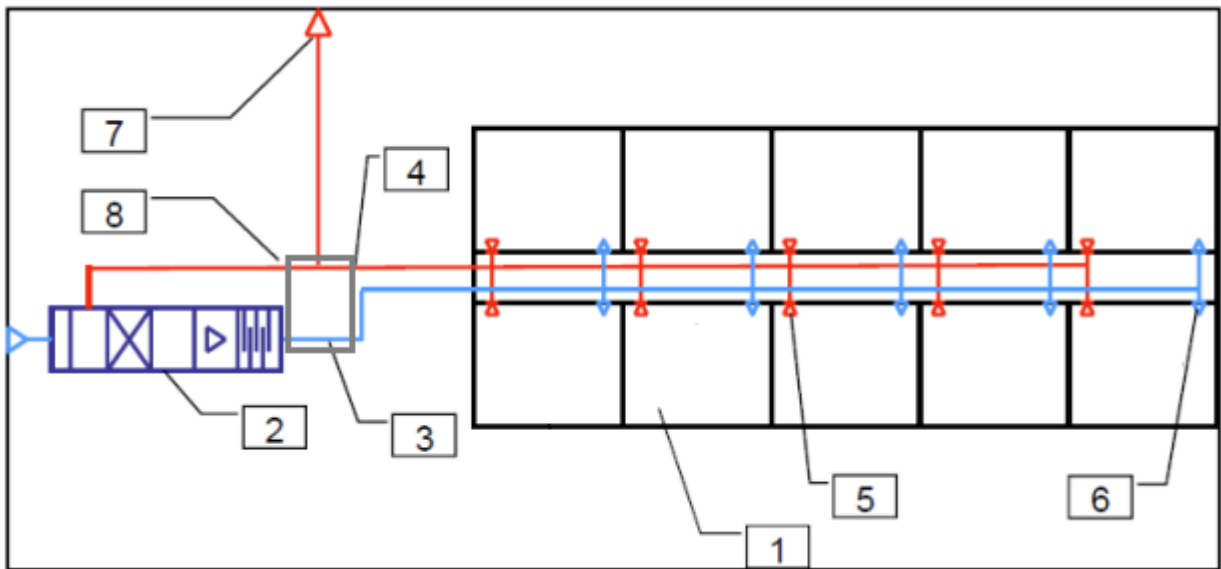


Рисунок 1.2 – Схема багатозональних систем кондиціювання

1. Кондиціоноване приміщення;
2. Система вентиляції;
3. Припливний повітропровід;
4. Витяжний повітропровід;
5. Повітря, що видаляється;
6. Припливне повітря;
7. Відпрацьоване повітря;
8. Рекуперація;

Таблиця 1.1 Технічні характеристики

Номінальний параметр	Одиниці вимір.	Номінальне значення	Діапазон вимірювання
Температура повітря з вулиці	°C	22	-30...+50
Температура зворотного теплоносія нагрівача	°C	+50	0...+75
Захист від обмерзання калорифера	°C	+5	-13...+18
Температура повітря після водяного нагрівача або ККБ	°C	20	+22...+30
Температура у зонах	°C	20	+22...+24
Вологість повітря у зонах	%	60	(60-70)
Вологість повітря після зволожувача	%	70	(60-70)

1.3 Загальна постановка задачі

Очікується, що впровадження системи кондиціонування повітря призведе до позитивних технічних, економічних та соціальних результатів. Зокрема, встановлення автоматизованої системи дозволить скоротити робочу силу, підвищити якість роботи установки тощо.

Існує ряд вимог, які необхідні для функціонування АСУ.

- Повинна бути забезпечена сумісність датчиків, контролерів і регульованих клапанів, а також відповідного програмного забезпечення, взаємопов'язаного з цією АСУ;
- Автоматизована система повинна бути гнучкою в модернізації та розширенні з урахуванням майбутніх перспектив;
- Система повинна мати контроль за правильністю роботи автоматизованих функцій, а також за типом і причинами порушень нормального функціонування АСУ;
- Заходи повинні бути сплановані та забезпечені для захисту від дій персоналу, які можуть спричинити аварійну ситуацію установки або системи управління.

Необхідно розробити систему, яка включає:

- Мнемосхема, що відображає технологічний процес, стан засобів вимірювальної техніки, сигналізації.
- Моніторинг технологічних параметрів: температури, вологості тощо.
- Вікно алармів, яке з'являється в аварійній ситуації і вимагає підтвердження оператора.
- Алгоритми сигналізації, блокування та захисту, які перевіряються, коли значення параметрів перевищують допустимі межі.
- Аналіз технологічних параметрів системи у вигляді поділу на зони:
- зелений - система працює в штатному режимі, показники вимірювання на номінальному значенні;

- жовта зона - потрібно звернути увагу на систему, значення вимірювання в межах допусків;
- червона зона – система знаходиться в аварійному стані, показники вище допустимих відхилень, оператор повинен негайно вжити заходів щодо ліквідації аварійної ситуації.
- Вікно налаштувань параметрів формування кожної зони: величина відхилень та їх кількість;
- Вікно, що показує тренди основних технологічних параметрів: температура, вологість та інші;
- Вікно архівованих даних, в якому зберігається список надзвичайних ситуацій за певний період часу, а також повідомлення від майстра.
- Вікно авторизації, яке контролює доступ до програми та права користувача.

2 ОПИС ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ

2.1 Отримання моделі об'єкту управління

На Рисунок 1.2 показана схема роботи мультизональної системи кондиціонування. Принцип роботи даної системи заснований на перенесенні теплової енергії з охолоджуваного або нагрітого повітря зони у зони офісу, або іншими словами на перенесення холоду з вулиці в кондиціонер приміщення. Функцію передачі теплової енергії виконує термодинамічний процес, що протікає всередині холодильного контуру вентиляційної системи.

Для створення нормального повітря та мікроклімату в офісі необхідно забезпечити підготовку цього самого повітря. Треба забезпечити якісну вентиляцію, фільтрацію повітря та функціонування терморегуляторів.

Сучасні системи вентиляції оснащуються таким приладами:

- повітропроводи та патрубки;
- теплообмінник(пластинчастий рекуператор)
- фільтри – для очищення;
- вентилятори – для нагнітання повітря;
- нагрівач(водяний калорифер);
- охолоджувач(ККБ);
- зволожувач.

Якщо припливно-витяжна система вентиляції не працює, вентиляційні канали необхідно закрити повітряними заслінками, на яких встановлені виконавчі механізми з пружинним стопорним механізмом.

Утилізація тепла досягається за рахунок пластинчастого рекуператора, який встановлюється для економії електроенергії, а також нагріває повітря вихлопними газами.

Повітря нагрівається калорифером, який використовує теплоносій із водопровідної мережі. Температура повітря регулюється шляхом змішування рідини, що охолоджує, на вході з охолоджувальною рідиною на виході.

У жарку пору року в охолодній секції офісу є секція, за яку відповідає компресорно-конденсаторний агрегат (ККБ), він включається при високих температурах в приміщенні і слугує тепловим насосом у системі, транспортуючи тепле повітря.

АСУ припливно-витяжної вентиляції працює в режимах «Зима» та «Літо» відповідно, перший контур працює на нагрівання повітря, а другий – на охолодження.

Нагнітання повітря здійснюється синхронно працюючими припливно-витяжними вентиляторами, встановленими на повітроводах припливного та витяжного повітря. Витрата повітря регулюється частотними перетворювачами з вентиляторним керуванням. Після усунення несправності встановлюються реле падіння тиску, коли це падіння менше заданого, ПЛК отримує сигнал, що вказує, коли вентилятор несправний.

На трубі, що подає повітря, очищення повітря і на вихлопній трубі перед витяжним вентилятором встановлюються фільтр перед калорифером і вентилятором. В системі кондиціонування для аналізу стану технологічного процесу було обрано наступні параметри з їх верхньою межею:

1)Перепад тиску на фільтрах:

- Верхня границя 150Па;

2)Перепад тиску на вентиляторах:

- Верхня границя 150Па;

Також в системі наявні пожежні датчики

2.2 Призначення і функції створюваної системи

Введення в дію АСУ повинно призводити до корисних технікоекономічних, соціальних або інших результатів. Зокрема, впровадження автоматизованої системи дозволить домогтися зниження кількості обслуговуючого персоналу, підвищення якості функціонування об'єкта і т.д.

Розглянемо ряд загальних вимог, які висуваються до АСУ.

По-перше, повинна бути забезпечена сумісність елементів один з одним, а також з автоматизованими системами, взаємопов'язаними з даною АСУ.

Автоматизована система має бути гнучка до модернізації і розширення з урахуванням майбутніх перспектив.

В АСУ повинні бути передбачені контроль правильності виконання функцій, що автоматизуються і діагностування із зазначенням місця, виду та причини виникнення порушень правильності функціонування системи.

Мають бути передбачені заходи захисту від дій персоналу, що можуть стати причиною аварійного стану об'єкта або системи управління, від випадкових змін і руйнування програм, а також від несанкціонованого витоку інформації.

2.3 Вимоги до реалізації функцій системи управління об'єктом

2.3.1 Вимоги до розробки програмно-технічного комплексу автоматизації

До даного об'єкту висуваються наступні вимоги:

- зниження ймовірності помилки при появі передаварійної ситуації через людський фактор;
- підвищення надійності та якості роботи приладів;
- розробка більш економічної системи;
- більш комфортна праця обслуговуючого персоналу;

2.3.2 Нормативні вимоги до ПТКЗА

- ДСТУ 2709-94 «Метрологія. АСК ТП. Метрологічне забезпечення».
- ДСТУ 4134-2002 «Канали вимірювальні вимірювальних інформаційних систем та автоматизованих систем керування технологічними процесами».
- ІЕС - 61131-2 «Вимоги до обладнання і тестування».
- ІЕС - 61131-3 «Мови програмування для ПЛК».
- ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»

2.3.3 Вимоги до реалізації функцій автоматизації

До функцій автоматизації висуваються наступні вимоги:

- можливість до масштабування;
- контролер, орієнтований на системи вентиляції;
- сучасні датчики, сумісні з входами\виходами ПЛК

2.3.4 Вимоги до інтерфейсів та протоколів

При передаванні інформації по каналах зв'язку повинні використовуватись інтерфейси та протоколи обміну, що забезпечують перешкодостійке кодування, захист від похибок та їх виявлення, цілісну доставку інформації.

2.3.5 Вимоги до ведення архіву та форми звітів подій, спрацювань технологічного захисту, сигналізації та блокування

Необхідно записувати та архівувати значення параметрів процесу, а також при отриманні запиту має бути можливість надання архівної інформації у вигляді таблиць, графіків або звіту за певний період з можливістю подальшого оброблення. Захист, сигналізація та блокування у вигляді спливаючих вікон, що привертають увагу оператора відповідним звуковим сигналом та інформацією, після чого оператор може прийняти правильне рішення.

2.3.6 Вимоги до забезпечення своєчасного оповіщення персоналу про нештатні події

Необхідна реалізація нештатних ситуацій в алгоритмі контролера та видача чіткої інформації, яка точно характеризує подію в аварійній формі зі звуком сирени/ревуна у SCADA системі відразу ж після її виникнення.

2.3.7 Вимоги до забезпечення техніко-економічних показників системи

Техніко-економічні показники забезпечуються введенням системи автоматизації, оскільки зменшується кількість персоналу, а отже і загальна сума заробітної плати, забезпечується робота обладнання в оптимальному режимі, що збільшує вироблення продукції та підвищення ККД, значне зменшення ремонтних робіт, надійність та захист приладів, своєчасна діагностика несправностей, зниження витрат пов'язаних з ремонтом парогенератору.

Термін окупності системи не перевищує 4 роки.

2.3.8 Вимоги до надійності функцій системи

До надійності виконання функцій системи автоматизації ставляться наступні вимоги:

- середнє напрацювання на відмову $T_{сер} > 1000$ год;
- середній час відновлення $T_v < 4$ год;
- коефіцієнт готовності $K_{гот} > 0.998$.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ

Повітря в офісах досить сухе. Це пояснюється вологістю повітря, яке поступає у приміщення з вулиці та матеріалами, з яких виконано обладнання та меблі.

Отже, щоб підтримувати нормальні умови в офісі необхідно змінювати кількість поступаючого повітря, а також зволожувати попередньо нагрівши або охолодивши його до потрібної температури.

При системи вентиляції основними критеріями є:

- забезпечення зменшення чисельності обслуговуючого персоналу;
 - зміна характеру та полегшення праці обслуговуючого персоналу;
- підвищення безпеки праці та надійності роботи обладнання.

3.1 Функціональна структура системи управління об'єктом

3.1.1 Технологічний контроль

Технологічний контроль за працею вент-установки здійснюється за допомогою ПК, де встановлена служба диспетчеризації, яка зв'язана з контролером. SCADA-система дозволяє відображати значення приладів, переглядати журнал алармів та вести архівування.

Передбачено контроль за такими параметрами:

- температура зовнішнього повітря;
- робота вентиляторів;
- засміченість фільтрів;
- значення температури водяного теплообмінника;
- температура припливного повітря;
- вологість припливного повітря;
- відкриття повітряних заслінок;
- відкриття триходового клапану;
- температура повітря в кожній зоні;
- вологість повітря в кожній зоні

Вимір температури на вулиці проводиться зовнішнім датчиком QAC2012 (поз. 1а), вимір вологості та температури припливного каналу вимірюється термогігрометром QFM2171(поз. 6а), температура зворотного трубопроводу калориферу вимірюється датчиком QAM2112.040(PT1000)(поз. 4а), для вимірювання температури в зонах використовується термогігрометр QFA2071(поз. 7а -16а), Для захисту від обмерзання обрано термостат FS2-U (поз.3а). Всі датчики мають вихідний аналоговий сигнал (4...20)мА.

Для контролю за засміченістю фільтрів, роботи вентиляторів та пластинчатому рекуператорі використовується реле перепаду PS-200(поз. 2а, 5а, 17а-19а).

Усі датчики зображені на наступних рисунках:



Рисунок 3.1 – датчик температури зовнішній QAC2012

QAC2012 має діапазон вимірювання (-50...70) °С.



Рисунок 3.2 – термогігрометр каналний QFM2171

QFM2171 має діапазон вимірювання для температури $(0...+50) ^\circ\text{C}$, а для вологості $(0...95) \%$.



Рисунок 3.3 – датчик температури на зворотного теплоносія QAM2112.040

QFM2171 має діапазон вимірювання для температури $(-50...+80) ^\circ\text{C}$



Рисунок 3.4 – термогігрометр в зонах офісу QFA2071

QFA2071 має діапазон вимірювання для температури $(0...+50) ^\circ\text{C}$, а для вологості $(0...95) \%$.



Рисунок 3.5 – термостат калорифера FS2-U

FS2-U має діапазон виміру $(-18...+13) ^\circ\text{C}$



Рисунок 3.6 – пресостат PS-200

Пресостат PS-200 має діапазон виміру (20...200)Па.

3.1.2 Автоматичне регулювання

Автоматизована система управління повинна підтримувати задані температуру і вологість, що поступає у приміщення у вигляді повітря, а також вести контроль за станом вентиляторів, заслінок і засміченістю фільтрів. Приточне повітря повинно мати температуру в межах 22-24 °С та вологість не менше 50-55%. Для цього і розроблюється дана система автоматизації, яка керує роботою синхронних вентиляторів, клапаном теплообмінника, ККБ та повітряних заслінок.

Система працює в двох режимах – Зима/Літо

У режимі «Зима» система виконує наступні функції:

- запуск контуру регулювання температури і вологості за допомогою водяного калориферу.

У режимі «Літо»:

- в залежності від температури зовнішнього повітря вмикається контур охолодження, тобто ККБ.

Незалежно від заданого режиму виконуються наступні функції:

- регуляція відбувається по температурі навколишнього середовища;
- проводиться контроль роботи вентиляторів і засмічення фільтрів;

- працює захист теплообмінника від заморожування;
- система відслідковує сигнал від системи пожежної безпеки.

При спрацюванні термостату захисту теплообмінника контролер вимикає вентилятори, закриває повітряні заслінки, повністю відкриває клапан водяного калориферу і включає його циркуляційний насос.

При аварійному стані вентиляторів або спрацюванні пожежної сигналізації система вимикається - закриваються заслінки, вимикаються вентилятори і зволожувач, закриваються клапани теплообмінників.

В якості приточно-витяжних повітряних заслінок на об'єкті було встановлено NF24A від компанії Belimo з часом повороту двигуна 75с, потужністю 10нм та з дискретним сигналом.



Рисунок 3.7 – виконавчий механізм NF24A

Повітряні засувки для подачі повітря в зони також були обрані від компанії Belimo – CM24-SR-R, які мають аналоговий вихідний сигнал (0...10)V, але мають потужність 2 нм.



Рисунок 3.8 – виконавчий механізм CM24-SR-R

Для регулювання трьохходового клапану калориферу було обрано LR24A-S з аналоговим сигналом (0...10)V та потужністю 5W.



Рисунок 3.9 – виконавчий механізм LR24A-S

Усі виконавчі механізми живляться напругою 24В.

Для керування вентиляторами встановлено частотні механізми VLT FC 51 від компанії «Danfoss». Вони має потужність 2,2 кВт та живиться однофазною

напругою 220 В змінного струму і мають частоту обертів 50Гц. Має аналогові та дискретні входи і виходи.



Рисунок 3.10 – частотний перетворювач VLT FC 51

В якості ПЛК було обрано Siemens S7-1200 з додатковими модулями розширення, який підтримує стандарт мов програмування у IEC 61131-3.

В якості аналога було розглянуто спеціалізований контролер Climatix C600 від Siemens, який встановлюється на вентиляційні системи та системи кондиціонування, але в якості програмного забезпечення у нього не можна використовувати TIA Portal.



Рисунок 3.11 – ПЛК від Siemens S7-1200

Вентиляційна система потребує багато додаткових входів та виходів, тому до основного модуля ПЛК додано ще модулі розширення, а саме:

- SM 1223, 16DI/16DO
- SM 1231, 8AI x2
- SM 1231, 4AI
- SM 1234, 4AI/2AO
- SM 1232, 4AO x3



Рисунок 3.12 – SM 1223



Рисунок 3.13 – SM 1231



Рисунок 3.14 – SM 1234



Рисунок 3.15 – SM 1232

3.1.3 Технологічна сигналізація і захист

Сигналізація необхідна для оповіщення операторів у випадку аварійних та передаварійних ситуацій. Для цього на щиті автоматизації встановлені сигнальні оповіщуючі лампи, а також сигналізація передається в складу систему. Під кожною лампою на щиті автоматизації знаходиться надпис, що вказує на місце аварії. Сигнали в систему технологічної сигналізації надходять від приладів, встановлених за місцем. Для зняття аварії необхідно оператору в службі диспетчеризації відмітити, про ознайомленість з аварією.

В якості аварійних ламп обрано M22-L-R Eaton.

Також в кожній зоні встановлена протипожежна сигналізація.

3.2 Розрахункова частина

3.2.1 Розрахунок налаштувань регулятора

В мультизональній АСК наявні 10 контурів регулювання для кожної зони окремо, один контур регулювання на ділянці після підігрівання калорифером, та передавальна функція температурних збурень ближчої зони.

Розглянемо тільки контур однієї зони офісного приміщення, а інші обраховується аналогічним чином.

Наразі маємо такі передавальні функції:

- ПФ після калориферу $W_1 = \frac{0,4 * e^{-2p}}{12p+1}$;
- ПФ першої зони офісу $W_2 = \frac{0,25 * e^{-60p}}{1730p+1}$;
- ПФ температурних збурень від другої зони $W_{збур} = \frac{0,12 * e^{-30p}}{1700p+1}$;

Таким чином в розглядуваній системі наявні два контури регулювання:

- одноконтурна система після нагрівача;
- одноконтурна-комбінована система в першій зоні офісу зі збуреннями від другої;

Розрахунок ПІ регулятора першої одноконтурної САУ методом РАФХ з $m=0,36$

$$W_1 = \frac{0,4 \cdot e^{-2p}}{12p+1}.$$

Створимо модель передавальної функції в середовищі matlab:

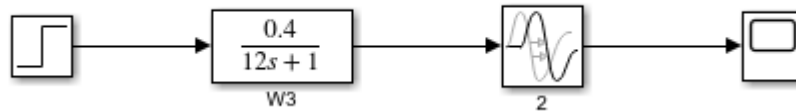


Рисунок 3.16 – модель передавальної функції

Далі побудуємо її перехідну характеристику:

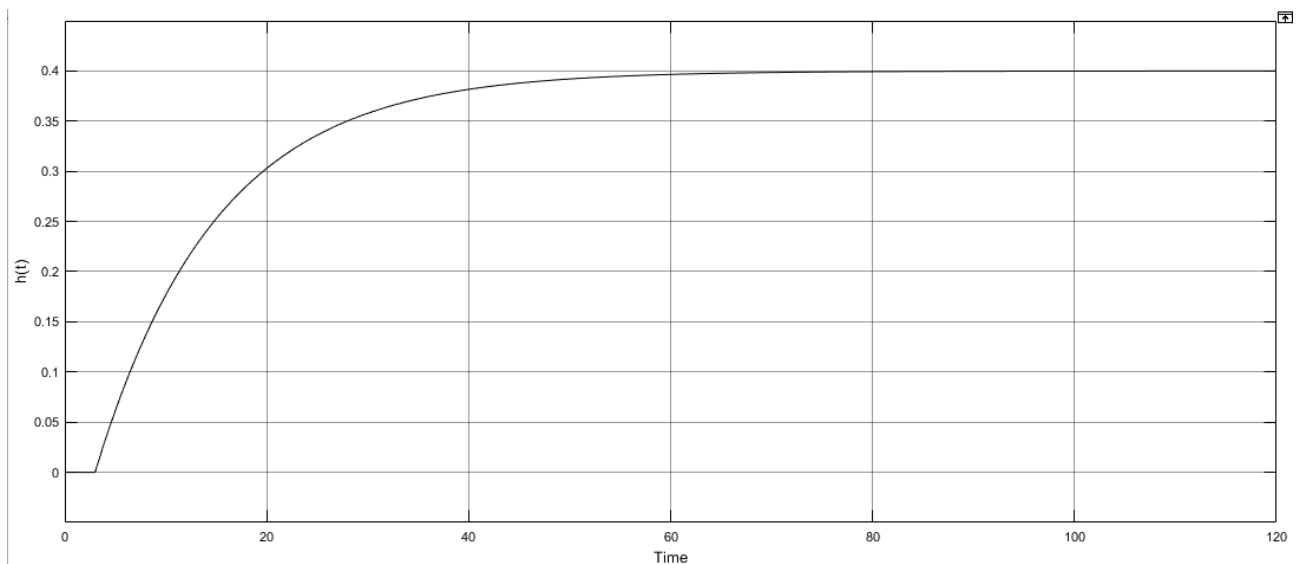


Рисунок 3.17 – перехідна характеристика одноконтурної системи

Для побудови РАФХ використовуємо формули для ПІ-регулятора:

$$K_P = -\frac{mQ_{os}(m, \omega) + P_{os}(m, \omega)}{A_{os}^2(m, \omega)}$$

$$K_H = -\omega(m^2 + 1) \frac{Q_{os}(m, \omega)}{A_{os}^2(m, \omega)},$$

де $K_H = \frac{K_P}{T_H}, A_{os}(m, \omega) = \sqrt{P_{os}^2(m, \omega) + Q_{os}^2(m, \omega)}$

Код м-файлу:

```
m=0.36;
w=0:0.0001:1.009;
p=w*(1i-m);
W=(0.4.*exp(-2.*p))./(12.*p+1);
```

```

Re=real(W);
Im=imag(W);
Kp=-(m.*Im+Re)./(Im.^2+Re.^2);
Ki=-w.*(m.^2+1).*Im./(Im.^2+Re.^2);
plot(Kp,Ki,'-b');
hold on;
grid on;
ylabel('Ku');
xlabel('Kp');

```

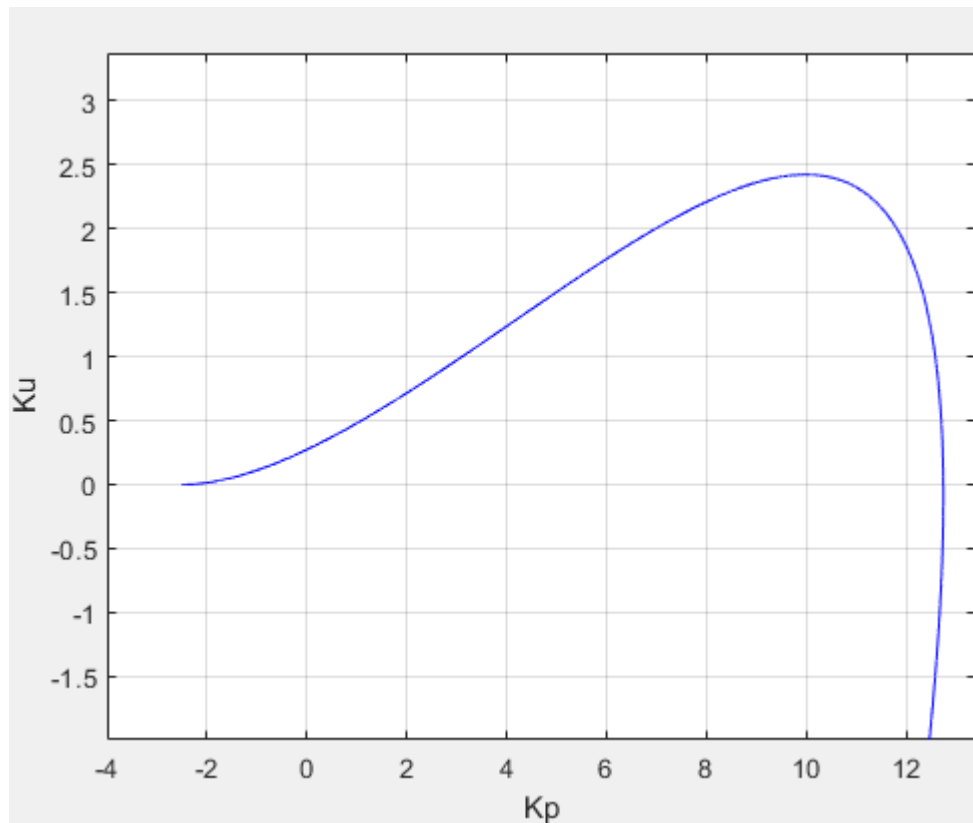


Рисунок 3.18 - Крива налаштувань K_p , K_i

Для ПІ-регулятора, обираємо точку, яка дорівнює $0,95K_i^{max} = 2,3 \frac{1}{c}$;
Значення k_{π} лежить правіше від максимуму, виходить $k_{\pi} = 11,2 \frac{^{\circ}C}{\%PO}$; $Ti = 4,86c$.

Побудуємо перехідні характеристики САУ:

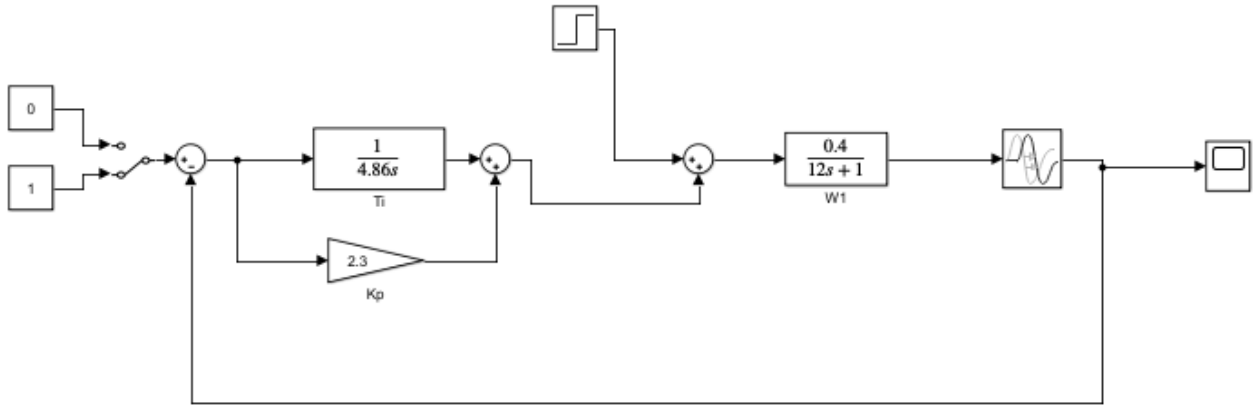


Рисунок 3.19 – модель в середовищі matlab

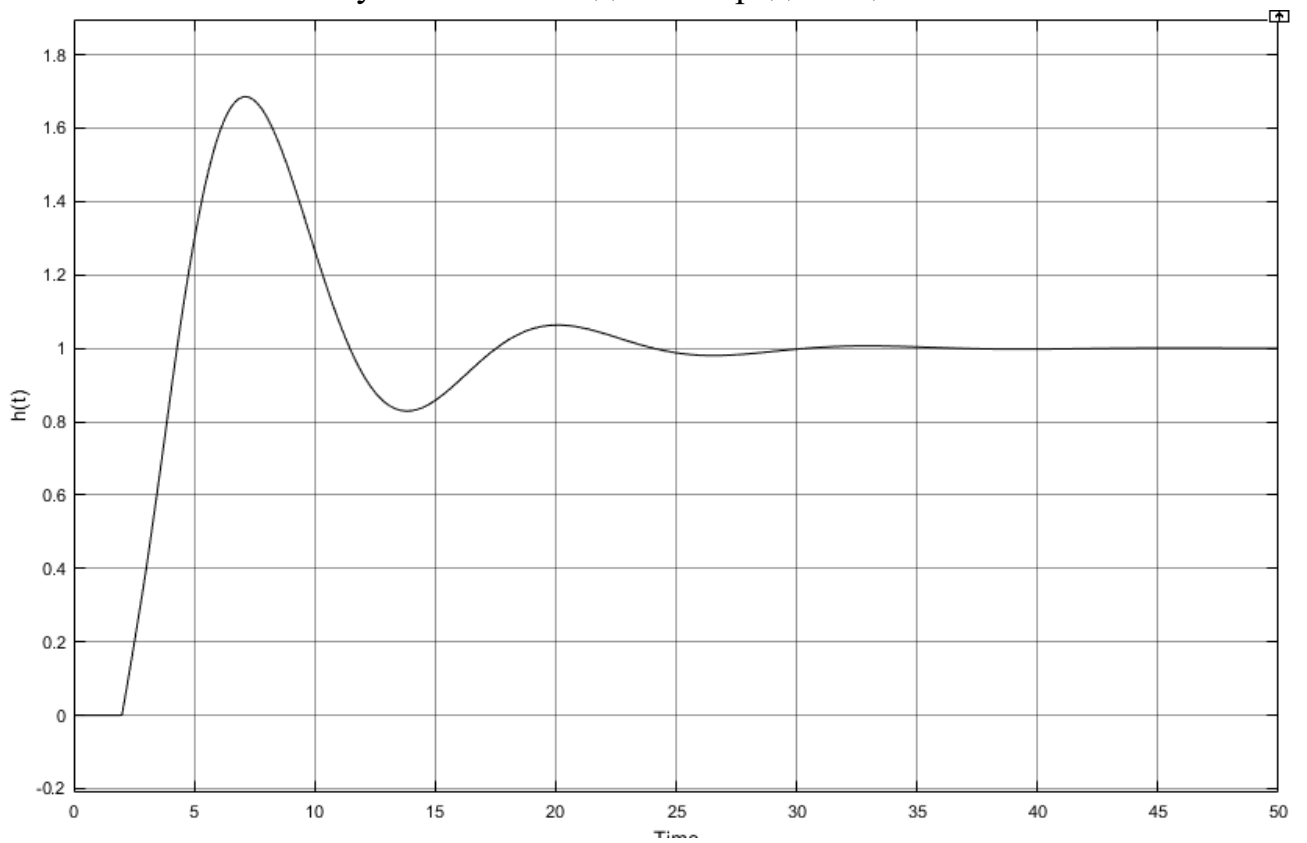


Рисунок 3.20 – Перехідна характеристика по каналу завдання-вихід

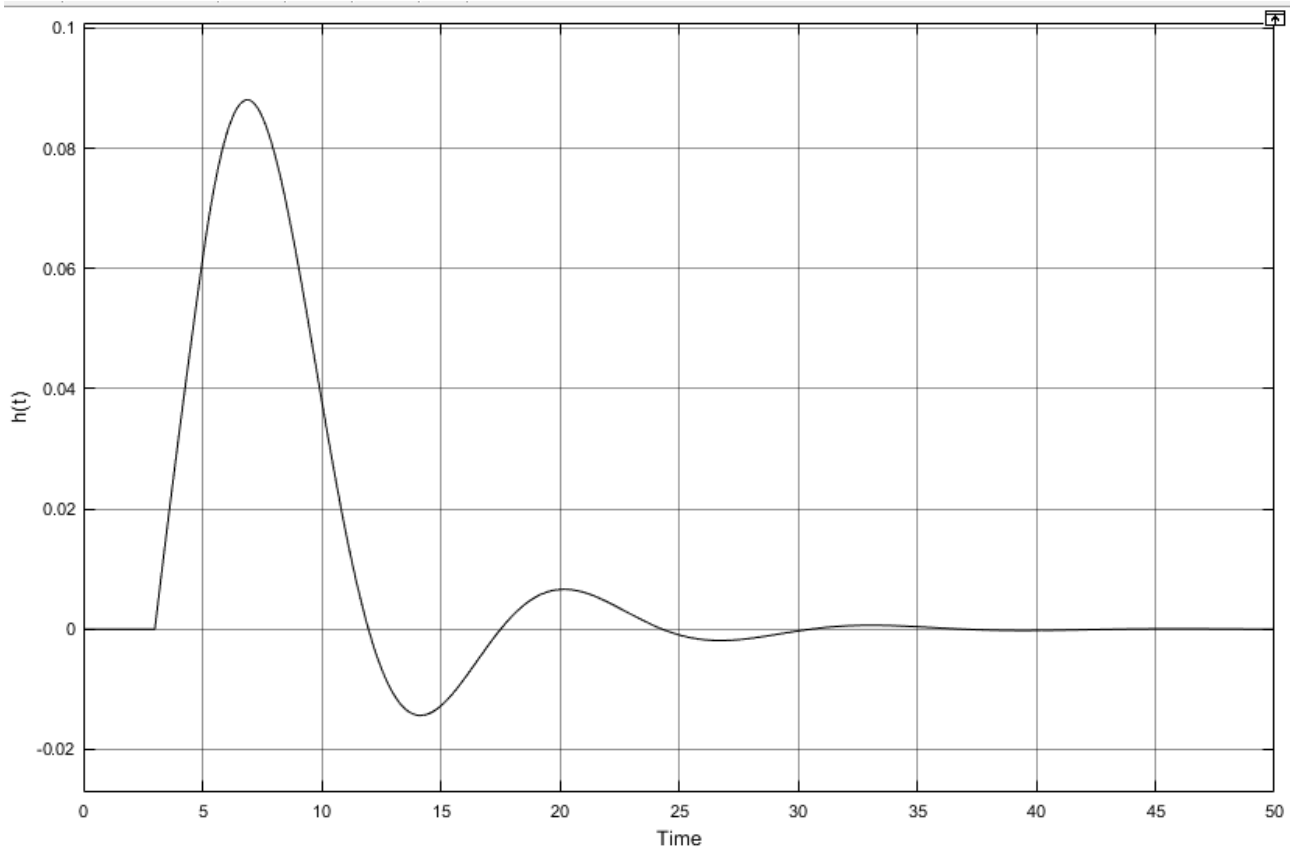


Рисунок 3.21 – Перехідна характеристика по каналу збурення-вихід

Розрахунок ПІ регулятора першої одноконтурної САУ експрес методом Callender et al.(1935/6) Model: Method 1:

Скористаємося формулами:

$$k_{\pi} = \frac{0,9 \cdot T}{K \cdot \tau} = \frac{0,9 \cdot 12}{0,4 \cdot 2} = 13,5 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{PO}};$$

$$Ti = 3,33 \cdot \tau = 3,33 \cdot 2 = 6,66 \text{ c}; k_u = 2,027 \frac{1}{\text{c}}$$

Отримаємо такі графіки перехідних процесів:

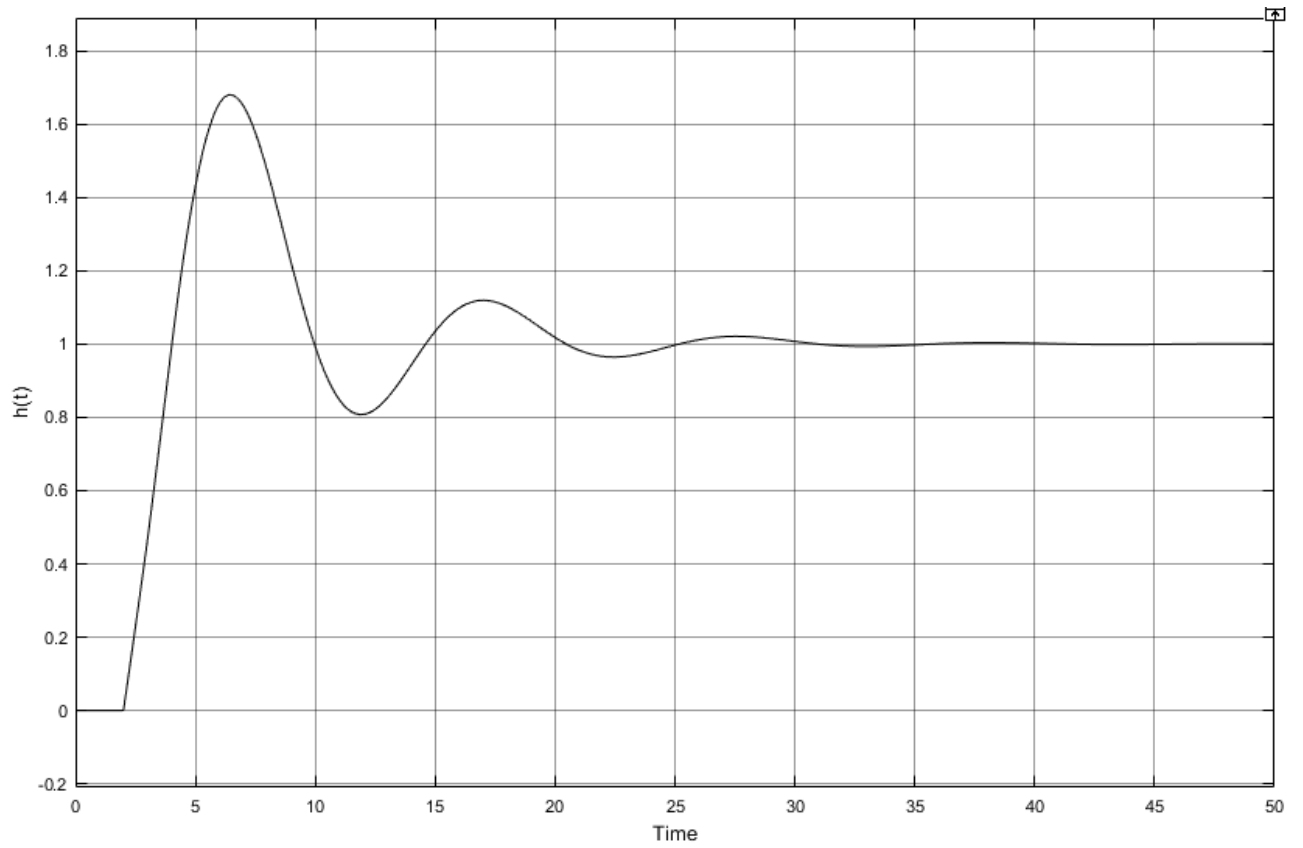


Рисунок 3.22 – Перехідна характеристика по каналу завдання-вихід

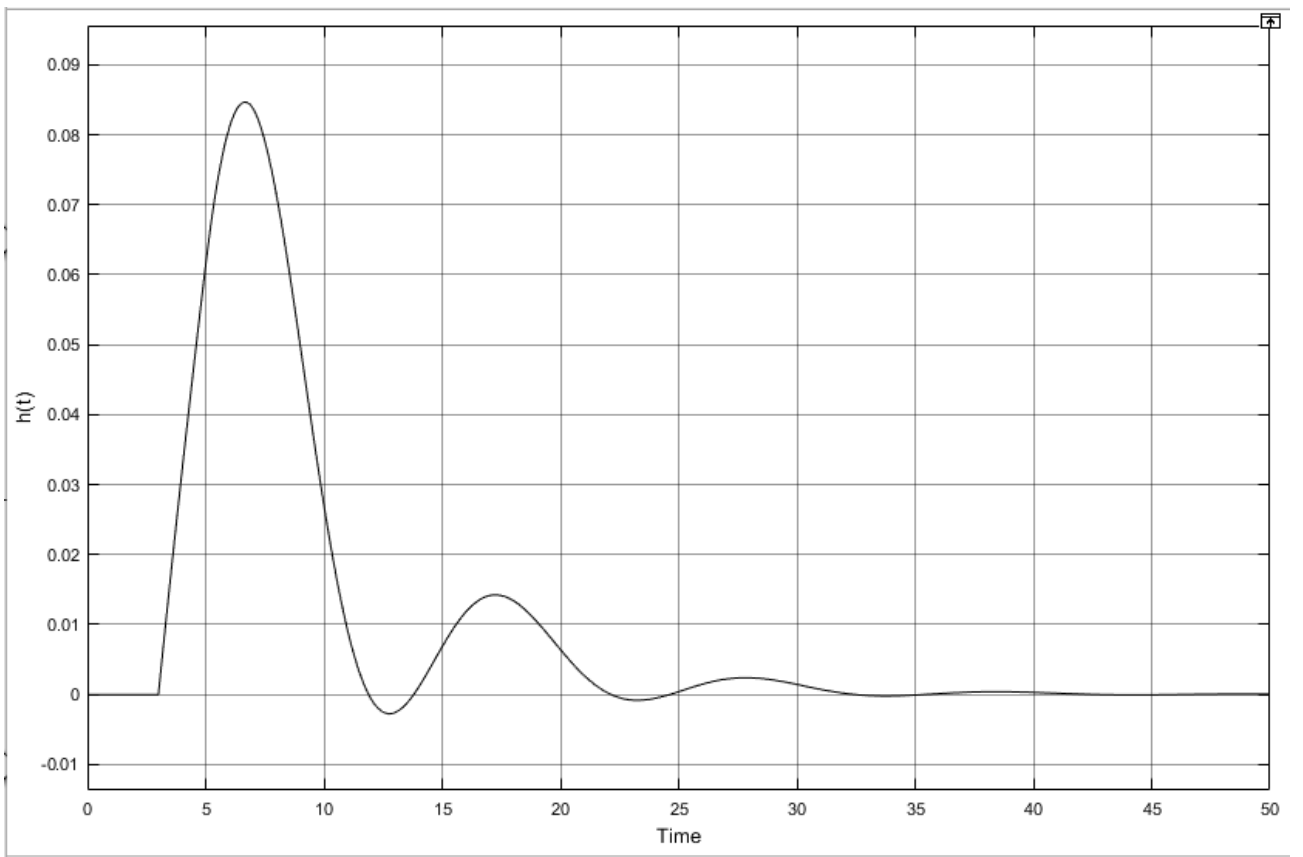


Рисунок 3.23 – Перехідна характеристика по каналу збурення-вихід

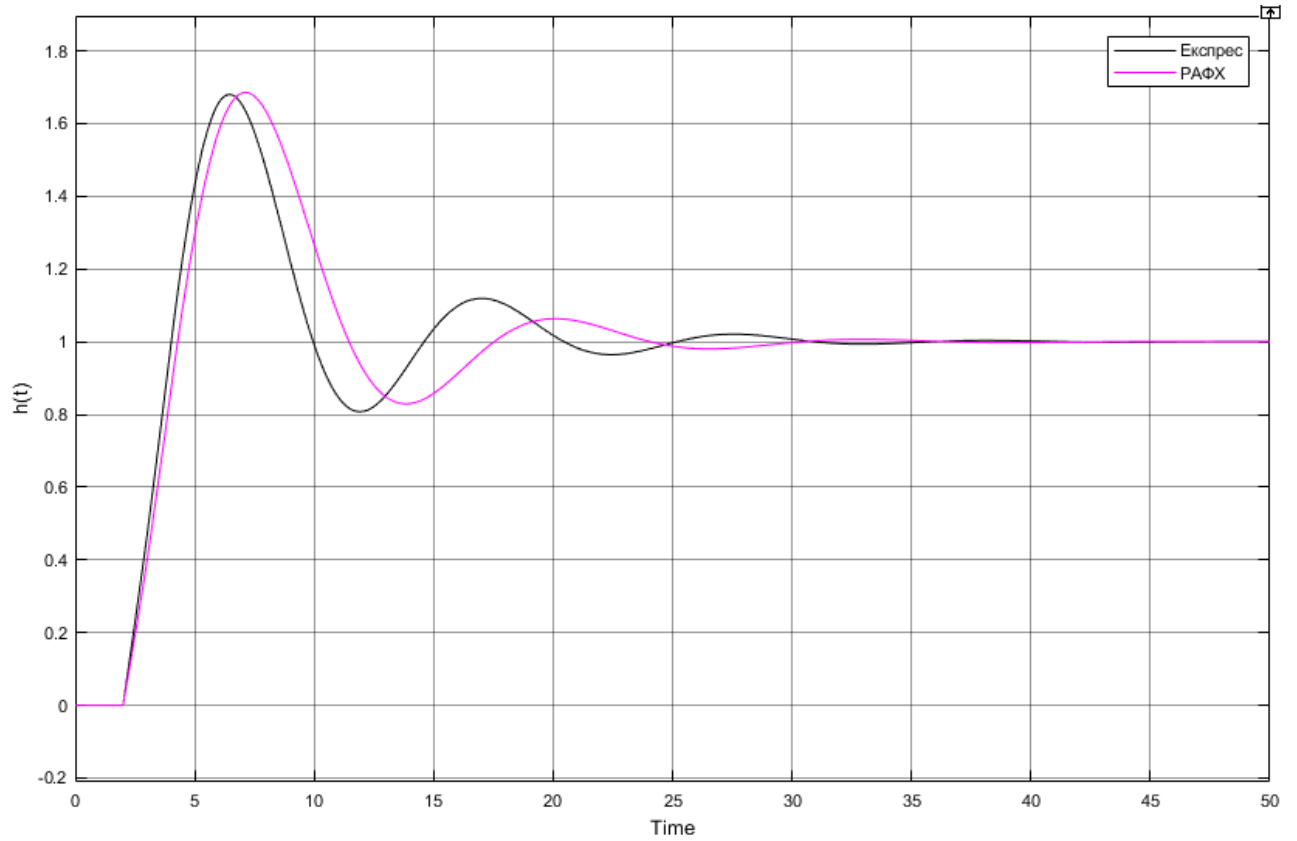


Рисунок 3.24 – порівняння по каналу завдання-вихід експрес та РАФХ методик

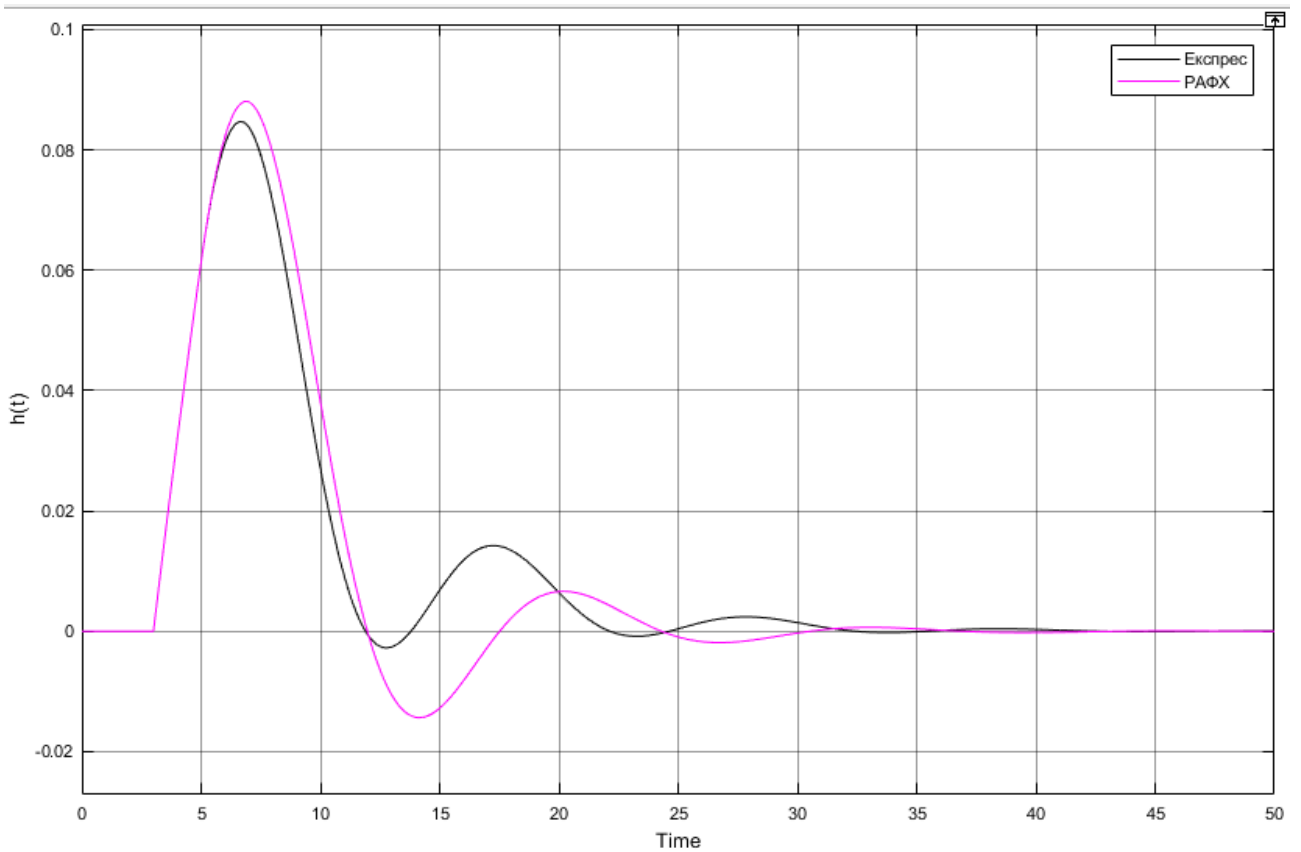


Рисунок 3.25 – порівняння по каналу збурення-вихід експрес та РАФХ методик

Таблиця 3.1 – порівняння по каналу завдання

Показник якості	Експрес	РАФХ
Макс. динамічне відхилення, %	0,68	0,685
Час регулювання, с	18	16
Степінь затухання	0,82	0,9
Перерегулювання, %	68	68.5

Таблиця 3.2 – порівняння по каналу збурення

Показник якості	Експрес	РАФХ
Макс. динамічне відхилення, %	0.085	0.088
Час регулювання, с	21	21
Степінь затухання	0.83	0.92
Перерегулювання, %	3	16

Розрахунок ПІ регулятора другої одноконтурної САУ методом РАФХ з $m=0,36$

$$W_2 = \frac{0,25 * e^{-60p}}{1730p + 1}$$

Створимо модель передавальної функції в середовищі matlab:

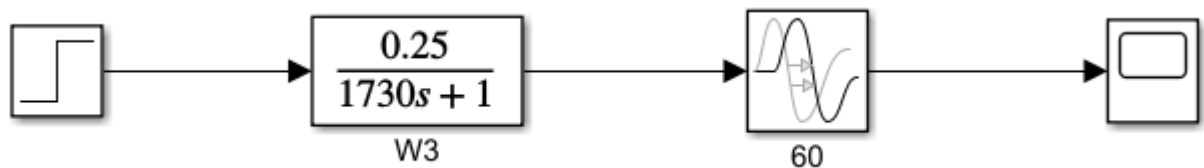


Рисунок 3.26 – модель передавальної функції

Далі побудуємо її перехідну характеристику:

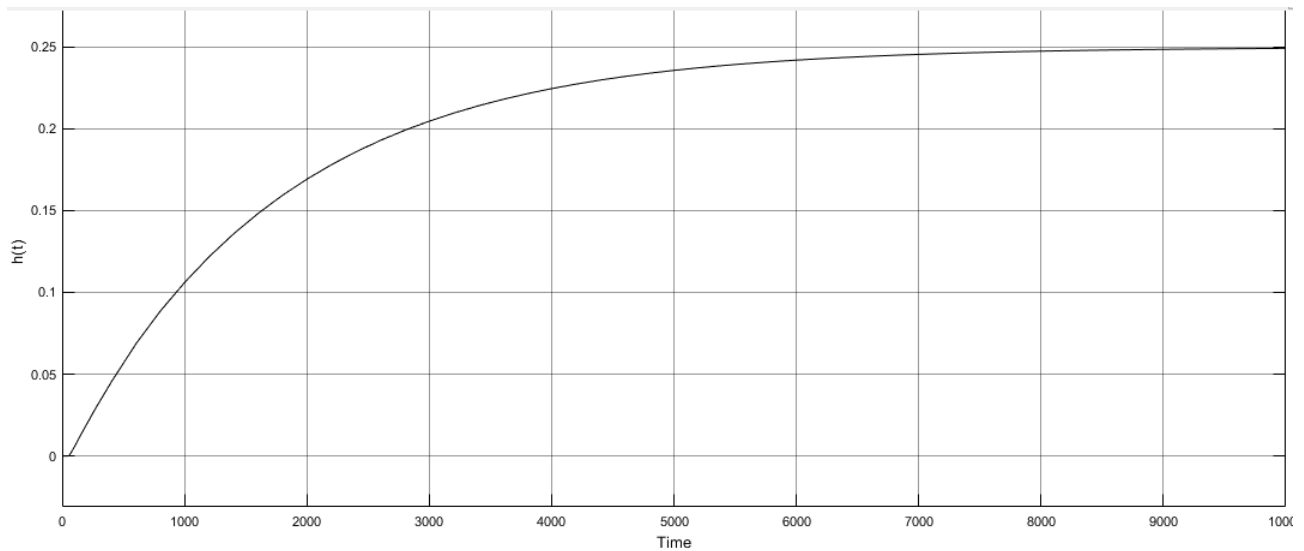


Рисунок 3.27 – перехідна характеристика одноконтурної системи

Для побудови РАФХ використовуємо вже зазначені формули для ПІ-регулятора:

$$K_P = -\frac{mQ_{os}(m, \omega) + P_{os}(m, \omega)}{A_{os}^2(m, \omega)}$$

$$K_H = -\omega(m^2 + 1) \frac{Q_{os}(m, \omega)}{A_{os}^2(m, \omega)},$$

$$\text{де } K_H = \frac{K_P}{T_H}, \quad A_{os}(m, \omega) = \sqrt{P_{os}^2(m, \omega) + Q_{os}^2(m, \omega)}$$

Код м-файлу:

```
figure;
w = 0:0.001:0.035;
m=0.36;
p=(1i-m).*w;
Wekv=(0.25.*exp(-60.*p))./(1730.*p+1);
A=imag(Wekv).^2+real(Wekv).^2;
Ki=(-w*(m^2+1).*imag(Wekv))./A;
K=(-(real(Wekv)+imag(Wekv).*m))./A;
plot(K,Ki,'k');
ha=gca;
ha.XAxisLocation = 'bottom';
ha.YAxisLocation = 'left';
grid on;
xlabel('\bf\fontsize{12} K');
ylabel('\bf\fontsize{12} Ki');
title('\bf\fontsize{12} Розрахунок ПІ регулятора');
```



Рисунок 3.28 – Крива налаштувань K_p , K_i

Для ПІ-регулятора, обираємо точку, яка дорівнює $0,95K_i^{max} = 0.45 \frac{1}{c}$;
Значення k_{pi} лежить правіше від максимуму, виходить $k_{pi} = 86 \frac{^{\circ}C}{\%PO}$; $Ti = 191c$.

Побудуємо перехідні характеристики САУ:

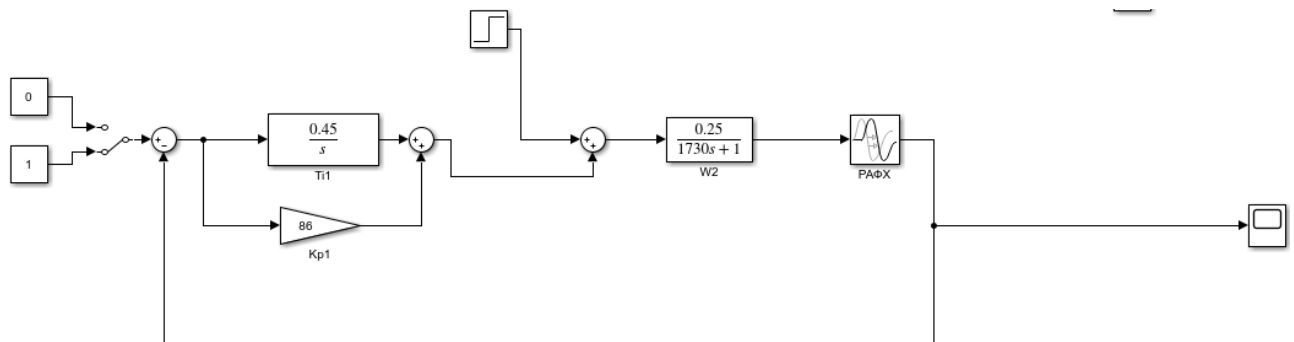


Рисунок 3.29 – модель в середовищі matlab

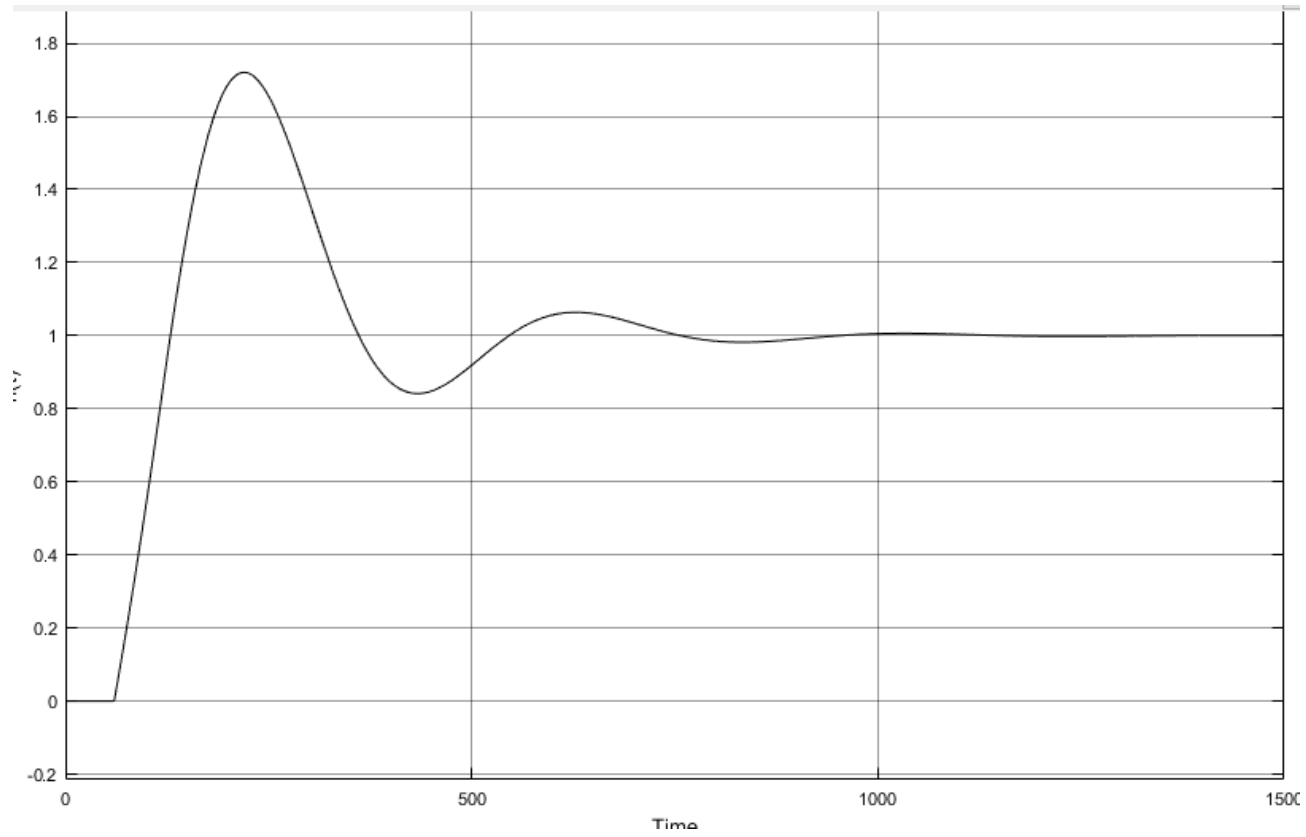


Рисунок 3.30 – Перехідна характеристика по каналу завдання-вихід

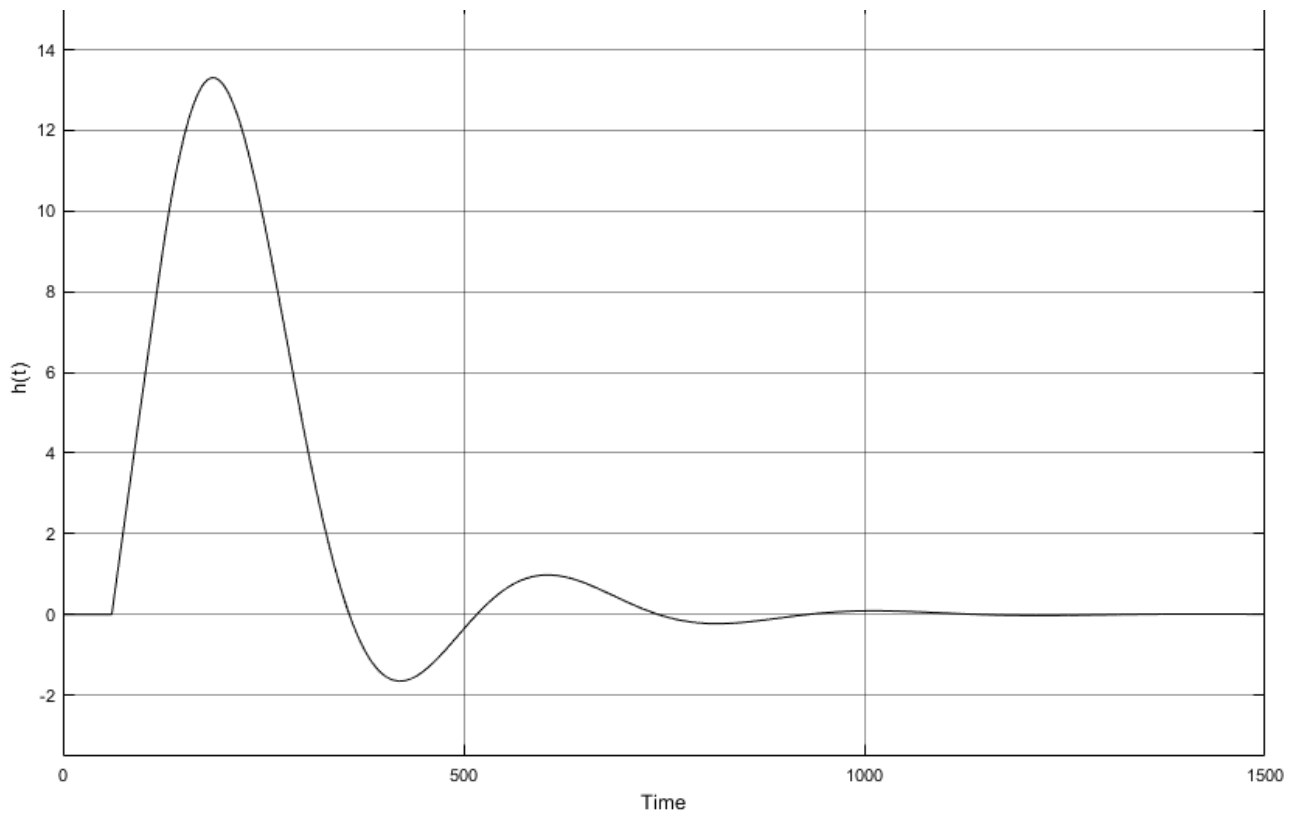


Рисунок 3.31 – Перехідна характеристика по каналу збурення-вихід

Розрахунок ПІ регулятора другої одноконтурної САУ експрес методом Callender et al.(1935/6) Model: Method 1:

Скористаємося формулами:

$$k_{\Pi} = \frac{0,9 \cdot T}{K \cdot \tau} = \frac{0,9 \cdot 12}{0,25 \cdot 60} = 103,8 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{PO}};$$

$$Ti = 3,33 \cdot \tau = 3,33 \cdot 60 = 199 \text{ c}; k_u = 0,52 \frac{1}{\text{c}}$$

Отримаємо такі графіки перехідних процесів:

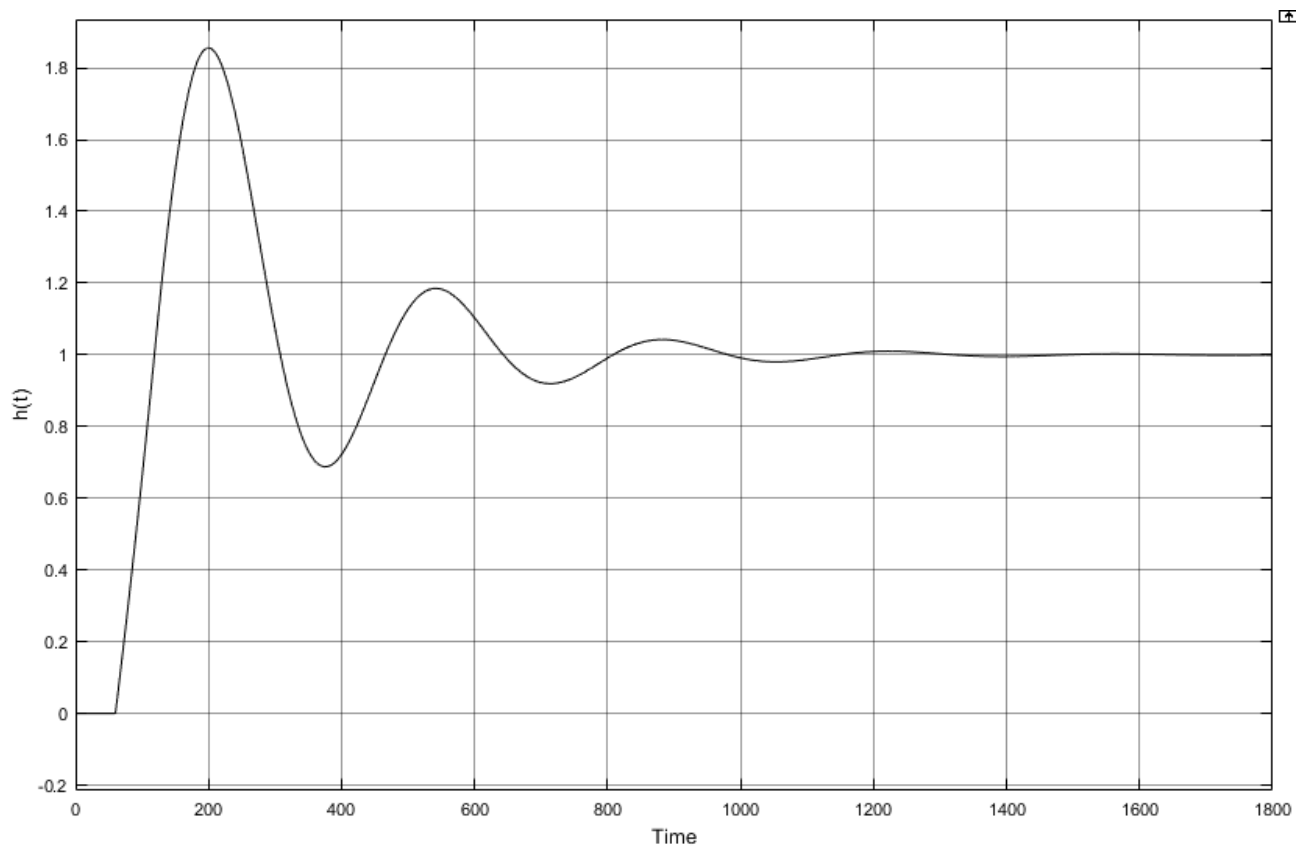


Рисунок 3.32 – Перехідна характеристика по каналу завдання-вихід

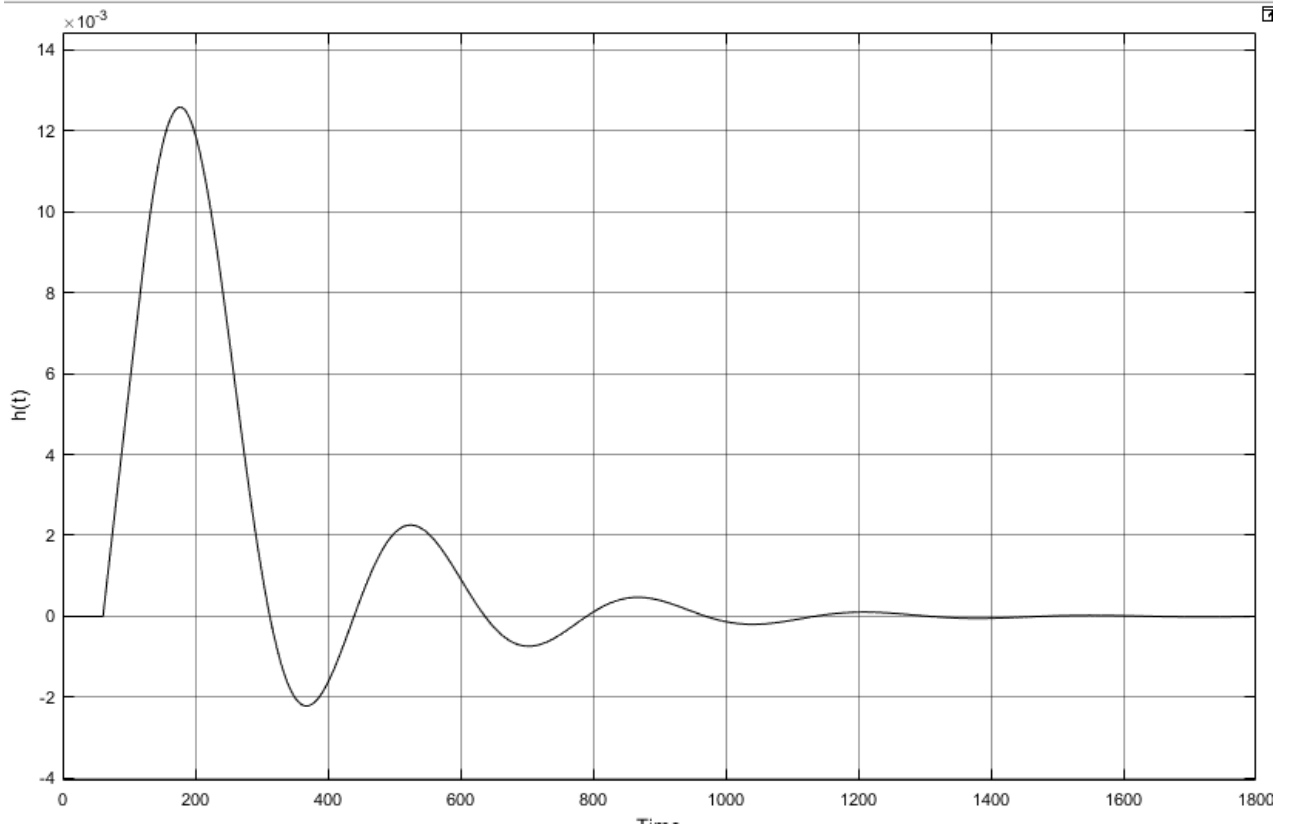


Рисунок 3.33 – Перехідна характеристика по каналу збурення-вихід

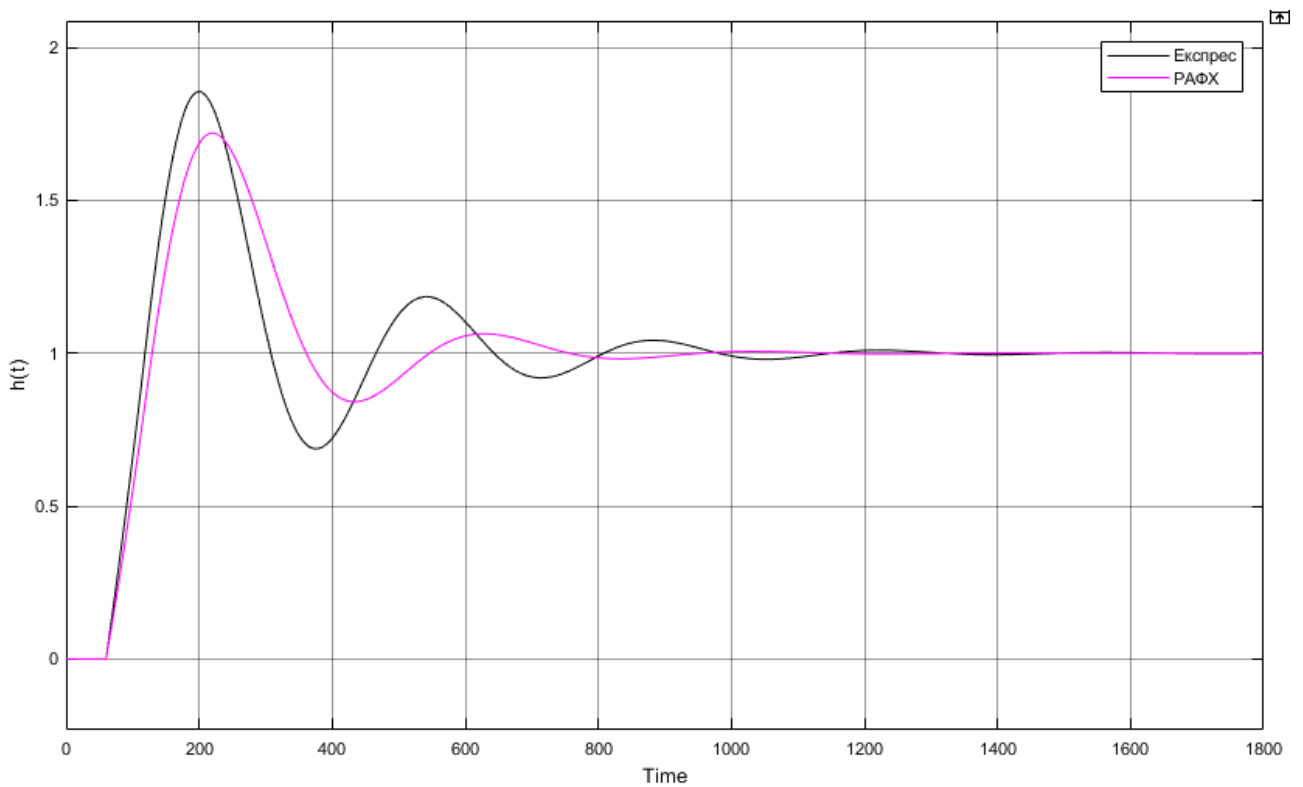


Рисунок 3.34 – порівняння по каналу завдання-вихід експрес та РАФХ методик

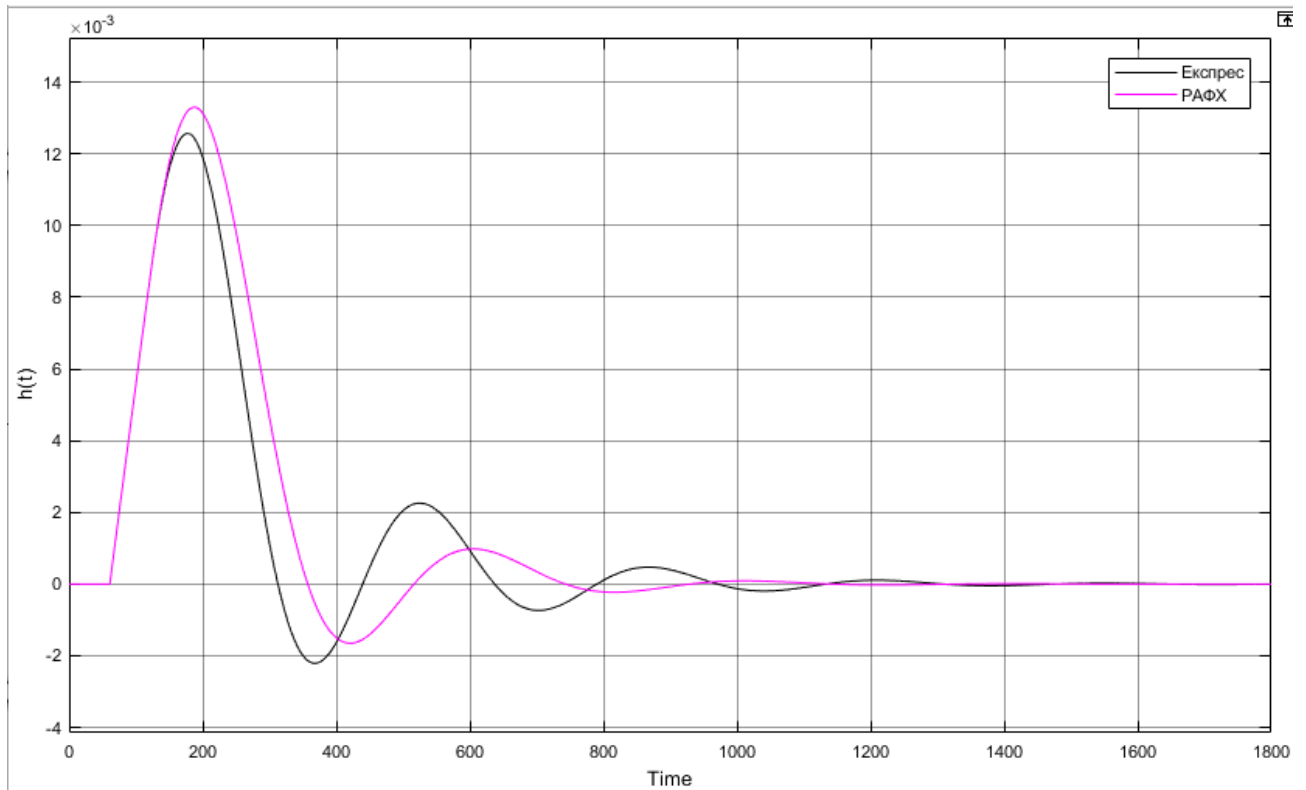


Рисунок 3.35 – порівняння по каналу збурення-вихід експрес та РАФХ методик

Таблиця 3.3 – порівняння по каналу завдання

Показник якості	Експрес	РАФХ
Макс. динамічне відхилення, %	0.85	0.72
Час регулювання, с	267	360
Степінь затування	0.88	0.91
Перерегулювання, %	85	72

Таблиця 3.4 – порівняння по каналу збурення

Показник якості	Експрес	РАФХ
Макс. динамічне відхилення, %	0.012	0.013
Час регулювання, с	730	675
Степінь затування	0.81	0.92
Перерегулювання, %	18	12

Так як в системі завдання(температура) є сталим значенням, то доцільно розглядати канал збурення-вихід. Отже для такої системи використання методу РАФХ є більш доцільним.

Отже $k_{\pi} = 86 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{PO}}; Ti = 191 \text{ с.}$

Розрахунок компенсатора.

На систему впливає збурення, що має передаточну функцію:

$$W_{\text{збур}} = \frac{0,12 * e^{-30p}}{1700p + 1}.$$

Змоделюємо об'єкт в Simulink(Рисунок - 1) та побудуємо його перехідну характеристику (Рисунок 3.36):

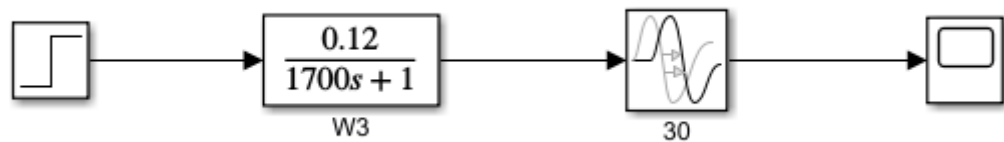


Рисунок 3.36 – Модель об'єкту у MATLAB Simulink

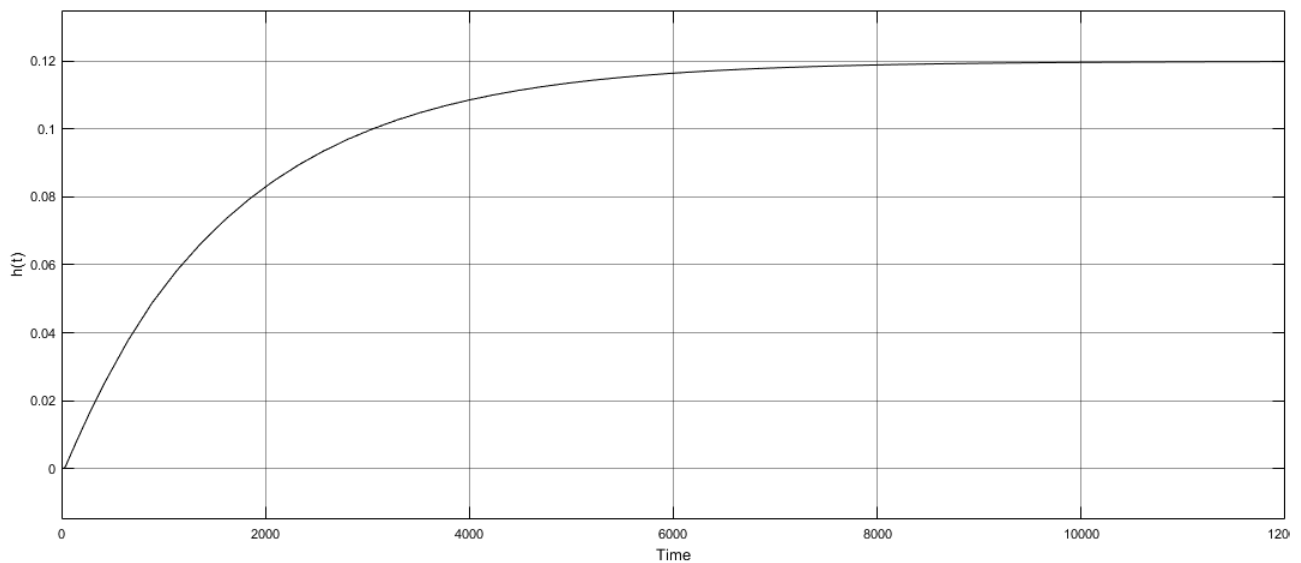


Рисунок 3.37 – Перехідна характеристика об'єкту керування

Дослідимо перехідні процеси САУ з ПІ – регулятором для отриманих параметрів налаштування регулятора методом з виведенням на границю стійкості по каналах завдання–вихід та збурення–вихід при наявності збурення.

Отримаємо таку модель:

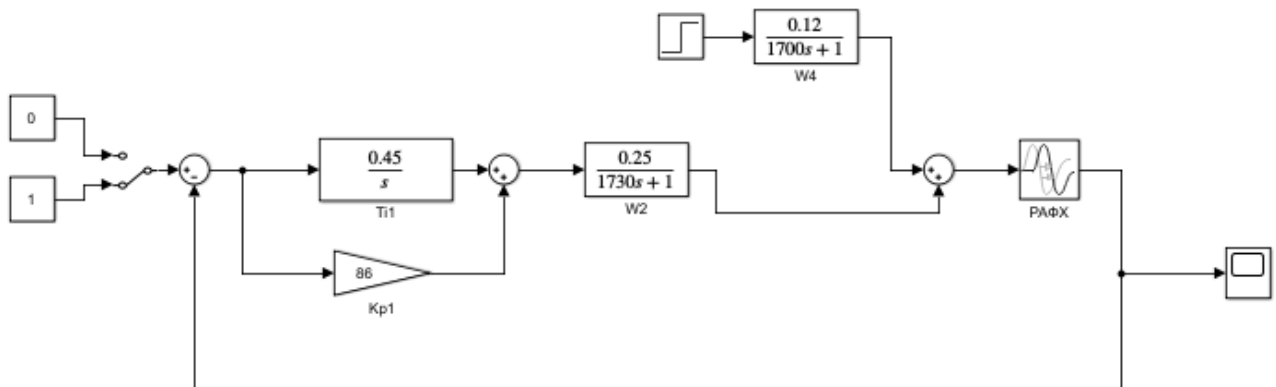


Рисунок 3.38 – Схема САУ по обом каналам

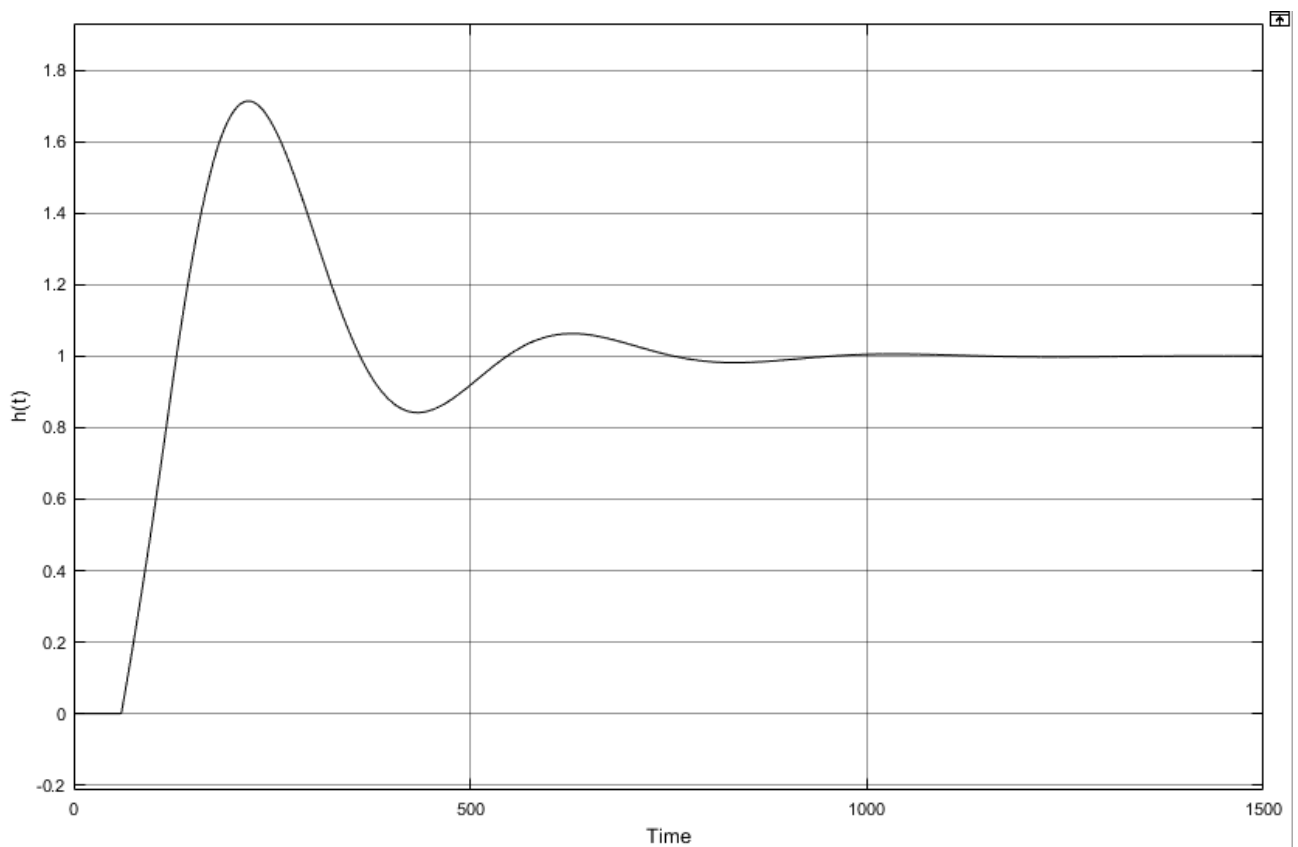


Рисунок 3.39 – Перехідна характеристика САУ по каналу завдання–вихід

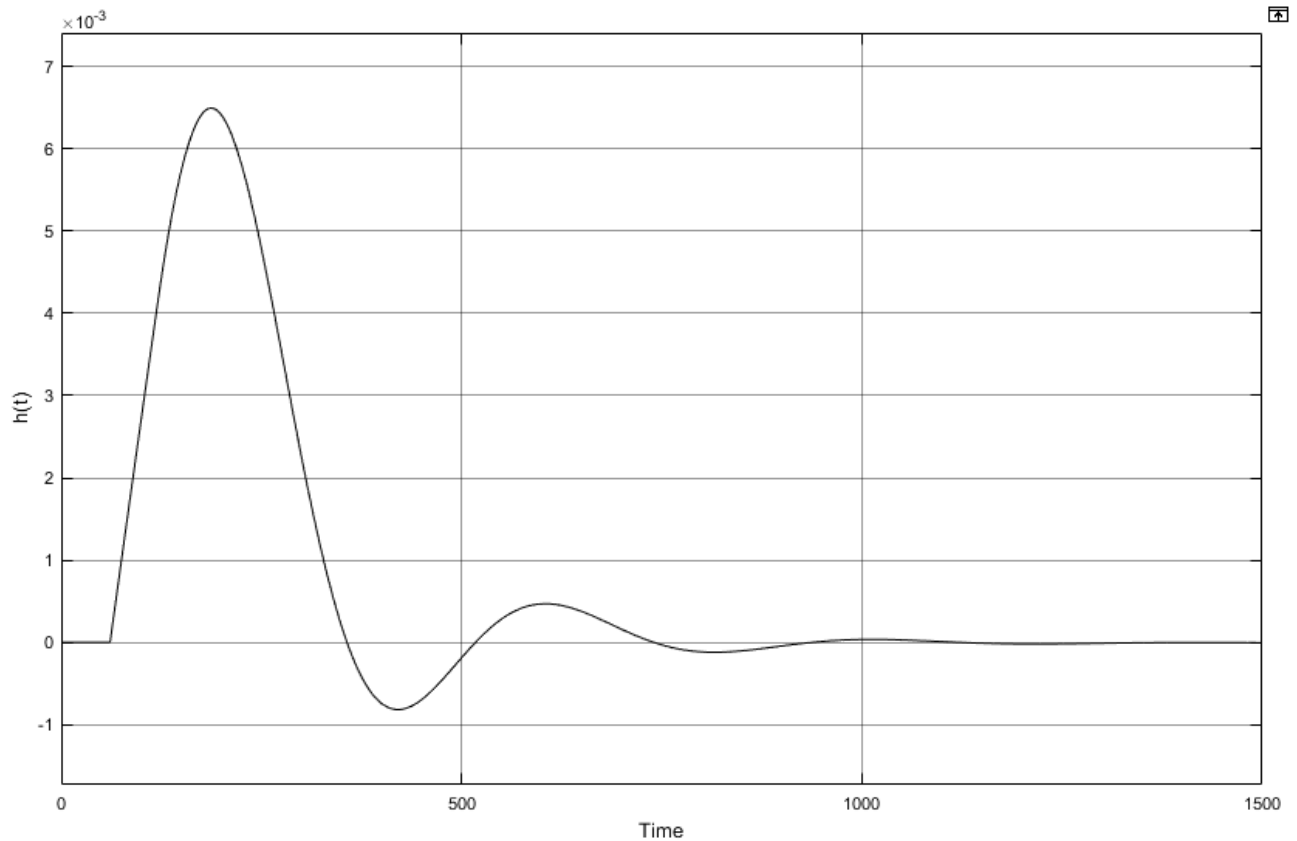


Рисунок 3.40 – Перехідна характеристика САУ по каналу збурення–вихід

Таблиця 3.5 – показники якості

Показник якості	Завдання	Збурення
Макс. динамічне відхилення, %	0.714	0.0064
Час регулювання, с	690	470
Степінь затухання	0.91	0.92
Перерегулювання, %	71	12,7

Для згладжування збурення та поліпшення якості введемо РД компенсатор у систему.

Для його розрахунку потрібно знайти резонансну частоту замкнутої системи(Рисунок 3.41):

```

w=0:0.00001:0.08;
p=w.*1i;
W=(0.25.*exp(-60.*p))./(1730.*p+1);
K=86;
T=191;
Wr=K.*(1+1./(T.*p));
Wz=W.*Wr./(1+W.*Wr);

```

```

Re=real(Wz);
Im=imag(Wz);
A=(Re.^2+Im.^2).^0.5;
plot(w,A);
xlabel('w');
ylabel('A');
grid on;

```

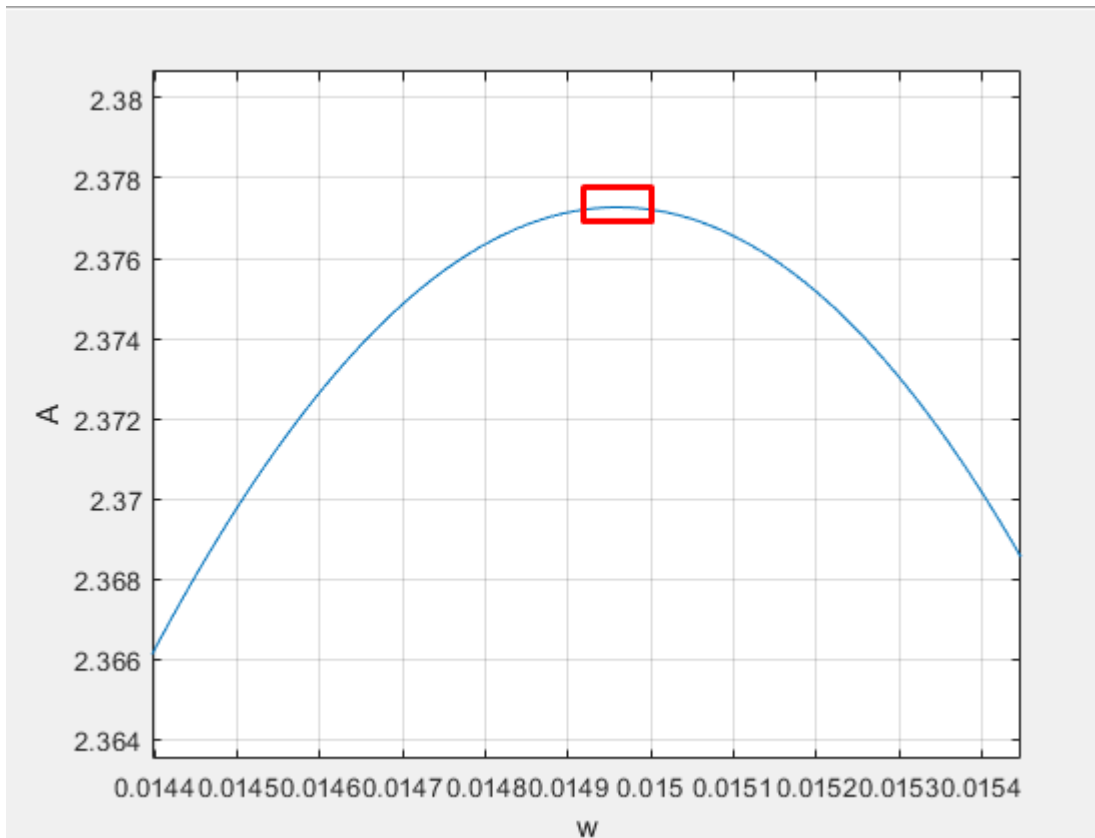


Рисунок 3.41 – АЧХ замкнутої системи

Резонансна частота замкнутої системи $w_{\text{рез}} = 0,015$.

Розрахуємо реально–диференційний компенсатор, для цього побудуємо годограф АФХ ідеального компенсатора. Після цього необхідно побудувати коло з центром на дійсній осі, яке буде проходити через контрольні точки і.

$w_{\text{рез}} = 0$ і $w_{\text{рез}} = 0,015$.

```

w=0:0.00001:0.05;
p=i*w;
Wo=(0.25.*exp(-60.*p))./(1730.*p+1);
Wp=86.*(1+1./(191.*p));
Wv=(0.12)./(1700.*p+1);

```

```

W=(Wv) ./ (Wo.*Wp) ;
Re=real(W) ;
Im=imag(W) ;
p=i*0.015;
Wos=(0.25.*exp(-60.*p)) ./ (1730.*p+1) ;
Wps=86.*(1+1./(191.*p)) ;
Wvs=(0.12.*exp(-30.*p)) ./ (1700.*p+1) ;
Wws=(Wvs) ./ (Wos.*Wps) ;
Rep=real(Wws) ;
Imp=imag(Wws) ;
hold on;
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
R=0.5.*((Rep.*Rep)+(Imp.*Imp))./Rep;
Kd=2*R;
Td=Rep./(Rep*Imp) ;
t=0:0.01:3.3;
x=R*cos(t)+R;
y=abs(R*sin(t));
plot(x,y,Re,Im,Rep,Imp,'r*',0,0,'*');
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;

```

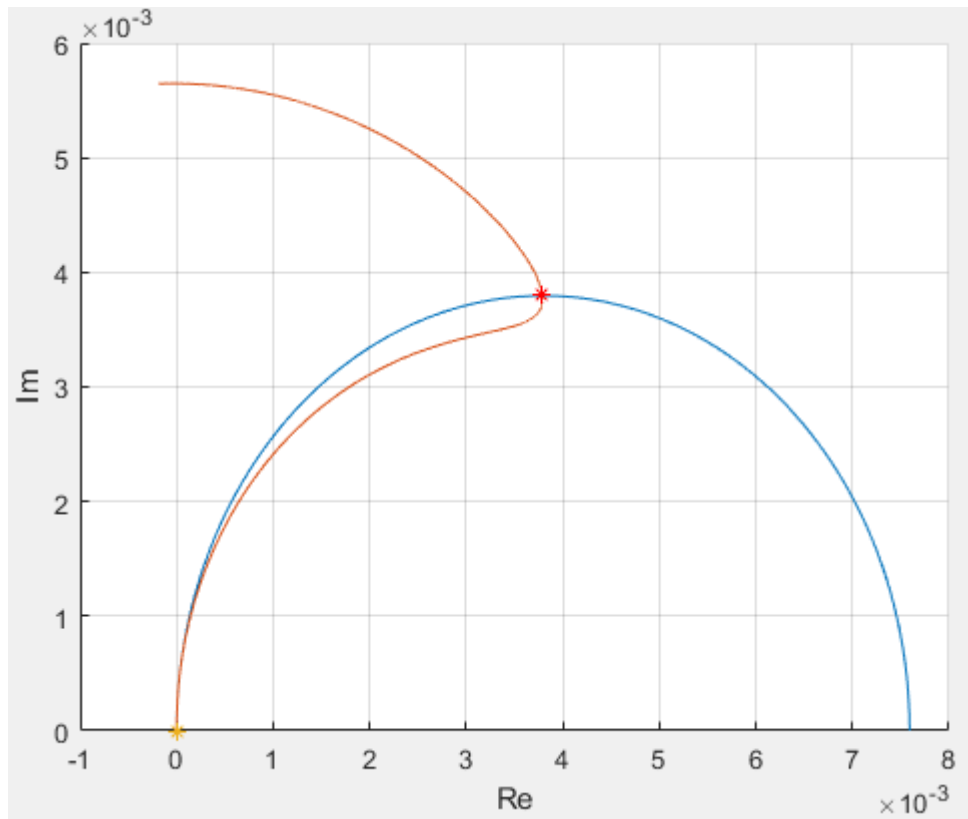


Рисунок 3.42 – Налаштування РД-компенсатора

$$X=0.0038 \quad Y=0.0038$$

$$K_{РДЗ} = \frac{x^2 + y^2}{x} = 0.0076$$

$$T_{РДЗ} = \frac{x}{\omega_{резу}} = 106$$

В результаті розрахунків було отримано такі параметри РД-ланки:

$$K=0.0076, T = 106, W^{РД} = 0.0076 \frac{106p}{106p+1};$$

Введемо у САУ компенсатор (Рисунок 3.43) збурення та побудуємо перехідну характеристику системи (Рисунок 3.44).

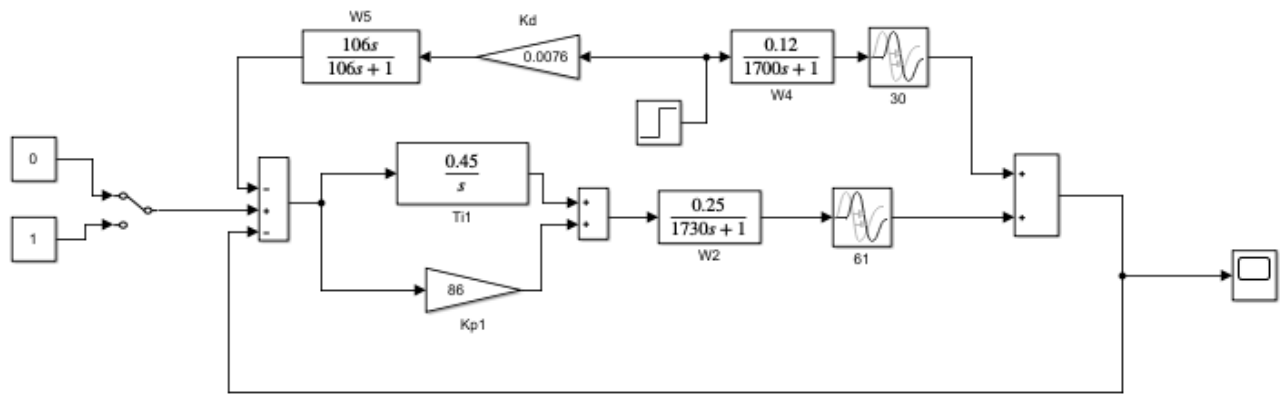


Рисунок 3.43 – Схема САУ з РД компенсатором

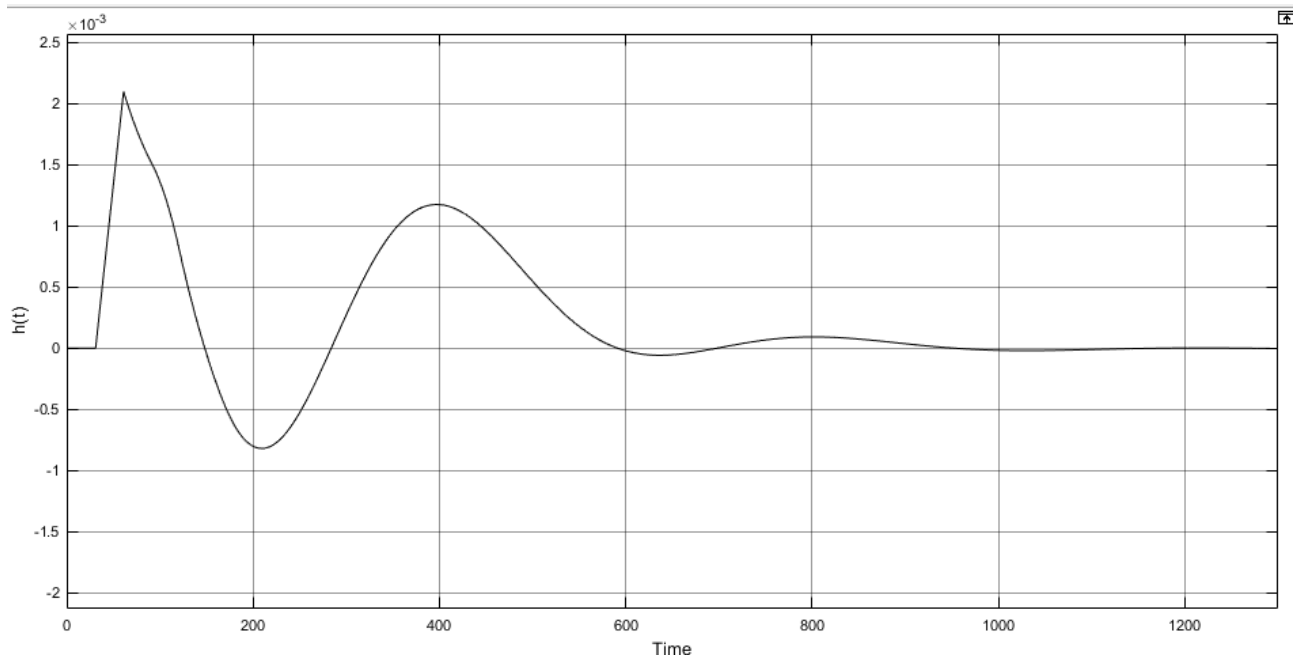


Рисунок 3.44 – Перехідний процес з веденням РД компенсатора

Таблиця 3.7 Показники якості САУ

Показники якості	Збурення - вихід
Динамічна похибка	0.0021
Час регулювання	567
Показник затухання	0.45
Перерегулювання	40%

Порівняємо РД компенсатор з одноконтурною САУ:

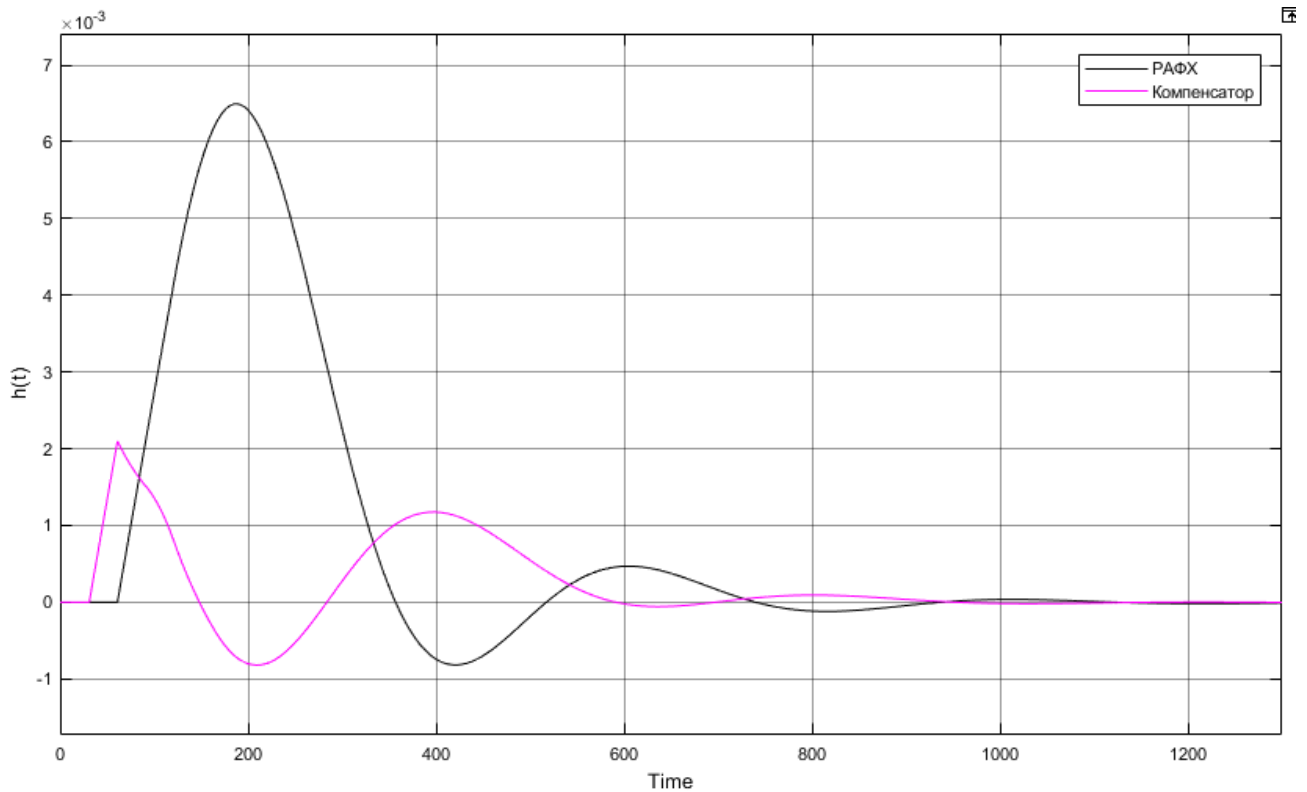


Рисунок 3.45 – Перехідні процеси по каналу збурення-вихід одноконтурної САУ та комбінованої системи

Отже можна побачити, що додавання компенсатора значно зменшило динамічний викид перехідної характеристики, тобу буде доцільно його використовувати при налаштуванні ПЛК та на данному об'єкті.

3.2.2 Розрахунок надійності

Для розрахунку надійності та ефективності роботи на основі конструктивної схеми обладнання та критеріїв його виходу з ладу слід створити структурну схему розрахунку надійності, що складається з послідовно з'єднаних елементів – датчиків, комп'ютера, контролера та виконавчого механізму, вихід з ладу кожне з них призводить до збою системи.

Розрахунок рекомендується проводити в такій послідовності:

- визначення показників надійності;
- визначення показників стійкості;
- визначення показників обслуговування;

- визначення комплексних показників надійності та ефективності експлуатації.

Усі властивості надійності продукції (надійність, довговічність і ремонтпридатність) взаємопов'язані, тому зміна одних показників призводить до зміни інших, які при виконанні розрахунку повинні мати чітке уявлення.

В якості вихідних даних для розрахунку надійності виробу необхідно використовувати значення напрацювання при виході з ладу (середній час роботи до відмови) елементів аналога або іншого виробу при схожих умовах експлуатації.

Надійність приладів повинна відповідати вимогам щодо максимального часу роботи при виході з ладу всієї припливно-витяжної вентиляційної системи.

Рівень надійності функцій АСР повинен відповідати наступним вимогам:

- середній час відмови для будь-якої функції $T_{cp} \geq 1000$ год;
- Середній час відновлення для всіх функцій $T_v \geq 4$ год;
- Коефіцієнт підготовки до захисної функції $K_{zot} \geq 0,997$.

Структурні діаграми надійності для кожної з функцій, що виконують АСР, показані на рисунку 3.46.

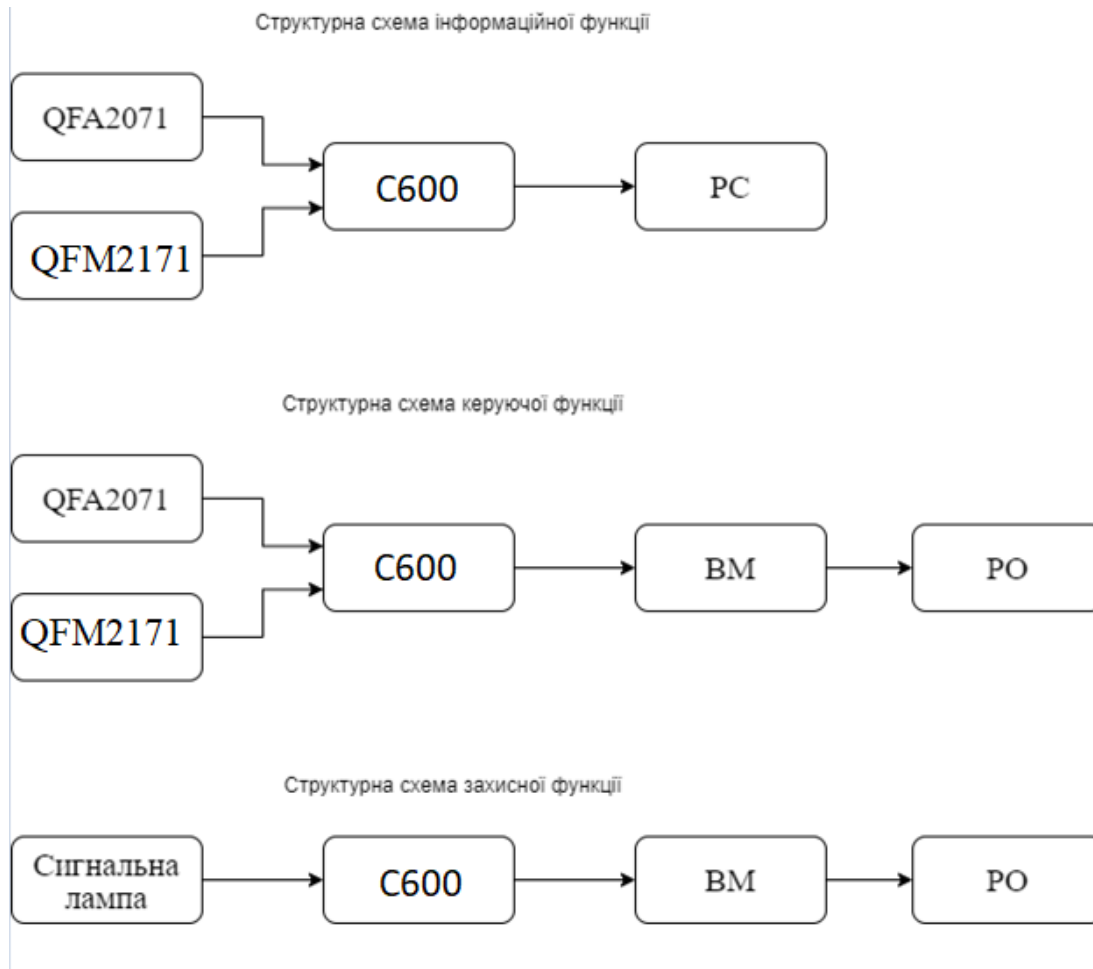


Рисунок 3.46 – Структурні схеми функцій.

Кожний елемент схеми характеризується інтенсивністю відмов $\lambda, 1/\text{год}$ або середнім часом напрацювання на відмову $T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda} \cdot \text{год}$. Ці дані занесені до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Параметри для розрахунку надійності засобів автоматизації

Елемент	$\lambda \cdot 10^{-6}, 1/\text{год}$	$T_{\text{сер}}, \text{год}$
Термогігрометр QFA2071	15	65000
Термогігрометр QFA2171	15	65000
Клапан	14	75000
Комп'ютер	8.1	125000
Контролер C600	33	50000
Виконавчий механізм CM24-L	13.5	74000
Сигнальна лампа	60	20000

Порахуємо інтенсивність відмов, середній час напрацювання на відмову та ймовірність безвідмовної роботи для кожної такої функції автоматичної системи регулювання за формулами (3.1), (3.2) та (3.3). Отримані результати занесені у таблиці 3.х.

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (3.1)$$

де n – кількість елементів у структурній схемі надійності; λ_i – інтенсивність відмов для i -го елементу схеми; λ – загальна інтенсивність відмов.

$$T_{сер} = \frac{1}{\lambda} \quad (3.2)$$

де $T_{сер}$ – середнє напрацювання на відмову для схеми; λ – загальна інтенсивність відмов.

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} = e^{-\frac{\tau}{T_{сер}}} \quad (3.3)$$

де P – ймовірність безвідмовної роботи за час τ ; λ – загальна інтенсивність відмов. Задаємо $\tau = 720$ год.

Таблиця 3.9- параметри для інформаційної, захисної та регулюючої функцій

Функція	$\lambda \cdot 10^6$, 1/час	$P(\tau)$	$T_{сер}$, час
Інформаційна	71	0.95	14123
Регулююча	91	0.94	10372
Захисна	127	0.91	7723

Для регулюючої функції розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи за 720 годин з урахуванням відновлення відмовляючої функції. Для цього спочатку розраховуємо ймовірність відновлення працездатності, задавши середній час

встановлення працездатності $T_{\varepsilon} = 3 \text{ год}$ та припустимий час функціонування об'єкту при невиконанні керуючої функції: $T_{\text{прил}} = 6 \text{ год}$

$$P_{\varepsilon} = 1 - e^{\frac{-T_{\text{прил}}}{T_{\varepsilon}}} = 1 - e^{\frac{-6}{3}} = 0.865$$

$$P_c(\tau) = P(\tau) + [1 - P(\tau)]P_{\varepsilon} = 0.94 + [1 - 0.94] \cdot 0.865 = 0.99;$$

Для захисної функції розрахуємо коефіцієнт готовності:

$$K_{\text{гот}} = \frac{T_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}} + T_B} = \frac{7723}{7723 + 3} = 0.999$$

Вірогідність безвідмовної роботи при виконанні очікуваної задачі:

$$P_{\text{оч}}(\tau):P_{\text{оч}}(\tau) = K_{\text{гот}} \cdot P(\tau) = 0.99 \cdot 0.91 = 0.9.$$

ВИСНОВОК: за результатами розрахунку:

- для інформаційної функції маємо $T_{\text{ср}}=14123$ годин, $P(\tau)=0.95$;
- для керуючої функції маємо $T_{\text{ср}}=10372$ годин, $P(\tau)=0.93$, $P_c(\tau)=0.99$;
- для захисної функції маємо $T_{\text{ср}}=7723$ годин, $P(\tau)=0.91$, $K_{\text{гот}}=0.99$, $P_{\text{оч}}(\tau) = 0.9$;

Висновок: У

сі вимоги до встановлених критеріїв були виконані, а саме $T_{\text{ср}} \geq 1000$ год, $T_B \leq 4$ год і також $K_{\text{гот}} \geq 0.997$.

Розрахунки надійності показали, що інформаційна, керуюча і захисна функції відповідають вимогам до надійності.

3.3 Розробка технічного забезпечення системи управління об'єктом

Дана автоматична система регулювання є дворівневою. Верхній рівень – система диспетчеризації – так звана СКАДА система, нижній рівень – рівень локального управління та датчиків. Локальна система управління виконується на основі контролеру.

В якості керуючого елемента нижнього рівня обрано ПЛК Siemens S7-1200 зі СКАДА системою WinCC в середовищі TIA Portal.

Основою супервізорного рівня АСК є СКАДА система. Така система в магістерській роботі виконує відображення мнемосхеми об'єкту та протікаючих процесів у ньому та значень технологічних параметрів – датчиків, відкриття

клапанів. Також СКАДА необхідна виконувати архівацію технологічних параметрів, контролювати аварійні ситуації та спостерігати за спрацюванням сигналізації. Не менш важливою необхідністю є відображення графіків технологічних параметрів таких як температура, вологість і т.д – в реальному часі чи із архіву, а також СКАДА має відстежувати обмін даними з контролером.

Для створення такої системи диспетчеризації потрібно створити проект в TIA Portal v15, додати до проекту робочу станцію та HMI та налаштувати її зв'язок з контролером. Дані з контролера передаються напряму до скади, де ми і зможемо відображати їх у вигляді мнемосхем. Для запуску SCADA-системи в WinCC необхідно скористатись режимом симуляції - Simulation.

Реалізація функцій верхнього рівня ПТКЗА(Рисунок 3.) SCADA-система в даній роботі реалізовує такі функції:

- обмін інформацією з локальним рівнем ПТКЗА – ПЛК і датчики;
- поточне відображення роботи вент-установки і об'єкту у вигляді мнемосхеми із зазначенням технологічних параметрів та можливістю ручного керування виконавчими механізмами, калорифером і ККБ;
- відображення трендів, алярмів та фіксування тривог у відповідних зонах офісу, архівування подій.

Такі якості дозволяють повноцінне функціонування скади в рамках верхнього рівня ПТКЗА, так як забезпечують інформаційне забезпечення оператора про протікання технологічного процесу в об'єкті та реалізують можливості дистанційної взаємодії оператора з технологічним об'єктом, а саме відкриття заслінок, клапану, вмикання/вимикання вентиляторів, підтвердження алярмів і т.д.

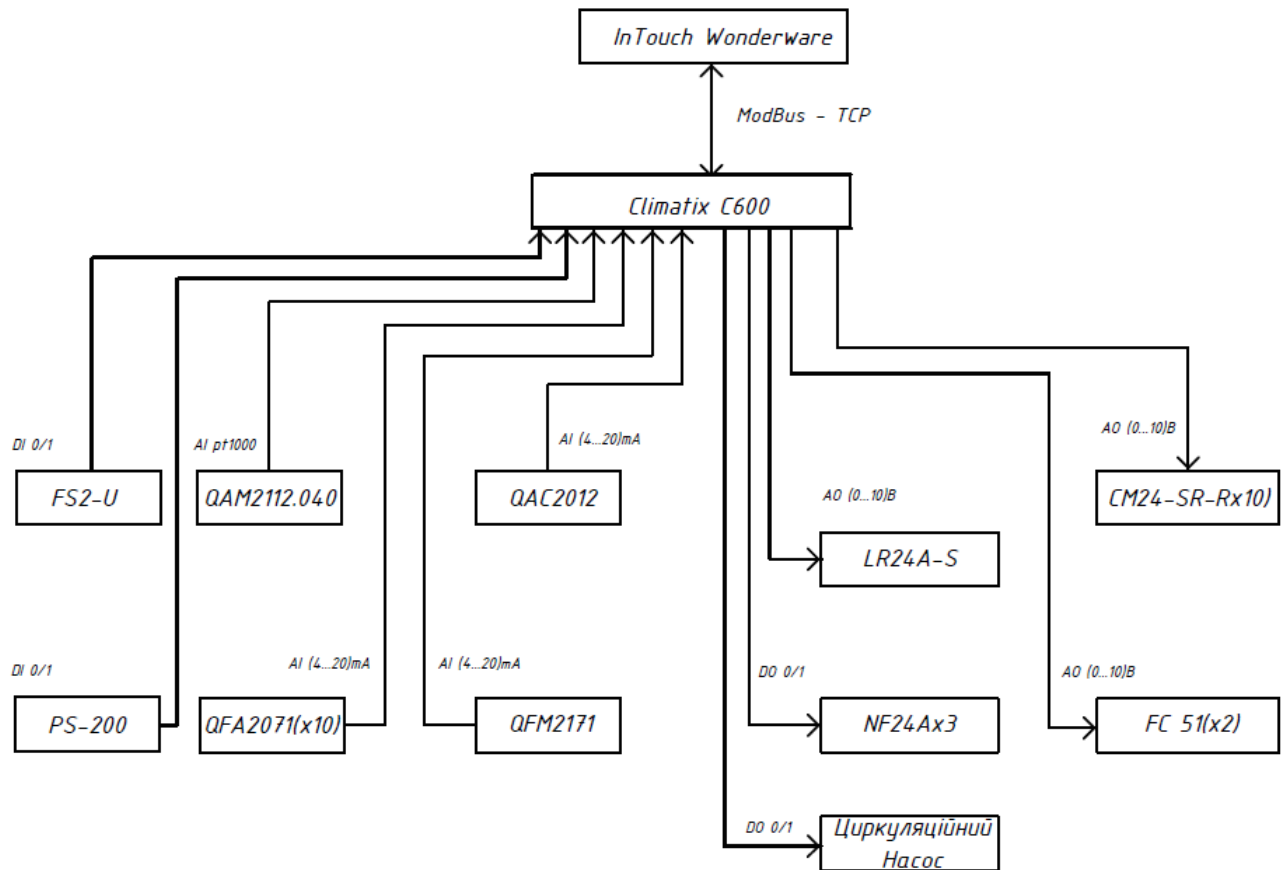


Рисунок 3.47 – ПТКЗА об'єкту

3.4 Розробка програмного забезпечення системи управління об'єктом

Налаштування ПІ регуляторів виконується за допомогою мови FBD та SCL в TIA Portal.

Програма розподілена на функціональні блоки та функції, кожна з яких відповідає за окремий функціонал як опрацювання алярмів, роботу регуляторів, аналізу і керування параметрами технологічного процесу об'єкту (Рисунок 3.19). Таким чином використовується компонентний підхід. Це допомагає набагато простіше масштабувати систему та орієнтуватись по його структурі і формувати чітку ієрархію блоків залежностей.

Для виклику блоків створені 5 функцій (Рисунок 3.48), що в свою чергу викликаються в головному полі Main.

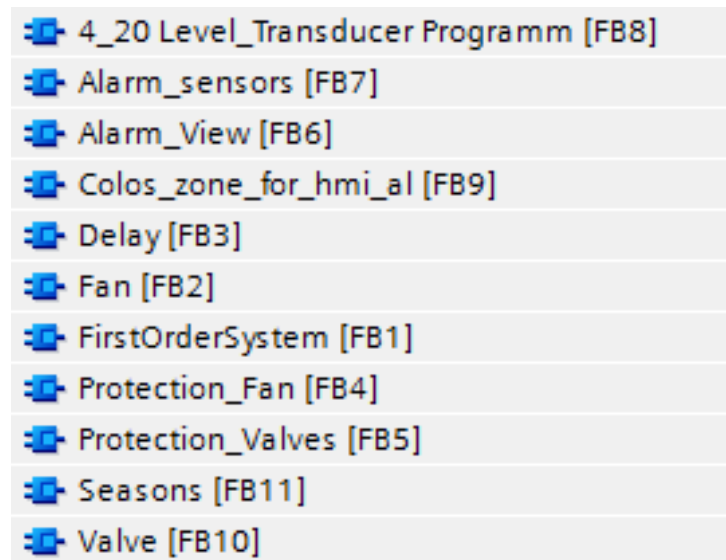


Рисунок 3.48 – функціональні блоки

Функція Analog input здійснює перетворення вихідних сигналів датчиків 4-20 мА до значення типу Real для можливості використання показників в програмі, обробку аварій датчиків, обрахунок температур насичення пару першого та другого контуру, реалізує алгоритм вибору значення серед 3-х датчиків для подальшого використання в реалізації алгоритмів захисту та відображення на верхньому рівні ПТКЗА.



Рисунок 3.49 Функції програми

У TIA Portal і в ПЛК Siemens ми використовуємо I0.0 як адресу входу і Q0.0 для пристроїв виведення, які називаються абсолютною адресою.

Ці абсолютні адреси використовуються для вказівки PLC щодо пристроїв введення, які підключені до PLC.

Однак, оскільки, коли ми автоматизуємо машини або процеси, нам потрібно створити теги заздалегідь, щоб програмувати PLC було простіше, також програми стають мають властивість розростатися і наразі стає важко

прочитати програму або усунути помилки, якщо ми продовжуємо використовувати абсолютні адреси. Таким чином були створені теги і занесені до таблиці (Рисунок 3.50).



Default tag table [93]
Alarm_sensors [43]
Color_warning [21]
Color_zone [28]
Current_parametrs [9]
Protection [23]
Sensors_value [21]
Simulator [21]
Start/stop [2]
Warning_limits [49]

Рисунок 3.50 Таблица тегів

Функція аналогового введення перетворює вихідні сигнали датчиків 4-20 мА на реальні значення(тип Real) для можливості використання індикаторів у програмі, обробки відмов датчиків, розрахунку температур першого та другого контуру, реалізує алгоритм вибору значень серед датчиків для подальшого використання при реалізації алгоритмів блокування та відображення на верхньому рівні скада системи.

Реалізація виклику функціональних блоків для перетворення 4..20 мА до реального значення зображена на рис:

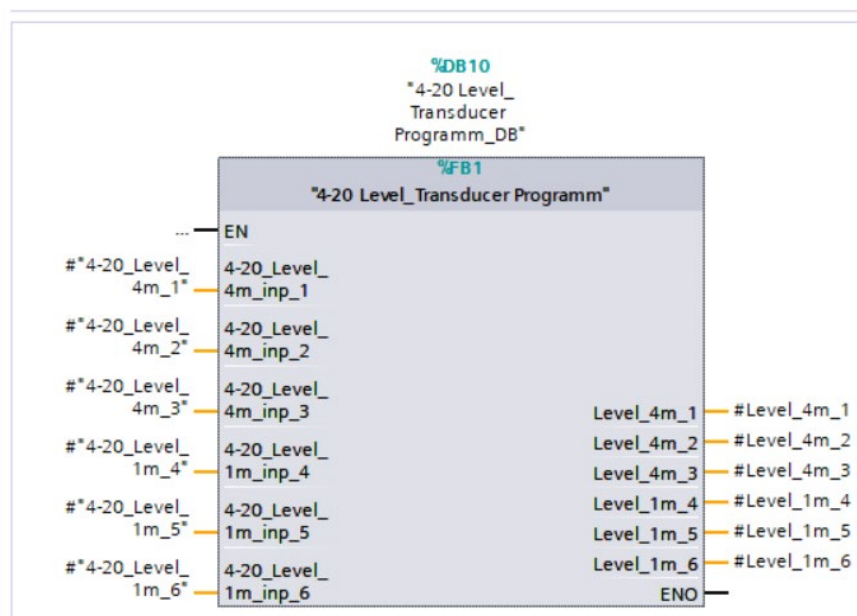


Рисунок 3.51 Виклик функціонального блоку для приведення вихідного сигналу датчиків рівня до реального значення

Регулятори налаштовуються в окремому зарезервованому блоці в ТІА Portal(Рисунок), він дуже гнучкий та має можливість масштабуватися та отримувати на вхід велику кількість вхідних параметрів. Також у ньому присутні значення K_p , T_i і T_d регулятора. Наявна можливість переключення в ручний режим, за допомогою якого з'являється можливість керувати заслінками або клапанами в з панелі оператора.

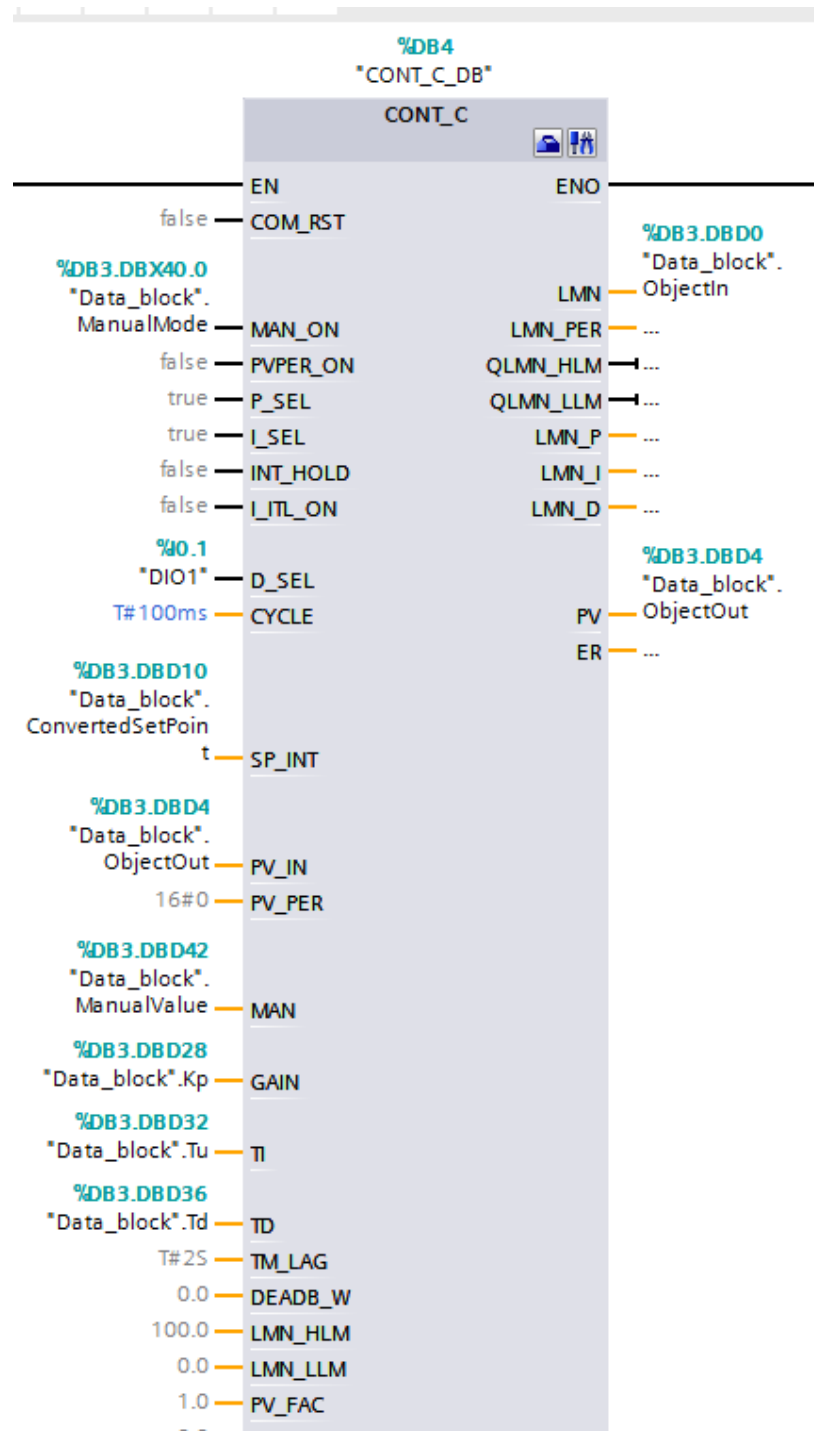


Рисунок 3.52 Виклик функціонального блоку для приведення вихідного

Для керування заслінками та клапанами створено окремий функціональний блок Valves зі своїм окремим класом cValve.

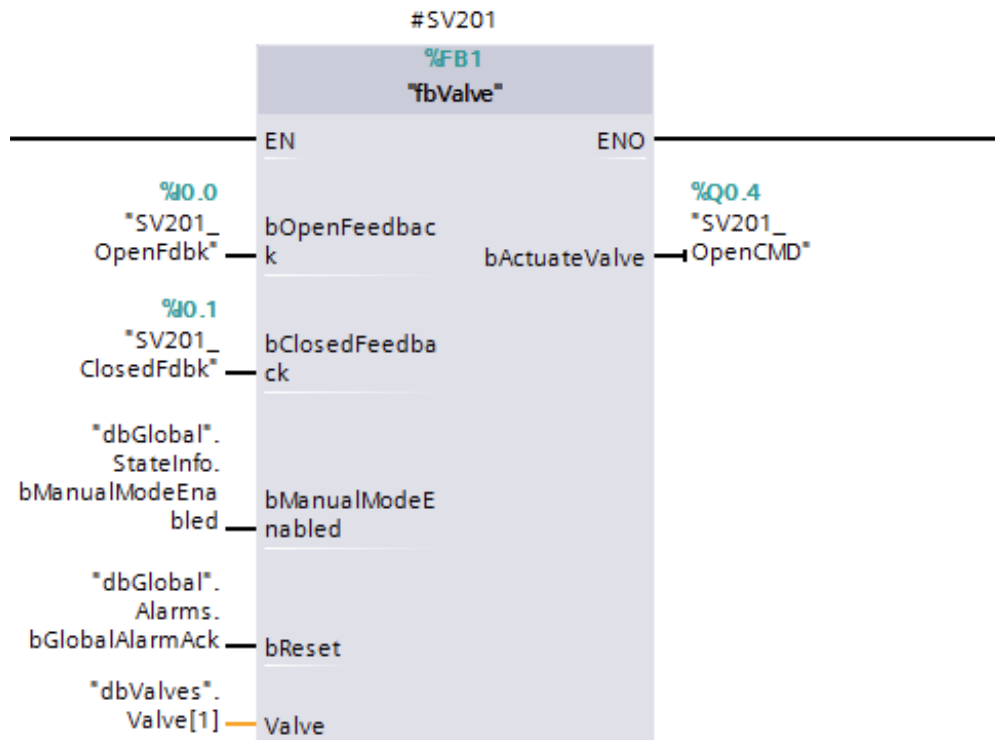


Рисунок 3.53 Блок керування виконавчими механізмами

Також реалізовані функціональні блоки захисту вентиляторів і виконавчих механізмів. Вони мають функцію вимикання при аварійних ситуаціях або при спрацюванні пожежної сигналізації.

Реалізоване окреме керування витяжним і припливним вентиляторами. Є можливість запуску, уставка мінімальної і максимальної швидкості обертів вентиляторів в літньому і зимньому режимах і режим швидкості вентилятору (від 1-го до 4-х) і дискретний сигнал наявності аварії на вентиляторі.

Повинен бути наявний блок керування водяним калорифером, де має бути можливість запуску, перемикання режимів «зима\літо», показання температури зворотного теплоносія, значення коефіцієнта підсилення та сталої часу регулятора, ступінь відкриття та стан триходового клапану.

Окремим блоком, що підводиться до блоку водяного калорифера є блок

циркуляційного насосу, який повинен мати можливість вмикання, дискретного сигналу про аварію та чи включений режим «Зима».

Окремим функціональним блоком необхідно розробити блок поточного режиму «Зима\Літо». Він має можливість автоматично визначати поточний сезон та перемикає режим і також є можливість ручного перемикає сезону.

Сигналізація також реалізована окремими блоками. Є можливість автоматичного скидання аварій та ручний режим. Блок обробки аварій аналізує аварійні ситуації та у разі їх виникнення відображається у вікні збою. Аварії діляться між собою на критичні та небезпечні. В настання критичної аварії - система зупиняється. Залежно від цього чи то критична чи небезпечна аварія, програмовані світлодіодні індикатори на ПЛК: критичні – червоні, небезпечні – жовті. Ручне скидання використовується при небезпечних аваріях, а для критичних – автоматичне.

Розроблено функції `Sensor_color_zone` для візуалізації відхилення параметрів від номінальних значень та оповіщенн допоміжних повідомлень оператору про можливість виникнення аварійної ситуації в тій чи іншій зоні офісу або схемі управління. Функції обробляють поточні показники датчиків і порівнюють їх із встановленими межами для тривоги, попередження та тривоги. У тілі функції викликається блок `Sens_color_algoritm`, що видає ступінь відхилення параметра від номінального значення. Якщо діапазон відхилення прийнятний, то датчик на схемі світиться зеленим кольором, що свідчить про те, що перебіг технологічного процесу в цій схемі управління правильний і не становить загрози для об'єкта. Якщо діапазон відхиляється від номінального значення за межі діапазону, встановленого для сигналізації - датчик світиться помаранчевим і оператор попереджається, що необхідно звернути увагу на цю схему управління. Якщо показники відхиляються за межі, встановлені як попередження про можливість виникнення аварійної ситуації, - датчик світиться оранжевим кольором і оператору видається попередження про необхідність вжиття відповідних заходів. У разі відхилення за межі аварійного діапазону -

датчик світиться червоним кольором і видається аварійне попередження у зазначеному ланцюзі керування.

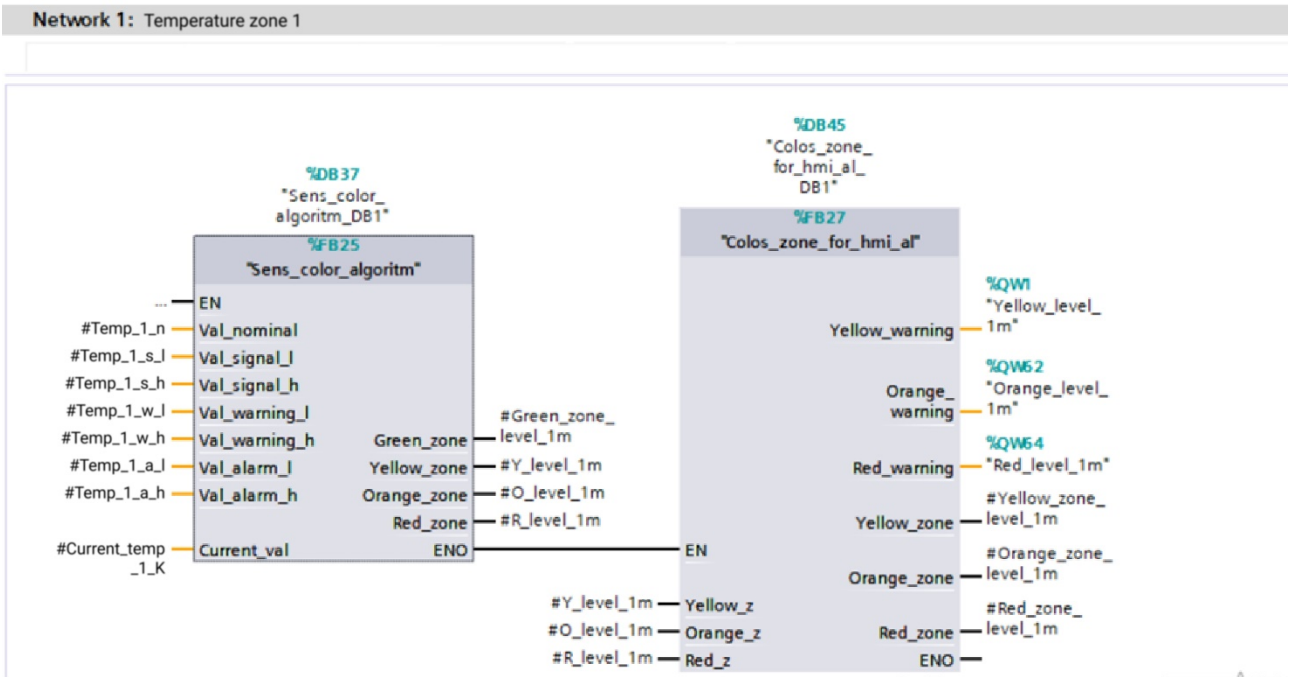


Рисунок 3.54 - Виклик блоку Sensor_color_zone

Для налаштування відображень аварії датчика необхідно здійснити налаштування у меню HMI alarms. Для того щоб відмежувати аварії системних, та присвоїти їм відповідний колір при виникненні та підтвердженні - у меню Alarm class створюємо клас Sensors (Рисунок 3.55)

Alarm classes									
	Display name	Name	State machine	Log	E-mail address	Backgro...	Backgro...	Backgro...	Backgro...
	!	Errors	Alarm with single-mode ...	<No log>		255...	255...	255...	255...
		Warnings	Alarm without acknowle...	<No log>		255...	255...	255...	255...
	\$	System	Alarm without acknowle...	<No log>		255...	255...	255...	255...
	S7	Diagnosis events	Alarm without acknowle...	<No log>		255...	255...	255...	255...
	A	Acknowledgement	Alarm with single-mode ...	<No log>		255...	255...	255...	255...
	NA	No Acknowledgement	Alarm without acknowle...	<No log>		255...	255...	255...	255...
	temp	temp	Alarm with single-mode ...	<No log>		255...	255...	255...	255...
	Sensor_alarms	Sensors	Alarm with single-mo...	Alarm_log		...	...	...	...
	Warning_yellow	Warning_y	Alarm with single-mode ...	Warning_log		255...	255...	255...	255...
	Warning_orange	Warning_o	Alarm with single-mode ...	Warning_log		255...	255...	255...	255...
	Warning_red	Warning_r	Alarm with single-mode ...	Warning_log		255...	255...	255...	255...
	<Add new>								

Рисунок 3.55 Створення класу аварій Sensors

Для налаштування кольору аварій, в властивостях класу вказуємо необхідну кольорову гамму. При виникненні аварій текст червоного кольору, при підтвердженні аварії в активному стані – текст оранжевого кольору, при підтвердженні аварії в неактивному стані – текст зеленого кольору (Рисунок 3.56)

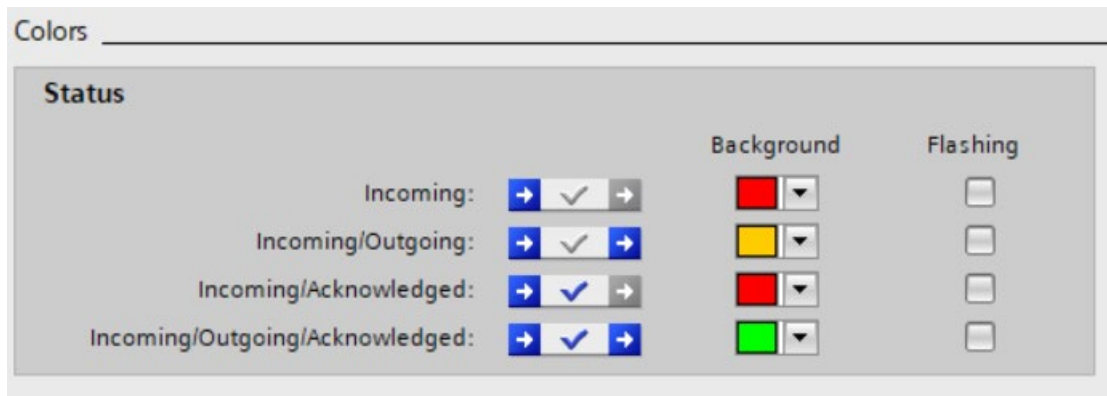


Рисунок 3.56 Налаштування кольору тексту аварії

У меню Discrete alarms додаємо необхідні аварії. Оскільки в програму було здійснено приведення кожної аварії до типу Int, то біт активації вказуємо 0 (Рисунок 3.57). В налаштуваннях вказується номер аварії, її назва, та текст пояснення, що будуть відображатись в Alarm view при її виникненні, також ставимо галочку в розділі Report, для можливості формування звітів аварій. Додатково в меню Info text вводимо текст який буде видаватись оператору при натисненні інформаційної кнопки на панелі Alarm view.

Розробка скада-системи ПТКЗА верхнього рівня буде проводитися в середовищі WinCC. Тут будуть наявні основні функції у вигляді вікон(сторінок), які надають оператору можливість доглядати за повним протіканням процесів в об'єкті. Наявні такі вікна:

- Alarms – вікно підтвердження аварій;
- Mnemos – мнемосхема вент установки;
- Settings – вікно налаштувань регуляторів;
- Trends – вікно трендів;

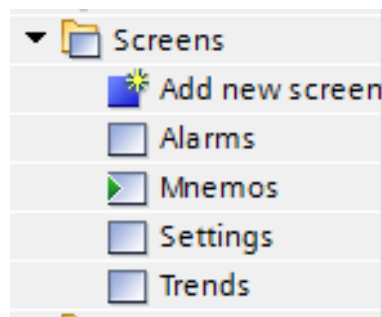


Рисунок 3.57 Вікна візуалізації

Для обмеження доступу в системі до несанкційованих користувачів і для доступу прав користування системою були створені різні рівні користувачів: Engineer – не має можливості на зміну параметрів, а тільки може переглядати та підтверджувати аварійні ситуації (Рисунок 3.58), Operator – найвищий рівень, має доступ до керуванням усього функціоналу системи (Рисунок 3.59) і Boss – не має доступу до редагування і підтвердження аварій, лише має можливість переглядати (Рисунок 3.60).

Створені окремі панелі із персональним паролем, ім'ям та відокремлені на різні групи. Є можливість масштабування цієї системи, додаючи користувачів до відповідної групи.

Groups			
	Name	Number	Display name
	Enginer	1	Enginer
	Operator	2	Operator
	Boss	3	Boss
	<Add new>		

Authorizations			
	Active	Name	Display name
	☐	User administration	User administration
	☒	Monitor	Monitor
	☒	Operate	Operate

Users				
	Name	Password	Automatic logoff	Lo
	Enginer	*****	☒	10
	Operator	*****	☒	10
	Boss	*****	☒	10
	<Add new>			

Groups				
	Member of	Name	Number	Display nam
	☒	Enginer	1	Enginer
	☐	Operator	2	Operator
	☐	Boss	3	Boss
	<Add new>			

Рисунок 3.58 Налаштування рівня доступу Engineer

Рівень інженеру має право тільки на перегляд системи і в поточний час не може редагувати її налаштування, але є доступ до підтвердження аварій.

Groups			
	Name	Number	Display name
	Engineer	1	Engineer
	Operator	2	Operator
	Boss	3	Boss
	<Add new>		

Authorizations			
	Active	Name	Display name
	☒	User administration	User administration
	☒	Monitor	Monitor
	☒	Operate	Operate

Users			
	Name	Password	Automatic logoff
	Engineer	*****	☒
	Operator	*****	☒
	Boss	*****	☒
	<Add new>		

Groups				
	Member of	Name	Number	Display name
	☐	Engineer	1	Engineer
	☒	Operator	2	Operator
	☐	Boss	3	Boss

Рисунок 3.59 Налаштування рівня доступу Operator

Як показано на рисунку, оператор має можливість до керуванням усієї системою, чекбокси у полях “User administrator”, “Monitor”, “Operate” включені.

Groups			
	Name	Number	Display name
	Enginer	1	Enginer
	Operator	2	Operator
	Boss	3	Boss
	<Add new>		

Authorizations			
	Active	Name	Display name
	☐	User administration	User administration
	☒	Monitor	Monitor
	☐	Operate	Operate

Users			
	Name	Password	Automatic logoff
	Enginer	*****	☒
	Operator	*****	☒
	Boss	*****	☒
	<Add new>		

Groups				
	Member of	Name	Number	Display name
	☐	Enginer	1	Enginer
	☐	Operator	2	Operator
	☒	Boss	3	Boss

Рисунок 3.60 Налаштування рівня доступу Boss

Рівень директора має тільки можливість до перегляду мнемосхем, налаштувань, алармів, трендів і т.д. Такий функціонал зроблено оскільки він може не мати відповідної кваліфікації чи інструкції по користуванню програмою.

Основна мнемосхема (Рисунок 3.61) повністю відображає технологічний процес і містить візуалізацію клапанів, задіяних у регулюванні та аварійних ситуаціях, відображення поточних значень параметрів системи, підсвічування датчиків з 4-х колірною гамою для попередження оператора про несправність.

Відхилення виміряного значення від номінального, кнопки для керування запуском процесу та ручного керування окремими засувками чи клапаном, запуск водяного калорифера чи ККБ, кнопки для переходу до вікон налаштувань регуляторів, трендів, сигналів тривоги та відкривати впливаючих вікнах для введення налаштувань та додаткових функцій переходу по мнемосхемам.

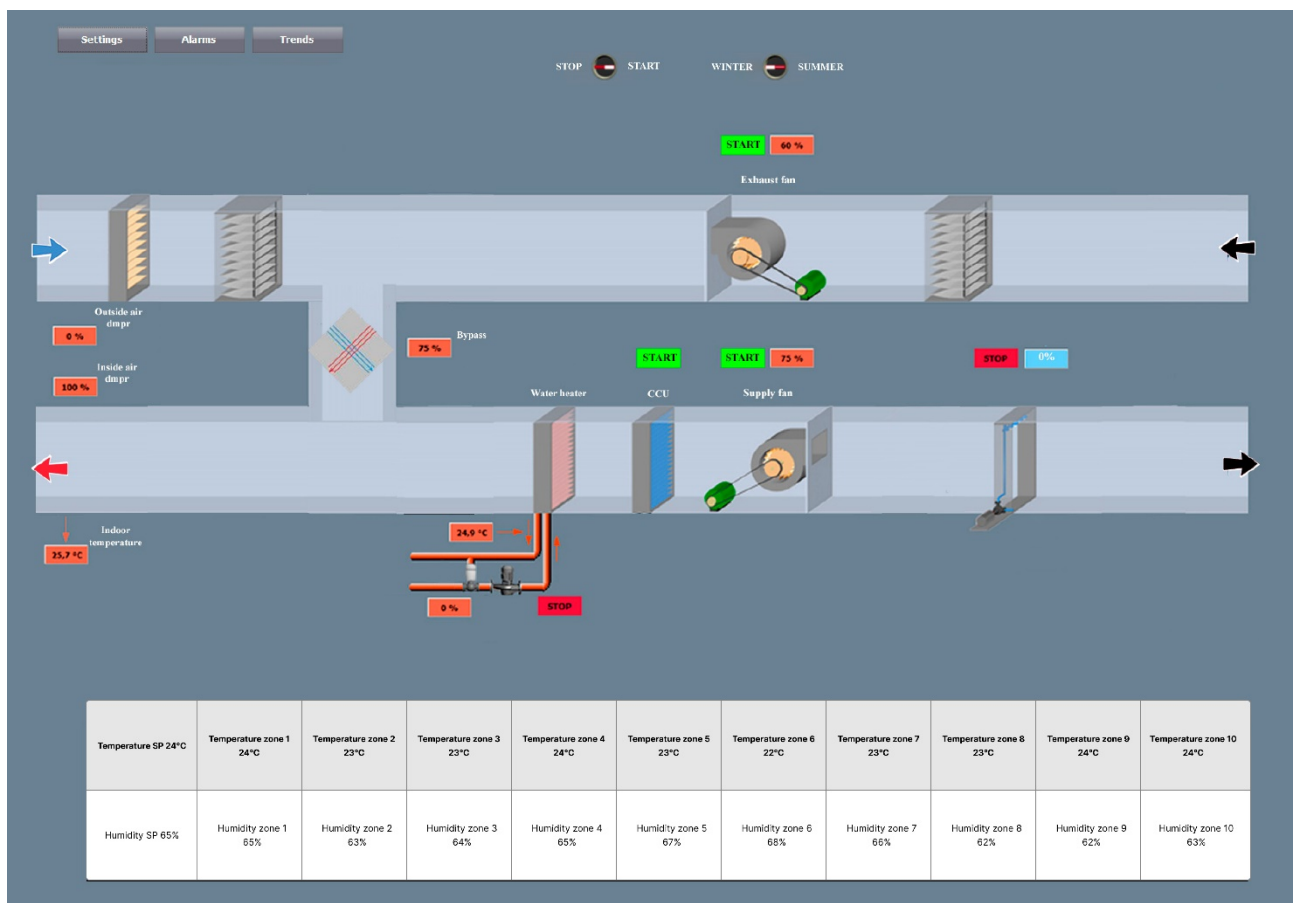


Рисунок - 3.62 Основне вікно роботи об'єкту

Для запуску вентилятора використовується велика кнопка Start/Stop біля мотору. Також можна спостерігати ступінь швидкості з якої працює мотор. Запущений вентилятор підсвічується зеленим світлом, а зупинений червоним.



Рисунок 3.63 Керування вентилятором

Стан водяного калорифера можна спостерігати на рисунку 3.64 Цей faceplate має можливість перегляду, редагування та контролю параметрів. Є можливість в ручному режимі змінювати відкриття трьохходового клапану і запуску калорифера.

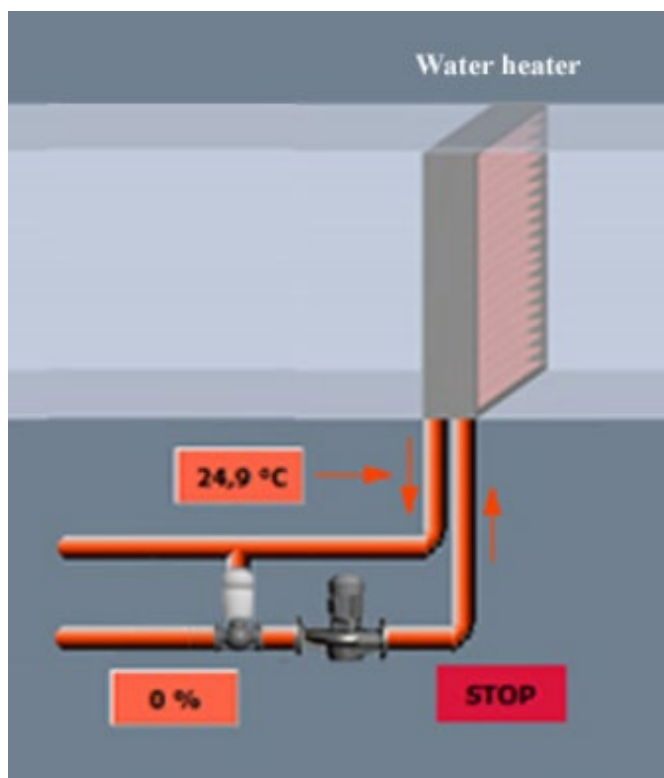


Рисунок - 3.64 фейсплейт водяного калориферу

Для запуску дискретного ККБ наявна кнопка-перемикач, яка розташована над фейсплейтом ККБ(який підписаний CCU - compressor-condenser unit). Він має функцію теплового насоса, який переміщує нагріте повітря.

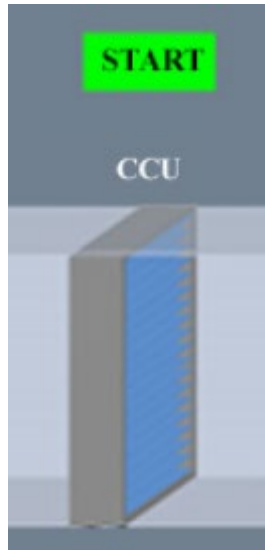


Рисунок – 3.65 фейсплейт ККБ

Зволожувач зображено окремим фейсплейтом, де ми можемо спостерігати функції запуску та ступеню вологості.

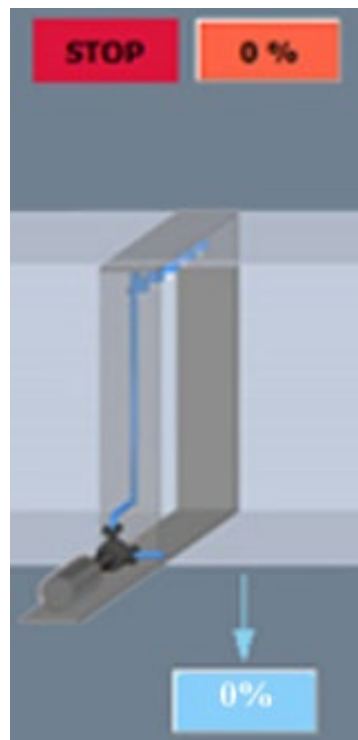


Рисунок – 3.66 фейсплейт зволожувача

В скада системі фільтр зображено на рисунку 3.67 Він має функцію фільтрації повітря – зовнішнього чи витяжного. Зазвичай фільтри розташовуються одразу після подачі повітря в припливний повітропровід та перед викидом повітря з повітропроводу.

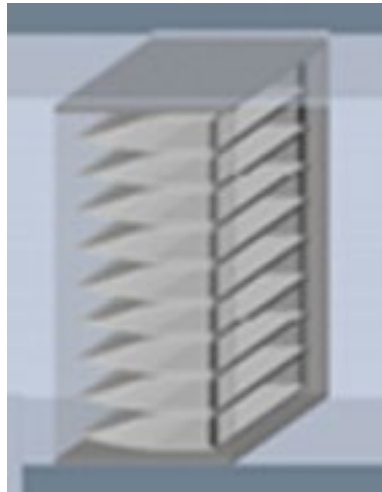


Рисунок – 3.67 вигляд фільтру

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

Тема: Вдосконалення налаштувань регуляторів для мультизональної системи кондиціонування і вентиляції

Ціль: Розробка припливно-витяжної системи вентиляції і кондиціонування з рекуперацією для мультизональних будівель.

Проблематика, що вирішуються:

- Більш точне регулювання температури в приміщеннях;
- Комфортніше перебування працівників офісу у віддалених частинах будівлі;
- Менші фінансові затрати на підтримання сталої температури в будівлі;
- Рациональніше використання енергетичних ресурсів, а саме електроенергії;

Команду стартап-проекту буде складати:

- Директор проекту;
- Команда розробників програмного забезпечення;
- Команда пуско-наладки;
- Адміністратор бази даних;
- Інженер-проектувальник;
- Бухгалтер;

Директор проекту – він же керівник, відповідає за весь організаційний процес в команді, керує грошовим потоком та зв'язується із замовником для уточнення деталей.

Команда розробників програмного забезпечення – відповідальні за написання кода системи та програмного забезпечення для контролеру. Також працюють з серверами та бек-енд частиною проекту.

Команда пуско-наладки – виконують кабельні роботи, монтують щит автоматизації та проводять пуско-налагодочні дослідження.

Інженер-проектувальник – архітектор проекту. Відповідальний за логіку прокладання кабельних трас, проектування систем в EPLAN та підбір обладнання.

Бухгалтер – виконує обов'язки відповідального за фінансовий потік на проекті, розраховує та виплачує заробітну плату співробітникам.

Таблиця 4.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Ідея	Поле застосування	Вигоди для замовника
Ідея стартап проекту в покращенні якості регулювання температурою в багатозонному приміщенні	Проектування системи диспетчеризації для моніторингу за технологічним об'єктом	Замовник має можливість спостерігати за технологічним об'єктом власними очима
	Пуско-наладка	Пуско-наладжувальні роботи проводяться командою розробників, таким чином клієнту не потрібно піклуватись про пошук команди пуско-наладки
	Розробка програмного забезпечення	Команда розробника створює програмне забезпечення, яке дає змогу регулювати станом технологічного процесу
	Забезпечення ремонтних робіт	При поломці або виходу із ладу обладнання чи програмного забезпечення, клієнт може розраховувати на команду розробників

Таблиця 4.2 - Визначення сильних, слабких, та нейтральних характеристик проекту

п/п	Техніко-економічні характеристики	(потенційні) товари/концепції конкурентів			
		Команда-розробник	Enertec	Aeroclim	Danfoss
1	Надійність	5	3	3	4
2	Точність	4	4	3	4
3	Безпечність	5	3	4	4
4	Вартість	5	4	4	3

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 4.3 – вибір програмного забезпечення для реалізації ідей

№ п/п	Ідея	ПЗ	Наявність технологій	Платне поширення
1	САПР	AutoCAD	+	+
		EPLAN	+	+
2	Розробка програмного забезпечення	TIA Portal	+	+
		WINCC	+	+
В якості ПЗ для розробки АСУ були обрані вище перераховані програми.				

4.2 Визначення ціни

Зазначимо ринкові можливості, що можуть бути використані при реалізації проекту на ринку, та ринкові загрози, які можуть завадити реалізації проекту, представлені у таблиці 4.4

Враховуючи, що кількість великих гравців велика, динаміка ринку зростає, а середня прибутковість у галузі автоматизації перевищує банківську процентну ставку на інвестицій, можна дійти до втішного висновку, що ринок привабливий для входу.

Таблиця 4.4 – вибір програмного забезпечення для реалізації ідей

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	5
2.	Загальний обсяг продаж, грн/за 1 рік (2000 систем)	15 478 353 \$
3.	Динамічність поточного ринку (якісна оцінка)	Підвищується
4.	Чи наявні обмеження входу	-
5.	Загальноприйняті вимоги до реалізації проекту	ДСТУ 2709-94 ІЕС - 61131-2 ІЕС - 61131-3 ДБН В.2.5-67:2013
6.	Середня прибутковість по галузі (або ринку), %	56%

Таблиця 4.5 – бюджет прямих витрат на виробництво продукції

Показник	Товарна продукція
1. Задум проекту, шт	1
2. Стала витрати праці на розробку проекту, люд/год	0,0051
3. Загальна кількість годин на розробку, год	5500
4. Оплата праці, грн/год	150
5. Загальна кількість витрати на працю	2 300 000

Таблиця 4.6 – бюджет собівартості виготовлення

Показник	Товарна продукція
1. Ціна матеріалів, грн	750 000
2. Витрата на оплату праці, грн	2 300 000
4. Затрати на підтримку ПЗ продукції	200 000
3. Усього витрат на виробництво, грн	3 250 000

Таблиця 4.7 – Фінальні прибутки та збитки команди

Показник	Товарна продукція
1. Загальний обсяг продажу(виручка), грн	4 200 000
2. Собівартість виготовленої системи, грн	3 250 000
3. Валовий прибуток, грн	950 000
4. Адміністративні витрати	125 000
5. Витрати на збут, грн	420 000
6. Результат оподаткування, грн	405 000
6. Податок 20%	81 000
7. Чистий дохід, грн	324 000

4.3 Опис ризиків і можливостей

Потенційні групи клієнтів та замовників зазначено у таблиці 4.5

Таблиця 4.8 - Опис потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/ п	Потреба, яка формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Розробка систем вентиляції приміщень	-Підприємці, -державні підприємства	-великий прибуток;	-ручне керування; -якісна вентиляція -надійність;

			-Вимоги до вартості	
--	--	--	---------------------	--

При реалізації стартап-проекту існують фактори загроз, які наведені у таблиці 4.9

Таблиця 4.9 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
11	Вимоги до розробляємої системи	Необхідно вразовувати низку вимог до розробки стартап проекту	Перевірка наявності усіх документів, які вказують на те, що потребу були задовільнені
22	Конкурентність	Багато фірм-виготовлювачів систем вентиляції вже добре зарекомендували себе на ринку	Достатнє інвестування в рекламну компанію

На противагу факторам-загрозам існують і фактори-можливості, вони наведені у таблиці 4.10

Таблиця 4.10 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
-------	--------	------------------	--------------------------

11	Зменшення витрат електроенергії на протипагу аналогічним фірмам	Менші витрати на електроенергію	Заощаджені гроші витрати на розвиток компанії
22	Коворкінг з партнерами	Прискорення втілення ідеї	Можливість появи нових ідей
33	Збільшення штату працівників	Підвищення кваліфікації	Створювання нових вакансій та розширення штату

Висновок

В магістерській дипломній роботі на тему «Система кондиціонування з додатковими інформаційними каналами» були розглянуті основні положення щодо реалізації автоматичної системи керування припливно-витяжної системи вентиляції і кондиціонування офісної будівлі з рекуператором і обвідним каналом.

Основною ідеєю і дослідженням у магістерській дисертації є підвищення якості регулювання температури в офісній будівлі. Це досягається завдяки створенні нової одноконтурної-комбінованої системи регулювання по кожній зоні приміщення. Враховуючи теплові збурення з сусідніх зон чи кімнат максимальний динамічний викид збільшується, але з введення реально-диференціюючого компенсатора є можливість позбавитись динамічного викиду.

У дисертації була розроблена функціональна схема автоматизації, де відображена припливно-витяжна система вентиляції з пластинчатим рекуператором, який дозволяє утилізувати тепло і зменшити витрати електроенергії на підтримування сталої температури в зонах офісу. В зимній період для захисту теплової встановлено байпас – обвідний канал, який включається взимку.

Розрахунки надійності показали, що АСК надійна до впровадження на об'єкт. Розрахунки регуляторів одноконтурної і одноконтурної-комбінованої системи показали задовільний результат. Для розрахунку ПІ регуляторів були взяті методи РАФХ та експрес метод.

За основу програмно технічного комплексу засобів автоматизації було взято ПЛК S7-1200 від Siemens. Також усі температурні датчики та датчики вологості були взяті від цієї фірми.

В дисертації був розроблений стартап проект, який показав порядний чистий прибуток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Air Flow Management in Raised Floor Data Centers; Vaibhav K. Arghode, Yogendra Joshi. Springer International Publishing AG Switzerland, 2016.
2. Optimum Cooling of Data Centers, Application of Risk Assessment and Mitigation Techniques; Jun Dai, Michael M. Ohadi, Diganta Das, Michael G. Pecht; Springer Science and Business Media New York, 2014.
3. Проектирование систем контроля и автоматического регулирования. Учебное пособие для вузов / Глинков Г.М., Маковский В.А., Корман С.Л., Шапаровский М.Р. - 2-е издание. - М.: Мет., 1980.
4. Проектирование, монтаж и эксплуатация автоматизированных систем управления теплоэнергетическими процессами / Плетнев Г.П., Зайченко Ю.П., Зверев Е.А., Киселев Ю.Е. - М.: Издательство МЭИ, 1995.
5. Смолян В.А., Кочо В.С., Щербицкий Б.В. Автоматизация производственных процессов. Вища школа, 1976.
6. Строй А.Ф., Колодяжный В.В., Расчет и проектирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Москва: Стройиздат, 2011. 343 с.
7. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. – М.: Инфа-Инженерия, 2008. - 928 с.
8. Бондарь Е.С., Гордиенко А.С., Михайлов В.А., Нимич Г.В. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Учебное пособие. — Киев: Аванпост-Прим, 2005. — 560 с.
9. ДБН В.2.5.24-2003 «Електричні прилади. Виконання електромонтажних робіт»