

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

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
В.о.завідувача кафедри

_____/ **Володимир ВОЛОЩУК**
“ ” _____ 2020 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: Автоматизація систем життєзабезпечення міського торгівельного
центру

Виконав: студент ІІ курсу, групи ТА-391мп

Галюк Ігор Вікторович

(прізвище ім’я, по батькові)

(підпис)

**Науковий
керівник**

доцент, к.т.н., Батюк Сергій Георгійович

(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 – 2020 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

В.о.завідувача кафедри

_____/Володимир ВОЛОЩУК/
(підпис) (імя, ПРІЗВИЩЕ)
“ “ _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Галюку Ігорю Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дисертації: Автоматизація систем життєзабезпечення міського торгівельного центру

науковий керівник дисертації Батюк Сергій Георгійович, доцент, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «4» листопада 2020 р. № 3812-с

2. Термін подання студентом дисертації «10» грудня 2020 р.

3. Об’єкт дослідження інженерні мережі будівлі торгівельного комплексу, а саме системи вентиляції, кондиціонування, теплопостачання та електрозабезпечення.

4. Вихідні дані: предметом дослідження є кліматичні параметри в середині приміщень міського торгівельного центру

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Розробка технічного завдання, роз-

робка структурної схеми, розробка функціональної схеми, розробка алгоритму управління системами, вибір необхідного обладнання й компонентів, моделювання та аналіз роботи систем.

6. Орієнтований перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

Структурна схема, функціональна схема системи автоматизації, перехідні характеристики моделі об'єкта та контурів регулювання, фрагменти програмного коду, SCADA-системи

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	<i>Видача завдання</i>	01.09.2020	
2	<i>Аналітичний огляд завдання</i>	15.09.2020	
3	<i>Огляд математичного розрахунку параметрів</i>	22.09.2020	
4	<i>Розробка окремих частин проекту</i>	27.09.2020	
5	<i>Програмна візуалізація</i>	10.10.2020	
6	<i>Проходження преддипломної практики</i>	07.09.2020- 26.10.2020	
7	<i>Оформлення ПЗ</i>	01.11.2020	
8	<i>Стартап-проект</i>	21.11.2020	
9	<i>Загальний збір проекту</i>	27.11.2020	
10	<i>Підпис керівника магістерської дисертації</i>	02.12.2020	
11	<i>Попередній захист магістерської дисертації</i>	10.12.2020	
12	<i>Захист</i>	23.12.2020	

Студент

Ігор ГАЛЮК
(підпис) (імя, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник дисертації

Сергій БАТЮК
(підпис) (імя, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновку, списку використаної літератури.

Обсяг пояснювальної записки 89 сторінок.

Пояснювальна записка містить 54 малюнків, 26 таблиць.

Об'єктом дослідження є інженерні мережі будівлі торговельного комплексу, а саме системи вентиляції, кондиціонування, тепlopостачання та електрозабезпечення. Предметом дослідження є кліматичні параметри в середині міського торговельного центру.

Метою роботи є розробка комплексної системи автоматичного керування системами вентиляції, кондиціонування, тепlopостачання та електрозабезпечення у приміщенні торговельного центру.

Результати даної роботи впроваджені на одному з існуючих торговельних центрів.

ABSTRACT

The master's dissertation consists of an introduction, 5 chapters, a conclusion, a list of references.

The volume of the explanatory note is 89 pages.

The explanatory note contains 54 figures, 26 tables.

The object of the study are the engineering networks of the building of the shopping complex, namely the systems of ventilation, air conditioning, heating and electricity. The subject of the study is the mathematical parameters in the middle of the city shopping center.

The purpose of the work is to develop a comprehensive system of automatic control of ventilation, air conditioning, heating and power supply in the shopping center.

The result of this robot is implemented at one of the existing shopping centers.

ЗМІСТ

Вступ	6
Актуальність теми.....	6
Мета і завдання роботи.....	6
Об'єкт дослідження.....	6
1. Аналітичний огляд проблеми	
1.1 Сучасний стан галузі.....	7
1.2 Опис технологічної схеми об'єкту управління.....	8
2. Опис об'єкту управління	
2.1 Призначення і функції створюваної системи.....	29
2.2 Огляд та аналіз систем регулювання.....	32
2.3 Розрахунок системи регулювання.....	37
2.4 Вимоги до реалізації функцій системи управління об'єктом.....	53
3. Розробка системи управління об'єктом	
3.1 Розробка технічного забезпечення системи управління.....	56
3.2. Розробка програмного забезпечення системи управління.....	60
3.2.1 Порядок програмування контролера та обмін даними з верхнім рівнем автоматизації.....	60
3.2.2 Реалізація функцій нижнього рівня системи автоматизації.....	61
3.2.3 Опис програмного забезпечення локального рівня ПТКЗА.....	63
3.2.4 Опис програмного забезпечення супервізорного рівня ПТКЗА.....	68
4. Розроблення стартап-проекту	
4.1 Опис ідеї проекту.....	72
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	74
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	74
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	80
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	83
4.6 Висновки.....	85
5. Висновки.....	88
Перелік використаної літератури.....	89

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСУ - автоматизована система управління

АФХ – амплітудно-фазова характеристика

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

ККБ – компресорно-конденсаторний блок

МАЧХ – максимум амплітудно частотної характеристики

П – припливна система вентиляції

ПВ – припливно-витяжна система вентиляції

ПЛК - програмований логічний контролер

ПТКЗА - програмно-технічний комплекс засобів автоматизації

РАФХ – розширена амплітудно-фазова характеристика

ЩА – щит автоматичного управління

ЩМУ – щит місцевого управління

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition

Вступ

Актуальність теми. У зв'язку з постійно зростаючою вартістю енергоносіїв з одного боку та достатньо жорсткими вимогами по дотриманню різноманітних норм таких як наприклад безперебійність енергозабезпечення, температура, якість повітря та інших на виробництві й об'єктах народного господарювання виникає необхідність у впровадженні на них більш ефективних інженерних систем до складу яких входять системи вентиляції, кондиціювання, опалення, електрозабезпечення та інші.

Мета і завдання роботи. Метою роботи є розробка комплексної системи автоматичного керування системами вентиляції, кондиціювання, теплопостачання та електрозабезпечення у приміщенні торговельного центру. А також передбачені заходи по пожежній безпеці й сигналізації.

Основні задачі:

- розробка технічного завдання;
- вивчення предметної області та вибір PLC;
- розробка структурної схеми;
- розробка функціональної схеми;
- розробка електричних схем;
- вибір необхідного обладнання й компонентів;
- розробка й написання програм;

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є інженерні мережі будівлі торговельного комплексу, а саме системи вентиляції, кондиціювання, теплопостачання та електрозабезпечення.

1. Аналітичний огляд проблеми

1.1. Сучасний стан галузі

Невід'ємною частиною технічної реалізації технологічних процесів по життєзабезпеченню діяльності людини є засоби автоматизації. Це можна віднести й до систем електрозабезпечення, вентиляції, кондиціонування повітря та опалення без яких складно уявити сучасні офісні, житлові, промислові та торговельно-розважальні будівлі. До цих систем висувуються певні вимоги, які встановлені державними санітарно-гігієнічними нормами, будівельними нормами, а також вимогами технологічних процесів. Залежно від типу та призначення приміщення ці вимоги регламентують продуктивність вентиляції, гранично допустиму концентрацію шкідливих речовин в приміщенні, температуру та вологість повітря, рівень шуму, та інші.

Більшість інженерних систем є багатомірними об'єктами з великою кількістю зв'язків, тому надійну й енергоефективну роботу інженерних систем можуть забезпечити тільки правильно спроектовані та належним чином налагоджені системи автоматичного керування .

Лише з сучасною АСУ працюючою за оптимальними алгоритмами можна задовольнити умовам безпеки, ефективності, надійності та економічності при роботі такої системи. Також сучасні системи автоматики мають зручний інтерфейс керування.

У якості засобів управління сучасні системи автоматичного керування використовують електронні пристрої на базі мікропроцесорів. За своїми технічними можливостями ці пристрої дозволяють забезпечити управління багатьма параметрами. Діапазон функцій управління, виконуваних системами автоматики по кількості й складності реалізації достатньо широкий: від пуску та зупинки окремих технологічних апаратів та всієї системи в цілому, блокування й захисту обладнання в аварійних ситуаціях, індикації, переходу з режиму на режим та інше до централізованого управління кліматичним або всім інженерним обладнанням будівлі.

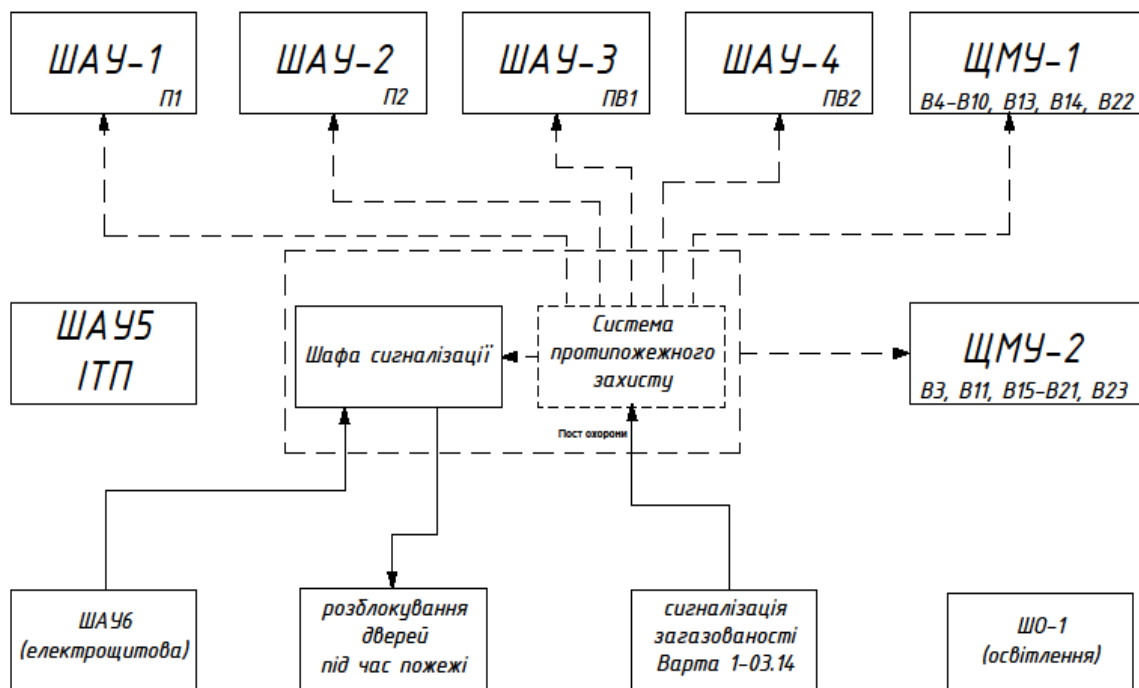
1.2. Опис технологічної схеми об'єкту управління.

Дана система комплексного керування створена для забезпечення живленням та керування обладнанням, що входить до складу різноманітних систем торговельного центру. А саме:

- а) витяжні вентиляційні системи обслуговування технологій торговельного центру.
- б) витяжні системи забезпечення місць загального призначення;
- в) вентиляційні системи обслуговують технічні приміщення такі як ІТП, ел.щитова, компресона;
- г) комплектні вентиляційні припливні та припливно-витяжні системи П1, П2, ПВ1, ПВ2;
- д) системи керування тепловентляторів різної потужності;
- ж) система керування теплових завіс різного типу дії;
- з) керування контурами теплоносіїв в ІТП;
- і) контроль подій в електрощитовій Ру 0.4 кВ;
- к) контроль перегріву діючих трансформаторів;
- л) вимикання дверей під час пожежі;

На мал. 1.1. зображена структурна схема комплексної системи автоматизації інженерних систем торговельного центру.

Автоматизована система управління інженерним обладнанням складається з щитів автоматичного управління (ЩА), щитів місцевого управління (ЩМУ), пультів, керування сигналізатору, та різноманітних датчиків.



мал. 1.1. Структурна схема.

Функції систем управління:

- Індивідуальний тепловий пункт (ІТП)

Теплопостачання будівлі торговельного центру відбувається за рахунок теплоносія з загальноміської теплової мережі. Обладнання теплового пункту працює під управлінням шаф локальної автоматики. До складу ІТП входить три контури:

1) контур теплопостачання калориферів комплектних вентиляційних установок, теплових завіс на входних групах та тепло вентиляторів складських приміщень;

2) контур радіаторного опалення будівлі;

3) контур приготування гарячої води;

Контури теплопостачання калориферів та контур опалення мають погодну залежність температури теплоносія від температури зовнішнього повітря. Чим

нижча температура повітря тим вища температура теплоносія в системах. Підтримання температури теплоносія здійснюється відповідно графіка залежності який задається в меню контролерів обслуговуючим персоналом торговельного центру. Також в системах запроєктовано насосні групи з резервуванням, тобто при виході з ладу одного з насосів автоматично вмикається резервний. А для рівномірного напруцювання робочий та резервний насоси періодично міняються місцями.

Так як у змішувальних вузлах систем тепlopостачання припливних систем, теплових завіс та тепло вентиляторів встановлені свої регулюючі клапани, то гідравлічні опори цих вузлів дещо змінюються з часом, а відповідно змінюється й загальна напірна характеристика системи в цілому, тому в системах автоматичного керування запрограмована функція автоматичного підтримання певного перепаду тиску в гідравлічному контурі який вимірюється між всасом та подачею насоса. Тому живлення насосів здійснюється від частотних перетворювачів які в свою чергу змінюють продуктивність в залежності від поданого аналогового сигналу з контролера у відповідності до заданого перепаду тиску в системі. При зменшенні перепаду тиску аналоговий сигнал який керує продуктивністю частотного перетворювача змінює своє значення що змушує збільшити частоту поля перетворювача й відповідно оберти крильчатки насоса, що й призводить до збільшення перепаду тиску.

– Вентиляційні установки

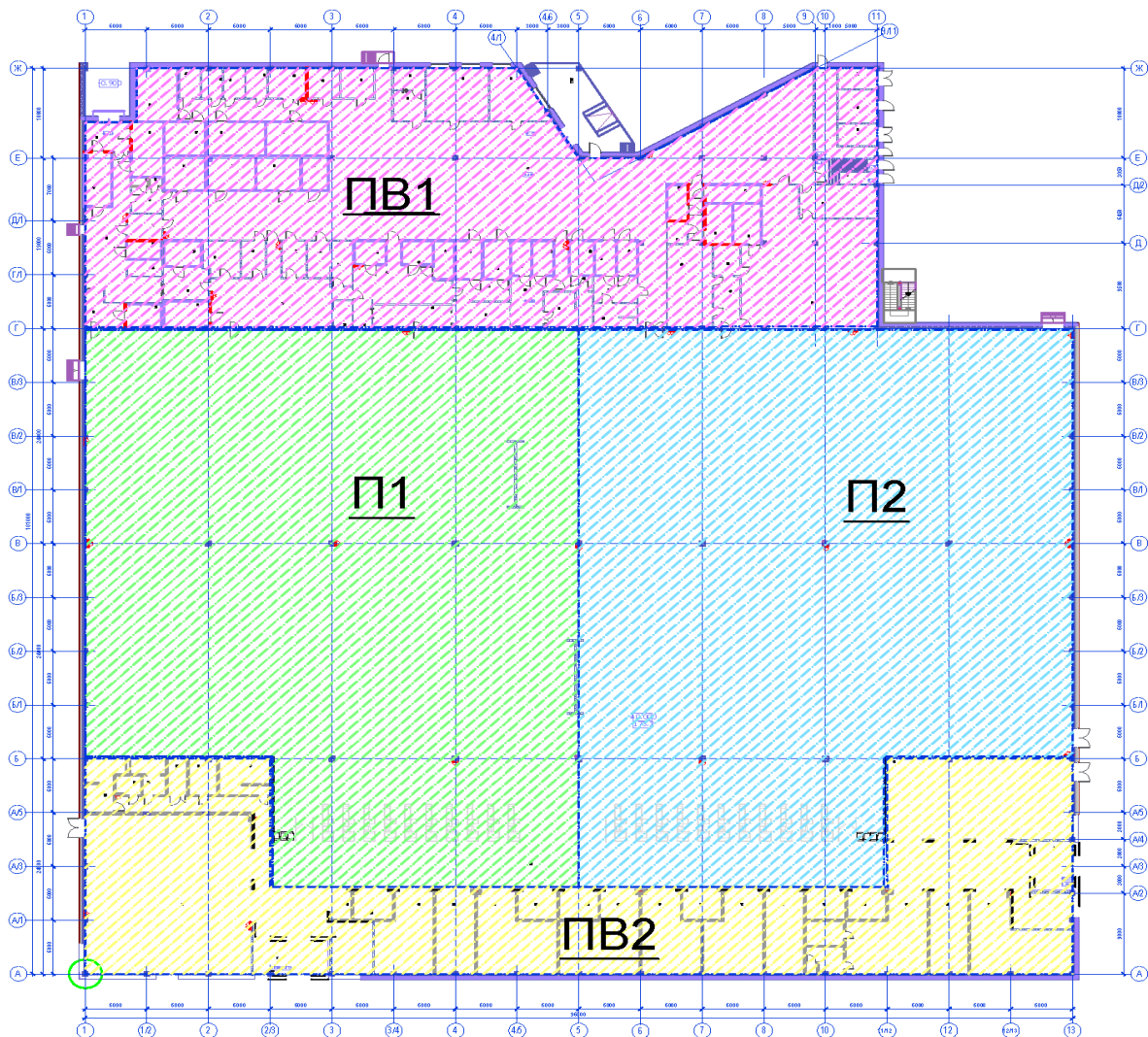
Шафи автоматичного управління створені за складом вент.машин виробництва компанії AeroStar: П1, П2, ПВ1, ПВ2.

П1 та П2 це припливні установки з рециркуляцією повітря що забезпечують вентиляцію, кондиціонування та обігрів торговельного залу, які мають у своєму складі секції фреонового охолоджувача з функцією теплового насоса, та секцію водяного нагрівача.

ПВ1 яка відповідає за повітрообмін зони виробництва, складу й офісної частини має в своєму складі перехресний теплообмінник, секції фреонового

охолоджувача з функцією теплового насосу, та секцію водяного нагрівача. Хоча роторні рекуператори мають дещо більшу енергоефективність, але їхнім недоліком обумовленим конструктивними особливостями є вірогідність перетоку частини витяжного повітря у припливне. А в нашому випадку це не бажано.

ПВ2 що відповідає за повітрообмін зони арендних лотів має в своєму складі роторний рекуператор, секції фреонового охолоджувача з функцією теплового насосу, та секцію водяного нагрівача. В даних приміщеннях переток частини витяжного повітря на приток нам не критичний, тому тут доцільніше задіяти ротор. План будівлі з зонами обслуговування припливних систем зображено на мал. 1.2. :



мал. 1.2. Зони обслуговування систем припливної й припливно-витяжної вентиляції.

Витяжна вентиляція має єдине місце для підключення, де забезпечується перемикання режимів керування ручний, вимкнуто, автоматичний. Потужні вентилятори підключені через перетворювачі частоти. Налаштовування перетворювачів виконується під час налагоджувальних робіт. Зміна числа обертів виконується на панелі перетворювача згідно паспортів та інструкцій на це обладнання. За окремим переліком виконується облаштування місцевими вимикачами витяжних вентустановок. Витяжні вентиляційні системи працюють за розкладом, що створюється реле часу. Вентиляційні системи, що виходять на покрівлю оснащені окремими вимикачами, для обслуговування під час ремонту.

Тепловентилятори водяного типу мають окремі пульти керування і не приєднані до інших систем. Регулювання та графік роботи задається з цього пульту.

Теплові завіси водяного типу мають коло регулювання теплоносія і індивідуальні пульти керування теплової завіси з набором датчиків температури повітря в середині, назовні приміщення, датчиком відкривання дверей та інше. Теплові завіси замість кола регулювання теплоносія, вмикають потужні електричні нагрівачі.

- Електропостачання, моніторинг електромережі, контроль перегріву трансформаторів живлення

Шафу автоматичного управління виконано на базі інтелектуального програмованого реле «Zelio Logic» фірми Schneider Electric. Шафа керує та перемикає вимикачі на різні входи від трансформаторів, у тому часі постачання електрики від дизельної електричної станції (ДЕС).

Система загазованості проводить контроль складу повітря на наявність паливного газу в місцях вводу комунікацій до будівлі. Необхідно встановити датчики над вхідним отвором на рівні 0.3 метри від перекриття, а бо біля нього на відстані 0.5 метри. При спрацюванні сигналізації вмикаються світло–звукові оповіщувачи.

Шафа сигналізації та розблокування дверей

Шафа ШАУ 8 приймає та підтверджує спрацювання, перегріву трансформаторів. Шафа приймає сигнал пожежі та виконує надання сигналу про розблокування дверей. Сигнал подається на контролери дверей, що необхідно відімкнути для евакуування відвідувачів та працівників закладу. Двері розташовано п'ять на рівні торговельного залу і одна на рівні службових приміщень. При спрацюванні сигналів на шафі вмикаються нагадувальні вогники. Шафу розташовано в приміщенні охорони.

Основними й найбільш складними з систем технологічного об'єкту в цілому в нашому проекті є вентиляційні системи. Тому розглянемо об'єкт на прикладі припливної системи П1 з рециркуляцією повітря з даного проекту.

Склад кожної системи залежить від її типу. Типова припливна механічна вентиляційна система складається з наступних компонентів (розташованих у напрямку руху повітря, від входу до виходу).

Повітряний клапан, а в припливних системах з рециркуляцією змішувальна камера у якій клапана зовнішнього повітря й рециркуляційний працюють у протифазі. Це потрібно для регулювання необхідної кількості свіжого повітря в приміщенні.

Фільтр - необхідний для захисту, як самої системи вентиляції, так і вентилязованих приміщень від пилу, пуху, комах. Зазвичай встановлюється один фільтр грубого очищення, який затримує частинки величиною більше 10 мкм. Якщо до чистоти повітря пред'являються підвищені вимоги, то додатково можуть бути встановлені фільтри тонкого очищення (затримують частинки до 1 мкм) і особливо тонкого очищення (затримують частинки до 0,1 мкм). Для контролю забруднення фільтра встановлюється диференційний датчик тиску, який контролює різницю тиску повітря на вході і виході фільтра - при забрудненні різниця тиску збільшується.

Калорифер або повітронагрівач призначений для підігріву що подається з вулиці повітря в зимовий період. Калорифер може бути водяним або електричним.

Випаровувач-теплообмінник фреон-повітря, в якому відбувається випаровування фреону й за рахунок цього відбувається поглинання надлишку тепла з припливного повітря. Випаровувач завжди працює в парі з ККБ (компресорно-конденсаторним блоком). Якщо ККБ інверсивного типу тобто з функцією теплового насосу, то випаровувач використовується як конденсатор фреонового контуру й здійснює нагрів припливного повітря.

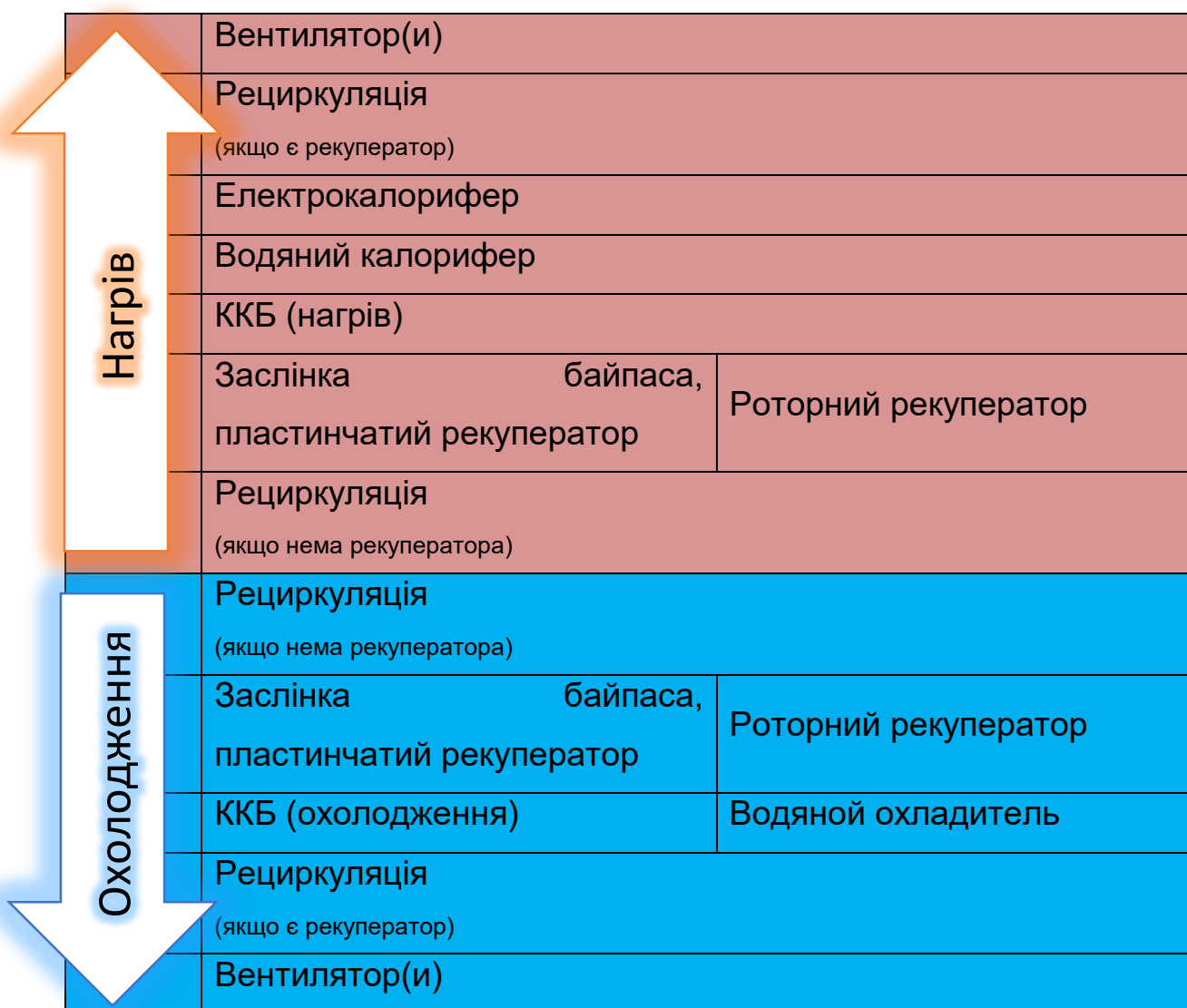
Вентилятор - основа будь-якої системи штучної вентиляції. Він підбирається з урахуванням двох основних параметрів: продуктивності, тобто кількості повітря, що прокачується і повному тиску. Іншими важливими характеристиками вентиляторів є рівень шуму і габарити. Ці параметри в великій мірі залежать від марки обладнання.

Шумоглушник- оскільки вентилятор є джерелом шуму, після нього обов'язково встановлюють шумоглушник, щоб запобігти поширенню шуму по повітропроводах. Основним джерелом шуму при роботі вентилятора є турбулентні завихрення повітря на його лопатах, тобто аеродинамічні шуми. Для зниження цих шумів використовується звукопоглинальний матеріал певної товщини, яким облицьовуються одна або кілька стінок шумоглушника. Як звукопоглинального матеріалу зазвичай використовують мінеральну вату, скловолокно тощо.

.При проектуванні даних системах найважливіше завдання полягає в розробці коректного алгоритму роботи всіх складових окремо й їх взаємодії.

Всі пристрої, які підтримують необхідні параметри повітря працюють в порядку своєї черги, плавно підвищуючи свою продуктивність по ПІ закону регулювання. Якщо регулятор пристрою досяг 100%, то в процес регулювання і підтримки температури включається наступний пристрій за пріоритетом. Пріоритетність

побудована з метою максимальної економії енергетичних витрат, тобто спочатку включаються менш затратні по потужності пристрою, а потім більш затратні. Далі розглянемо самі пристрої:



Камера змішування дозволяє підмішувати витяжне повітря до припливного. Якщо в системі відсутній рекуператор, то рециркуляційна заслінка буде першим пристроєм, що регулює температуру. Якщо рекуператор присутній, то рециркуляція матиме місце перед вентиляторами.

Для досягнення уставки контролер буде поступово підвищувати відсоток регулятора рециркуляції, тим самим відкриваючи канал рециркуляції, підмішуючи витяжної повітря до припливного, при цьому заслінки припливного і витяжного повітря пропорційно прикриваються (Приклад: Заслінка рециркуляції відкрита на 70%, заслінка подачі та відведення на 30%) . Основний параметр з налаштувань контролера це максимальний і мінімальний процент відкриття заслінок рециркуляції.

Компресорно-конденсаторний блок. Фреоновий охолоджувач бере участь в контурі регулювання температури повітря в каналі (в приміщенні) і в контурі регулювання вологості (якщо є датчик вологості повітря). Для досягнення уставки контролер буде поступово підвищувати відсоток регулятора ККБ, тим самим підвищуючи продуктивність пристрою. Влітку ККБ працює тільки на охолодження. Взимку ККБ працює тільки на нагрів. Під час відтаювання вентилятори примусово скидають свої обороти на мінімум і ККБ пропускає свою чергу в регулюванні температури, що дає можливість включити наступний пристрій. Основні параметри з налаштувань контролера:

- а) Період повторного включення;
- б) Вибір типу контакту аварії і розмерзання;
- в) Завдання роздільною температури для роботи. аварії:

Аварія ККБ зупиняє лише сам ККБ, не зачіпаючи роботи інших частин вентиляційної установки. Якщо в аварію йде конкретна секція ККБ, то вимикається саме ця секція, інші працюють.

Водяний калорифер бере участь в контурі регулювання температури повітря в каналі (в приміщенні). Для досягнення уставки контролер буде поступово підвищувати відсоток регулятора водяного калорифера, тим самим відкриваючи триходовий кран і підвищуючи продуктивність пристрою. При включенні установки в зимовий період буде здійснюватися «прогрів».

Контролером передбачено автоматичне підтримання температури зворотного теплоносія і реалізовані алгоритми, що запобігають загрозу заморозки. Взимку циркуляційний насос працює постійно. Основні параметри з налаштувань контролера:

а) Мінімальний відсоток відкриття крана;

б) Час прогріву;

в) Температура прогріву;

аварії:

Основний вид аварії для водяного калорифера - «Загроза заморозки». Дана аварія відпрацьовується по датчику температури зворотної води і по захисному термостата від заморожування. При виникненні небезпеки переохолодження теплообмінника калорифера в будь-який час року відпрацьовується «Захист від заморозки»: вентилятори зупиняються, жалюзі закриваються, кульовий кран калорифера відкривається на 100%, а дана подія заноситься в журнал як «Загроза заморозки». Коли загроза заморозки ліквідується, необхідно скинути аварію для відновлення роботи вентиляційної установки.

Вентилятори беруть участь в контурі регулювання температури повітря в каналі (в приміщенні). Під час роботи установки на охолодження в літній період (уставка температури нижче температури повітря та температура зовнішнього повітря вище, ніж температура в витяжному каналі з приміщення) контролер буде поступово підвищувати відсоток регулятора вентиляторів, тим самим знижуючи швидкість обертання вентиляторів для того, щоб гаряче повітря охолоджувався довше на охолоджувальних елементах. Під час роботи установки на нагрів в зимовий період (уставка температури вище температури повітря та температура зовнішнього повітря нижче, ніж температура в витяжному каналі з приміщення) контролер буде поступово підвищувати відсоток регулятора вентиляторів, тим самим знижуючи швидкість обертання вентиляторів для того, щоб холодне повітря прогрівався довше на нагрівальних елементах. Основні параметри з налаштувань контролера:

- а) Відсоток швидкості обертання;
 - б) Час відкриття припливної та витяжної заслінок;
- аварії:

Аварія вентилятора спрацьовує від таких джерел: немає підтвердження роботи частотного перетворювача, не замкнувся прессостат, розімкнути захисний термоконтакт.

Рішення в частині проектування систем ОВ (опалення, вентиляція та кондиціонування) розроблені згідно архітектурно - будівельних креслень, завдання технолога, чинних будівельних норм і правил, зокрема :

ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»

ДБН В.2.2-9-2009 «Громадські будинки та споруди»

ДБН В.2.2-23-2009 «Підприємства торгівлі»

ДБН 2.2-25-2009 «Підприємства харчування»

ДСТУ Н Б В.1.1-27-2010 «Будівельна кліматологія»

ДБН.В.2.6-31-2006 «Теплова ізоляція будівель»

ДБН В.1.2-7-2008 «Пожежна безпека»

ДБН В.1.2-8-2008 «Безпека життя і здоров'я людини та захист навколишнього природного середовища»

ДБН В.1.2-9-2008 «Безпека експлуатації»

ДБН В.1.2-10-2008 «Захист від шуму»

ДБН В.1.2-11-2008 «Економія енергії»

Розрахунок систем вентиляції, кондиціонування та опалення проводиться відносно розрахункових параметрів зовнішнього повітря (табл. 1.1.) та внутрішніх розрахункових параметрів повітря (табл. 1.2.)

Таблиця 1.1 - Розрахункові параметри зовнішнього повітря м. Київ.

Барометричний тиск, гПа	Період року	Розділи проекту	Параметри		Швидкість повітря, м/сек
			Температура, °С	питома ентальпія, кДж/кг	
1	2	3	4	5	6
990	холодний	Опалення, вентиляція (параметри Б)	-22	-20,7	4,2
	теплый	вентиляція (параметри А)	23,7	53,6	1
		кондиціонування (параметри Б)	28,7	56,1	1

Таблиця 1.2 – Внутрішні розрахункові параметри повітря..

Приміщення	Холодний період		Теплий період		Вимоги по вентиляції
	Темп. (°С)	Вол. (%)	Темп. (°С)	Вол. (%)	
Трговий зал	20±2	40-60	24±1	<60	За розрахунком на видалення забруднень
Технологічні приміщення	18±2	40-60	24±1	<60	На видалення надлишків тепла
Технологічні приміщення м'ясного цеха	+15	40-50	+15	<50	Згідно ДБН 2.2-25-2009
Склади сухих продуктів, алкоголю, інвентарю	+16	40-50	+16	<50	Згідно ДБН 2.2-25-2009
Приміщення венткамер	+10	Не контрол.	Не контрол.	Не контрол.	Згідно ДБН 2.2-25-2009
Технічні приміщення	+5	Не контрол.	<+35	Не контрол.	Згідно ДБН 2.2-25-2009

Приміщення компресорної	+5	Не контрол.	<+35	Не контрол.	На видалення надлишків тепла
Рампи розгрузки та вилучки м'яса	+5	Не контрол.	Не контрол.	Не контрол.	Не передбачається
Рампи розгрузки та вилучки	+10	Не контрол.	Не контрол.	Не контрол.	Не передбачається
Душові та роздягальні	25	Не контрол.	Не контрол.	Не контрол.	Згідно ДБН 2.2-25-2009
Адміністративні приміщення	22	40-60	24±1	<60	За розрахунком на видалення забруднень

На підставі цих даних та даних про теплові властивості будівлі, технологічні особливості приміщень такі як наявність певного обладнання що виділяє чи поглинає теплову енергію, кількість людей і час їх перебування й т.д. проводиться розрахунок тепловтрат та надлишків тепла, а також повітрообміну по кожному приміщенню. Потім в залежності від типів та призначення приміщень проводиться розбивка на зони обслуговування для кожної з систем припливної, припливно-витяжної та витяжних систем, систем кондиціювання та визначається їх кількість.

Будівлю нашого торговельно комплексу можна розділити на 3 зони різного призначення зі своїми особливостями. Перша зона це торговельний зал супермаркету –найбільша по площі зона, Далі зона виробництва , складу й адміністрації. І третя зона арендних лотів.

Розглянемо розрахунок системи вентиляції на прикладі торговельного залу. Для забезпечення необхідного мікроклімату торговельного залу запроектовано дві припливні системи П1 та П2 з рециркуляцією повітря. Це найбільш вдале рішення для таких приміщень так як за допомогою цих двох систем здійснюється як вентиляція так і кондиціювання й опалення залу.

Розрахунок повітрообміну в приміщенні може проводитись в залежності від специфіки цього приміщення або по вологовиділенням, або по теплопритокам, або по газовиділенням. Наша система представляє собою суміш двох систем- системи вентиляції та системи кондиціювання й опалення, тому розрахунок

системи нашого приміщення проводився відштовхуючись від двох основних показників: необхідної потужності холодопостачання й опалення та необхідного повітрообміну повітря для забезпечення санітарних норм. Визначення необхідного повітрообміну підраховуємо відносно потреб холодопостачання.

Для забезпечення потреб кондиціонування торговельного залу приймаємо кількість надлишкового тепла:

$$Q_{\text{надл.}} = 35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Площа залу складає $S_{\text{зал}} = 5500 \text{ м}^2$

Загальна кількість надлишкового тепла складає

$$Q_{\Sigma \text{ надл.}} = Q_{\text{надл.}} * S_{\text{зал}} = 35 * 5500 = 192000 \text{ Вт}$$

Тепер визначимо кількість повітря яке повинне пройти через випаровувач для забезпечення цієї потужності охолодження . З формули:

$$Q = c * V * \rho * (T_{\text{к}} - T_{\text{п}})$$

де c – питома теплоємність повітря $[\frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}]$, V – об'єм повітря $[\frac{\text{м}^3}{\text{год}}]$]

ρ – щільність повітря $[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}]$, $T_{\text{к}}$ й $T_{\text{п}}$ кінцева й початкова температури відповідно $[\text{°C}]$, приймаємо різницю температур $15 [\text{°C}]$. визначаємо об'єм повітря :

$$V = \frac{Q}{c * \rho * (T_{\text{к}} - T_{\text{п}})}$$

$$V = \frac{192500}{0,28 * 1,29 * 15} = 35529 \left[\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right]$$

Зараз ми визначили для нашого залу необхідну потужність охолодження й об'єм повітря для її забезпечення. Тепер визначаємо необхідну кількість свіжого повітря для забезпечення санітарних норм згідно нормативів. Для торговельних залів приймається 5 м^2 площі на 1 людину, тобто в нашому випадку кількість = $\frac{5500}{5} = 1100$ чол. Норматив вимагає $20 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ на одну людину, тобто загалом 22000 м^3 на зал. Для того щоб у літню пору року довести температуру цього повітря до необхідного рівня розрахуємо необхідну потужність охолодження :

$$Q = c * V * \rho * (T_k - T_p) = 0,28 * 22000 * 1,29 * 15 = 119196 \text{ Вт}$$

Підсумовуючи обчислення маємо загальний необхідний повітрообмін залу торговельного центру та потужність охолодження :

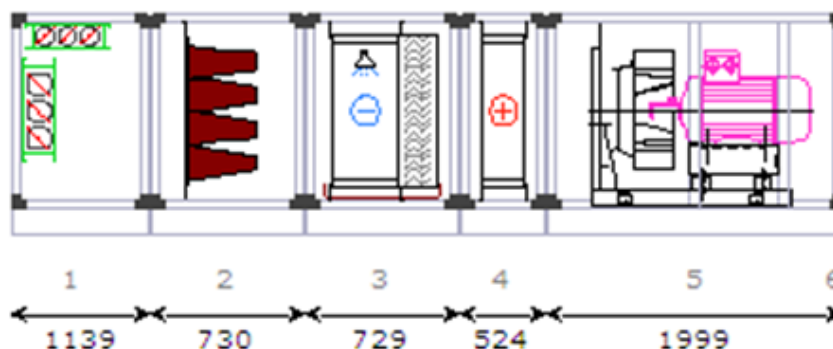
$$V_{\text{заг}} = 35529 + 22000 = 57529 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$Q_{\text{заг}} = 192000 + 119196 = 311196 \text{ Вт}$$

Такі досить значні потужності доцільно доцільно реалізовувати не однією одиницею обладнання а декількома. В нашому випадку ми реалізували 2 системи з запасом потужності близько 25%, а охолоджувачі у кожній системі теж розділили на два окремі контури. Це забезпечує більш стабільне підтримання заданих параметрів повітря так як наприклад чотири контури охолодження дозволяють досить стабільно варіювати потужністю у значних межах, що одним контуром ми не могли б забезпечити. Також розділяючи на декілька одиниць ми маємо резервування обладнання, що теж досить важливо.

Виконуємо підбір обладнання. В проекті задіяне обладнання компанії «Аеростар». В лінійці припливних установок GS вибираємо найближчий до наших потреб типорозмір установки GS-40. Її конструктивні особливості вказані нижче:

Модель: GS-40					
ВИТРАТА ПРИПЛИВНОГО ПОВІТРЯ	<u>m³/h</u>	33400	ВІЛЬНИЙ НАПІР НА ПРИТОЦІ	<u>Pa</u>	500
ВИТРАТА ВИТЯЖНОГО ПОВІТРЯ	<u>m³/h</u>	//	ВІЛЬНИЙ НАПІР НА ВИТЯЖЦІ	<u>Pa</u>	//



Ширина	<u>mm</u>	2650	Висота	<u>mm</u>	1700 + 85
Загальна довжина	<u>mm</u>	5121	Загальна вага	<u>kg</u>	1870

За нашими даними програма підбору постачальника обладнання підраховує параметри теплообмінників: випаровувача й водяного нагрівача:

Фреоновий теплообмінник (тепло/холод)			
ПАРАМЕТРИ ПОВІТРЯ		РІДИНА	
Витрата повітря	33400 <u>m³/h</u>	R410A	
Температура на вході	26.8 °C	Температура випаровування	5 °C
Відносна вологість	47.9 %	Перегрів	10 °C
Температура на виході	15 °C	Переохолодження	5 °C
Відносна вологість	80.5 %	Витрата	2981.73 <u>kg/h</u>
Потужність	184.64 <u>kW</u>	Втрата тиску	5.3 <u>kPa</u>
Втрата тиску повітря	103 <u>Pa</u>	Кількість газових контурів	2
Швидкість повітря	2.84 m/s	FC GS40/5R 2C left реверс с потовщ. трубками	
		Кількість рядів	5
		Діаметр підключення	54/76.1

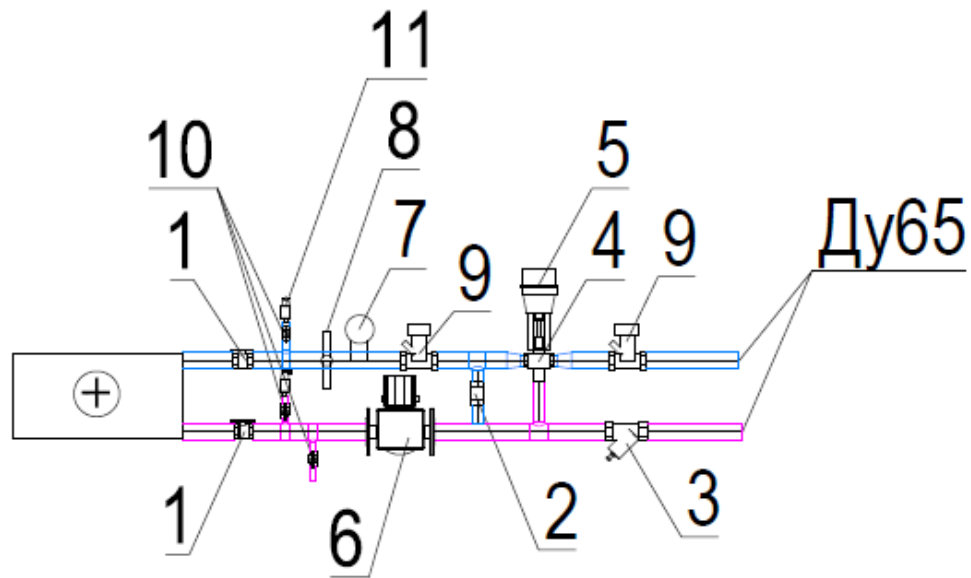
Нагрівач			
ПАРАМЕТРИ ПОВІТРЯ		РІДИНА	
Витрата повітря	33400 <u>m³/h</u>	Вода	
Температура на вході	7.7 °C	Температура на вході	80 °C
Температура на виході	28.2 °C	Температура на виході	60 °C
Потужність	231.12 <u>kW</u>	Витрата	9928.64 <u>l/h</u>
Втрата тиску повітря	32 <u>Pa</u>	Втрата тиску	5.1 <u>kPa</u>
Швидкість повітря	2.72 m/s	VO GS40/2R	
		Кількість рядів	2
		Діаметр підключення	2 1/2"

За цими даними проводиться підбір обладнання тепло забезпечення й холодо забезпечення.

Як видно з опису фреонового теплообмінника він складається з двох окремих контурів. У якості джерела холодозабезпечення використовуємо 2 блоки ККБ (компресорно-конденсаторний блок) інверторного типу LG ARUN 380LTE4 з функцією теплового насосу паспортною холодильною потужністю 106,4 кВт. Тобто підібраний ККБ відповідає потужності випаровувача. За рахунок того що компресори ККБ, як було вказано вище, інверторного типу то потужність випаровувача в нас змінна. Зміна потужності відбувається за рахунок зміни тиску випаровування в випаровувачі, а відповідно й зміні температури кипіння. За належне наповнення теплообмінника фреоном відповідає терморегулюючий вентиль, який міняє свою пропускну здатність в залежності від тиску випаровування фреону та температури повітря яким обдувається випаровувач та підтримує при цьому температуру перегріву фреону на виході з випаровувача відносно температури кипіння на 2 градуси вище. Це забезпечує повне википання фреону в випаровувачі й не допускає повертання фреону в рідкій формі на всас компресорів що могло б спричинити їх руйнування.

Для забезпечення теплопостачання рідкісного теплообмінника слугує так званий вузол змішування :

ВУЗОЛ РЕГУЛЮВАННЯ П1, П2 (ТЕПЛО)



Особливістю даних вузлів змішування є постійна витрата теплоносія як в контурі безпосередньо теплообмінника так і в контурі так званої «гострої» води з системи забезпечення, що дає змогу більш якісно настроїти гідравлічну систему всієї будівлі й робота такої системи досить стабільна в плані підтримання заданої температури.

Маючи розрахункові параметри теплообмінника, а саме витрату теплоносія й втрати опору були підібрані елементи вузла, головні з яких це циркуляційний насос, та триходовий змішувальний клапан з відповідним приводом. Результати підбору нижче:

Вузел регулювання П1, П2		
Позиція	Найменування	Кількість
1	Кран кульовий Ø65	
2	Клапан зворотний Ø40	
3	Фільтр Ø65	
4	Клапан 3х ходовий VRG3 DN32 kVs 16	
5	Привод клапана AME435 - 220 V	
6	Насос Wilo TOP S 50/10-3 N=0,88 кВт; 400В; 50 Гц; G=10,3 м³/год; H=80 кПа	
7	Манометр ДМ05063- 60кПа-М12х1.5	
8	Термометр 0-100°C	
9	Клапан балансувальний MSV-B Ø 65	
10	Кран кульовий Ø15	

Після розроблення схеми безпосередньо повітропроводів підраховується втрата тиску в системі повітропроводів. Потім маючи всі значення втрат тисків елементів системи було проведено підбір складових вентилятору а саме по каталогу вибраний розмір робочого колеса відповідний підрахованій продуктивності та необхідний тип двигуна з певною потужністю й кількістю обертів за хвилину. Результати нижче:

	Припливний вентилятор									
ВЕНТИЛЯТОР					ДВИГУН					
Тип вентилятора	Plug fan				Встановлена потужність	IE1 160L 15 kW				
Розмір	800				Живлення	400/3/50 В/фаза/Г				
Продуктивність	33400 mi/h				Полюсів	4				
Наявний напір	500 Pa				Діаметр вала двигуна	- mm				
Втрата тиску в установці	210 Pa				Клас ізоляції	F				
Повний тиск	839 Pa				Захист	IP 55				
Число обертів	1381 rpm				Частота в робочій точці вентилятора	47 Hz				
Споживана потужність	10.93 kW				Максимальна частота інвертора	52 Hz				
Рівень звукової потужності	94 dB(A)				Номінальний струм	28.50 A				
Рівень звук.потужності по октавним полосам (дБ)										
F [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Сумарн	
Lw(A)6 [дБ]	61	75	87	92	91	88	83	77	96	
Lw(A)5 [дБ]	59	73	84	89	89	85	81	74	94	

Живлення двигуна вентилятора здійснюється від частотного перетворювача потужності, який було підібрано відповідно параметрам двигуна. Це перетворювач ABB ACS310 з максимальною потужністю 15 кВт.

Загально обмінна система вентиляції виробничих і адміністративних приміщень реалізована на одній припливно-витяжній системі з перехресним рекуператором, секцією фреонового охолодження з режимом теплового насосу та водяним підігрівачем. Розрахунок повітрообміну проводився згідно норма повітрообміну по кожному окремому приміщенню. Розрахунковий сумарний об'єм припливної та витяжної секцій складає по $17000 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$.

Також у приміщеннях де цього вимагає технологічний процес встановлюються місцеві витяжні системи, або місцеві відсмоктувачи. Загальний повітрообмін місцевих систем складає $22260 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$.

Загальнообмінна вентиляція зони арендних лотів реалізована на припливно-витяжній установці з роторним рекуператором, секцією фреонового охолодження з режимом теплового насосу та водяним підігрівачем з розрахунковою кількістю припливного та витяжного повітря по $8200 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$.

Як ми бачимо загальний розрахунковий баланс повітрообміну в будівлі витримано. Кількість повітря видаляемого місцевими витяжними системами компенсується за рахунок припливного зовнішнього повітря припливних установок залу. В приміщенні залу утворюється зона надлишкового тиску, а в зоні виробництва утворюється розрідження, що зумовлює перетік повітря з залу до зони виробництва що також унеможлиблює проникнення сторонніх запахів до торговельного залу.

Кондиціонування адміністративних приміщень та аренди здійснюється мультізональними системами VRF. Внутрішні блоки цих систем відіграють роль так званих доводчиків температури до заданого значення, так як системи вентиляцій в цих приміщеннях загальнообмінні і їх потужність не розрахована

для доведення температури в приміщеннях до номінальних значень, а тільки для забезпечення свіжим повітрям цих приміщень згідно нормативам. В приміщенні системного адміністратора та охорони передбачається встановлення спліт систем, які можуть працювати на охолодження взимку.

Теплопостачання припливних та припливно-витяжних установок, повітряно-теплових завіс та тепловентиляторів будівлі здійснюється від проектуемого тепlopункту, Теплоносій - вода з параметрами 80/60 °C. Система теплопостачання запроектована двома окремими гілками на опалення та теплопостачання припливних установок, що мають окремі вузли змішування, циркуляційні насоси, запірно-регулюючу арматуру.

2. Опис об'єкту управління

2.1. Призначення і функції створюваної системи.

Призначенням створюваної системи є насамперед управління інженерними системами будівлі торговельного центру. Найскладнішими з точки зору реалізації управління з тих систем якими ми керуємо є системи припливної вентиляції. Тому опис функцій створюваної системи розглянемо на прикладі системи автоматичного керування припливною установкою з рециркуляцією повітря.

Однією з функцій створюваної системи є інформаційна функція. До інформаційної функції відносяться введення сигналів від датчиків, виведення сигналів керування на виконавчу апаратуру, візуалізація процесу на мнемосхемах, відображення основних параметрів на історичних трендах та трендах реального часу, автоматична реєстрацію та архівування поточної інформації про всі параметри, реєстрація, архівування аварійних повідомлень, алармів при відхиленні температури від заданої норми, дистанційне управління виконавчими механізмами та регулюючими органами у трубопроводі на SCADA- системі, обмін даними між верхнім та нижнім рівнем АСУ.

Для забезпечення надійної роботи системи автоматичного керування припливною установкою було прийнято рішення контролювати наступні параметри:

- Температура зовнішнього повітря;
- Температура припливного повітря;
- Температура повітря в торговельному залі;
- Температура зворотного теплоносія;
- Наявність перепаду тиску на вентиляторі;
- Сигнал переохолодження повітря за калорифером;

- Контроль забруднення повітряних фільтрів;
- Сигнал режиму роботи ККБ;
- Сигнал аварії ККБ;
- Сигнал з пожежної сигналізації;

Дана система може працювати в двох режимах: в режимі обігріву й режимі охолодження. Розглянемо роботу системи автоматичного керування в режимі обігріву.

Для підтримання заданої температури повітря в приміщенні ми її значення вимірюємо датчиком розташованим безпосередньо у торговельному залі сигнал з якого надходить до аналогового входу. В залежності від відповідності фактичної температури температурі уставки основний регулятор виробляє управляючий сигнал який є вхідним сигналом для допоміжного контура. Якщо температура зовнішнього повітря має прийнятні значення для роботи теплового насосу, то сигнал допоміжного контуру управляє потужністю теплового насосу. У разі коли існує заборона на роботу теплового насосу сигнал з допоміжного контура управляє положенням трьохходового клапана, який в свою чергу зменшує або збільшує споживання підігрітої води.

При запиті роботи системи на охолодження відбувається переключення. Вимикається насос циркуляції змішувального вузла, також ККБ переключається в режим охолодження. І в цьому випадку сигнал допоміжного контура керує потужністю ККБ в режимі охолодження. Але при роботі в режимі охолодження для економії енергоносіїв система може працювати в режимі фрикулінг. Цей режим застосовується у разі коли зовнішня температура є нижчою на певну кількість градусів за температуру уставки, що дозволяє здійснювати охолодження не за рахунок ККБ, а використовуючи холодне зовнішнє повітря. В цьому випадку регулятор керує кількістю зовнішнього припливного повітря. Заслінки припливного й рециркуляційного повітря ввімкнені в протифазі, тобто при запиті на більшу потужність охолодження заслінка зовнішнього повітря

відкривається на певний градус, а рециркуляційного закривається на такий же градус.

В системі автоматичного керування передбачені функції сигналізації. Сигналізація служить для того, щоб чітко і вчасно попередити оператора про те, що значення одного з параметрів вийшло за допустимі межі (світлова та звукова сигналізації). Захист і блокування – функції системи, які припиняють роботу деякої частини чи всієї системи в цілому при досягненні певного параметра критичного значення.

Технологічна сигналізація застосовується для оповіщення оперативного персоналу про:

- вихід фізичної величини за межі, які визначають надійність роботи обладнання;
- вихід фізичної величини за межі, які визначають безпечність роботи обладнання (аварійна сигналізація);
- попередження спрацювання технологічного захисту;
- відмову окремих елементів обладнання;
- при втраті напруги у системі живлення.

Автоматичні захисти призначені для запобігання аварії обладнання у випадку відхилення технологічних параметрів від допустимих значень.

Функція блокування виконується для таких параметрів:

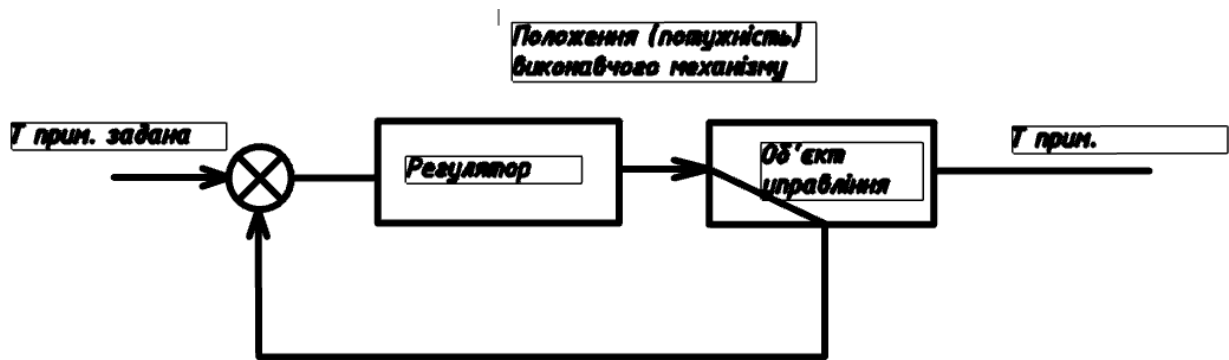
- температура зворотнього теплоносія в на виході з калорифера. При значенні температури нижче ніж 12 °С система зупиняється й видає аварійний сигнал. В такому випадку необхідно перевірити постачання теплоносія з тепломережі, перевірити справність клапану та його приводу й перевірити сигнал управління цим клапаном. В крайньому випадку від'єднати систему опалення від тепломережі для уникнення аварійної ситуації.

- Температура припливного повітря нижче ніж поріг спрацювання термостату (як правило це 6 °C), встановленого безпосередньо за теплообмінником. Це другий ступінь захисту теплообміннику від розморожування. Необхідно виконати всі ті ж дії що були перелічені вище.
- Відсутній перепад тиску між всасом та викидом вентилятору. В разі спрацювання цієї аварії необхідно перевірити роботу вентилятора, натяг привідних ременів, надійність закріплення крильчатки тощо. Також перевіряється вся ланка датчика тиску та цілісність всіх елементів (капілярну трубки, безпосередньо сам датчик тощо).
- Аварійний сигнал від частотного перетворювача живлення вентилятора. В цьому випадку перевіряється сам перетворювач на справність, також перевіряється двигун на справність, в тому числі пробій обмоток на землю або обрив, цілісність ізоляції, заклинювання двигуна тощо.
- Система отримала сигнал від пожежної сигналізації. В цьому випадку система негайно вимикається. Система пожежної сигналізації закриває всі протипожежні клапани на повітропроводах для унеможливлення перекидання пожежі між приміщеннями. Після припинення дії цього сигналу оператор повинен вручну зняти сигнал аварії з контролера для запуску системи в роботу.

2.2. Огляд та аналіз систем регулювання

2.1 Аналіз існуючих схем керування

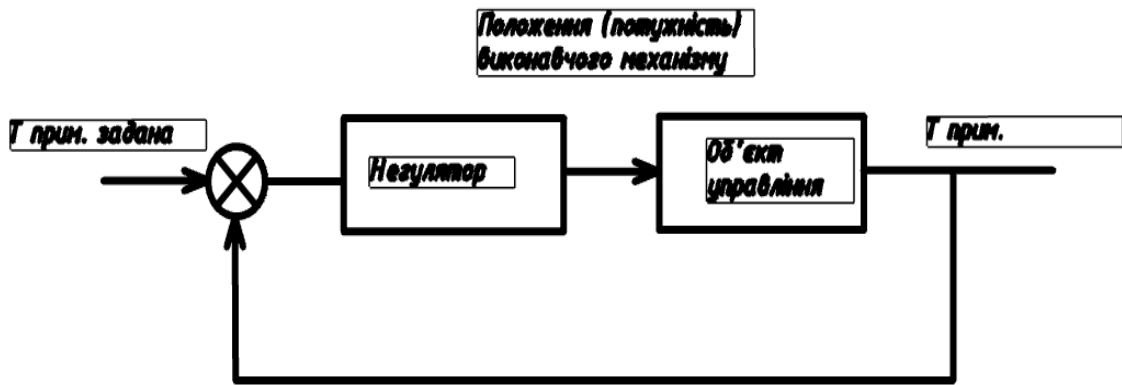
Одноконтурне регулювання температури припливного повітря на виході з припливної установки (мал. 2.1).



Мал. 2.1 Схема одноконтурного регулювання температури припливного повітря.

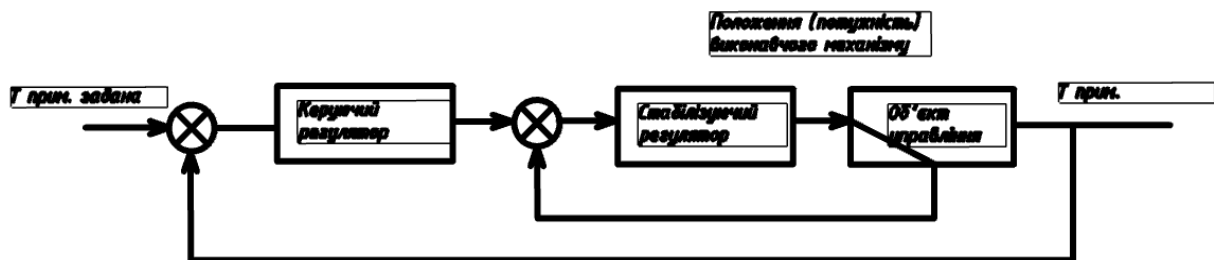
Регулювання температури припливного повітря має сенс в тих випадках коли в нас досить велика кількість приміщень різного призначення. В такому випадку ми можемо підтримувати якусь певну температуру припливного повітря яка задовольняє всіх споживачів. Недоліком такої схеми є те що ми ніяк не відслідковуємо температуру в приміщеннях. Для цього вже треба застосовувати додаткові прилади (доводчики температури), наприклад радіатори, фенкойли або кондиціонери.

Для тих випадків коли припливна система вентиляції працює на одне приміщення таке наприклад як спортивні зали, концертні зали а також приміщення торгівельних залів супермаркетів є доцільним здійснювати регулювання температури повітря в залі. На регулятор подається значення заданої температури повітря й фактична температура повітря в приміщенні. Регулятор вираховує необхідний сигнал що подається на виконуючий пристрій для усунення розбалансу. Схема зображена на мал. 2.2.



Мал. 2.2 Одноконтурна схема регулювання температури в приміщенні

Існує також каскадна схема регулювання повітря в приміщенні (мал. 2.3).



Мал. 2.3 Каскадна схема регулювання температури зворотного теплоносія

Каскадна схема має в своєму складі основний та допоміжний контури регулювання. Допоміжний контур регулювання виконує регулювання значення температури припливного повітря. Він є більш точним і швидким. А Основний контур регулювання контролює безпосередньо температуру в торговельному залі. Його вихідний сигнал є сигналом уставки для допоміжного регулятора

2.2 Огляд прийнятої системи управління

Найбільш доцільною схемою регулювання в нашому випадку є каскадна схема регулювання температури повітря в приміщенні торговельного залу. Так як дана схема дає можливість більш точно контролювати температуру повітря й є менш інерційною. Такі схеми регулювання використовуються коли запізнення у контурі регулювання основної величини суттєво більше ніж у контурі регулювання допоміжної величини, що і відбувається в нашому випадку.

Розглянемо дану систему із детальним описом технологічного процесу. Величиною випереджуючого контуру є температура припливного повітря на виході з припливної установки, а величиною основного – температура повітря приміщення. На вхід системи подається сигнал завдання, а саме – задана споживачем або оператором температура повітря торговельного залу,. На основі даного параметру та реальної величини, виміряної датчиком термоопору, вираховується величина розбалансу. Дана величина обробляється основним регулятором, який формує сигнал завдання для випереджаючого контуру. Цей сигнал знову ж таки порівнюється із реальною величиною, виміряною датчиком термоопору, однак в цей раз параметр регулювання – температура припливного повітря на виході з припливної установки. Тепер допоміжний регулятор обробляє сигнал розбалансу температури припливного повітря та формує вихідний сигнал для виконавчого механізму, який керує положенням клапану для змішування води з централізованої тепломережі та зворотної води із системи теплопостачання припливної установки. В силу інерційності основного контуру, в порівнянні із випереджаючим – положенням виконавчого механізму буде регулюватись температура припливного повітря в систему. а температура повітря торговельного залу в свою чергу буде регулюватись все тією ж температурою припливного повітря.

Це ми розглянули роботу системи в режимі обігріву за рахунок водяного повітропідігрівача. Аналогічна схема реалізована й для підтримання уставки температури й за допомогою фреонового повітропідігрівача (теплового насосу). Але в цьому випадку ми управляємо безпосередньо потужністю теплового насосу замість потужності водяного підігрівача. Пріоритетним є режим обігріву з залученням теплового насосу, так як підігрів повітря в цьому разі коштуватиме значно дешевше. Якщо потужності теплового насосу буде не достатньо, або його робота буде заблокована наприклад низькою температурою зовнішнього повітря або він вийде з ладу, то в цих випадках включиться секція водяного повітропідігрівача.

Така ж схема регулювання реалізована й для підтримання необхідної температури в літній період року. Тепловий насос переводиться в режим охолодження сигналом з контролера або автоматично при досягненні певної температури зовнішнього повітря, або в ручному режимі переводиться в режим охолодження споживачем або оператором.

2.3 Розрахунок системи регулювання

В даному проекті реалізована каскадна схема управління. Така система регулювання є однією з поширених систем регулювання з однією величиною, що регулюється в якій вводиться додаткова стабілізація деякої проміжної величини додатковим регулятором. Така система складається з двох контурів (внутрішній контур – стабілізуючий, зовнішній – коригуючий).

Передаточна функція об'єкту :

$$W_{об}(s) = \frac{0.8}{160s + 1} e^{-10s}$$

Передаточна функція випереджаючого контура:

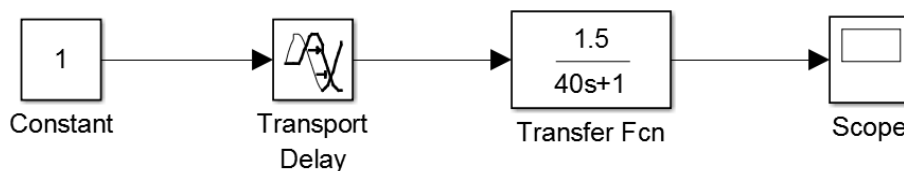
$$W_{об}(s) = \frac{1.5}{40s + 1} e^{-4s}$$

Виконаємо налаштування декількома методами для порівняння показників:

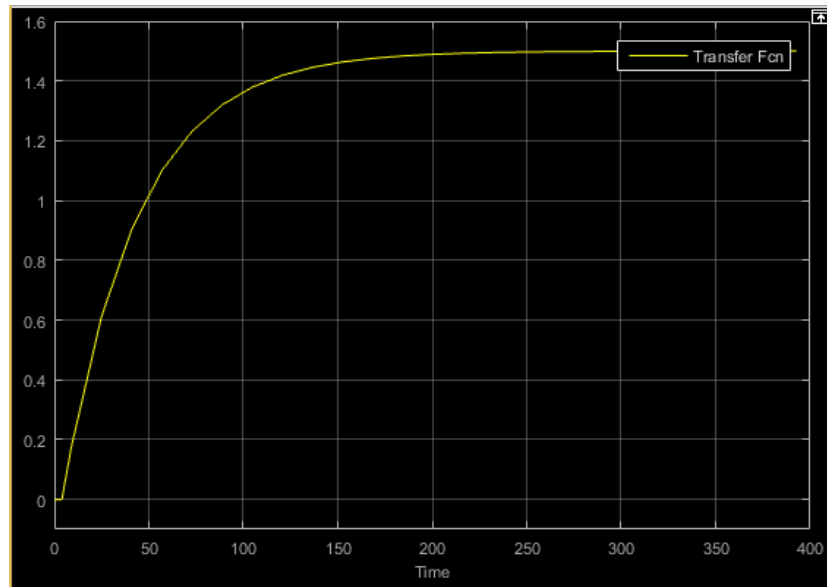
- Методом розширених амплітудно-фазових характеристик (РАФХ);
- Експрес методом з 20% перерегулюванням;

Розрахуємо параметри налаштування регулятора за допомогою РАФХ

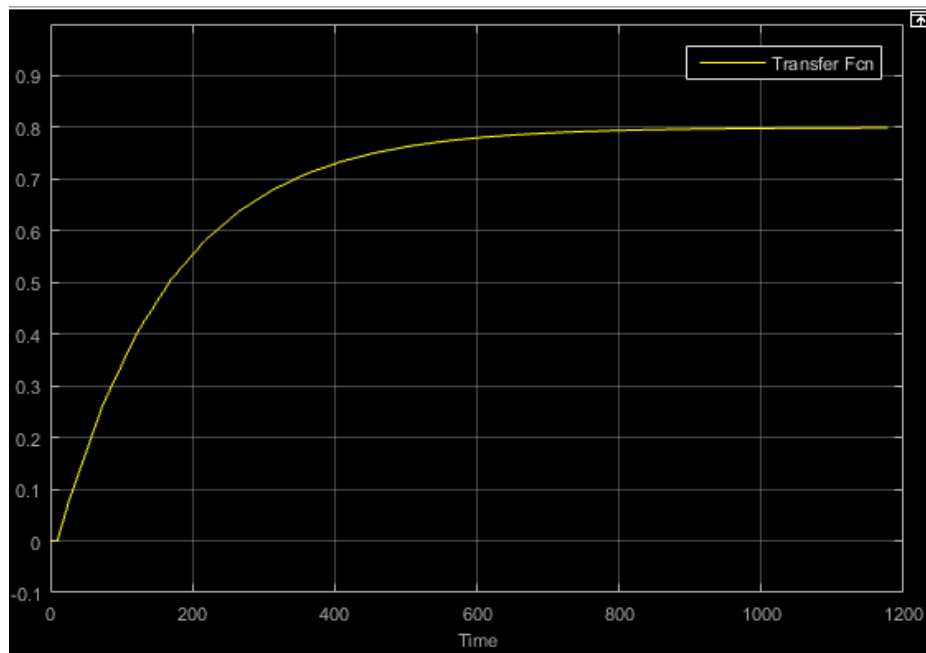
Криву розгону отримаємо згідно схеми об'єкта



Мал. 2.4 Схема для побудови кривої розгону об'єкта управління



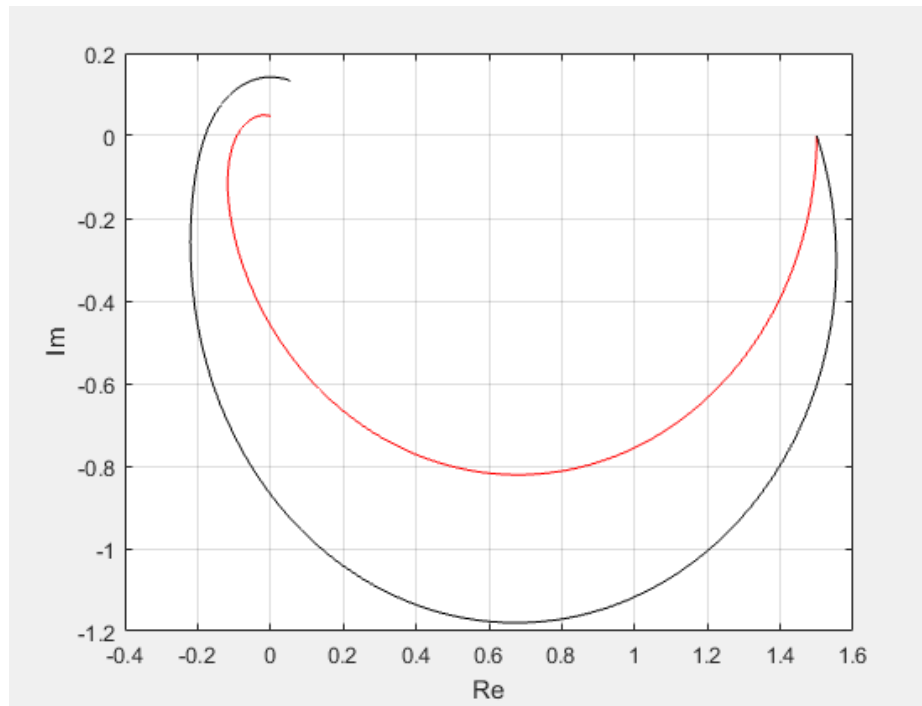
Мал. 2.5 Крива розгону для випереджаючого контура



Мал. 2.6 Крива розгону для об'єкта управління

Задамо степінь коливання $\psi = 0,9$, тоді $m = 0,367$ ($\psi = 1 - e^{-2\pi m}$)

Побудуємо АФХ та РАФХ випереджаючого контура :



Мал. 2.7 АФХ та РАФХ внутрішнього об'єкта

Розрахуємо параметри налаштувань внутрішнього регулятора

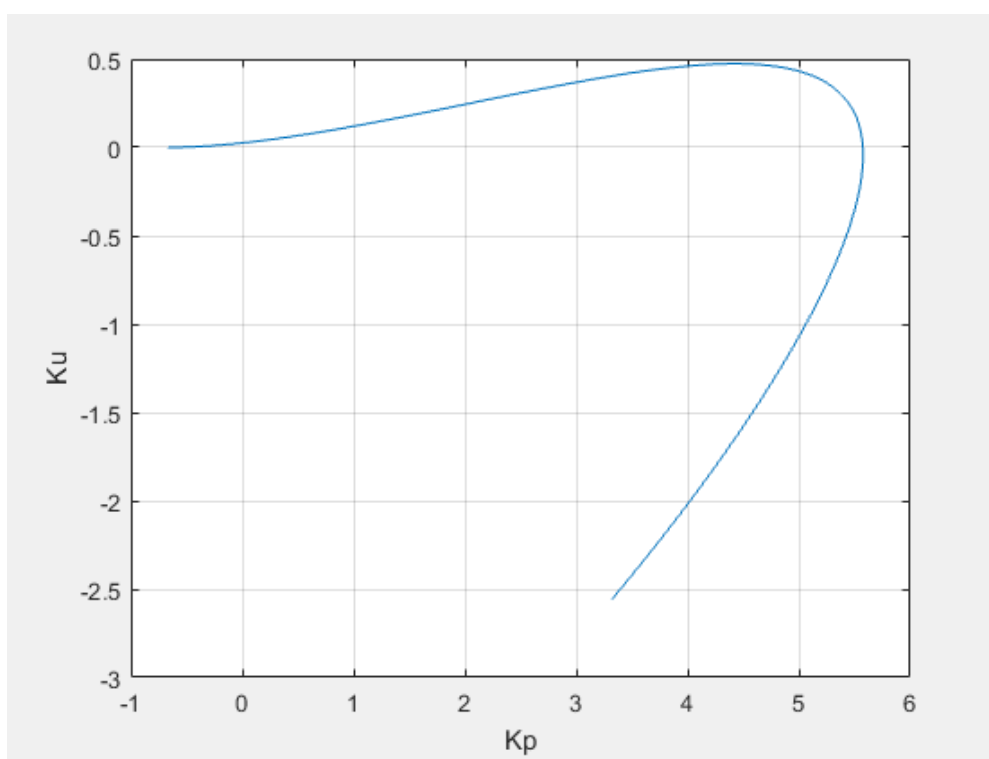
Для побудови кривої заданого ступеня коливальності скористаємося формулами для ПІ-регулятора:

$$\begin{cases} K_p = -\frac{mQ_{об}(m, \omega) + P_{об}(m, \omega)}{A^2_{об}(m, \omega)} \\ K_i = -\omega(m^2 + 1) \frac{Q_{об}(m, \omega)}{A^2_{об}(m, \omega)} \end{cases}$$

де

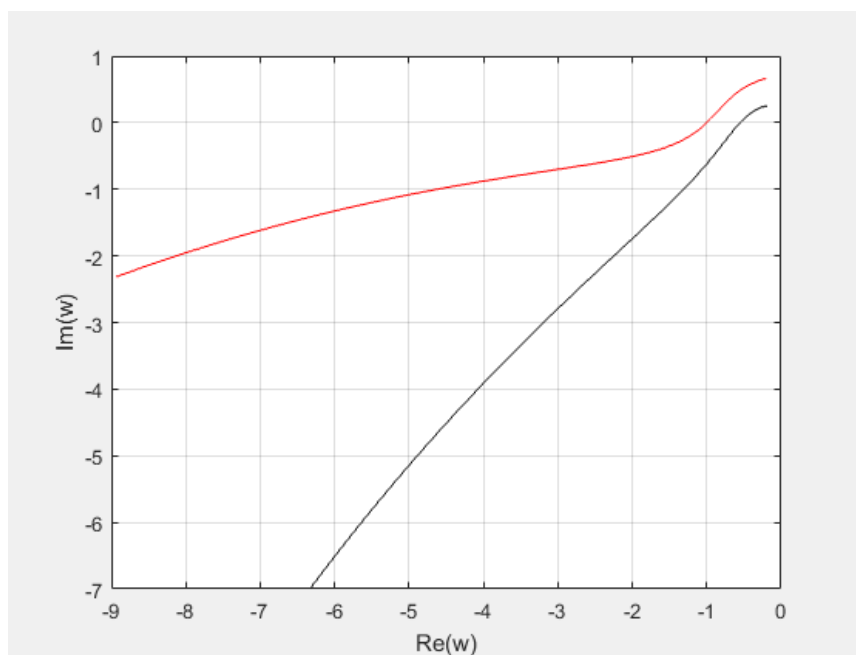
К
и

$K_{pTi}, A_{об}(m, \omega) = (P_{об2}(m, \omega) + Q_{об2}(m, \omega))$



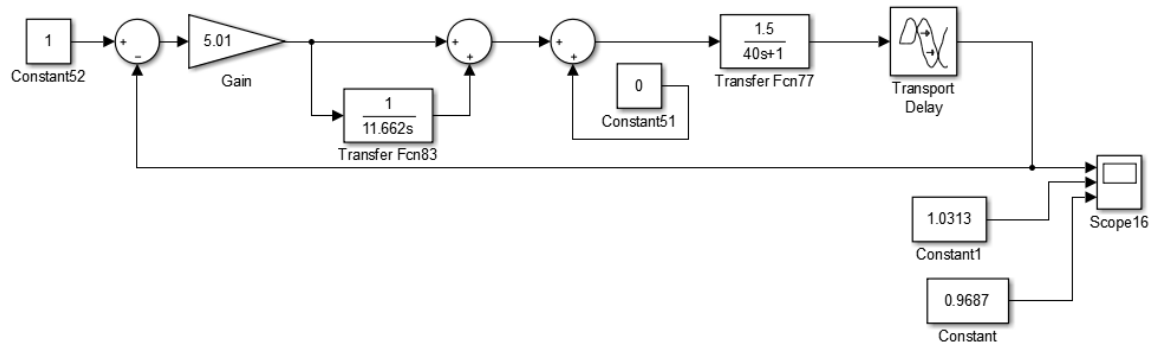
Мал. 2.8 Крива заданого ступеня коливальності ($K_p=5.01$, $K_i=0,4296$)

$K_p=5.01$, $K_i=0,4296$, $T_i=11,6620$

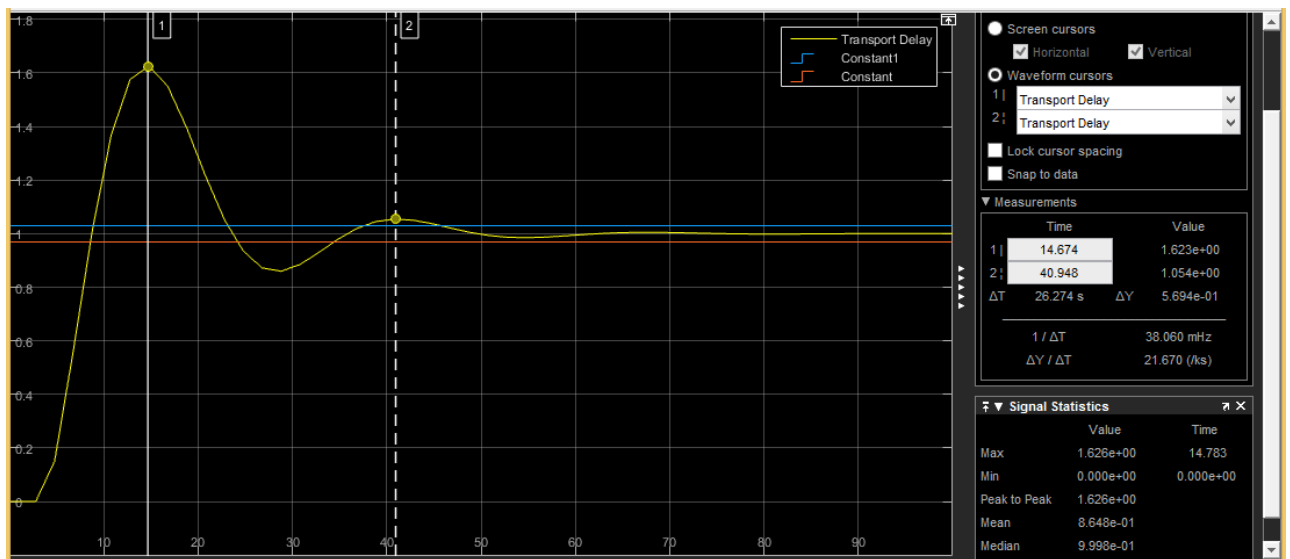


Мал. 2.9 АФХ і РАФХ РС для внутрішнього контуру з ПІ-регулятором

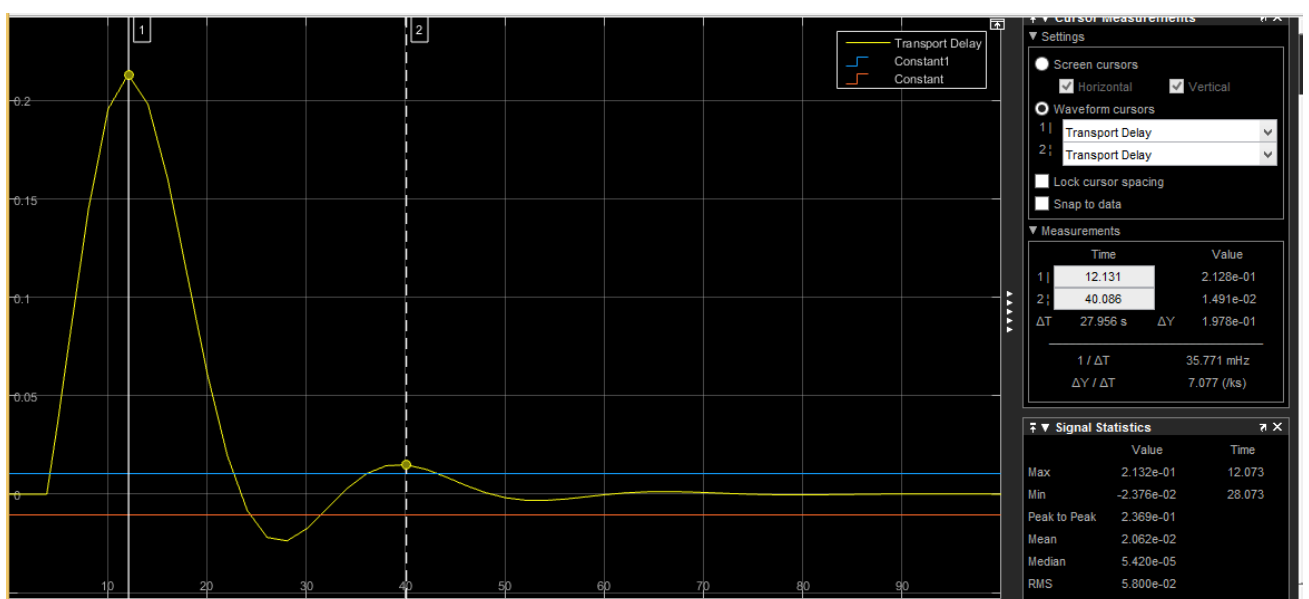
Видно, що РАФХ розімкнутої системи проходить через точку $(-1;j0)$. Це значить, що отримана система повинна мати корневий показник коливальності m , рівний заданому: $m=m^*=0,367$.



Мал. 2.10 Внутрішній контур каскадної САК



Мал. 2.11 Перехідний процес у внутрішньому контурі по каналу завдання-вихід



Мал. 2.12 Перехідний процес у внутрішньому контурі по каналу збурення-вихід

Порахуємо прямі показники якості перехідного процесу по каналам завдання-вихід і збурення-вихід за формулами:

Канал збурення- вихід

$$\Delta_{\text{ст}} = y_{\text{уст}} - y_{\text{зад}}$$

$$y_{\text{дин}} = y_{\text{max}} - y_{\text{уст}}$$

$$t_p (\varepsilon = 0.05 * y_{\text{max}})$$

$$\Psi = \frac{(y_1 - y_3)}{y_1}$$

$$\sigma = \frac{y_2}{y_1} * 100\%$$

Канал завдання-вихід

$$\Delta_{\text{ст}} = y_{\text{уст}} - y_{\text{зад}}$$

$$y_{\text{дин}} = y_{\text{max}} - y_{\text{уст}}$$

$$t_p (\varepsilon = 0.05 * y_{\text{уст}})$$

$$\Psi = \frac{(y_1 - y_3)}{y_1}$$

$$\sigma = \frac{y_{\text{дин}}}{y(\infty)} * 100\%$$

Результати розрахунків представлені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Показники якості по каналам

Показники якості	Канал	
	Завдання-вихід	Збурення-вихід
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,626	0,213
Час регулювання	46	43
Показник затухання	0,97	0.93
Перерегулювання ,%	63	70

Розрахуємо параметри налаштувань для зовнішнього ПІ-регулятора

П

$$W_{\text{зовн. (екв.)}} = \frac{W_p(\text{внутр.}) W_{\text{об (ін.)}} W_{\text{об (вип.)}}}{1 + W_p(\text{внутр.}) W_{\text{об (вип.)}}}$$

Р

Побудуємо криву заданої степені коливальності еквівалентного об'єкта, використовуючи формули для ПІ-регулятора:

Д

а

т

о

ч

н

е

а

$$w = 0:0.001:0.18;$$

$$m = 0.367;$$

$$b = w * (-m + j);$$

$$K_{pTi}, A_{об}(m, \omega) = (P_{об2}(m, \omega) + Q_{об2}(m, \omega))$$

у

н

$$\begin{cases} K_p = -\frac{m Q_{об}(m, \omega) + P_{об}(m, \omega)}{A^2_{об}(m, \omega)} \\ K_i = -\omega(m^2 + 1) \frac{Q_{об}(m, \omega)}{A^2_{об}(m, \omega)} \end{cases}$$

```

Kp=5.01;
Ti=11.6620;
Wop=(1.5.*exp(-4.*s))./(40.*s+1);
Win=(0.8.*exp(-10.*s))./(160.*s+1);
Wp_v=Kp*(1+1./(Ti.*s));
We=(Wp_v.*Win.*Wop)./(1+Wp_v.*Wop);
Re=real(We);
Im=imag(We);
A=Re.^2+Im.^2;
Kp=-(m.*Im+Re)./A;
Ki=-w.*(m^2+1).*Im./A;
plot(Kp,Ki)
xlabel('Kp')
ylabel('Ki')
grid on

```

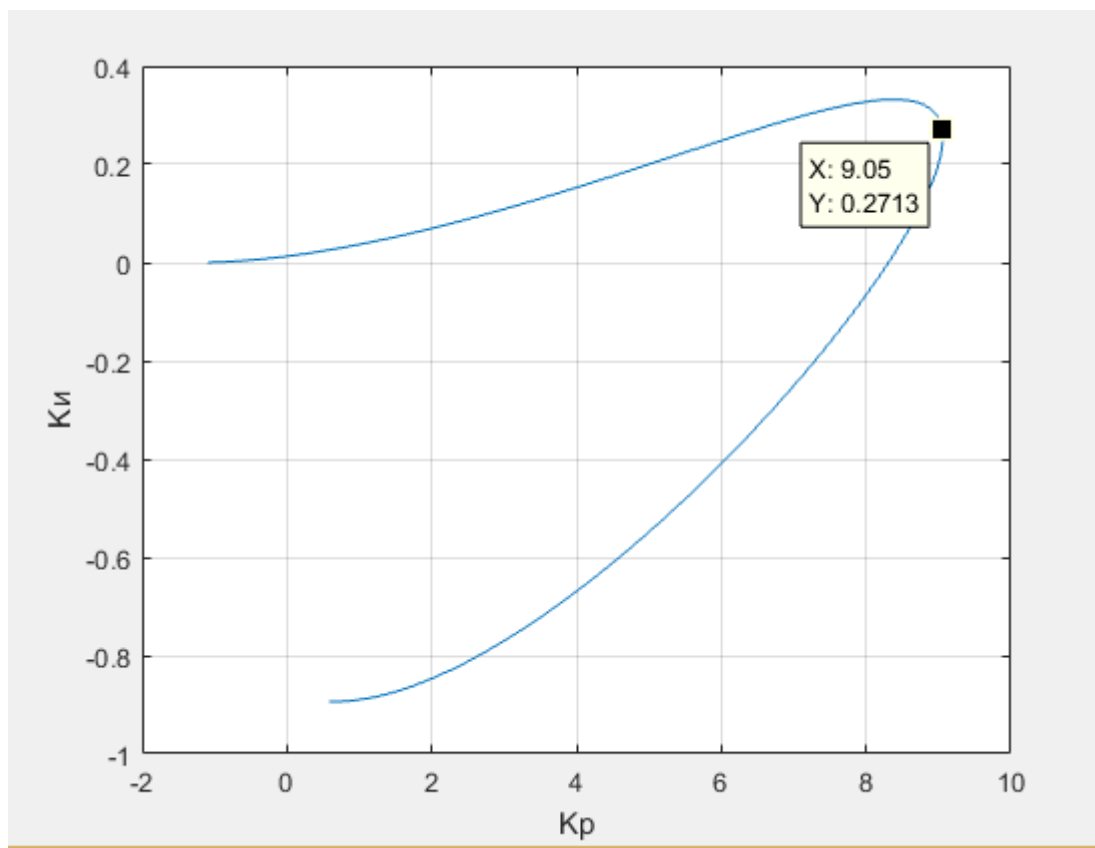


Рис. 2.13 Графік залежності K_i від K_p . ($K_p=9,05$, $K_i=0,2713$)

Для ПІ-регулятора визначимо налаштування як K_p від $K_i=0.95\max(K_i)$

$K_p=9,05$

$K_i=0,2713$

$T_i=33,358$

Перевіримо правильність визначення параметрів K_p і T_i для ПІ-регулятора.
Для цього необхідно побудувати РАФХ для зовнішнього контуру.

$$W_{rs} = W_{pg} \frac{W_p(\text{внутр.}) W_{об}(\text{ін.}) W_{об}(\text{вип.})}{1 + W_p(\text{внутр.}) W_{об}(\text{вип.})}$$

```
w=0.05:0.001:0.15;
m=0.367;
s=w.*j-m.*w;
Kp=9.05;
Ti=33.358;
Kp1=5.01;
Ti1=11.6620;
Wop=(1.5.*exp(-4.*s))./(40.*s+1);
Win=(0.8.*exp(-10.*s))./(160.*s+1);
Wp_v=Kp1*(1+1./(Ti1.*s));
Wp_g=Kp*(1+1./(Ti.*s));
Wrs=Wp_g.*(Wp_v.*Win.*Wop)./(1+Wp_v.*Wop);
Re=real(Wrs);
Im=imag(Wrs);
plot(Re,Im, 'r')
xlabel('Re(w)')
ylabel('Im(w)')
grid on
hold on
s=w.*j;
Wp_v=Kp1*(1+1./(Ti1.*s));
Wp_g=Kp*(1+1./(Ti.*s));
Wrs=Wp_g.*(Wp_v.*Win.*Wop)./(1+Wp_v.*Wop);
Re=real(Wrs);
Im=imag(Wrs);
plot(Re,Im, 'k')
```

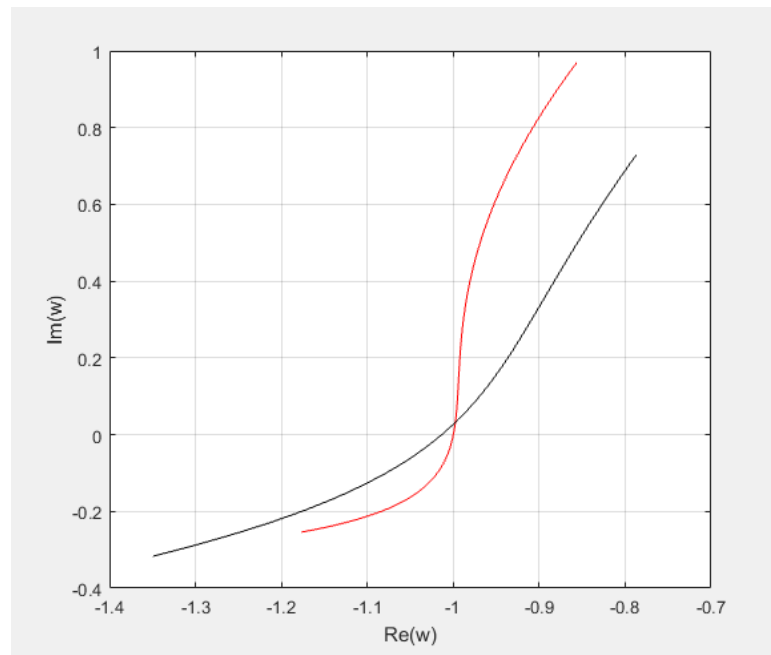


Рис. 2.14 АФХ та РАФХ із еквівалентним об'єктом і отриманими налаштуваннями

Видно, що РАФХ розімкнутої системи проходить через точку $(-1; j0)$. Це значить, що отримана система повинна мати кореневий показник коливальності m , рівний заданому: $m=m^*=0,367$.

Перехідні процеси для зовнішнього контуру з ПІ регулятором
Змодельюємо перехідний процес у зовнішньому контурі з оптимальними налаштуваннями регулятора:

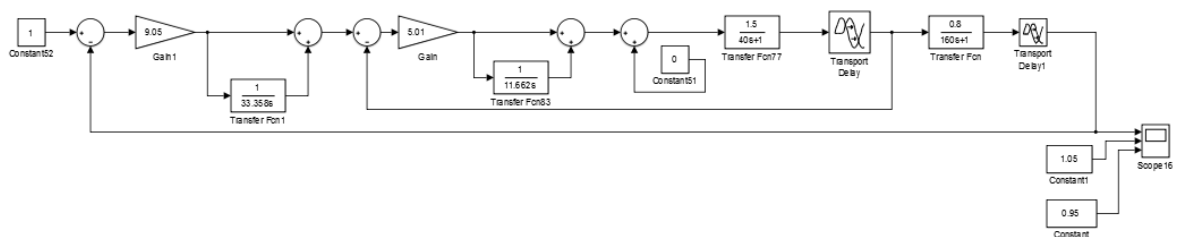


Рис. 2.15 Зовнішній контур каскадної САК

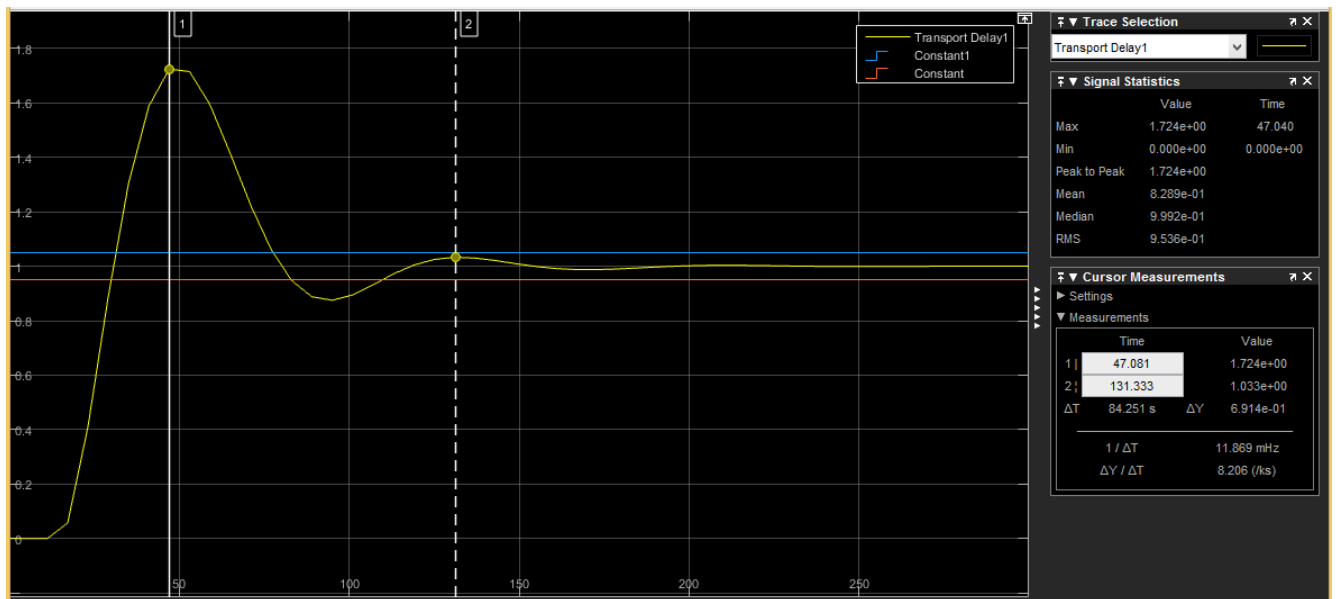


Рис. 2.16 Перехідний процес по каналу завдання-вихід

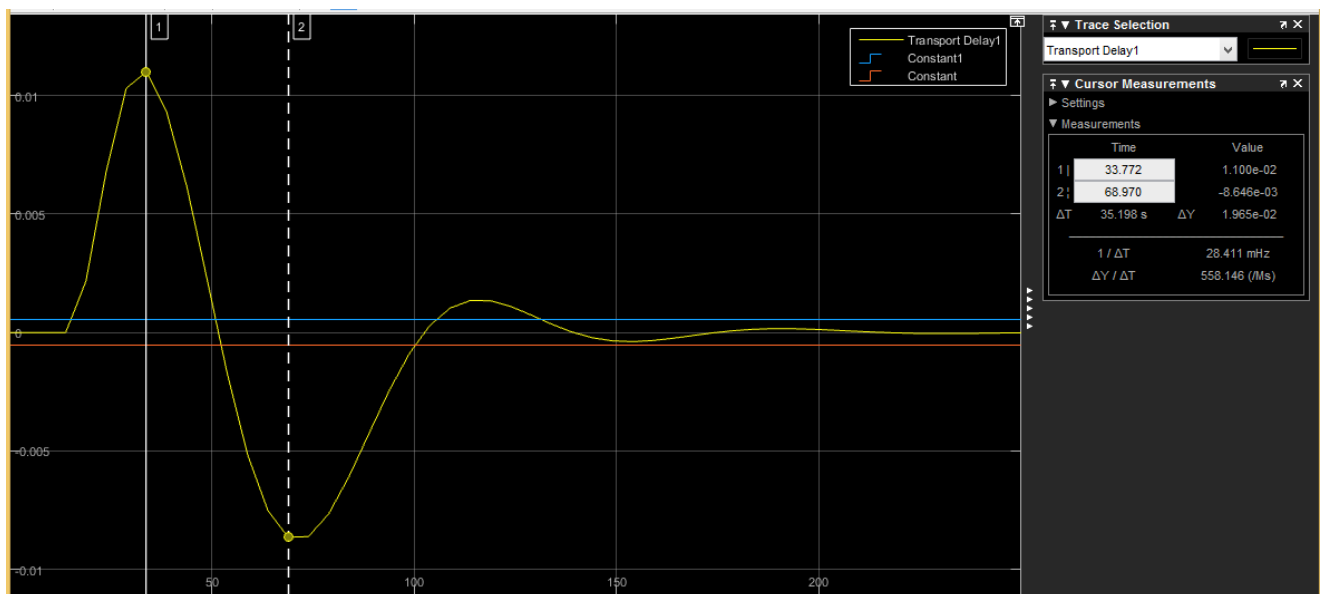


Рис. 2.17 Перехідний процес по каналу збурення-вихід

Порахуємо прямі показники якості перехідного процесу по каналам завдання-вихід і збурення-вихід за формулами:

Канал збурення- вихід

$$\Delta_{\text{ст}} = y_{\text{уст}} - y_{\text{зад}}$$

$$y_{\text{дин}} = y_{\text{max}} - y_{\text{уст}}$$

$$t_p (\varepsilon = 0.05 * y_{\text{max}})$$

$$\psi = \frac{(y_1 - y_3)}{y_1}$$

$$\sigma = \frac{y_2}{y_1} * 100\%$$

Канал завдання-вихід

$$\Delta_{\text{ст}} = y_{\text{уст}} - y_{\text{зад}}$$

$$y_{\text{дин}} = y_{\text{max}} - y_{\text{уст}}$$

$$t_p (\varepsilon = 0.05 * y_{\text{уст}})$$

$$\psi = \frac{(y_1 - y_3)}{y_1}$$

$$\sigma = \frac{y_{\text{дин}}}{y(\infty)} * 100\%$$

Результати розрахунків представлені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 Показники якості по каналам

Показники якості	Канал	
	Завдання-вихід	Збурення-вихід
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	1,724	0,011
Час регулювання	111	43
Показник затухання	0,4	0.88
Перерегулювання ,%	51	79

Розрахунок регулятора методом експрес методом (ПІ-регулятор)

Розрахуємо параметри внутрішнього регулятора експрес методом з 20% перерегулюванням

$$K_p = \frac{0.7 * T_{об}}{K_{об} * \tau} = \frac{0.7 * 40}{1.5 * 4} = 4.66$$

$$T_u = 0.7 * T_{об} = 28$$

Змоделюємо перехідні процеси у внутрішньому контурі з вирахованими коефіцієнтами по каналам завдання-вихід та збурення-вихід та одразу ж побудуємо для порівняння перехідні процеси що відбуваються з коефіцієнтами вирахованими методом РАФХ::

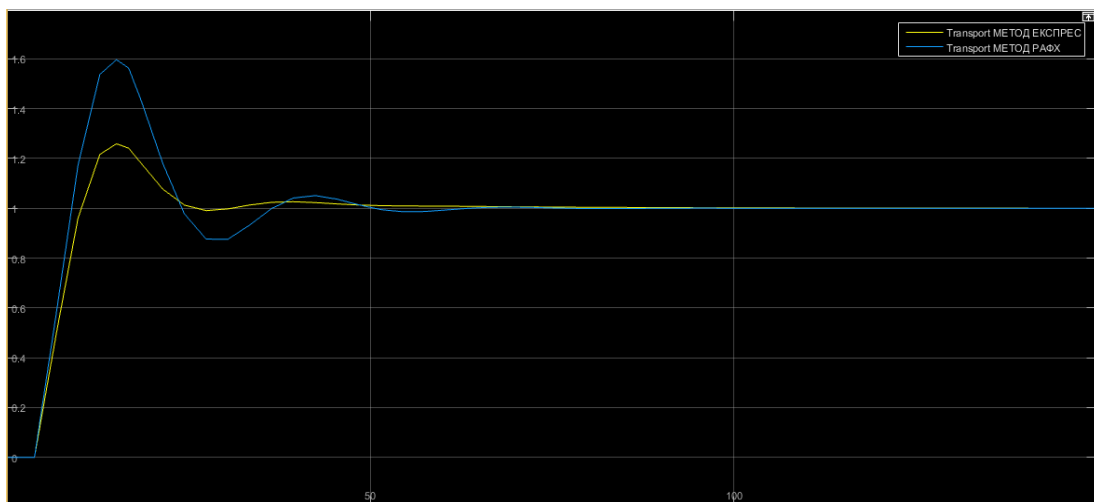


Рис. 2.18 Перехідні процеси по каналу завдання-вихід

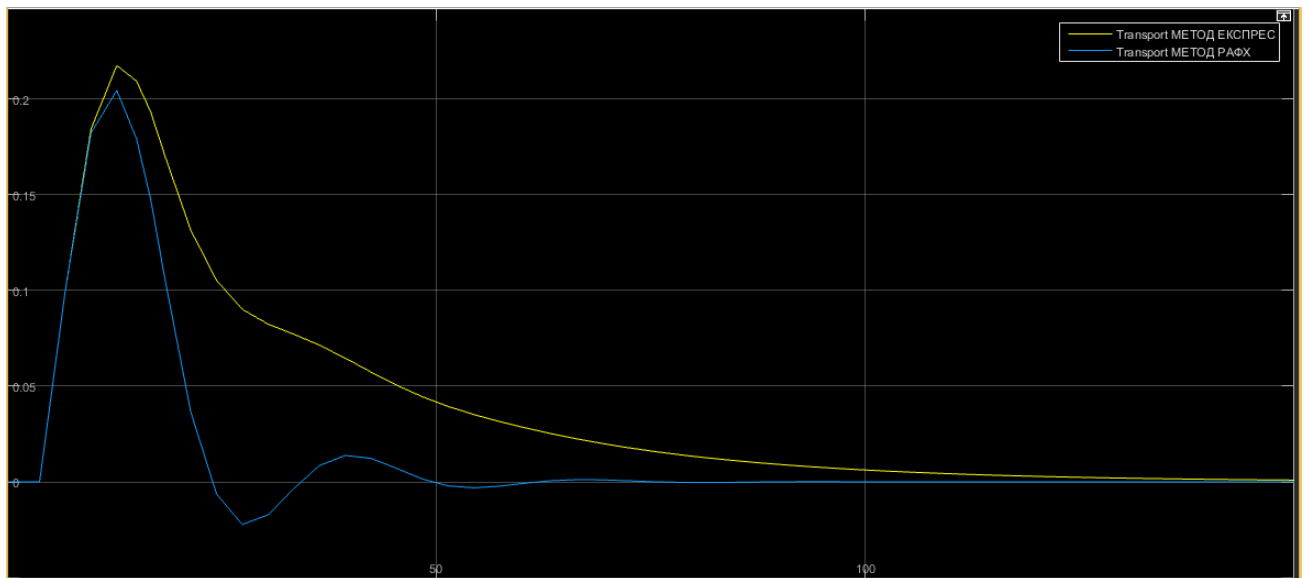


Рис. 2.19 Перехідні процеси по каналу збурення-вихід

Розрахуємо параметри налаштувань для зовнішнього ПІ-регулятора

Передаточна функція еквівалентного об'єкта для зовнішнього регулятора може бути розрахована по формулі:

$$W_{\text{зовн. (екв.)}} = \frac{4.66 * \left(1 + \frac{1}{28}\right) * \frac{1.5e^{-4s}}{40s+1} * \frac{0.8e^{-10s}}{160s+1}}{4.66 * \left(1 + \frac{1}{28}\right) * \frac{0.8e^{-10s}}{160s+1} + 1}$$

В середовищі матлаб:

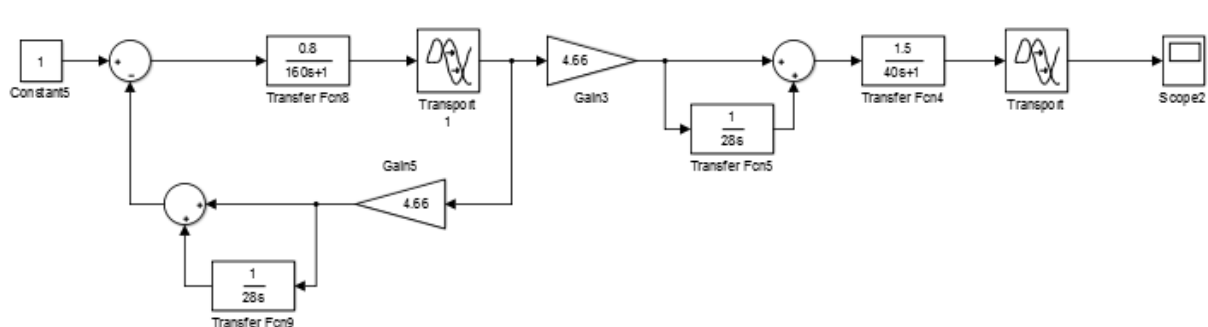
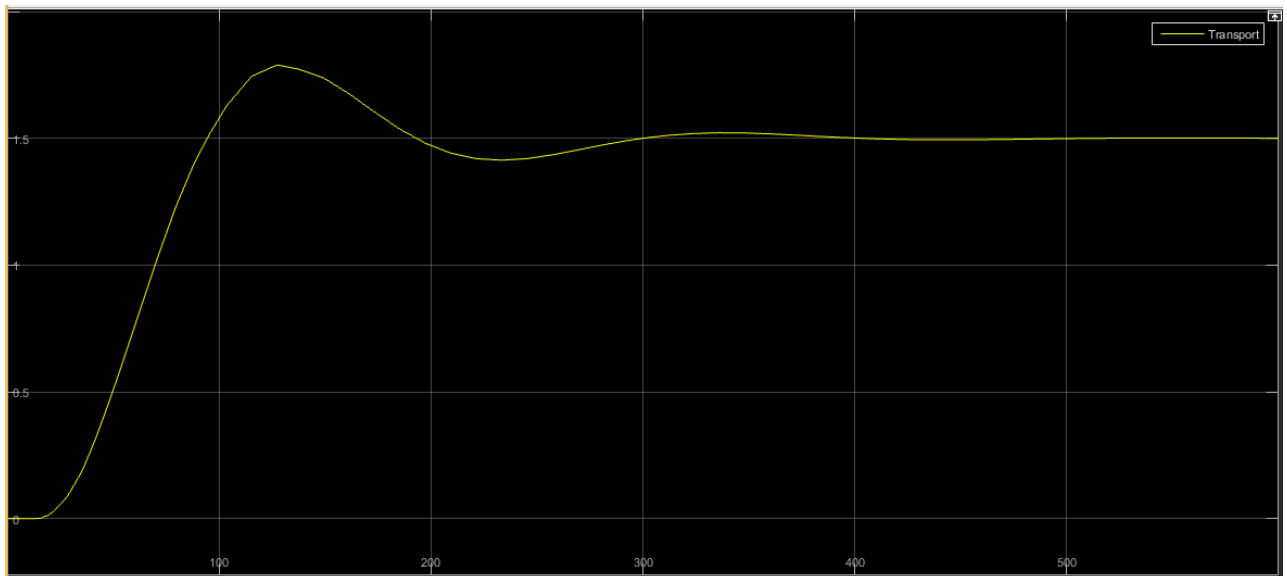


Рис. 2.20 Схема еквівалентного об'єкта для зовнішнього регулятора



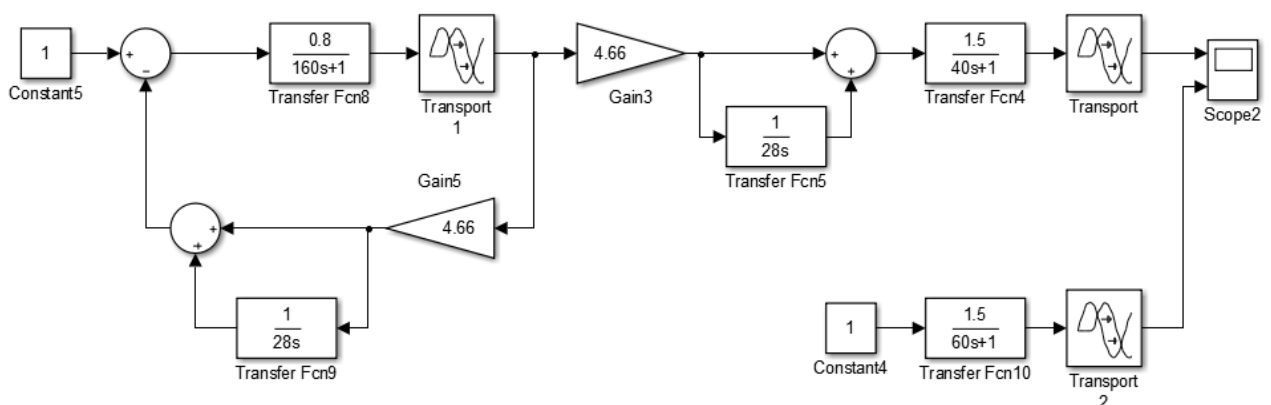
Мал. 2.21 Крива розгону еквівалентного об'єкта для зовнішнього регулятора

По виду переходної характеристики можна встановити, що даний процес близький до аперіодичної ланки 1-го порядку. Апроксимуємо аперіодичною ланкою 1-го порядку:

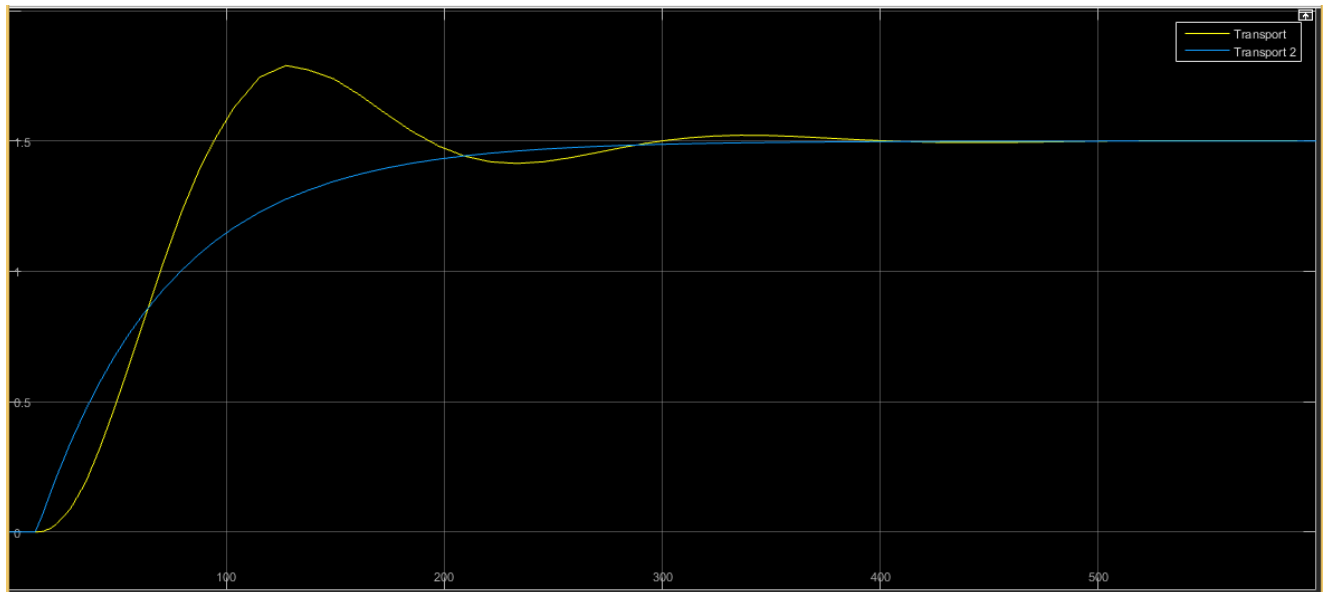
Відповідно до отриманої кривої, параметри АП ланки:

- Коефіцієнт підсилення об'єкта $K_{об} = 1,5$
- Постійна часу $T_{об} = 60$ с
- Транспортне запізнення $\tau_{об} = 13$ с

Побудуємо даний об'єкт в середовищі Matlab та порівняємо його характеристики з оригіналом:



Мал. 2.22 Схема об'єкта зовнішнього регулятора зведеного до АП ланки 1-го порядку



Мал. 2.23 Поєднані криві розгону та апроксимована

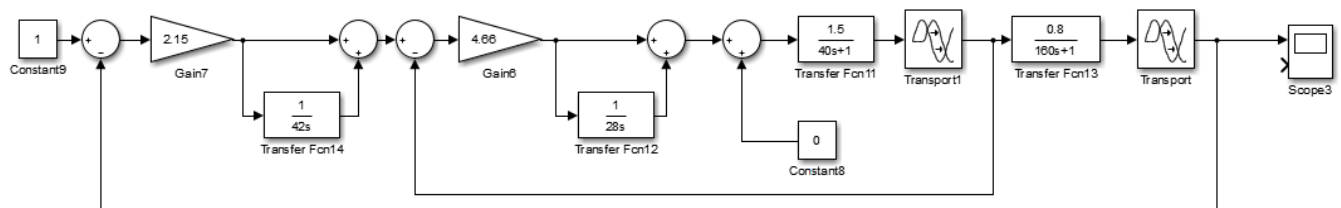
Розрахуємо параметри регулятора обраним експрес методом:

$$K_p = \frac{0.7 * T_{об}}{K_{об} * \tau} = \frac{0.7 * 60}{1.5 * 13} = 2.15$$

$$T_u = 0.7 * T_{об} = 42$$

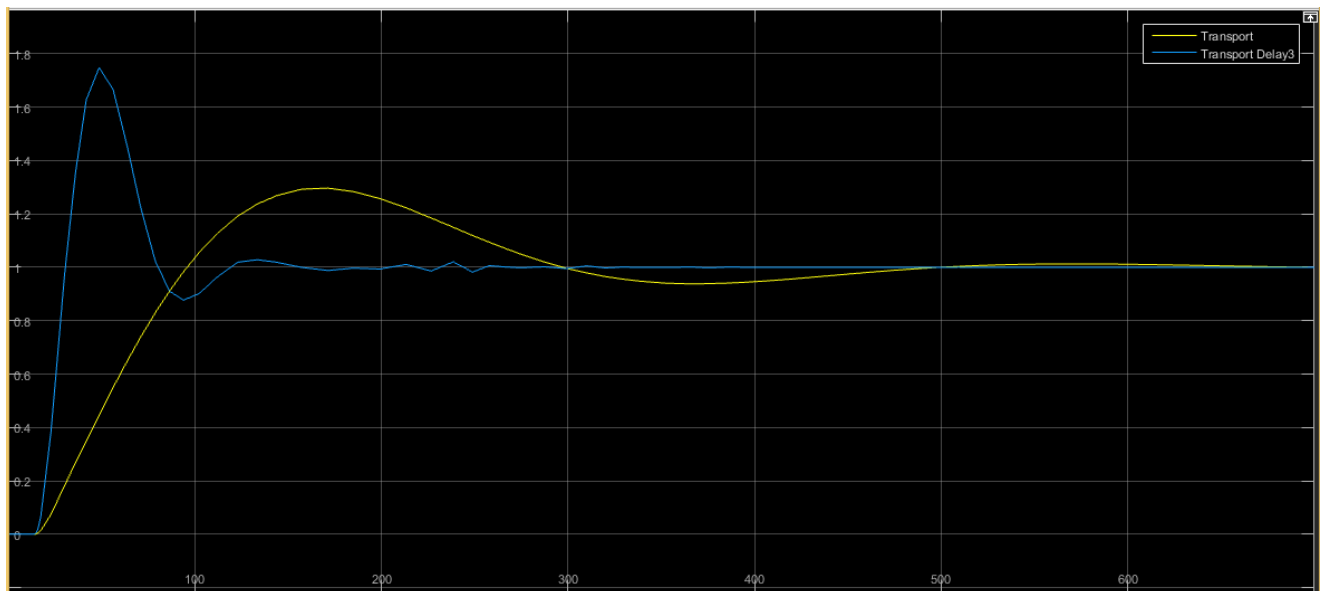
Перехідні процеси для зовнішнього контуру з ПІ регулятором

Змоделюємо перехідний процес у зовнішньому контурі з оптимальними налаштуваннями регулятора:

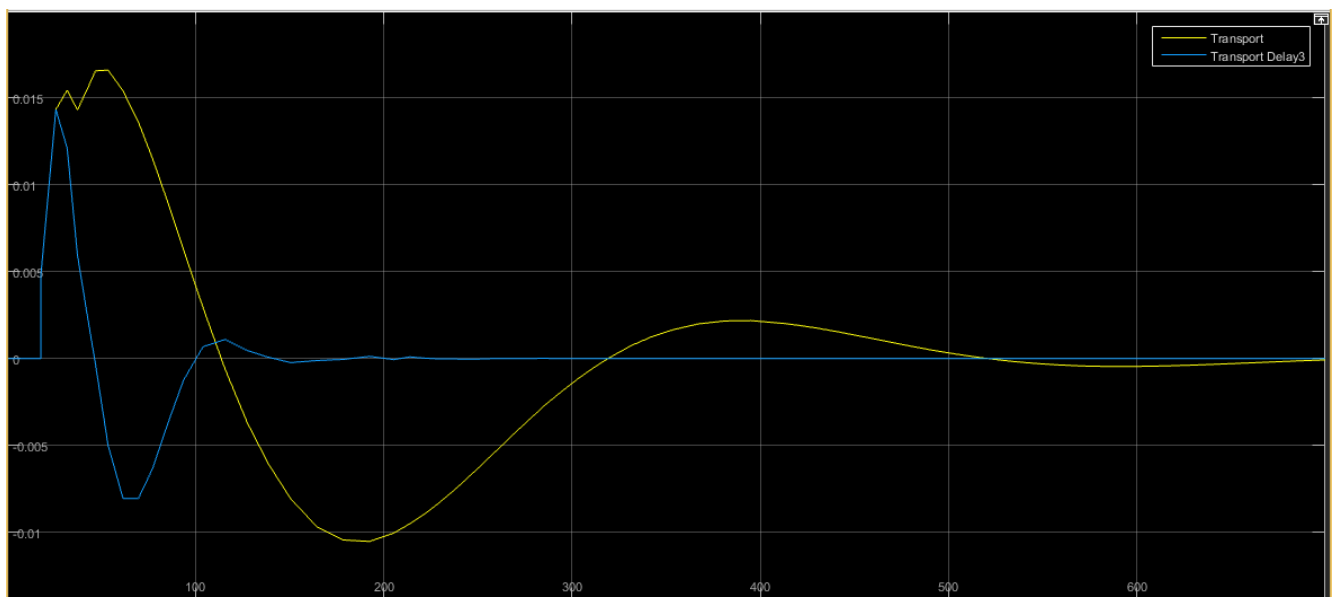


Мал. 2.24 Зовнішній контур САК з ПІ-регулятором

Нижче наведені поєднані графіки перехідних процесів з налаштуваннями обома методами по каналам завдання-вихід та збурення –вихід:



Мал. 2.25 Перехідні процеси у зовнішньому контурі по каналу завдання-вихід



Мал. 2.26 Перехідні процеси у зовнішньому контурі по каналу збурення-вихід

Аналізуючи графіки перехідних процесів можна сказати що розрахунок параметрів регулятора методом РАФХ є кращим ніж експрес методом. Тому приймаємо параметри регуляторів :

Внутрішнього контура $K_p=5.01$ $T_i=11.662$

Зовнішнього контура $K_p=9.05$ $T_i=33.358$

2.4. Вимоги до реалізації функцій системи управління об'єктом

До систем керування, що розробляються ставляться наступні вимоги:

1. Вимоги щодо відповідності державним та міжнародним стандартам:

- Всі рішення з проектування системи опалення повинні відповідати вимогам відповідних ДБН які було перелічено вище
- Обладнання, що входить до складу вимірювальних каналів та каналів керування повинне відповідати вимогам стандарту ДСТУ ІЕС 60654-1-2001 «Обладнання для вимірювання та керування в промислових процесах. Умови експлуатації. Частина 1. Кліматичні умови» та ДСТУ ІЕС 60654-2-2001 «Обладнання для вимірювання та керування в промислових процесах. Умови експлуатації. Частина 2. Енергопостачання»;
- Програмовані логічні контролери та супутнє обладнання повинні відповідати вимогам державного стандарту ДСТУ 4108-2002 «Контролери програмовані. Частина 2. Вимоги до обладнання та випробування», міжнародним аналогом якого є стандарт ІЕС 61131-2. Дані стандарти визначають вимоги щодо обслуговування, експлуатації, зберігання ПЛК та супутнього обладнання, а також вимоги щодо безпеки;
- Мови програмування ПЛК повинні відповідати вимогам стандарту ІЕС 61131-3;
- Технічні засоби в складі ПТКЗА повинні відповідати вимогам стандарту ДСТУ 3451-96 «Технічні засоби для розподілення автоматизованих систем керування технологічними процесами. Загальні вимоги до спряження виробів»;

Реалізація функцій автоматизації здійснюється за допомогою приладів вимірювання технологічних параметрів, контролерної техніки, що сприймає сигнали від вимірювальних приладів і на основі отриманої інформації формує керуючі сигнали, які за допомогою виконавчих механізмів перетворюються в керуючі впливи на робочі органи.

Тому для якісної реалізації функцій системи автоматизації необхідно в якості основи нижнього рівня обрати надійний та якісний вільно програмований контролер, за допомогою якого можна реалізувати закони керування. Усі датчики температури повинні мати допустиму похибку вимірювання не більше $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Для реалізації функцій верхнього рівня необхідно реалізувати SCADA-систему, за допомогою якої можна контролювати значення всіх технологічних параметрів та їх зміну в часі, змінювати завдання для контурів регулювання.

2. Вимоги щодо інтерфейсів та протоколів

Необхідне використання стандартних інтерфейсів RS-485, Ethernet на базі відкритих протоколів обміну даними ModBus, TCP/IP.

3. Вимоги щодо ведення архіву та форми звітності

Повинна здійснюватися архівація значень усіх основних технологічних параметрів, а також інформація про спрацювання технологічної сигналізації, аварійної сигналізації, спрацювання захистів та блокувань.

4. Вимоги щодо своєчасного оповіщення персоналу про нештатні ситуації

Оповіщення персоналу про виникнення нештатних ситуацій повинне здійснюватись одразу після виникнення подібних ситуацій. Зокрема сигналізація повинна здійснюватись безпосередньо на робочому місці оператора за допомогою SCADA- системи, де будуть реалізовані заходи для привернення уваги оператора за допомогою сигнальних лампочок та чітко вказано оператору про виникнення нештатної ситуації. З метою швидкого виявлення персоналом аварійної ситуації реалізовано звуковий сигнал. Також передбачена можливість впливати блоком ручного управління зі щита.

5. Вимоги щодо керування об'єктом у ручному режимі

За допомогою відповідних технічних засобів повинна бути реалізована можливість керування технологічним об'єктом в ручному режимі. Для цього в розробленій SCADA- системі необхідно реалізувати можливість переходу із автоматичного режиму в ручний та можливість зміни стану пристроїв із індикацією. Таким чином обслуговуючий персонал, змінюючи стан виконуючої апаратури може реалізовувати керуючі впливи на об'єкт.

6. Вимоги щодо відображення інформації про хід технологічного процесу

Інформація про хід технологічного процесу повинна відображатись у вікнах мнемосхем, де повинне відображатись технологічне обладнання, значення усіх технологічних параметрів. В реальному часі повинні логуватися значення зміни технологічних параметрів, а також збереження історичних значень технологічних параметрів.

7. Вимоги щодо надійності системи автоматизації

Показником надійності інформаційної функції являється середнє напрацювання на відмову $T_{сер}$. Така умова являється достатньо жорсткою, так як при відмові інформаційної функції, інформація безповоротно втрачається та при відновленні працездатності функції не може бути відновлена.

Більш жорсткі вимоги пред'являються до керуючої функції, тому її надійність характеризується середнім часом відновлення T_v .

Середнє напрацювання на відмову для всіх функцій $T_{сер} = 80000 \text{ год.}$
Середній час відновлення для керуючої функції год.

3. Розробка системи управління об'єктом

3.1. Розробка технічного забезпечення системи управління об'єктом

Дана АСУ структурно є дворівневою. Верхній рівень - рівень супервізорного управління, нижній рівень – рівень локального управління та збору інформації.

Розглянемо рівень локального управління системою. Найважливішою складовою рівня локального управління є ПЛК (програмований логічний контролер). Тому почнемо з вибору контролера. Розглянемо порівняльну характеристику контролерів різних виробників.

Таблиця 3.1. Порівняльна характеристика засобів автоматизації

Контролер	Входи	Виходи	Інтерфейс/ протокол обміну	Програмне забезпечення	Ціна, грн
Siemens Simatic S7-300 CPU 314C-2 PN/DP (48300 грн)	Вбудовані: 24 DI 4 AI	Вбудовані: 16 DO 2 AO	RS 485, MPI , Ethernet, PROFINET (TCP/IP, UDP і ISO-на-TCP	Simatic Step7 2013 WinCC Professional v13 (22192 грн.)	86448
	Модуль аналогового вводу/виводу Siemens Simatic SM 334 – 1 шт. 4 AI; 2 AO Модуль аналогового вводу Siemens Simatic SM 331 – 1 шт. 4 AI (15956 грн)				
Phoenix Contact ILC 151 ETH (11266 грн)	Вбудовані: 8 DI	Вбудовані: 4 DO	RS-232, RS-485, Ethernet/ Interbus	PC WORX (35887 грн)	80626
	Модуль аналогового вводу IB IL AI 4/EF–PAC – 3 шт. (8642 грн)	Модуль аналогового виводу IB IL AO 4/8/U/BP-PAC – 1 шт. 8 AO (6616 грн) Модуль дискретного виводу IB IL 24/48 DOR 2/W- PAC – 1 шт. 2 AO (931 грн)			
Carel с.pCOmini (8250 грн)	Вбудовані: 10 універсальних вх/аналог. вихід	Вбудовані 6 DO	RS485 Ethernet Fieldbus/BM S	с.Suite (11100 грн.)	21950
	Zentec 400 5DI, 3AI, 5DO, 2AO, RS485-2шт 2600 грн				

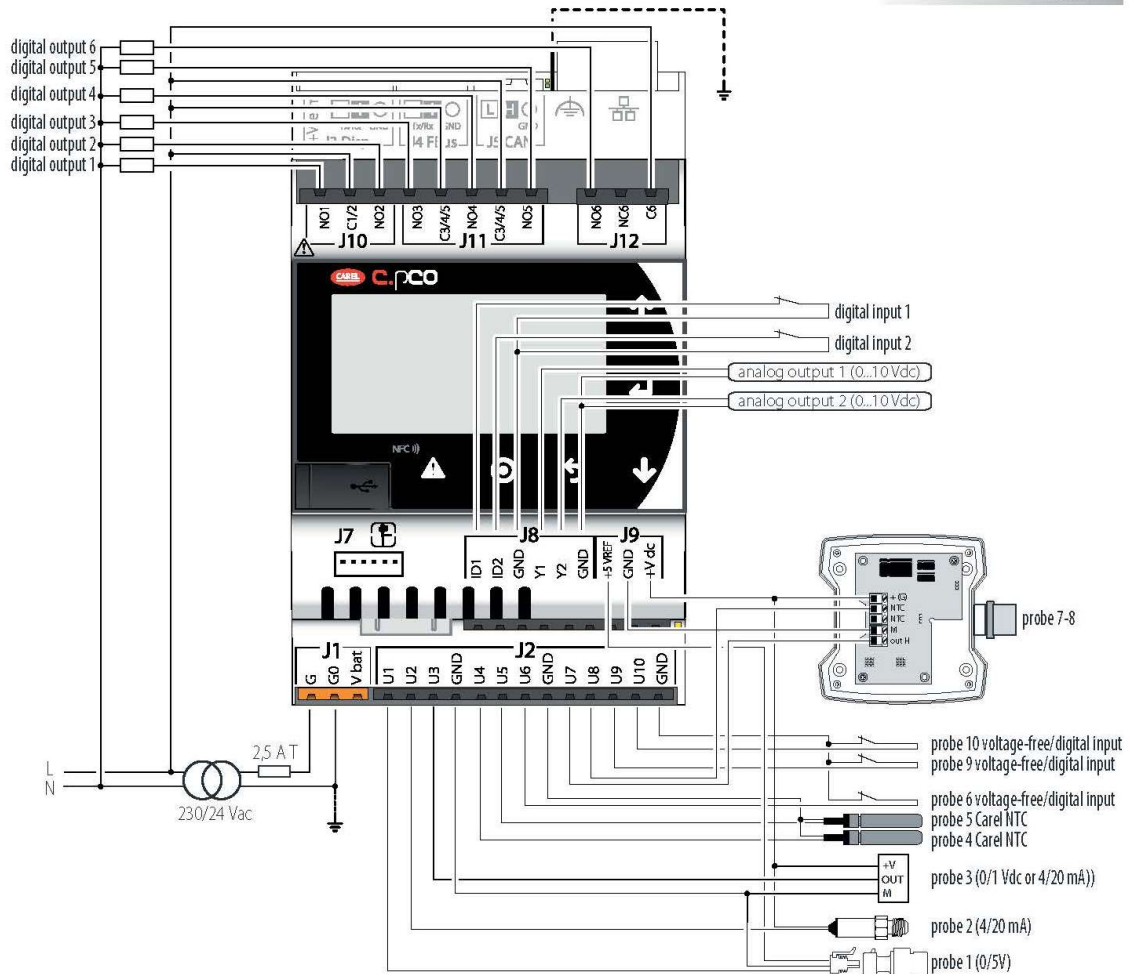
В якості програмно-технічного комплексу було обрано комплекс на апаратній основі від виробника Carel. (мал.Процесор 32 біта, 100 МГц. Обсяг ОЗУ 16 Мб, енергонезалежна пам'ять 128 Мб, дозволяє використовувати цей процесор для вирішення завдань автоматизації даного процесу. Датчики та виконавчі пристрої можуть підключатися безпосередньо до вбудованих каналів введення-виведення. У Carel не достатня кількість входів та виходів. Тому застосовано ПЛК Zentec Z400 у якості модулю розширення

Основні особливості:

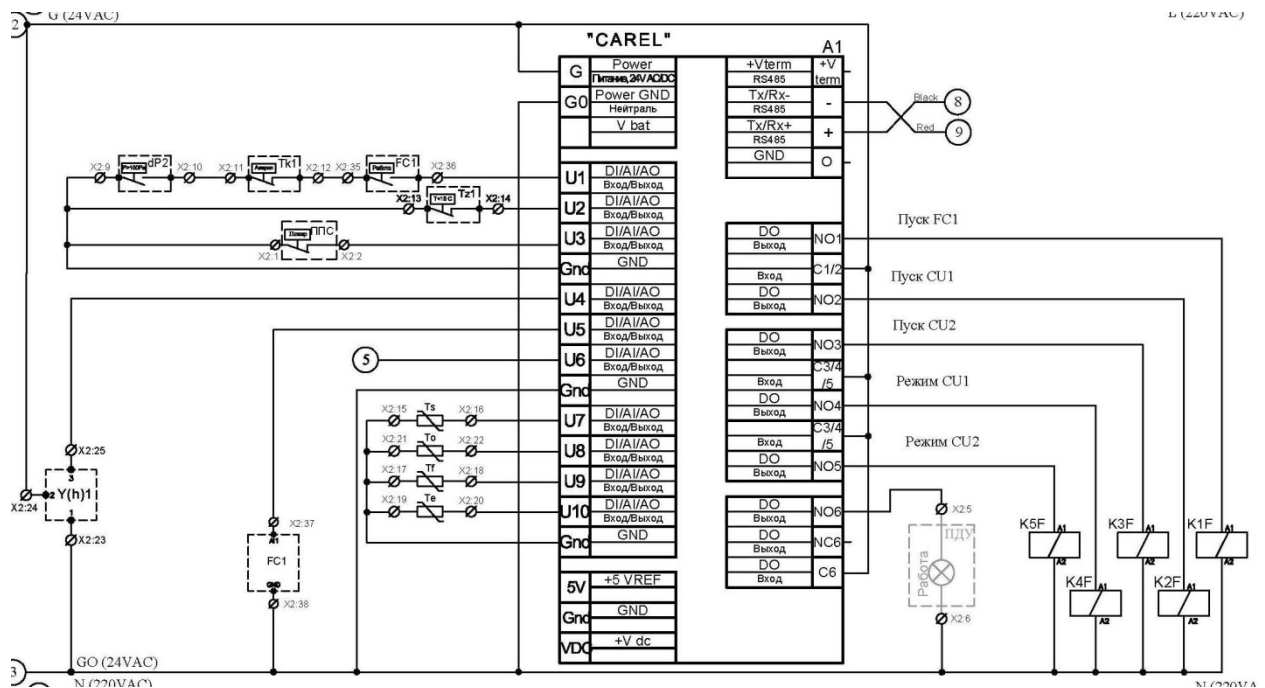
- оптимізація об'єму пам'яті займаемого операційною системою та програмою управління, швидкості загрузки, часу загрузки програми управління й цикла;
- оптимізація продуктивності: контролер може одночасно виконувати декілька задач, розграницюючи їх по пріоритету;
- встроєний порт USB для оновлення прграмного забезпечення, документів і програм управління у флеш-пам'ять контролера;

Наведемо технічні характеристики обраного контролера:

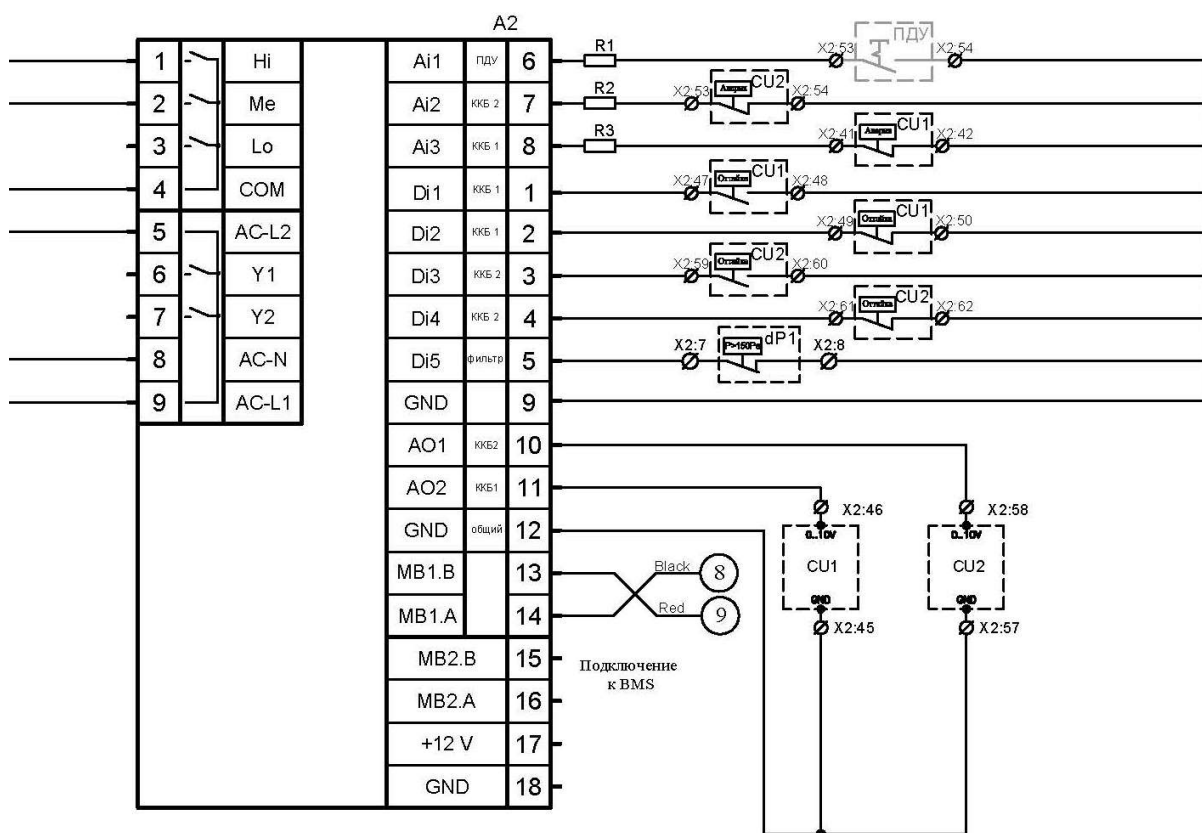
- Напруга живлення = 24В
- Потужність споживання – 30 ВА
- Оперативна пам'ять – 16 Мб
- Робоча енергонезалежна пам'ять – 128 Мб
- Тип вхідного сигналу 0-1 В, 0-10 В, 0/4-20 мА, 0-5В,
- Тип вихідного сигналу 0 ... 10 В, сигнал ШІМ-регулювання



Мал. 3.1. Зовнішній вигляд контролера Carel mini



Мал. 3.2. Схема підключення входів виходів контролера



Мал. 3.3. Схема підключення входів-виходів модуля розширення

До універсальних входів A1 (мал. 3.2)

U7-U10 підключені датчики припливної, зовнішньої, витяжної температур, а також температури зворотнього теплоносія. Входи U1-U3 використовуються як дискретні входи для аварійних сигналів. Перший вхід використовується як вхід аварійного сигналу припливного вентилятора. Другий це сигнал від термостату заморожування калорифера. Третій це сигнал протипожежної сигналізації. U4 застосовується в якості аналогового виходу для управління приводом трьохходового клапана тепlopостачання калорифера з сигналом 0-10 В. U5 застосовується також у якості аналогового виходу для управління частотним перетворювачем вентилятора з сигналом 0-10 В. Дискретні виходи відповідно управляють пуском вентилятора, пуском двох

контурів компресорно-конденсаторного блока і ще два сигнали керують режимами роботи ККБ холод-тепло.

До входів A2 (мал.3.3)

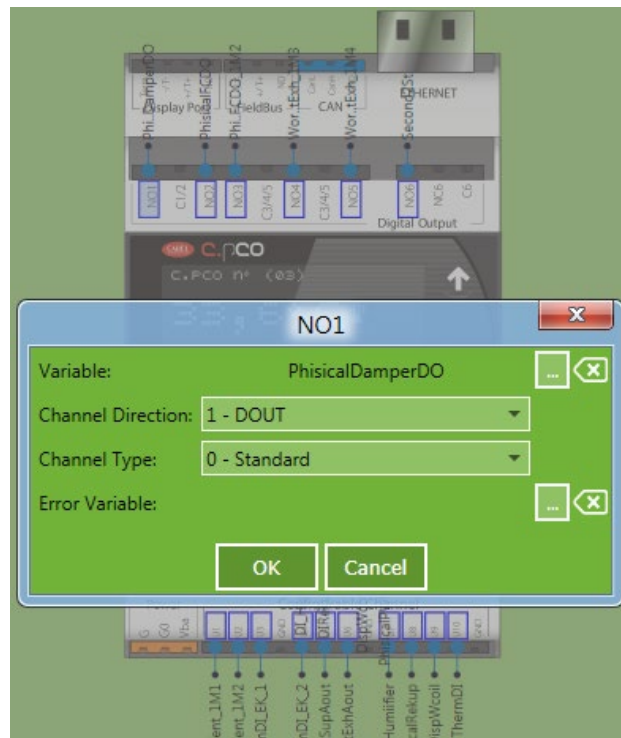
Аналогові входи AI2-AI3 використовуються як дискретні для відстеження аварії ККБ1 та ККБ2. Дискретні входи DI1-DI4 використовуються для відстеження зворотнього зв'язку від ККБ. Тобто для того щоб система відслідковувала в якому режимі фактично працюють ККБ (холод, тепло, відтайка). Вхід DI5 це вхід від пресостата фільтра для відслідковування забруднення. Аналогові виходи AO1 та AO2 це виходи 0-10 В для управління потужністю ККБ.

3.2. Розробка програмного забезпечення системи управління

3.2.1 Порядок програмування контролера та обмін даними з верхнім рівнем автоматизації

Для програмування контролера використовується среда розробки Carel c.Suite. Одразу після запуску програми ми маємо вибір: створити новий проект або запустити існуючий. При створенні нового проекту ми мусимо обрати контролер. Необхідно вірно налаштувати входи-виходи контролера.





Далі ми переходимо в режим програмування, де створюємо необхідні нам функціональні блоки або використовуємо стандартні.

Для програмування алгоритмів керування доступні стандартні мови програмування такі як FBD, ST, LD, SFC у відповідності з IEC61131.

Мовою FBD створюється основна програма контролера, а за допомогою ST програмуються функціональні блоки користувача. Основна програма реалізує ПІ-закони для регулювання температури в приміщенні. На основі вхідних даних контролер за існуючим алгоритмом обчислюватиме вихідний керуючий сигнал, що далі йтиме на привода заслінок, частотний перетворювач, ККБ, на змішувальний вузол водяного теплообмінника, а також для збору технологічної інформації та сигналізації перевищення вхідними параметрами допустимих значень.

3.2.2. Реалізація функцій нижнього рівня системи автоматизації

Регулювання температури в приміщенні:

Значення температури в каналі (приміщенні) вимірюється резистивним датчиком температури TES-A, з уніфікованим виходом Pt1000. Струмовий сигнал від датчика температури надходить до ПЛК с.PComini. В контролері порівнюється завдання із виміряним сигналом та виробляється керуючий сигнал. Сформований контролером сигнал 0-10В передає значення на привода

заслінки Siemens GQG161 (в залежності від режиму роботи також), частотний перетворювач FC51, змішувального вузла водяного теплообмінника, та компресорно-конденсаторний блок.

При пониженні температури підігрів іде наступним чином:

Заслінка зовнішнього повітря закривається до мінімально можливого положення, заданого в меню контролера у налаштуваннях. Потім вмикається ККБ в режимі теплового насосу. Потужність теплового насосу регулюється сигналом 0-10 В. Якщо після цього система не виходить на заданий режим то запускається в роботу секція водяного підігріву повітря. Сигнал 0-10В надходить на привод триходового клапана змішувального вузла водяного теплообмінника, який відкриває клапан, збільшується подача теплоносія в калорифер і повітря нагрівається. За умов якщо з якихось причин система не може забезпечити досягнення заданої уставки то в алгоритмі закладене поступове зменшення витрати повітря до певного мінімуму який задається в налаштуваннях у меню контролера.

При збільшенні температури уставки за умов достатньо низької зовнішньої температури відпрацьовує спочатку режим фрикулінгу. Тобто рециркуляція заслінки починає закриватися, а заслінка зовнішнього повітря відкриватися, тим самим ми маємо змогу охолоджувати приміщення не застосовуючи механічного охолодження, таким чином значно економлячи кошти. При достатньо високій температурі зовнішнього повітря вмикається ККБ. ККБ в нас двохконтурний. Керування потужністю відбувається через 2 аналогових вихода контролера, сигналом 0-10 В. Задіяння контурів послідовне. Також відбувається періодична ротація головного контуру ККБ для рівномірного напруження обладнання. Напруга 0-10 задає значення тиску випаровування в випаровувачі, чим нижчий тиск випаровування тим відповідно нижча температура кипіння фреону у випаровувачі і відповідно збільшується холодильна потужність контуру охолодження.

Реалізація захисних функцій:

Контроль за фільтрами відбувається за допомогою реле перепаду тиску LF32, сигнал типу “сухий контакт” подається на дискретний вхід контролера, де опрацьовується і з’являється повідомлення про засмічення фільтра.

Аналогічні датчики встановлені на вентилятора, якщо пуск не відбувся за певний проміжок часу, отримуємо повідомлення про аварію вентилятора.

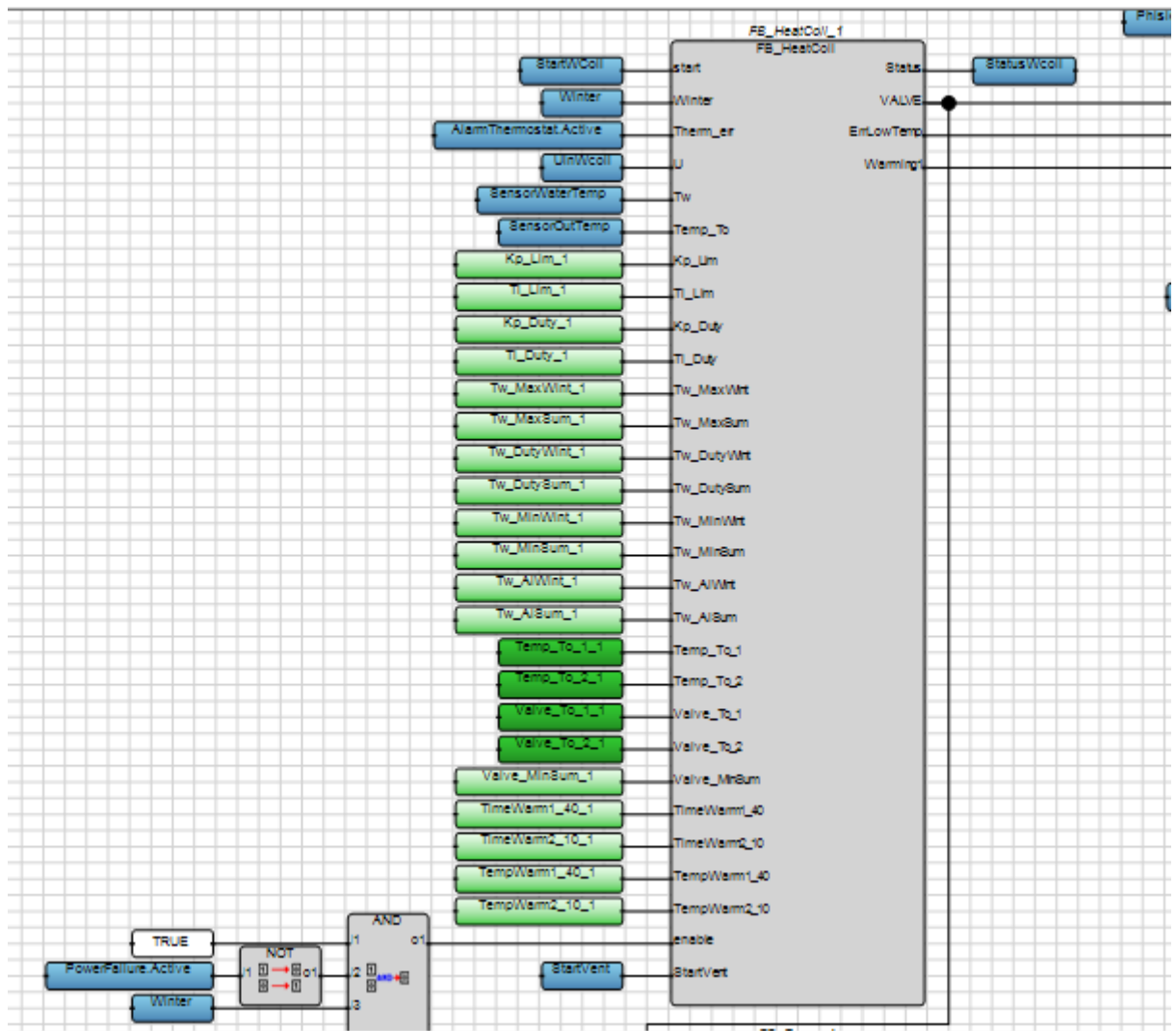
Контроль за роботою теплообмінника виконує накладний датчик температури зворотного теплоносія TES-W із типом вихідного сигналу Pt1000, якщо температура падає нижче 25 °C починається процес розмерзання теплообмінника, закривається заслінка припливного повітря, відкривається заслінка рециркуляції, вентилятор негайно вимикається. На привід триходового клапану подається сигнал на 100% відкриття клапану для максимального прогріву теплообмінника

3.2.3. Опис програмного забезпечення локального рівня ПТКЗА

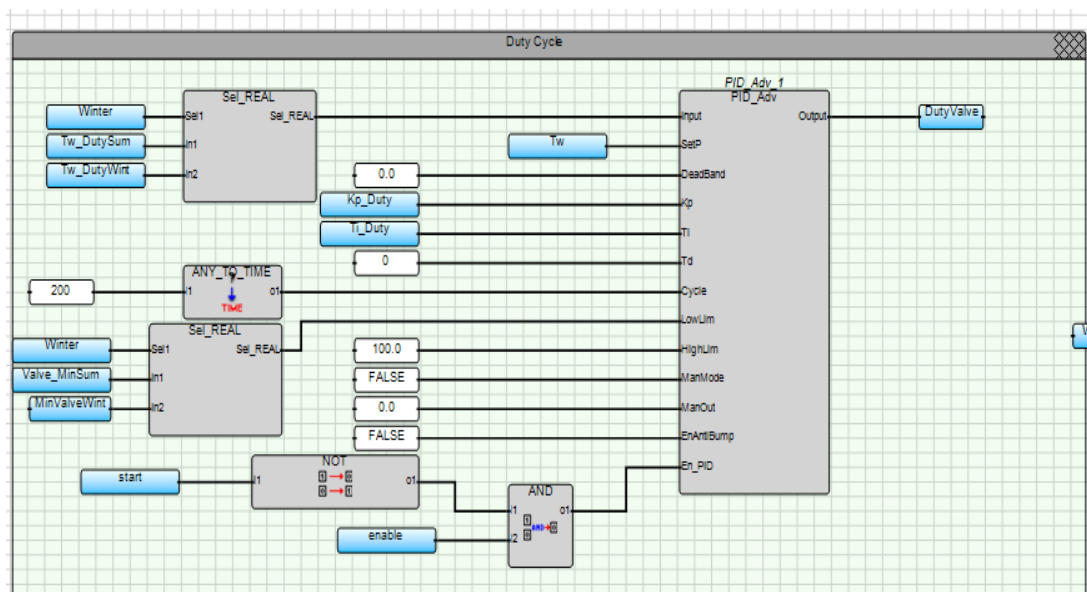
Програмне забезпечення локального рівня ПТКЗА створено за допомогою середовища програмування контролерів Carel c.Suite

Нижче наведені елементи коду виконаного мовою FBD.

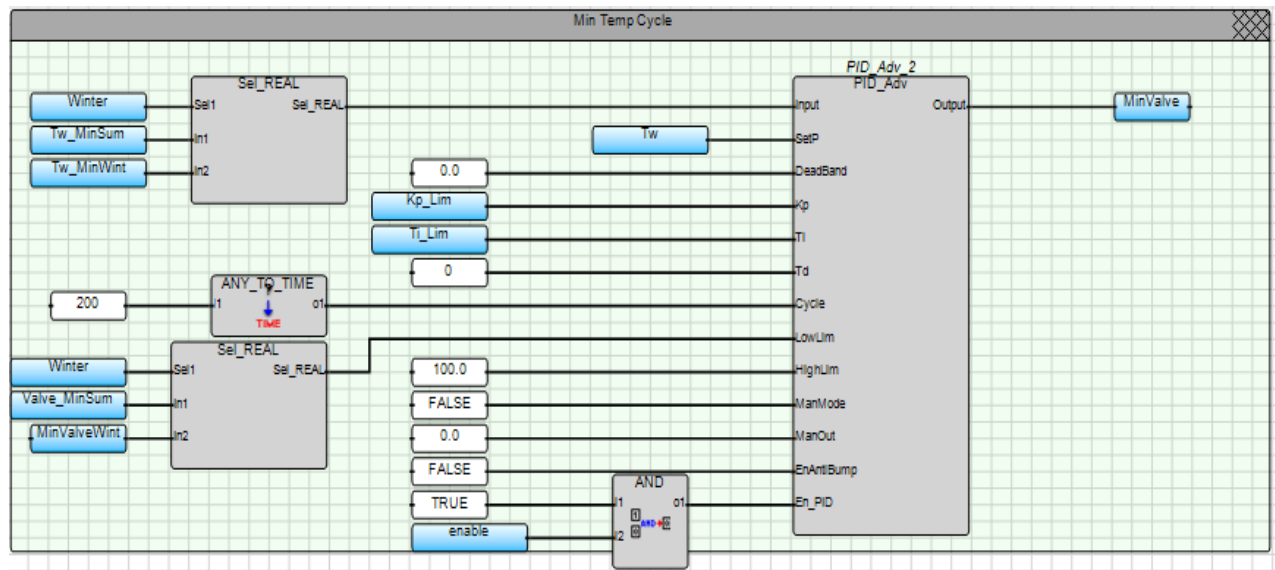
Блок управління водяним калорифером:



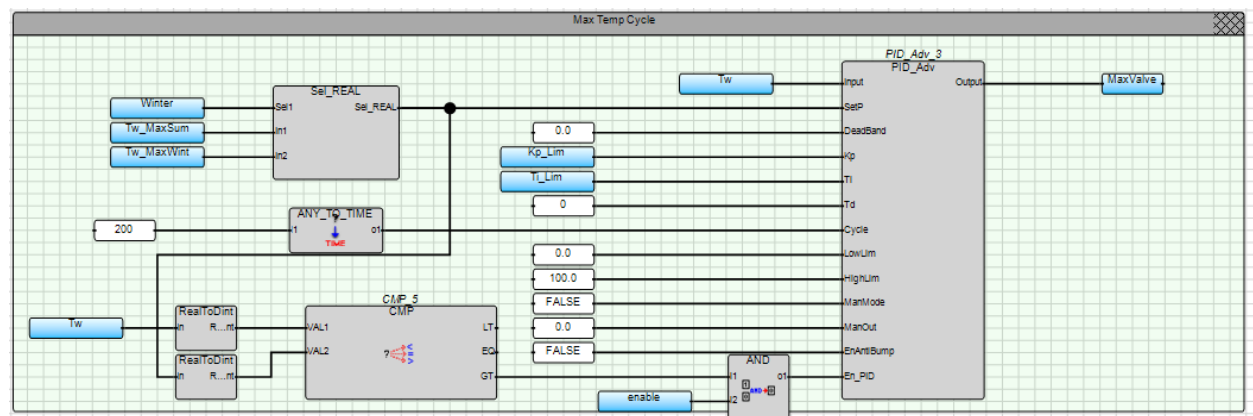
Мал. 3.4 Загальний блок керуванням алгоритму водяного нагріву



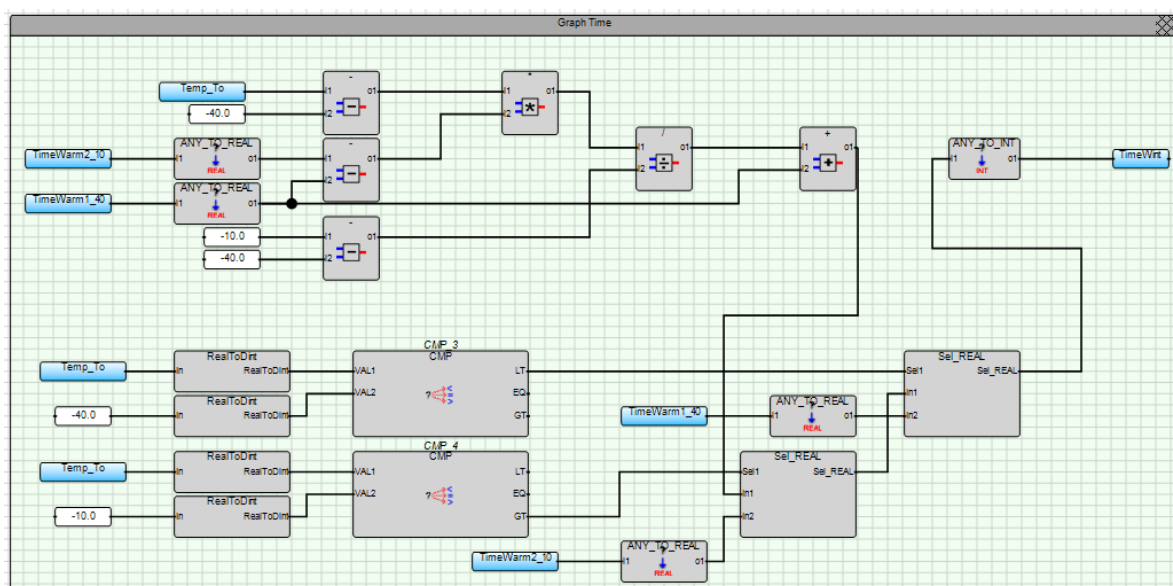
Мал. 3.5. Регулятор дежурного режиму водяного калорифера. Підтримує задану температуру зворотнього теплоносія у дежурному режимі.



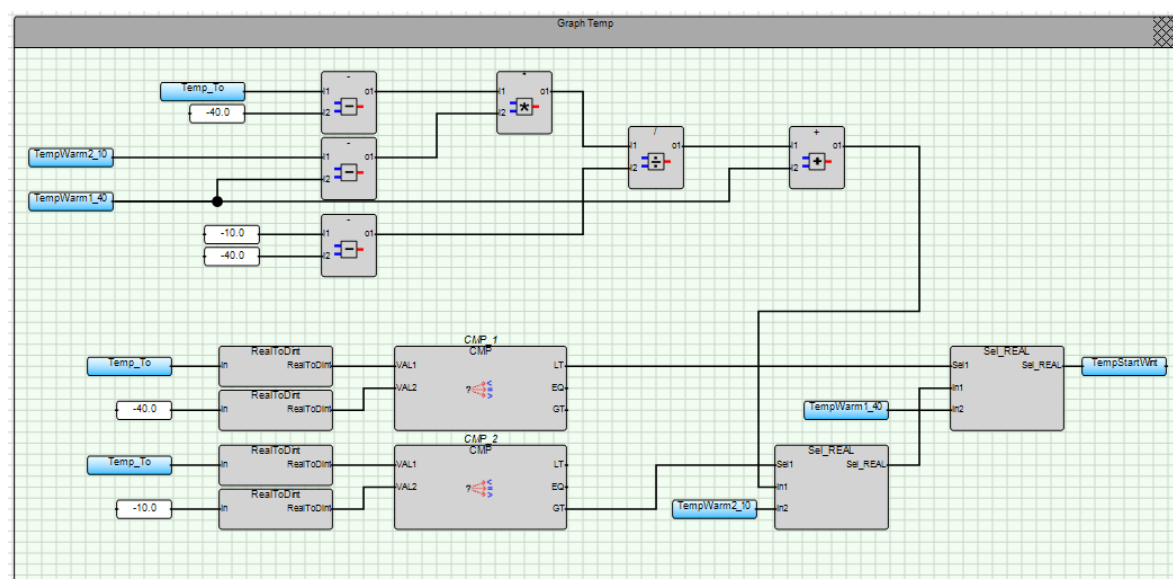
Мал. 3.6 Регулятор водяного калорифера для відкриття клапана при мінімальній температурі зворотнього теплоносія.



Мал. 3.7 Регулятор водяного калорифера для відкриття клапана при максимальній температурі зворотнього теплоносія.



Мал. 3.8. Алгоритм розрахунку часу прогріву калорифера в залежності від температури зовнішнього повітря. Задаються дві точки температури зовнішнього повітря і в залежності від них час прогріву при кожній температурі

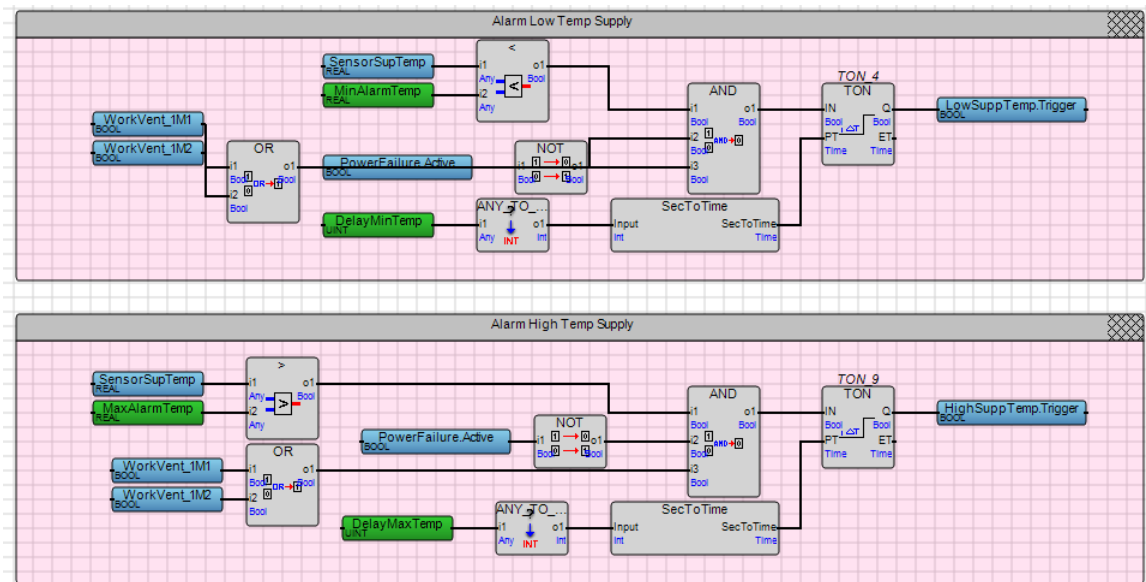


Мал. 3.9 Алгоритм розрахунку температури зворотнього теплоносія по температурі зовнішнього повітря при якій дозволяється пуск системи при прогріві. Задаються дві точки температури зовнішнього повітря і відповідні температури зворотнього теплоносія. Відносно них вираховується температура при інших температурах.

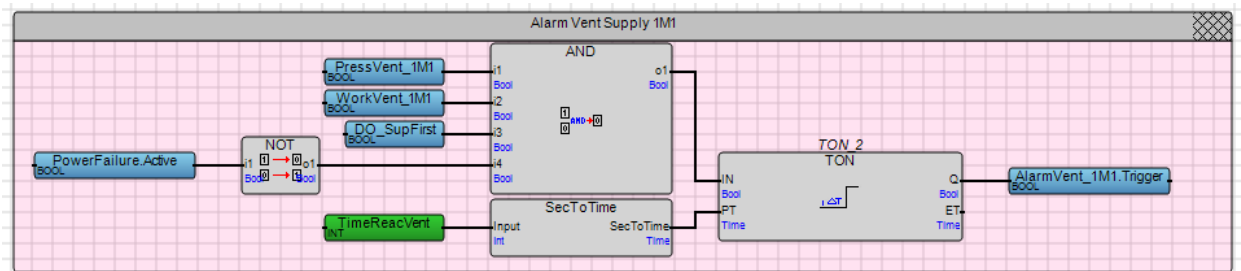
The diagram illustrates a sophisticated control system for a water heater. Key components include:

- Sensors/Inputs:** Yw, Winter, Yw_Asum, Yw_AWPR, WmValve, WmValve, U, Wmter, Valve_MinSum, WmValve_WPR, enable.
- Control Modules:** SE_REAL, MIX_REAL, MAX_REAL, SCHE_REAL, CUP_7 CMP, AND, OR, NOT, Warning.
- Logic Flow:**
 - The **CUP_7 CMP** module compares two values (LT, EQ, GT) to trigger actions.
 - The **MIX_REAL** module calculates a weighted average based on inputs X1, X2, Y1, and Y2.
 - The **MAX_REAL** module finds the maximum value among its inputs.
 - The **SCHE_REAL** module processes multiple inputs (X1-X4, Y1-Y2) to produce a score.
 - The **SE_REAL** module sets or resets a real number based on enable/disable signals.
 - The **AND/OR/NOT** modules perform standard Boolean logic operations.
 - The **Warning** module generates alerts based on specific conditions.
- Outputs:** Warming, EndContemp, VALVE.

Нижче приведені деякі захисні алгоритми :



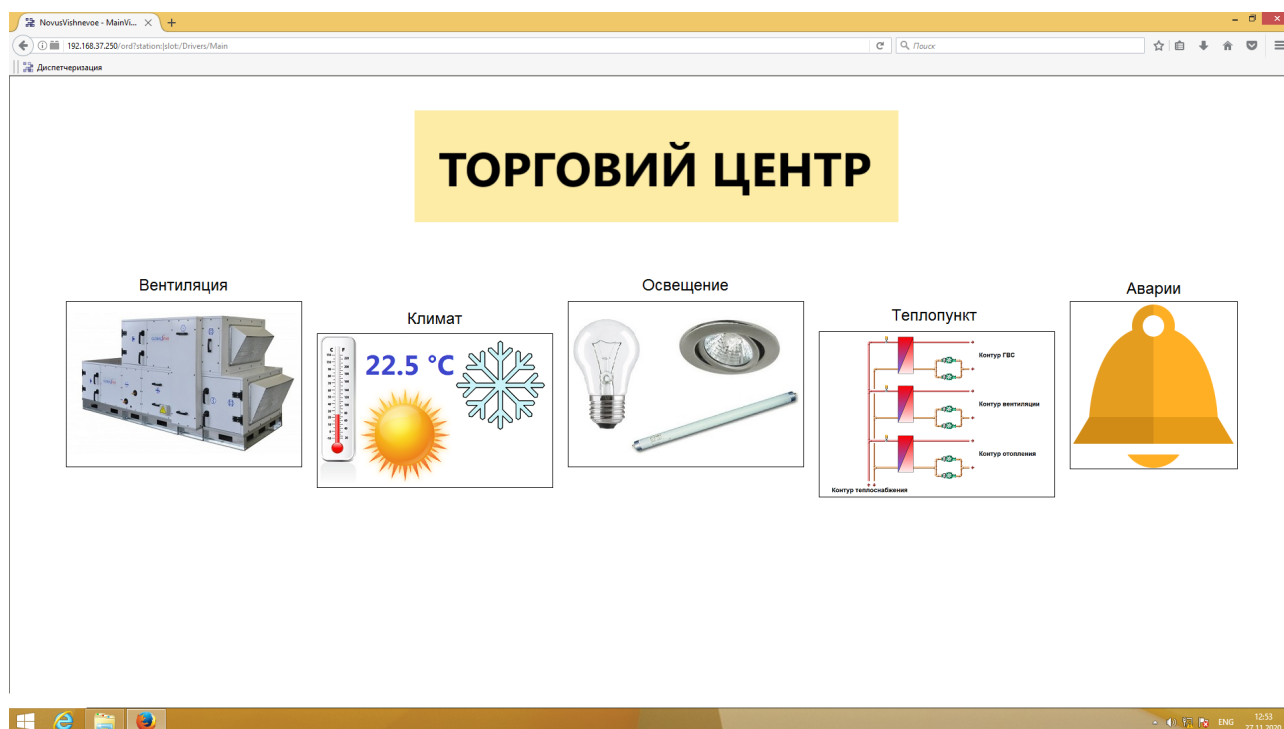
Мал. 3.12. Аварія по високій і низькій температурі:



Мал. 3.13 Аварія вентилятора

3.2.4. Опис програмного забезпечення супервізорного рівня ПТКЗА

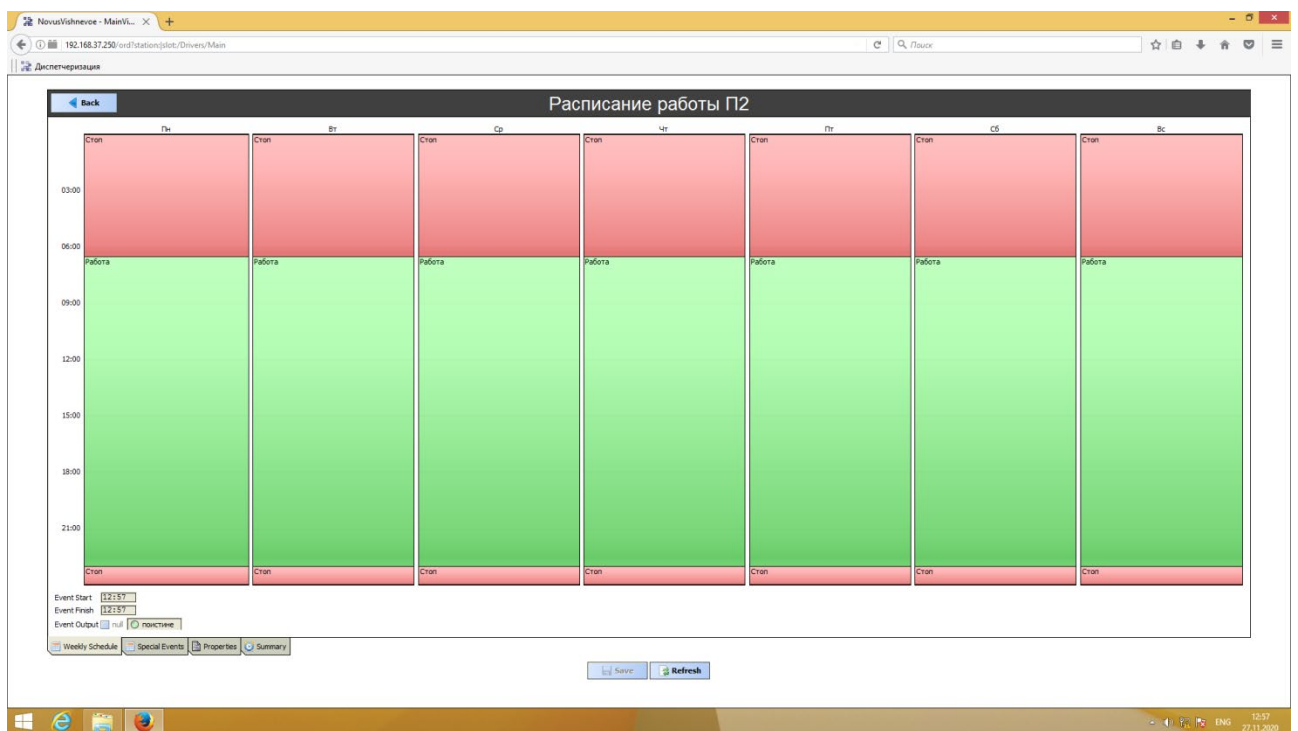
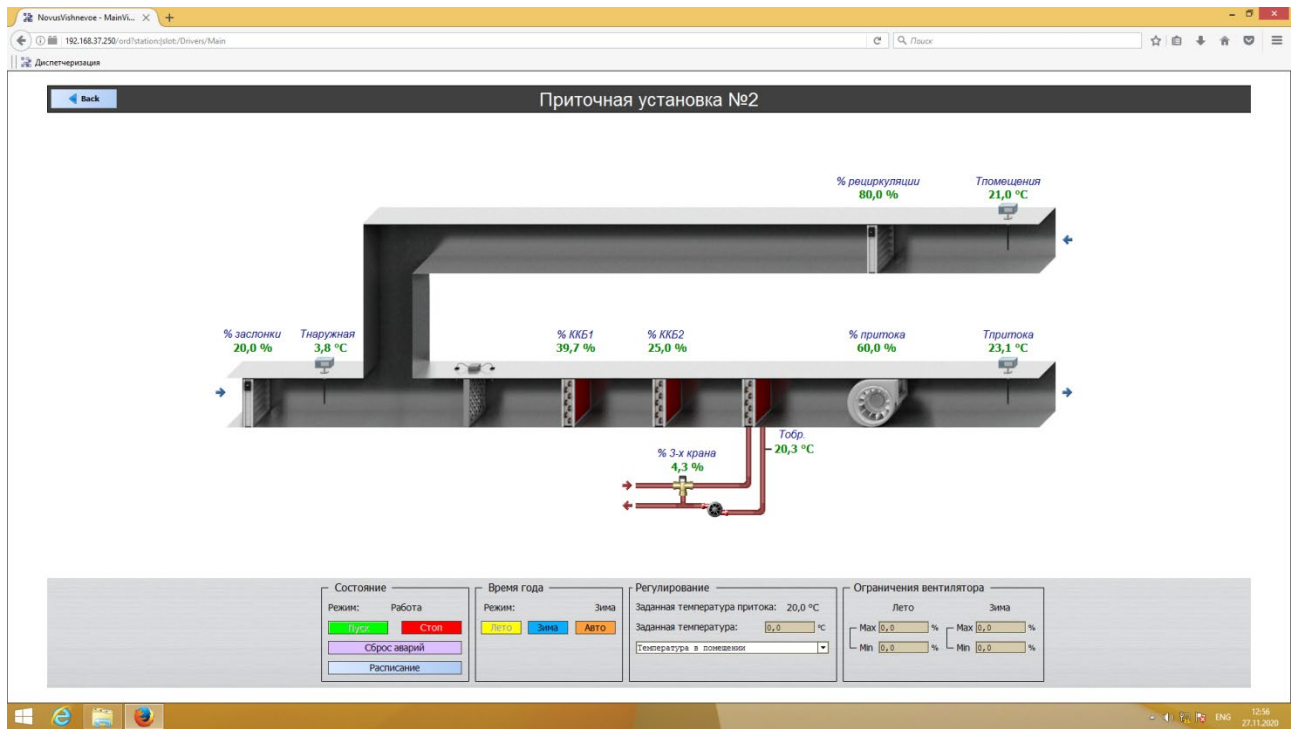
Програмне забезпечення верхнього рівня системи автоматизації представлене у вигляді SCADA-програми. SCADA-програма включає наступні розроблені вікна: головне вікно з умовним зображенням задіяних систем, та вікном алярмів.



Вибираючи певну інженерну систему відкривається вікно з планом об'єкту на якому різними кольорами виділені зони обслуговування кожної системи.



Обираючи конкретну систему відкривається її мнемосхема в якій оператор може проводити певні дії, такі як перегляд показників роботи тренди, аларми, графіки робіт, а також проводити корекції уставок певних параметрів.



NovusVishnevoe - MainV... x +

192.168.37.250 conf/statistics/plot/Drivers/Main

Диспетчеризація

Аварии

Текущие аварии

Today

Timestamp	Source State	Ack State	Source	Alarm Class	Priority	Message Text
10:42:05 nov/27/20 EET	Normal	0 Aided / 3 Unaided	AlarmK08 (Defrost)	Default Alarm Class	255	П1.Оттайка K08.1
08:43:11 nov/27/20 EET	Normal	0 Aided / 1 Unaided	AlarmK08.2	Default Alarm Class	255	П1.Авария K08.2
07:49:30 nov/27/20 EET	Offnormal	0 Aided / 1 Unaided	Fat2	Default Alarm Class	255	Авария хироповорота 2
07:49:30 nov/27/20 EET	Offnormal	0 Aided / 1 Unaided	Fat1	Default Alarm Class	255	Авария хироповорота 1

4 Sources / 6 Alarms

[Acknowledge](#) [Review Video](#)

Alarm History

Today

Timestamp	Source State	Ack State	Source	Alarm Class	Priority	Message Text
07:43:08 nov/27/20 EET	Unaided	Unaided	AlarmK08 (Defrost)	Default Alarm Class	255	П1.Оттайка K08.1
07:49:30 nov/27/20 EET	Offnormal	Unaided	Fat2	Default Alarm Class	255	Авария хироповорота 2
07:49:30 nov/27/20 EET	Offnormal	Unaided	Fat1	Default Alarm Class	255	Авария хироповорота 1
08:31:36 nov/27/20 EET	Normal	Unaided	AlarmK08 (Defrost)	Default Alarm Class	255	П1.Оттайка K08.1
08:43:11 nov/27/20 EET	Normal	Unaided	AlarmK08.2	Default Alarm Class	255	П1.Авария K08.2
10:42:05 nov/27/20 EET	Normal	Unaided	AlarmK08 (Defrost)	Default Alarm Class	255	П1.Оттайка K08.1

6 Alarms

Filters

☐ Source State:

☐ Ack State:

☐ Ack Required: ☒ none

☐ Source: Must Be Like: ☒ Case Sensitive

☐ Alarm Class: Must Be Like: ☒ Case Sensitive

☐ Priority:

☐ Normal Time: Time Range:

☐ Ack Time: Time Range:

☐ User: Must Be Like: ☒ Case Sensitive

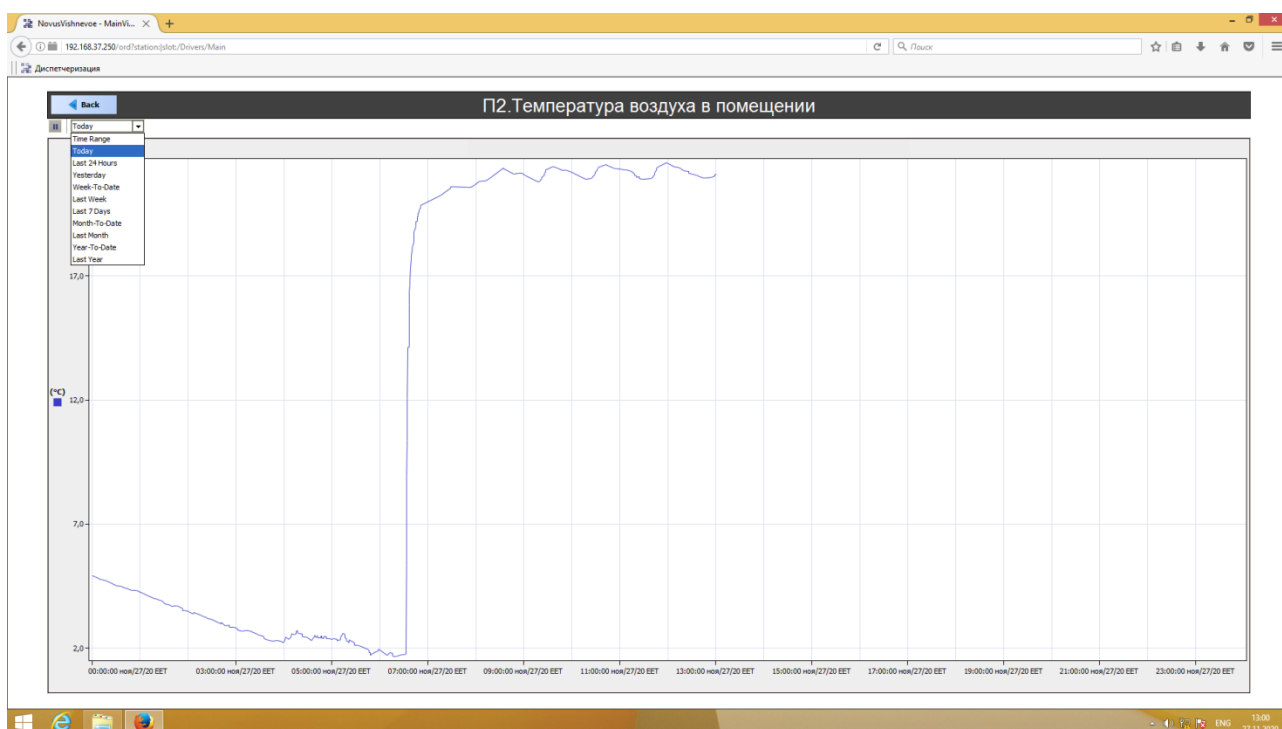
☐ Alarm Data: No facets:

☐ Alarm Transition: Time Range:

☐ Last Update: Time Range:

[OK](#) [Cancel](#)

Також по кожному з параметрів можливо переглянути тренди у різних часових проміжках.



4 Розроблення стартап-проекту

4.1 Опис ідеї проекту

Опис ідеї стартап-проекту передбачає пояснення самої ідеї проекту, його переваг, доцільності застосування на певних об'єктах та економічної доцільності його реалізації. Замовниками даного стартап-проекту можуть бути порівняно великі об'єкти нерухомості. Кожен такий об'єкт, як наприклад торговий або офісний центр, логістичний чи промисловий комплекс не може існувати без ефективної систем електрозабезпечення та кліматизації. Та с часом ці системи стають дедалі складнішими та також разом з цим потребують узгодженої між собою роботи. Тому у сучасних умовах потрібно намагатися розглядати інженерні системи об'єкту як єдине ціле з централізованим органом управління, що дає змогу не тільки найбільш точніше дотримуватися заданих показників кожної системи, а й досить суттєво підвищити енергоефективність об'єкту в цілому. Великі об'єкти будівництва, особливо якщо на їх площах розгорнуте певне виробництво потребують досить потужних систем вентиляції та кондиціонування, а відповідно й досить великих витрат енергії витраченої на їх роботу. Тому чи не найважливішу роль відіграють якісні системи автоматичного керування цим обладнанням. Традиційно, всі замовники намагаються мінімізувати свої капітальні витрати, і перед остаточним прийняттям рішення про вибір постачальника обладнання, досить довго проводять моніторинг ринку, порівнюють отримані пропозиції і т.д. На жаль, не завжди перевага віддається професійним структурам, включаючи також проектні та монтажні організації, що в подальшому призводить до численних помилок і необхідності їх виправлення на об'єкті.

Таблиця 4.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Автоматизація систем життєзабезпечення міського торговельного центру	Створення системи автоматизації з нуля / повна заміна уже існуючої системи автоматизації	Отримання системи автоматизації з сучасного рівня
	Часткове оновлення системи автоматизації, що включає як засоби автоматизації, так і систему диспетчеризації	Заміна застарілих засобів автоматизації на сучасні, розроблення системи диспетчеризації
	Часткове оновлення системи автоматизації, що включає лише систему диспетчеризації	Розроблення системи диспетчеризації для віддаленого керування установкою

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	Товари/концепції конкурентів			Слабка сторона	Нейтральна сторона	Сильна сторона
	Мій проект	W&H engineering	МІКС			
простота	так	ні	ні			так
Надійність обладнання	так	так	ні		так	
ціна	середня	висока	середня			так

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту наведено у таблиці 4.3. Відповідно до проведеного аналізу можна зробити висновок, що ідея проекту є технологічно здійсненною.

Таблиця 4.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Створення систем автоматичного керування	Програмовані контролери, датчики, приводи та ін.	Технологія наявна	Технологія у широкому доступі
Диспетчеризація роботи систем	SCADA-система	Технологія наявна	Технологія у широкому доступі
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: для реалізації автоматичного керування застосовуватимуться програмовані логічні контролери та датчики; для реалізації диспетчеризації використовуватиметься SCADA-система.			

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, наведено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку	Характеристика
Кількість головних гравців	7
Динаміка ринку (якісна оцінка)	стабільна
Наявність обмежень для входу	відсутні
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	відсутні
Середня норма рентабельності в галузі, %	40

Визначення потенційних груп клієнтів та формування вимог до проекту наведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів
Комплексна система диспетчеризації	Заклади або підприємства з потребою у якісних інженерних системах	Відмінності у вимогах до якості, надійності й ціни продукту	Підтримання заданих параметрів, зберігання даних за певний період часу

Після як здійснилося визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та фактори, що йому перешкоджають (табл.4.6, табл. 4.7).

Таблиця 4.6 Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Поява на ринку дешевих аналогів	Якщо продукт затребуваний на ринку завжди виникають дешеві неякісні аналоги	Переконувати клієнта у економічній доцільності впровадження свого продукту
Поява нових технологій які удосконалюють та спрощують процес управління об'єктом	У процесі розвитку технологій завжди виникають нові вдосконалені	Запроваджувати в себе нові технології

Таблиця 4.7 Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Удосконалення продукту	Покращення функціонування системи, відпрацювання нових функцій системою	Вихід на більш серйозних замовників
Здешевлення продукту	За рахунок нововведень і розвитку технологій можливе зменшення	Вихід на більш масовий ринок

	собівартості, а відповідно й ціни	
--	--------------------------------------	--

Проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 4.8).

Таблиця 4.8 Ступеневий аналіз конкуренції ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Тип конкуренції (монополія/чиста)	чиста	Прямі угоди з партнерами
Рівень конкурентної боротьби (локальний/національний)	локальний	Просування товару у регіоні
За галузевою ознакою (міжгалузева/внутрішньогалузева)	внутрішньогалузева	Не впливає
Конкуренція за видами товарів (родова/видова/між бажаннями)	Між бажаннями	Вдосконалювати перелік надаваних послуг
Характер конкурентних переваг (цінова/не цінова)	Цінова	Впливає на рентабельність
Інтенсивність (марочна/ не марочна)	Не марочна	Не впливає

Окрім аналізу пропозиції, також проводиться аналіз галузі (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	W&N engineering, МІКС	Низький поріг для входу	Українські, італійські, датські виробники	Ринок рітейлу, торгово-розважальні центри	Відсутні
Висновки	Середня інтенсивність	Немає серйозних перепон для входу на ринок, немає інформації про потенційних конкурентів	Відсутність диткування умов на ринку	Прагнуть до співвідношення ціна-якість	Обмеження для роботи на ринку через товари-замінники відсутні

Приведемо фактори які можуть забезпечити конкурентоспроможність продукту на ринку (табл. 4.10).

Таблиця 4.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
Прості й інформативні органи керування системою, доступний та інформативний інтерфейс	У багатьох конкурентів ускладнений та не зрозумілий інтуїтивно інтерфейс
Якісне регулювання параметрів об'єкту	Більше уваги приділяється процесу наладки системи

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 4.11).

Таблиця 4.11 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з даним стартапом						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Прості й інформативні органи керування системою	18		+					
Якісне регулювання параметрів об'єкту	16			+				
ціна	15					+		

Для розробки альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок виконується SWOT аналіз ((матриці аналізу сильних

(Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities)) (таблиця 4.12). Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 4.12 SWOT - аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Простота інтерфейсу, Якісне регулювання	Слабкі сторони: Ціна
Можливості: Удосконалення продукту, Здешевшання продукту	Загрози: Поява на ринку дешевих аналогів, Поява нових технологій які удосконалюють та спрощують процес управління об'єктом

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (табл. 4.9, аналіз потенційних конкурентів). Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів
Орієнтація даного проекту на ринок приватних підприємств у сфері рітейлу	висока
Позиціонування компанії, як висококваліфікованого експерта в галузі автоматизації інженерних систем об'єктів нерухомості	висока

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Першим кроком у розробленні ринкової стратегії проведемо визначення стратегії охоплення ринку та опишемо цільові групи потенційних споживачів. Отримані результати наведено у таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в мережах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
Власники торговельних центрів	Так	Вище середнього	Середня	Не складно

Власники офісних центрів	Потребують переговорів	Середній	Середня	Не складно
Які цільові групи обрано: Власники торговельних центрів				

Для роботи в даному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку. (табл. 4.15) Базові маркетингові стратегії необхідні для оцінки переваг компанії, які можна використовувати для виходу на лідируючі позиції. За стратегію охоплення ринку обрано стратегію спеціалізації, яка передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок. Головне завдання тут полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти.

Таблиця 4.15 Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Орієнтація даного проекту на ринок приватних підприємств у сфері рітейлу	Стратегія спеціалізації по клієнтах	Унікальне задоволення потреби споживача	Стратегія диференціації

Таблиця 4.16 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або	Чи буде компанія копіювати основні	Стратегія конкурентної поведінки*
---	--	---	--

	забирати існуючих у конкурентів?	характеристики товару конкурента, і які?	
Ні	Забирати існуючих у конкурентів, та при можливості шукати нових.	Буде копіювати окремі вдалі рішення	Стратегія заняття конкурентної ніші.

При визначенні стратегії конкурентної поведінки було обрано стратегію заняття конкурентної ніші. Дана поведінка була обрана, тому в якості цільового ринку вибирається один або декілька ринкових сегментів. Головне завдання для компаній – це постійна турбота про підтримку і розвиток своєї конкурентної переваги, формування лояльності і прихильності споживачів.

Таблиця 5.17 Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
Зручність у використанні, Якісне підтримання параметрів	Стратегія диференціації	Управління та контроль роботи значної кількості інженерних систем будівлі	Зручність у використанні, якісне підтримання

			заданих параметрів
--	--	--	-----------------------

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Сформуємо маркетингову концепцію товару, який отримає споживач.

Визначимо ключові переваги концепції. (табл. 4.18)

Таблиця 4.18 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар/метод	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі що потрібно створити)
Якісне керування інженерними системами	Розроблені алгоритми забезпечують якісну роботу систем	Досконалі алгоритми роботи
Зручність використання продукту	Процес отримання даних і управління зручний та інтуїтивно зрозумілий	Зрозумілий інтерфейс

..... Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (табл. 4.19).

... Таблиця 4.19 Визначення меж встановлення ціни..

Рівень ціни на товари-замінники	Рівень-цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межа встановлення ціни на товар
300000-500000 грн.	800000-1000000 грн.	1000000-10000000 грн.	600000-1200000 гон.

Далі проведемо визначення оптимальної системи збуту. Результати неведені у таблиці 4.20

..... Таблиця 4.20 Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
В даному сегменті товарів, найчастіше, закупівля відбувається напряду з виробником.	пошук потенційних клієнтів, аналіз ринку потреб, індивідуальний підхід до клієнта	Нульовий канал ,Живе спілкування	Через інтернет, тендері торги

Сьогодні пошук товарів частіше за все відбувається через інтернет, враховуючи те що закупівля буде вестися напряду з виробником то канал збуту буде нульового рівня, або у разі тендерів – через тендерні комітети.

Останнім кроком розробимо концепцію маркетингових комунікацій, що спиратиметься на попередньо обрану основу для позиціонування та визначену специфіку поведінки клієнтів. Результати наведені у таблиці 4.21.

Таблиця 4.21 Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Влаштування тендеру для отримання оптимального продукту	Телефон, електронна пошта, веб-сайти	Можливості для ефективного використання енергоресурсів	Презентація товару, його характеристики, покращення, щоб залучити більше клієнтів.	Демонстрація можливостей

4.6 Висновки

У даному розділі було проведено технологічний аудит ідеї проекту під час якого було визначено, що система є технологічно здійсненною, проведено аналіз ринкових можливостей, який показав, що проект має переваги над існуючими проектами та є конкурентоздатним. Ринкова комерціалізація проекту можлива, оскільки на сьогоднішній день є попит на подібний тип продукту. Для охоплення ринку використовуватиметься стратегія диференційованого маркетингу, а у якості базової стратегії розвитку було обрано стратегію диференціації. Конкурентна боротьба проводитиметься за стратегією зайняття конкурентної ніші. Було розроблено маркетингову програму, де визначено ключові переваги над конкурентами, можливий діапазон встановлення цін на проект, обрано систему збуту через інтернет та тендери як оптимальні системи збуту

Ринок даного продукту розвивається що створює можливості для нових досліджень та розробок з ціллю покращення продукту та підняття його попиту. Перспектива впровадження позитивна, оскільки є можливість запропонувати постійно зростаючій групі потенційних клієнтів якісну систему, завдяки якій можна буде здійснювати спостереження за роботою інженерних систем а також керування їх роботою, при тому забезпечувати економію на витрати за енергопостачання.

Також можливий варіант паралельного напрямку: оновлення уже існуючих систем.

5. Висновки

В ході проведеної роботи було розроблено комплексну систему автоматизації й моніторингу основними інженерними системами будівлі торгівельного центру. Всі основні й важливі для безперебійної й ефективної роботи систем параметри зведені до єдиного пункту керування. Тим самим технічний персонал має можливість відслідковувати й оперативно реагувати на відхилення показників від норми, або вносити корективи в режими роботи тієї чи іншої системи, змінювати розклади роботи та інше. Також аналізуючи показники в реальному часі на зручних мнемосхемах та тренди характерних параметрів систем можна робити висновки про загальну коректність роботи кожної з інженерних систем, та виявляти збої в роботі окремих вузлів та механізмів які не є аварійними режимами, але збій в роботі яких може значно знижувати енергоефективність, а відповідно й витрати енергоносіїв, або призводити до прискореного зносу та скорочення термінів роботи цих механізмів.

В цілому система за умов правильного її використання дає змогу значно оперативніше реагувати на нештатні ситуації, підтримувати стабільні задані показники, заздалегідь відслідковувати можливий вихід з ладу окремих механізмів та вузлів та уникати таких ситуацій, а також значно ефективніше використовувати енергоресурси необхідні для роботи цих систем.

Перелік використаної літератури

1. Баган Т.Г., Кисельов Ю.Э., Бунь В.П. Методичні вказівки до вивчення дисципліни „Проектування систем автоматизації” для студентів кафедри АТЕП, Київ НТУУ „КПІ” – 2011 рік. –44 с.
2. Батюк С.Г. Збірник функціональних і структурних схем типових промислових САР, Київ НТУУ „КПІ” – 2001 рік. –50 с.
3. Бондарь Е.С., Гордиенко А.С. и др. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Уч. пособие. Киев:Видавничий будинок «Аванпост-Прим», 2005. – С. 104-116.
4. Методы расчета систем автоматического регулирования - 2-е изд. [Текст] /под ред. Волгина В.В. – М.: Изд. МЭИ, 1972. – 226 с.
5. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования:Справочное пособие -2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / А.С. Ключев, А.Т.Лебедев, С.А. Ключев, А.Г. Товарнов; под ред. А.С. Ключева. – М.:Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.
6. Пеклов А.А., Кондиционирование воздуха в промышленных и общественных зданиях. Київ: Видавництво Будівельник, 1967. 295с.
7. Ротач В.Я. Теория автоматического управления — М.: Издательство МЭИ, 2004. — 400 с.
8. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042 - 99 [Чинний від 1999-12-01]. – К., Мінрегіонбуд України, 1999. - 9с.
9. Стефани Е.П. Основы расчета настройки регуляторов теплоэнергетических процессов. Изд. 2-е, перераб. [Текст] / Е.П. Стефани.–М.: Энергия, 1972. – 376 с.