

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»  
Навчально-науковий інститут електроенергетики  
(інститут)  
Електротехнічний факультет  
(факультет)  
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра**

студента Чайка Владислав Андрійович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-19-1

(шифр)

Спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу керування систем центрального кондиціонування повітря промислового підприємства

(назва за наказом ректора)

| Консультанти                                       | Прізвище, ініціали     | Оцінка за шкалою |               | Підпис |
|--|------------------------|------------------|---------------|--------|
|  |                        | Рейтинг.         | інституційною |        |
| Керівник кваліфікаційної роботи                    | ас. Воскобойник Є.К.   |                  |               |        |
| Провідний консультант                              | ас. Воскобойник Є.К.   |                  |               |        |
| Розробка апаратного забезпечення системи керування | доц. Соснін Е.К.       |                  |               |        |
| Визначення моделі об'єкта керування                | ст. викл. Бойко О.О.   |                  |               |        |
| Економічна частина                                 | ст. викл. Яремчук І.О. |                  |               |        |
| Охорона праці                                      | проф. Чеберячко Ю.І.   |                  |               |        |
| Рецензент  |                        |                  |               |        |
| Нормоконтролер                                     | ас. Воскобойник Є.К.   |                  |               |        |

Дніпро  
2023

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри кіберфізичних та  
інформаційно-вимірювальних систем  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ Бубліков А.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр

студенту Чайка В.А. \_\_\_\_\_ академічної групи 151-19-1 \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу керування систем центрального кондиціонування повітря промислового підприємства

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 217-с від №26.04.2023 р.

| Розділ   | Зміст  | Термін виконання |
|--|--|------------------|
| Стан питання та постановка завдання                | Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи. | 11.05.2023       |
| Розробка апаратного забезпечення системи керування | Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.      | 18.05.2023       |
| Визначення моделі об'єкта керування                | Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.                          | 25.05.2023       |
| Економічна частина                                 | Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.  | 01.06.2023       |
| Охорона праці                                      | Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.   | 05.06.2023       |

**Завдання видано** \_\_\_\_\_

(підпис керівника)

ас. Воскобойник Є.К.

(прізвище, ініціали)

**Дата видачі**

04.05.2023

**Дата подання до екзаменаційної комісії**

12.06.2023

**Прийнято до виконання** \_\_\_\_\_

(підпис студента)

Чайка В.А.

(прізвище, ініціали)

## Реферат

Пояснювальна записка: 62с., 34 рис., 12 табл., 2 додаток, 17 джерел.

Об'єкт розробки – Автоматизована система керування центральним кондиціонуванням повітря промислового підприємства.

Об'єкт дослідження – електричний нагрівач.

Предмет дослідження - здійснити структурну і параметричну ідентифікацію та визначити математичну модель об'єкта.

Принцип роботи електричних нагрівачів елементів в системі вентиляції полягає у використанні електричної енергії для генерації тепла. Ці елементи забезпечують нагрівання повітря, яке протікає через систему вентиляції, за допомогою електричного опору.

В нашому випадку, для створення системи автоматизації технологічного процесу кондиціонування, обрано один з каналів керування – «контроллер потужності-нагрівач-температура повітря»

Система має підтримувати задану температуру повітря у приміщенні на рівні 30 градусів завдяки регулюючим можливостям альтерністорів, потужність яких може змінюватись 0...7 кВт.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки системи керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення системи керування.

КОНДИЦІОНУВАННЯ, НАГРІВ, АЛЬТЕРНІСТОР, ВЕНТИЛЯЦІЯ,  
ТЕМПЕРАТУРА, ДАТЧИК, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ,  
НАГРІВАЧ, ЕЛЕКТРОПРИВІД

## Зміст

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП .....  | 6  |
| 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ .....                                      | 7  |
| 1.1 Галузь промисловості .....   | 7  |
| 1.2 Технологічний процес.....  | 8  |
| 1.3 Об'єкт керування.....  | 9  |
| 1.3.1 Загальна характеристика об'єкту керування .....                            | 10 |
| 1.3.2 Принцип роботи об'єкту керування .....                                     | 13 |
| 1.4 Формування задачі дослідження .....  | 14 |
| 1.5 Висновки по розділу .....  | 15 |
| 2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ .....                              | 16 |
| КЕРУВАННЯ.....   | 16 |
| 2.1 Розробка структурної схеми керування .....                                   | 16 |
| 2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування .....                     | 17 |
| 2.2.1 Вибір датчиків .....   | 17 |
| 2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв.....  | 18 |
| 2.2.3 Вибір пристроя керування .....   | 21 |
| 2.2.4 Вибір джерел живлення .....  | 22 |
| 2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації .....                            | 23 |
| 2.6 Розробка схеми електричної принципової.....                                  | 24 |
| 2.7 Висновки за розділом.....  | 25 |
| 3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....                                       | 26 |
| 3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи ..... | 26 |
| 3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування.....                         | 27 |
| 3.2 Виконання експерименту.....  | 29 |
| 3.3 Підготовка даних.....  | 31 |
| 3.4 Структурна ідентифікація.....  | 34 |
| 3.5 Перевірка моделі на адекватність.....  | 40 |
| 3.6 Висновки за розділом.....  | 43 |
| 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....  | 44 |

|  |    |
|--|----|
| 4.1 Розрахунок капітальних витрат .....  | 44 |
| 4.2. Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення.....  | 46 |
| 4.3.1. Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення .....  | 49 |
| 4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат .....  | 51 |
| 4.4 Висновки за розділом.....  | 53 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....  | 54 |
| 5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проектного технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою ..... | 54 |
| 5.2. Розробка заходів з охорони праці.....   | 55 |
| 5.2.1 Попередження електротравматизму.....   | 55 |
| 5.2.2 Запобігання опікам при обслуговуванні .....  | 56 |
| 5.2.3 Забезпечення параметрів чистоти повітря .....  | 57 |
| 5.3. Пожежна профілактика .....  | 58 |
| Висновок .....   | 61 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....  | 63 |
| ДОДАТОК А.....   | 65 |
| ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....   | 66 |

## ВСТУП

В рамках даної доповіді я хотів би звернути вашу увагу на важливу та актуальну проблему - автоматизацію систем кондиціонування промислових підприємств. З постійним зростанням вимог до комфорту та енергоефективності в промисловому секторі, автоматизація стає необхідним кроком у напрямку досягнення цих цілей.

Традиційні методи управління системами кондиціонування, що використовуються в промислових приміщеннях, часто не забезпечують оптимальну роботу та раціональне використання енергії. Це може призводити до надмірного споживання електроенергії, збільшення витрат та незадовільної якості умов праці.

Оптимізація систем кондиціонування через автоматизацію є перспективним рішенням, що дозволяє ефективно контролювати і регулювати параметри середовища в промислових приміщеннях. Завдяки використанню передових сенсорних технологій та алгоритмів управління, ми можемо створити інтелектуальну мережу, яка аналізує реальний стан приміщення та автоматично адаптує режими роботи систем кондиціонування.

Це дозволить досягти кількох важливих цілей одночасно. По-перше, енергоефективність систем кондиціонування покращиться, оскільки їх робота буде оптимізована з урахуванням актуальних параметрів та потреб. Це призведе до значного зменшення споживання електроенергії та зниження витрат на утримання систем. По-друге, автоматизовані системи забезпечать стабільні та комфортні умови праці для співробітників, що позитивно позначиться на їхній продуктивності та задоволеності.

# 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

## 1.1 Галузь промисловості

Однією з основних цілей використання систем кондиціонування у промислових будівлях є забезпечення комфортних умов роботи для працівників. Залежно від характеру діяльності в будівлі, такої як виробнича, офісна, торгівельна, медична тощо, можуть бути встановлені різні системи кондиціонування, що забезпечують відповідні умови роботи відповідно до вимог.

Кондиціонування в промислових будівлях є важливим аспектом, який забезпечує не тільки комфортні умови для працівників, але і оптимальне середовище для виробничих процесів. Наприклад, залежно від галузі та видів виробництва, можуть бути встановлені різні системи кондиціонування, що враховують особливості виробничих процесів та відповідні вимоги.

Крім того, системи кондиціонування використовуються для регулювання температури, вологості та якості повітря в приміщенні, що може мати велике значення для процесів виробництва, обробки та зберігання. Наприклад, в промисловості можуть використовуватися системи кондиціонування, які контролюють температуру та вологість в приміщенні для збереження якості матеріалів та продукції, а також для запобігання утворенню конденсату, який може пошкодити обладнання.

Системи кондиціонування можуть виконувати наступні функції:

1)Регулювання температури повітря: Оптимальна температура повітря є важливим аспектом для багатьох виробничих процесів, таких як зберігання продукції, виробництво харчових продуктів та інші. Системи кондиціонування здатні регулювати температуру повітря у приміщенні, що забезпечує оптимальні умови для виробничих процесів.

2)Регулювання вологості: Контроль за вологістю є важливим аспектом у виробничих процесах, таких як виробництво лікарських препаратів, виробництво електронних компонентів, виробництво паперу та багатьох інших.

Системи кондиціонування можуть регулювати вологість повітря, що дозволяє підтримувати оптимальні умови для виробничих процесів.

3)Регулювання якості повітря: Якість повітря є важливим аспектом для здоров'я та благополуччя працівників. Системи кондиціонування можуть видаляти забруднення з повітря, такі як пил, бактерії, віруси та інші забруднювачі, що створює здорові умови для роботи.

4)Управління потоком повітря: Системи кондиціонування можуть керувати потоком повітря в приміщенні, що може підвищити ефективність роботи обладнання та збільшити продуктивність процесів.

Крім того, системи кондиціонування можуть підвищувати ефективність роботи обладнання, що може скоротити витрати на електроенергію та збільшити продуктивність процесів.

Отже, головною метою застосування систем кондиціонування в промислових будівлях є забезпечення комфортних умов роботи, збереження якості продукції та підвищення ефективності виробничих процесів.

## **1.2 Технологічний процес**

Технологічний процес системи кондиціонування з використанням нагріваючих елементів, засувки, вентилятора та контролера починається з активації системи контролером. Контролер виконує роль головного керуючого елемента, він отримує інформацію про поточні умови мікроклімату приміщення та налаштовує параметри системи.

У разі потреби у нагріві, контролер відправляє сигнал до альтерністрора, який відповідає за керування нагріваючими елементами. Альтерністрор, який працює зі змінним струмом, включає або відключає нагріваючі елементи відповідно до вимог системи.



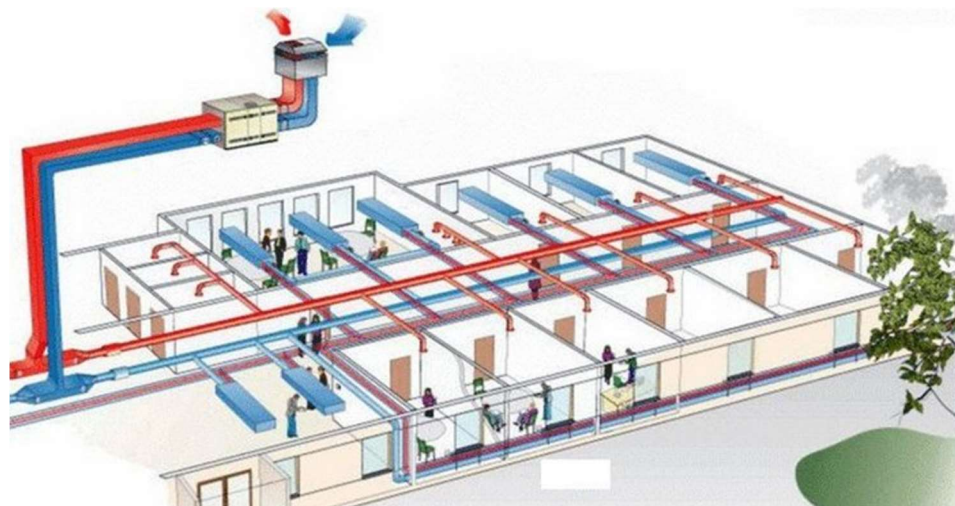


Рисунок 1.1 – Технологічна схема системи кондиціонування

Засувка, яка встановлена в системі, керується електроприводом. Контролер передає сигнал до електроприводу, який рухає засувку відкритою або закритою позицією, залежно від потреби вентиляції та регулювання потоку повітря.

Вентилятор, що входить до складу системи, керується контактором. Контакттор працює від альтерністора та електроприводу. Коли контролер активує вентиляцію, він передає сигнал до контактора, який включає вентилятор. Вентилятор починає обертатися, забезпечуючи рух повітря у приміщенні.

Таким чином, технологічний процес системи кондиціонування включає послідовне взаємодію нагріваючих елементів, засувки, вентилятора та контролера для досягнення зазначених параметрів мікроклімату в приміщенні. Кожен компонент виконує свою функцію у системі та контролюється центральним контролером.

### 1.3 Об'єкт керування

У кваліфікаційній роботі розглядається система кондиціонування промислового приміщення, створена для забезпечення оптимального мікроклімату і комфорту в приміщенні, а також збереження відповідних умов для зберігання товарів чи обладнання.

Об'єктом керування є саме приміщення, яке має бути кондиціоноване. Система кондиціонування включає різні компоненти і підсистеми, які працюють

разом для досягнення поставлених цілей. Одним з важливих компонентів є нагріваючі елементи, які керуються альтерністром. Ці елементи здатні генерувати тепло і підігрівати повітря в приміщенні.

Керування засувкою, яке відповідає за регулювання потоку повітря, здійснюється за допомогою електроприводу. Засувка контролюється залежно від вимог до температури та інших параметрів мікроклімату.

Для регулювання швидкості повітря та повітрообміну використовується вентилятор, яким керує контактор. Контакттор включає та вимикає вентилятор в залежності від потреб системи. Він контролює роботу вентилятора, забезпечуючи потрібний потік повітря і ефективний повітрообмін у приміщенні.

Всі ці компоненти та підсистеми системи кондиціонування керуються контролером. Контролер виконує функцію керування, зчитує дані від термічних датчиків, аналізує їх і видає відповідні сигнали для керування нагріваючими елементами, засувкою та вентилятором. Цей процес забезпечує точне регулювання температури і забезпечує оптимальний мікроклімат у приміщенні.

### **1.3.1 Загальна характеристика об'єкту керування**

Вентилятор в системі вентиляції працює за принципом всмоктування повітря і перенесення його через канали вентиляції. Вентилятор складається з обертового ротора і стаціонарного корпусу, який містить вхід та вихід повітря. Ротор здійснює обертання під дією електродвигуна і засмоктує повітря з приміщення чи зовнішнього середовища. В процесі руху повітря через вентилятор, воно притягується до центра обертового ротора і потім виштовхується на вихідному отворі вентилятора у заданому напрямку.



Рисунок 1.2 – вентилятор каналної системи кондиціонування

При виборі вентилятора для системи вентиляції враховуються параметри, такі як продуктивність (об'єм повітря, що перекачується за певний час), ступінь тиску, рівень шуму та енергоспоживання.

Засувка в системі вентиляції регулює швидкість потоку повітря, зменшуючи або збільшуючи площу проходу повітря в вентиляційній трубі. Це досягається за допомогою регулювального пристрою, такого як поворотна засувка або вентиль. Кут повороту засувки визначає площу проходу повітря, що пропускається через вентиляційну трубу, і відповідно регулює швидкість потоку повітря.



Рисунок 1.3 – Засувка каналної системи кондиціонування

Електричний нагрівач є одним з можливих елементів вентиляційної системи, який може використовуватися для обігріву повітря, що подається в приміщення.



Рисунок 1.4 – електричний нагрівач каналної системи кондиціонування

В холодний період року, коли зовнішня температура нижче, повітря, що подається в приміщення через вентиляційну систему, може бути недостатньо теплим, що може впливати на комфорт перебування людей. Електричний нагрівач дозволяє підігрівати повітря вентиляційної системи до бажаної температури, забезпечуючи комфортні умови для людей, які перебувають в приміщенні.

Шумоглушник (або акустичний фільтр) у системі вентиляції використовується для зменшення шуму, який створюється рухом повітря в системі. Він зменшує рівень шуму, що виходить з вентиляційної системи, зменшуючи відбивання звуку від стін і поверхонь трубопроводів.



Рисунок 1.5 – Шумоглушник каналної системи кондиціонування

Шумоглушник може бути встановлений в будь-якому місці системи вентиляції, де створюється шум, наприклад, на вході або виході вентиляційних отворів, або на повітропроводах. Застосування шумоглушника є важливим з точки зору комфорту проживання або працювання людей в будівлі.

### **1.3.2 Принцип роботи об'єкту керування**

Регулятор потужності виконує основну функцію керування електричним нагріваючим елементом. Цей пристрій дозволяє змінювати потужність, з якою нагріваючий елемент використовує електричну енергію та виділяє тепло.

При налаштуванні регулятора потужності користувач може встановлювати бажаний рівень потужності. Регулятор потужності перетворює це налаштування в відповідні сигнали для контролю напруги або струму, які поступають до нагріваючого елемента. Зміна цих параметрів дозволяє контролювати теплову виробленість елемента.

Коли регулятор потужності зменшує потужність, напруга або струм, що подаються на нагріваючий елемент, зменшуються. Це призводить до зменшення електричної енергії, яку споживає елемент, і відповідно, зменшення виділення тепла. З іншого боку, коли регулятор збільшує потужність, напруга або струм збільшуються, що призводить до більшого споживання електричної енергії та більшого виділення тепла.

Таким чином, за допомогою регулятора потужності користувач може керувати температурою, яку досягає нагріваючий елемент, шляхом зміни його потужності. Це дозволяє досягати бажаної температури в залежності від потреби, будь то нагрівання приміщення, підтримка оптимальних умов для процесу або регулювання температури у приладі чи пристрої.

#### 1.4 Формування задачі дослідження

Завдання кваліфікаційної роботи може бути представлено як розробка системи керування і контролю параметрів процесу подачі та підігріву повітря з використанням сучасних засобів автоматизації.

При розробці системи потрібно забезпечити виконання таких функцій:

- збір інформації з датчиків
- обробка та зберігання інформації
- контроль виконавчих пристроїв

Метою дослідження кваліфікаційної роботи бакалавра є підвищення точності регулювання температури вентиляційної системи, дозволити швидко створювати нові, або міняти наявні температурні режими в залежності від виду зберігаемого товару, отримати економічний ефект від раціонального використання енергоресурсів внаслідок оптимального керування технологічним процесом.

Завданням дослідження є вивчення можливості автоматичного керування засувкою та потужністю нагріваючих елементів для досягнення заданої температури.

Створення будь-якої автоматичної системи керування потребує побудови математичної моделі об'єкту, щоб застосовувати ефективні методи теорії автоматичного керування для його управління. Без математичної моделі об'єкту ефективне керування неможливе.

В промисловості найпоширенішим методом створення математичної моделі об'єкта керування є ідентифікація, яка базується на обробці вхідних та вихідних сигналів. Процес ідентифікації складається з трьох етапів: структурної ідентифікації, параметричної ідентифікації та оцінки адекватності моделі. Модель об'єкта керування повинна бути перевірена на адекватність згідно з нормованим середньоквадратичним відхиленням, а розбіжність між результатами моделювання та експериментальними даними не повинна перевищувати стандартного технічного відхилення в 10%.

## 1.5 Висновки по розділу

Враховуючи зазначені особливості роботи вентиляційної системи, можна зробити висновок, що вона належить до категорії безперервних об'єктів керування. Це означає, що система працює постійно і забезпечує постійний потік повітря, контролюючи температуру та інші параметри мікроклімату у приміщенні.

Застосування системи автоматизації до вентиляційної системи дозволить підвищити рівень точності регулювання температури в приміщенні. Це в свою чергу створить необхідні умови для якісного зберігання товарів, забезпечуючи оптимальний мікроклімат і уникнення зайвих коливань температури, які можуть негативно вплинути на якість та тривалість зберігання товару.

Система автоматизації, керуючи роботою вентиляційної системи, здатна ефективно контролювати і регулювати режими роботи, враховуючи змінні фактори, такі як зовнішня температура, вологість тощо. Це дозволяє забезпечити оптимальні умови в приміщенні, що є важливим для збереження товарів у якісному стані і підвищення їх тривалості зберігання.

Таким чином, використання системи автоматизації у вентиляційній системі сприятиме поліпшенню контролю та точності регулювання мікроклімату, що має прямий вплив на якість зберігання товару і забезпечення його надовго збереження.

## 2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### 2.1 Розробка структурної схеми керування

Система кондиціонування, для якої виконується розробка системи автоматичного керування температурою, має вхідним параметром сигнал напруги, що подається на нагріваючі елементи. Нагріваючі елементи в системі відповідають за зміну температури. Вихідними параметрами системи є показники датчиків температури, які вимірюють температуру в приміщенні.

Система автоматичного керування температурою працює на основі отримання показників температури від датчиків та регулювання напруги на нагріваючих елементах. Зазвичай, ця система використовує зворотний зв'язок, тобто порівнює виміряну температуру з бажаною і вносить зміни в сигнал напруги для досягнення потрібної температури.

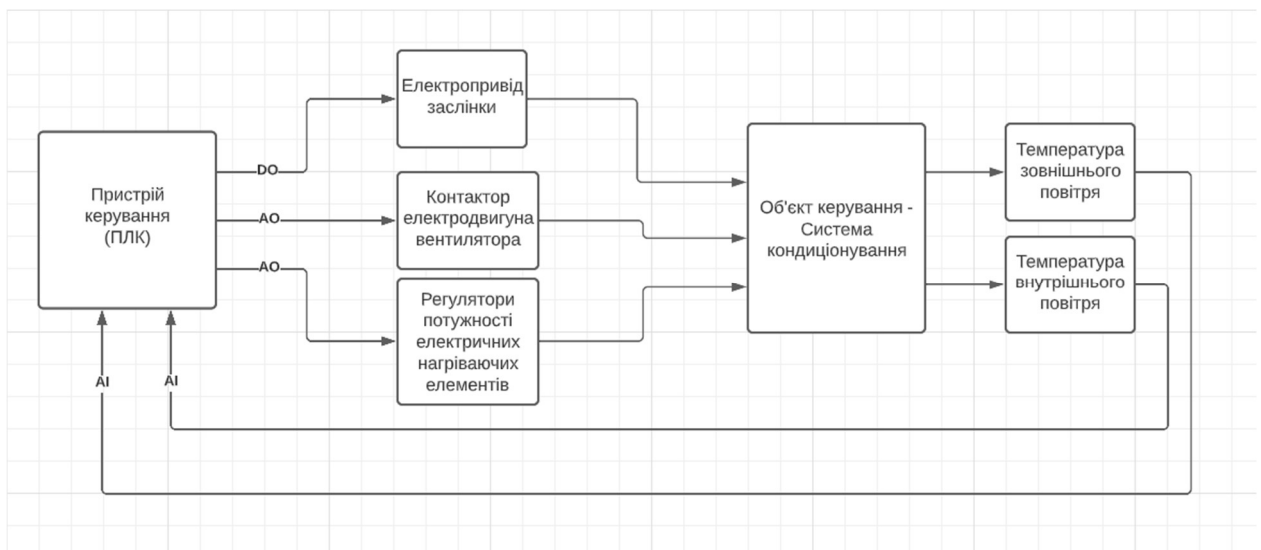


Рисунок 2.1 - функціональна схема



## **2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування**

### **2.2.1 Вибір датчиків**

Для створення безперервного автоматичного контролю і керування технологічним процесом вентиляції необхідний доступ до наявних параметрів, щоб забезпечити необхідну якість процесу.

На сьогоднішній день, автоматизація будь-яких виробничих процесів здійснюється за допомогою універсальних мікропроцесорних контролерних засобів. Це обумовлено наступними перевагами:

- використання готових технічних засобів дозволяє уникнути необхідності в їх проектуванні;
- мікропроцесорні системи мають високу надійність;
- час проектування системи скорочується;
- елементна база систем керування уніфікується.
- При побудові системи керування на базі мікропроцесорної техніки можна використовувати наступні технічні рішення:
  - систему керування на базі персонального комп'ютера;
  - систему керування на базі локального контролера PLC (програмований логічний контролер);
  - мережевий комплекс контролерів (PLC, Network);
  - повномасштабні розподілені системи керування (DCS, FullScale).

Головною задачею для заданої системи є керування температурою повітря що надходить у приміщення.

Температура не буде перевищувати  $-30...+45$  С, крім цього датчик має мати змогу підключення до програмованого логічного контролеру. Виходячи з цього було обрано датчик ВЕНТС КДТ-МК 200, який по суті є терморезистором з діапазоном вимірюваних температур від  $-30$  С до  $+60$  С.



Рисунок 2.3 – Датчик ВЕНТС КДТ-МК 200

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчику ВЕНТС КДТ-МК 200

| № | Найменування параметра          | Значення  |
|---|---------------------------------|-----------|
| 1 | Діапазон вимірюваних температур | -30...+60 |
| 2 | Одиниця вимірювання             | °C        |
| 3 | Напруга живлення                | ≤ 5 DC    |
| 4 | Вихідне значення                | Супротив  |
| 5 | Захист                          | IP54      |

Таблиця 2.2 - Датчики

| № | Назва параметру                  | Принцип дії | Тип        | Діапазон змінення | Точність | Значення виходу | Період оновлення | Напруга живлення | Потужність споживання |
|---|----------------------------------|-------------|------------|-------------------|----------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 1 | Температури повітря (зовнішній)  | NTC         | Аналоговий | -30...60          | ±0,5 %   | 4...20 мА       | 0.1 с            | ≤ 5 V DC         | 1 Вт                  |
| 2 | Температури повітря (внутрішній) | NTC         | Аналоговий | -30...60          | ±0,5 %   | 4...20 мА       | 0.1 с            | ≤ 5 V DC         | 1 Вт                  |

### 2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для того щоб керувати температурою у системі кондиціонування потрібно встановити пристрій керування засувками та регулятор потужності.

На роль регулятора потужності було обрано SPC1-35 так як він вже має необхідні канали підключення які можуть використовуватися у ПЛК.



Рисунок 2.4 – Регулятор потужності SPC1-35

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики регулятора потужності SPC1-35

| № | Найменування параметра     | Значення                                  |
|---|----------------------------|---|
| 1 | Частота струму             | 50 Гц                                     |
| 2 | Номінальний струм          | 35А                                       |
| 3 | Максимальна робоча напруга | 400В                                      |
| 4 | Управління                 | 4...20 мА,<br>1-5(0-10) постійного струму |
| 5 | Регулювання компенсації    | Плавне                                    |

У якості пристрою керування положенням засувки можемо використовувати привід без повертальної пружини, так як у системі встановлений не водяний калорифер а електричні нагріваючі елементи. Виходячи з цього було обрано привід BELIMO CM230.



Рисунок 2.5 – Електропривід Velimo CM230

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики Електроприводу Velimo CM230

| № | Найменування параметра   | Значення                   |
|---|--------------------------|----------------------------|
| 1 | Напруга живлення         | 230 В 50\60 Гц             |
| 2 | Споживана потужність     | 1.5 Вт                     |
| 3 | Час повороту             | 75с\90 °                   |
| 4 | Обертвий момент          | Мін. 2 Нм (при ном. напр.) |
| 5 | Температура експлуатації | -30...+50 С°               |

Для керування двигуном вентилятора було обрано контактор **TESYS K**



Рисунок 2.6 – контактор TESYS K 3P 6A

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики контактора TESYS K 3P 6A

| № | Найменування параметра    | Значення   |
|---|---------------------------|--|
| 1 | Номінальний робочий струм | 6А на 440 В  |
| 2 | Номінальна напруга        | Коло подачі живлення 690 В<br>Змінний струм 50\60 Гц |

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена таблиця 2.6.

Таблиця 2.6 - Виконавчі пристрої

| № | Назва параметру      | Принцип дії | Тип          | Діапазон змінення | Лінійність | Значення входу | Період оновлення | Напруга живлення | Потужність |
|---|----------------------|-------------|--------------|-------------------|------------|----------------|------------------|------------------|------------|
| 1 | Регулятор потужності | 5 V DC      | Пропорційний | 0...100%          | Лінійний   | -              | 115 кбод\с       | -                | -          |
| 2 | контактор            | 5 V DC      | Пропорційний | On\Off            | Лінійний   | -              | 115 кбод\с       | -                | -          |
| 3 | Електропривід        | 4...20 мА   |              | 0...100%          | Лінійний   | -              | 115 кбод\с       | 220 V            | -          |

### 2.2.3 Вибір пристрою керування

Виходячи з умов, пристрій що буде керувати данною системою має містити щонайменше 5 аналогових виходів(пускач, 3 регулятори потужності та 1 електропривід) та 2 аналогові входи(датчики). Велика швидкість обчислень та великий об'єм пам'яті не є пріоритетом. Крім цього для масштабування системи у майбутньому та для підключення до інших систем він має мати можливість підключення модулів розширення та можливість підключення Modbus.

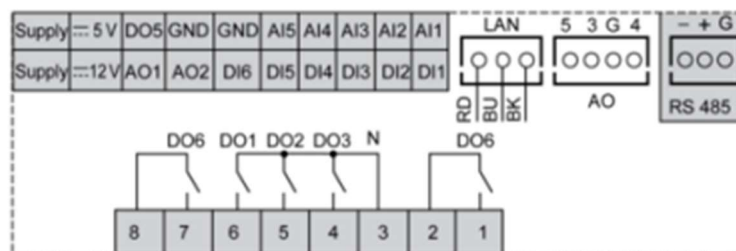
Наведеним вимогам відповідає контролер Schneider Electric Modicon M171. Крім того він має вбудоване джерело живлення та дисплей, тому підбір додаткового апаратного забезпечення значно спрощується.



Рисунок 2.7 - контролер Schneider Electric Modicon TM171OFM22R

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики контролера Schneider Electric Modicon TM171OFM22R

| № | Найменування параметра      | Значення  |
|---|-----------------------------|---|
| 1 | Кількість входів            | 5 аналогових<br>6 цифрових                                  |
| 2 | Кількість виходів           | 5 аналогових<br>6 цифрових                                  |
| 3 | Номінальна напруга живлення | 12...24 В   |
| 4 | Додаткове                   | 1 LAN шина розширення<br>1 RS485 - блок гвинтових контактів |



**N** : Neutral  
**GND** : Ground  
**BK** : Black  
**BU** : Blue  
**RD** : Red  
**AI** : Analogue input  
**AO** : Analogue output  
**DI** : Digital input  
**DO** : Digital output

Рисунок 2.8 – схема підключення елементів системи.

### 2.2.4 Вибір джерел живлення

Виходячи з потужності споживання контролера та його модулів, у якості джерела живлення обрано блок живлення Schneider Electric Modicon ABLM1A24025.3 вихідною напругою +24 В та потужністю 60 Вт.



Рисунок 2.9 – Блок живлення Schneider Electric Modicon ABLM1A24025

Технічні характеристики блока живлення Schneider Electric Modicon ABLM1A24025

Таблиця 2.8

| № | Найменування параметра         | Значення |
|---|--------------------------------|----------|
| 1 | Напруга живлення, В            | 90...264 |
| 2 | Вихідна напруга, В             | 24       |
| 3 | Потужність,Вт                  | 60       |
| 4 | Максимальний вихідний струм, А | 2.5      |

### 2.3 Розробка функціональної схеми актоматизації

Виходячи з вимог до системи керування було розроблено функціональну схему автоматизації, яка наведена на рисунку 2.7

У якості пристрою керування регулятора потужності використовується програмований логічний контролер Schneider Electric Modicon TM171OFM22R. Програмований логічний контролер підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система автоматизації більш високого рівня (11), зв'язок між ними реалізовано за допомогою аналогових інтерфейсів.

Для вимірювання внутрішньої та зовнішньої температури використовується датчик ВЕНТС КДТ-МК 200.

На підставі отриманих значень з датчиків програмований логічний контролер формує керуючі впливи по підтримці заданого температурного режиму роботи системи кондиціонування.

Потік повітря та швидкість обертів вентилятора регулюється положенням засувки. Електродвигун вентилятора керується контактором TESYS K 3P 6A. Сама ж засувка керується за допомогою електроприводу Belimo CM230.

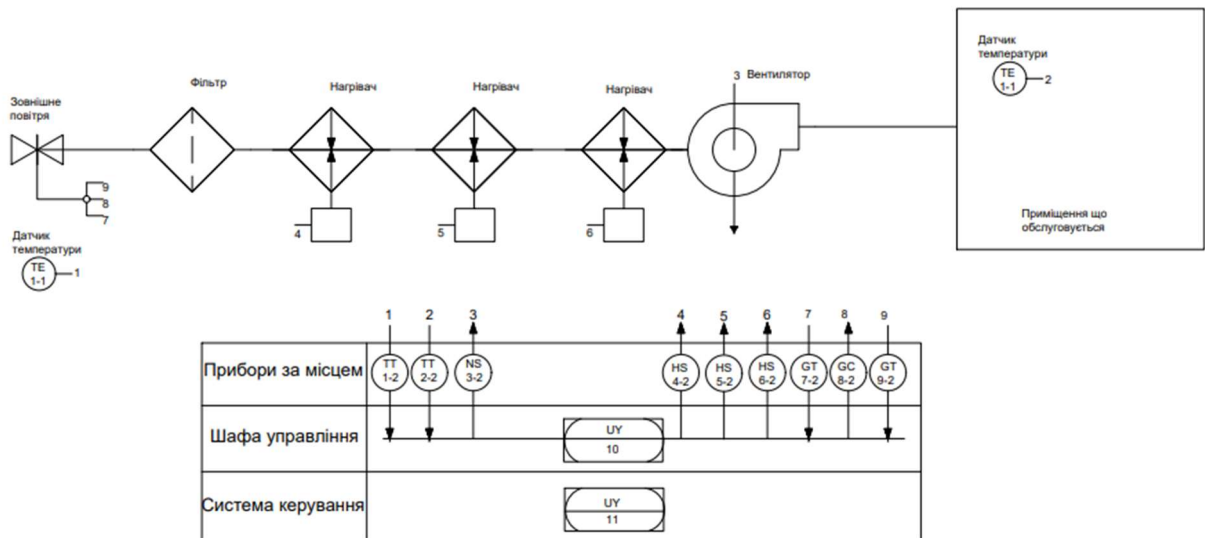


Рисунок 2.10 - Функціональна схема автоматизації системи кондиціонування.

## 2.6 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування.

В підсистемі використовується один блок живлення Modicon ABLM1A24025. Підключений до програмованого логічного контролера Modicon TM171OFM22R, до датчиків температури та контактору.

Обидва аналогові датчики підключені до аналогових входів контролера Modicon ABLM1A24025 до каналів AI1 та AI2, за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.



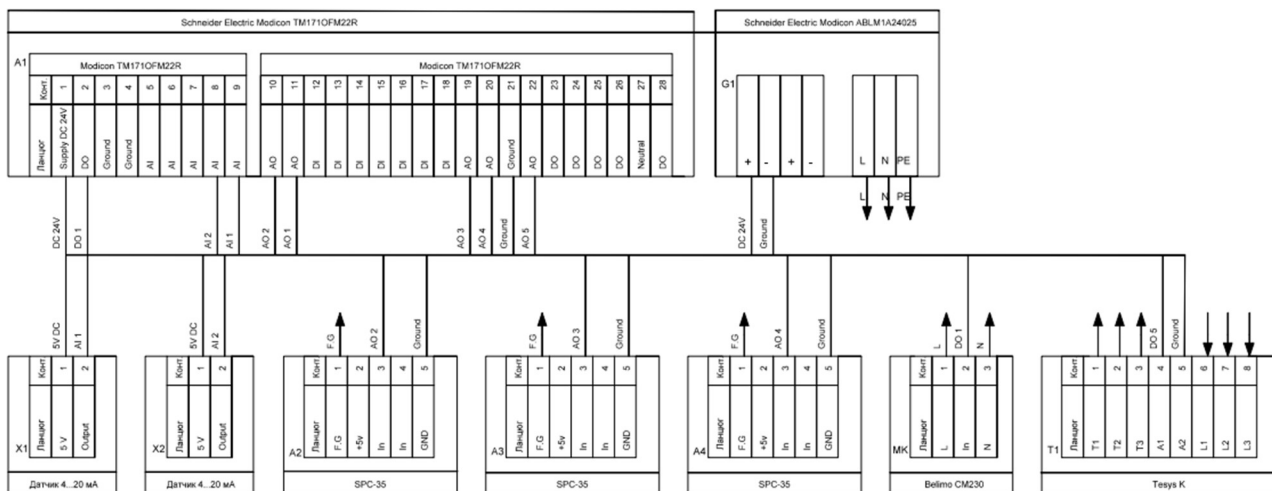


Рисунок 2.11 - схема електрична принципова

Для керування електричними нагріваючими елементами використовуються альтернистори SPC-35. Кожен з них підключено до відповідних аналогових виходів контролера AO2 AO3 AO4.

Для керування засувкою використовується електропривід Velimo CM230. Підключення до контролеру відбувається через порт DO1. Живлення відбувається через підключення приводу до загальної електромережі об'єкту.

Керування електромотором вентилятора відбувається за допомогою контактора Tesys K. Керування відбувається через підключення до контролеру у порт DO5.

## 2.7 Висновки за розділом

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

#### 3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт керування. Основними функціями системи є формування, або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт керування, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних, та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

У кваліфікаційній роботі буде розглянуте питання по створенню підсистеми керування центральною системою кондиціонування. Згідно з рішенням керівника кваліфікаційної роботи буде розглядатись питання по створенню підсистеми керування для одного з каналів керування, а саме температурою нагрівача елемента.

Для людино-машинного інтерфейсу буде використовуватись функціонал самого контролера Schneider Electric Modicon TM171OFM22R який обладнано LCD дисплеєм та набором функціональних кнопок що дозволяють налаштувати параметри без додаткового обладнання. Людино-машинний інтерфейс дозволить задавати необхідні параметри, а також в реальному часі відстежувати показання приладів, і в разі необхідності змінювати керуючий вплив. У зв'язку із цим розроблена структурна схема інформаційних потоків досліджуваної системи, що наведена на рисунку 3.1.

Відповідно до структурної схеми, система що досліджується може формувати керуючий вплив на регулятор потужності який подає напругу на нагрівачі елементи, за рахунок яких іде нагрів проходячого повз них повітря. Температура всередині приміщення вимірюється за допомогою датчика, і має підтримуватись в діапазоні 20-30 градусів С0. Початкове значення температури дорівнює температурі навколишнього середовища у зимовий період, яка у М.Дніпро в середньому становить -20 С0. Відповідно до отриманого значення

температури в шафі програмований логічний контролер виконує керування електричними нагріваючими елементами.



Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

### 3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

За допомогою системи дослідження можна сформувати різноманітні керуючі впливи та подати їх на пристрої керування потужністю. При цьому об'єкт керування не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт керування можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

Для проведення ідентифікації об'єкта керування за допомогою методу активного експерименту, необхідно отримати динамічну характеристику об'єкта, дані для побудови статичної характеристики, характеристику при П-образному керуючому впливі, а також перевірочні дані. Для цього було складено план експерименту.

1. Налаштування системи дослідження.
2. Отримання динамічної характеристики.
  - 2.1 Приведення об'єкту керування до початкових умов.
  - 2.2 Запуск процесу реєстрування

2.3 Подання у якості керуючого впливу 100% потужності, чекаємо досягнення усталеного режиму.

2.4 Припинення процесу реєстрації

3. Отримання даних для побудови статичної характеристики

3.1. Привести об'єкт керування до початкових умов.

3.2. Запустити процес реєстрування.

3.3. Подання у якості керуючого впливу 25% потужності, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.4. Подання у якості керуючого впливу 50% потужності, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.5. Подання у якості керуючого впливу 75% потужності, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.6. Подання у якості керуючого впливу 100% потужності, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання даних при П – образному впливі.

4.1. Приведення об'єкту керування до початкових умов.

4.2. Запуск процес реєстрування.

4.3. Подання у якості керуючого впливу 100% потужності, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.4. Подання у якості керуючого впливу 0% потужності, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

5.1. Приведення об'єкту керування до початкових умов.

5.2. Налаштувати псевдовипадковий керуючий вплив таким чином, щоб амплітуда впливу змінювалася (бажано випадково) дискретно на рівні 0...100 %.

5.3. Запуск процесу реєстрування.

5.4. Подання керуючого впливу.

5.5. Зупинити процес реєстрації.

### 3.2 Виконання експерименту

На першому етапі було виконано налаштування системи дослідження.

На другому було отримано данні для побудови динамічної характеристики об'єкту керування.

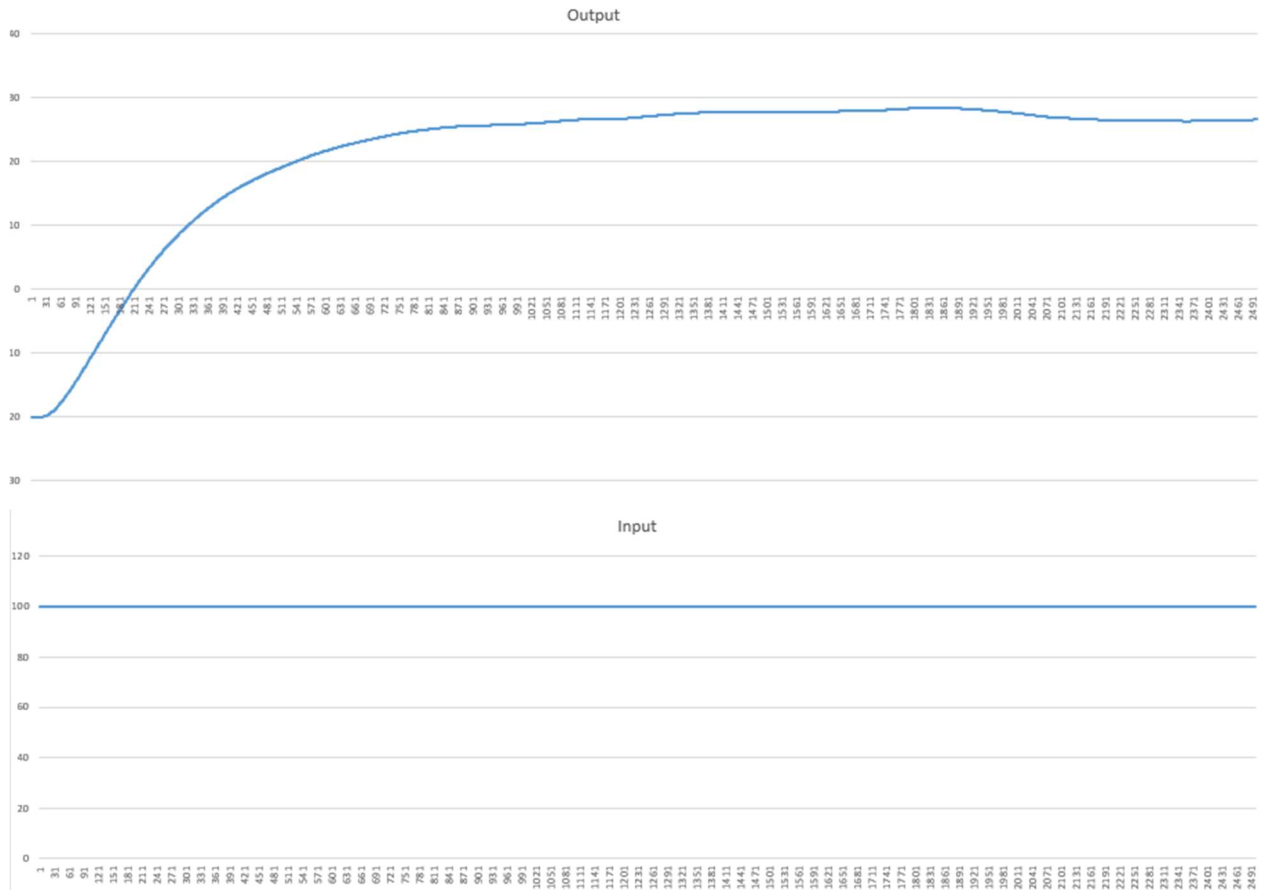
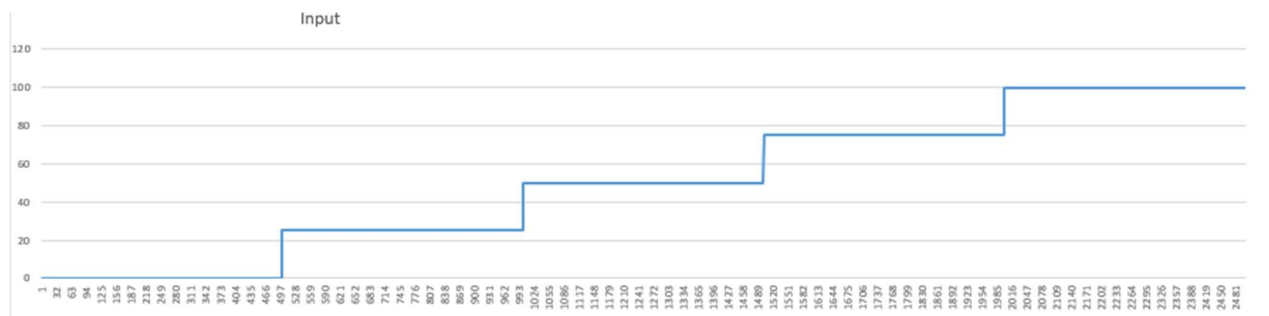


Рисунок 3.2 – Динамічна характеристика об'єкту керування

На третьому етапі було отримано данні для побудови статичної характеристики



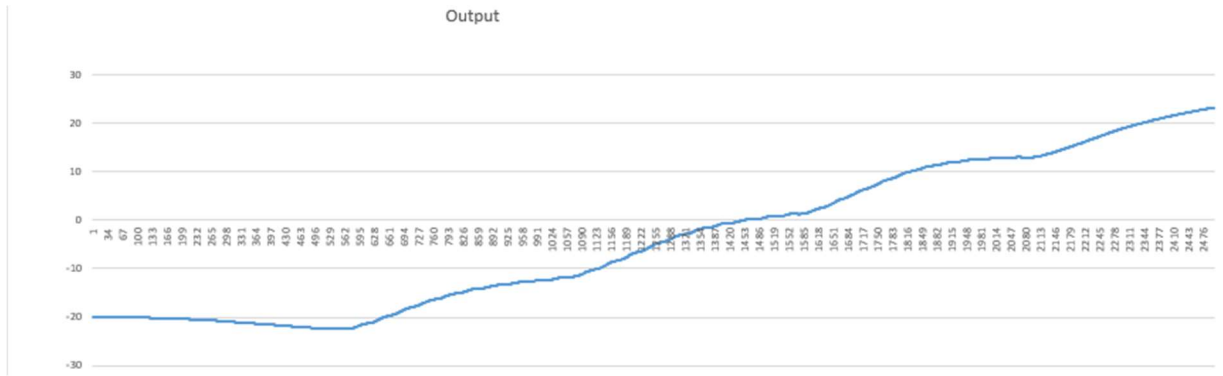


Рисунок 3.3 – Статична характеристика об’єкту керування

На четвертому етапі було отримано данні для побудови П-образної характеристики.

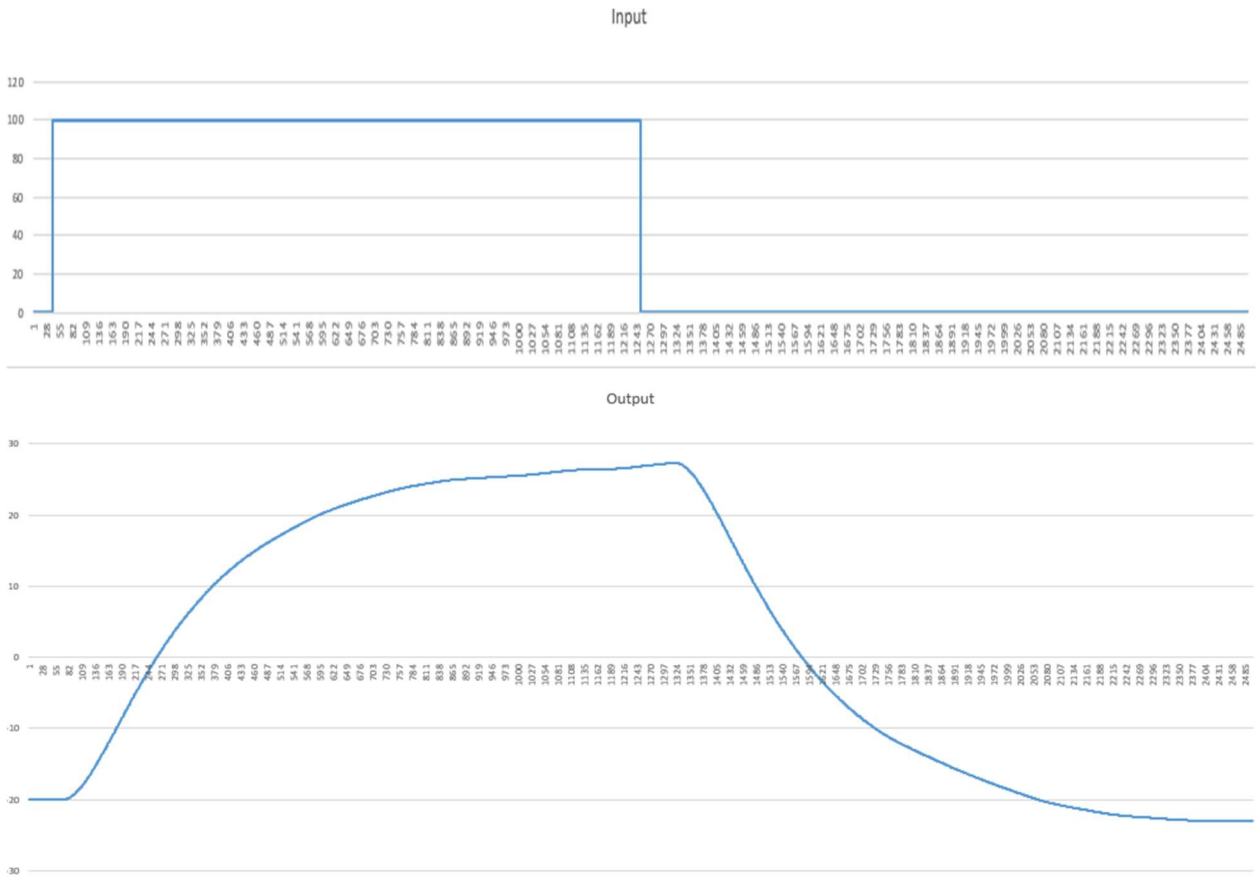


Рисунок 3.4 – П - образна характеристика об’єкту керування

На п’ятому етапі було виконано отримання перевірочних даних.

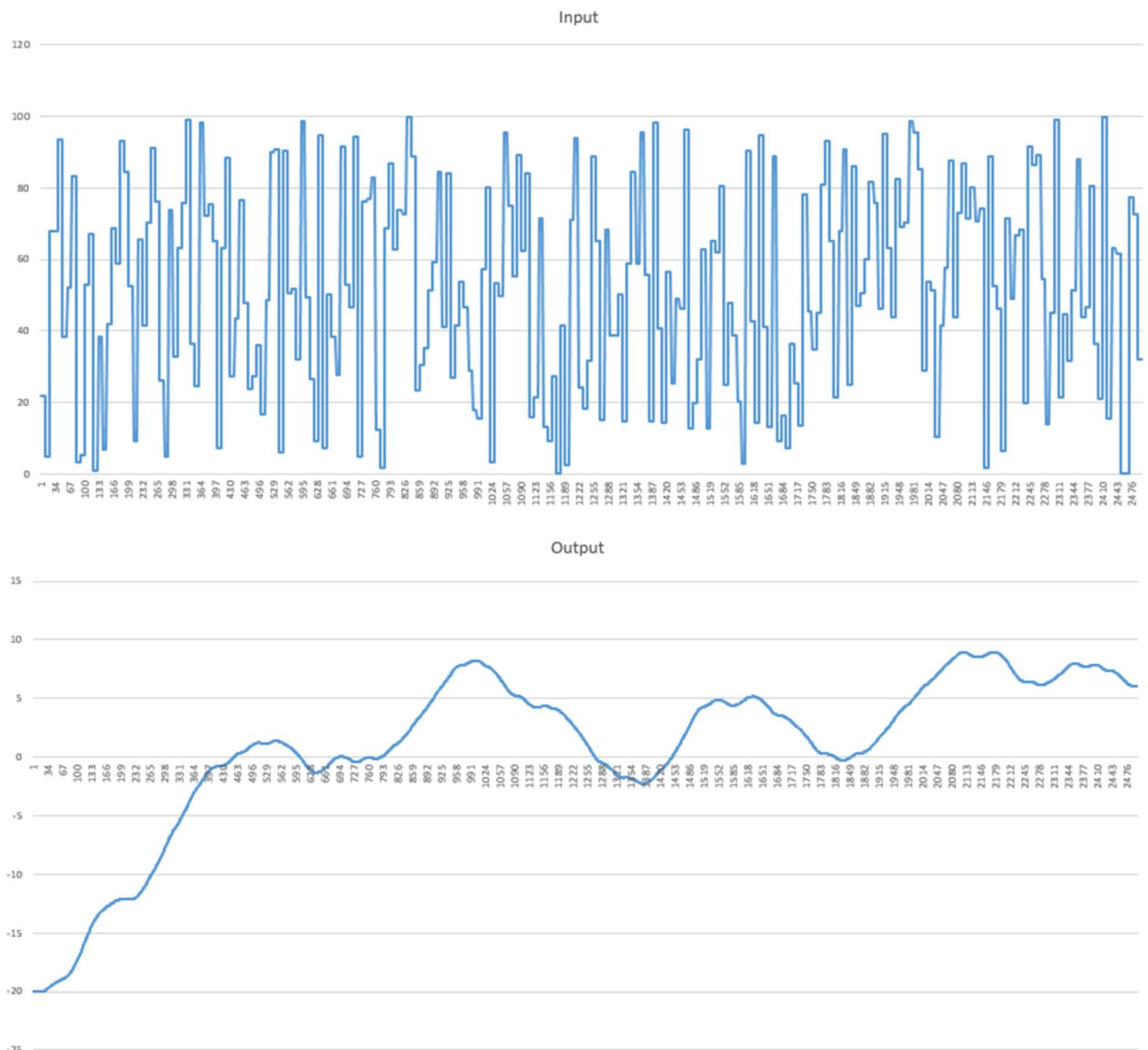


Рисунок 3.5 – перевірочні данні об’єкту керування

### 3.3 Підготовка даних

Процес ідентифікації об’єкта керування буде проходити в математичному пакеті Matlab, тому отримані результати експериментальних досліджень треба перенести в Matlab.

Для даних динамічної характеристики префікс "Dynamic\_", даних для побудови статичної характеристики "Static\_", даних характеристики при Пподібному впливі "P\_" перевірочних даних "Check\_". Для позначення даних керуючого впливу використовується суфікс "in", а дійсних значення суфікс "out".

| Name                 | Value                    | Min       |
|----------------------|--------------------------|-----------|
| Check                | 2501x1x1 iddata          |           |
| Check_Raw            | 2501x1x1 iddata          |           |
| Check_Raw_Trend      | 1x1 idpack.TrendInfo     |           |
| Check_in             | 2501x1 double            | 0.7698    |
| Check_out            | 2501x1 double            | -20       |
| Dynamic              | 2501x1x1 iddata          |           |
| Dynamic_Raw          | 2501x1x1 iddata          |           |
| Dynamic_Raw_Tre...   | 1x1 idpack.TrendInfo     |           |
| Dynamic_in           | 2501x1 double            | 100       |
| Dynamic_out          | 2501x1 double            | -20       |
| Model                | 251x1 double             | -20.05... |
| O2                   | 1x1 idproc               |           |
| Object               | 251x1 double             | -20       |
| P                    | 2501x1x1 iddata          |           |
| P_Raw                | 2501x1x1 iddata          |           |
| P_Raw_Trend          | 1x1 idpack.TrendInfo     |           |
| P_first              | 1320x1 double            | -19.90... |
| P_in                 | 2501x1 double            | 0         |
| P_out                | 2501x1 double            | -23.01... |
| P_second             | 1181x1 double            | -23.01... |
| Static               | 2501x1x1 iddata          |           |
| Static_Input_Vector  | [0 25 50 75 100]         | 0         |
| Static_Output_Vec... | [-2.2790 7.7260 20.66... | -2.2790   |
| Static_Raw           | 2501x1x1 iddata          |           |
| Static_Raw_Trend     | 1x1 idpack.TrendInfo     |           |
| Static_in            | 2501x1 double            | 0         |
| Static_kervp         | 2501x1 double            | 0         |
| Static_out           | 2501x1 double            | -22.44... |
| Time_out             | 1x1 double timeseries    | 0         |
| ans                  | -1.7716                  | -1.7716   |
| ext                  | '.slx'                   |           |

Рисунок 3.6 – Імпортовані дані

Для спрощення подальшої роботи конвертуємо до об'єктів типу “iddata” за допомогою ряду команд:

```
Dynamic_Raw = iddata(Dynamic_out, Dynamic_in, 0.1);
```

```
Static_Raw = iddata(Static_out, Static_in, 0.1);
```

```
P_Raw = iddata(P_out, P_in, 0.1);
```

```
Check_Raw = iddata(Check_out, Check_in, 0.1);
```

В отриманих експериментальних даних присутня статична складова, яку необхідно прибрати за допомогою набору команд:

```
Dynamic_Raw_Trend = getTrend(Dynamic_Raw);
```

```
Dynamic_Raw_Trend.OutputOffset = -20;
```



*Dynamic = detrend(Dynamic\_Raw, Dynamic\_Raw\_Trend);*

*Static\_Raw\_Trend = getTrend(Static\_Raw);*

*Static\_Raw\_Trend.OutputOffset = -20;*

*Static = detrend(Static\_Raw, Static\_Raw\_Trend);*

*P\_Raw\_Trend = getTrend(P\_Raw);*

*P\_Raw\_Trend.OutputOffset = -20;*

*P = detrend(P\_Raw, P\_Raw\_Trend);*

*Check\_Raw\_Trend = getTrend(Check\_Raw);*

*Check\_Raw\_Trend.OutputOffset = -20;*

*Check = detrend(Check\_Raw, Check\_Raw\_Trend);*

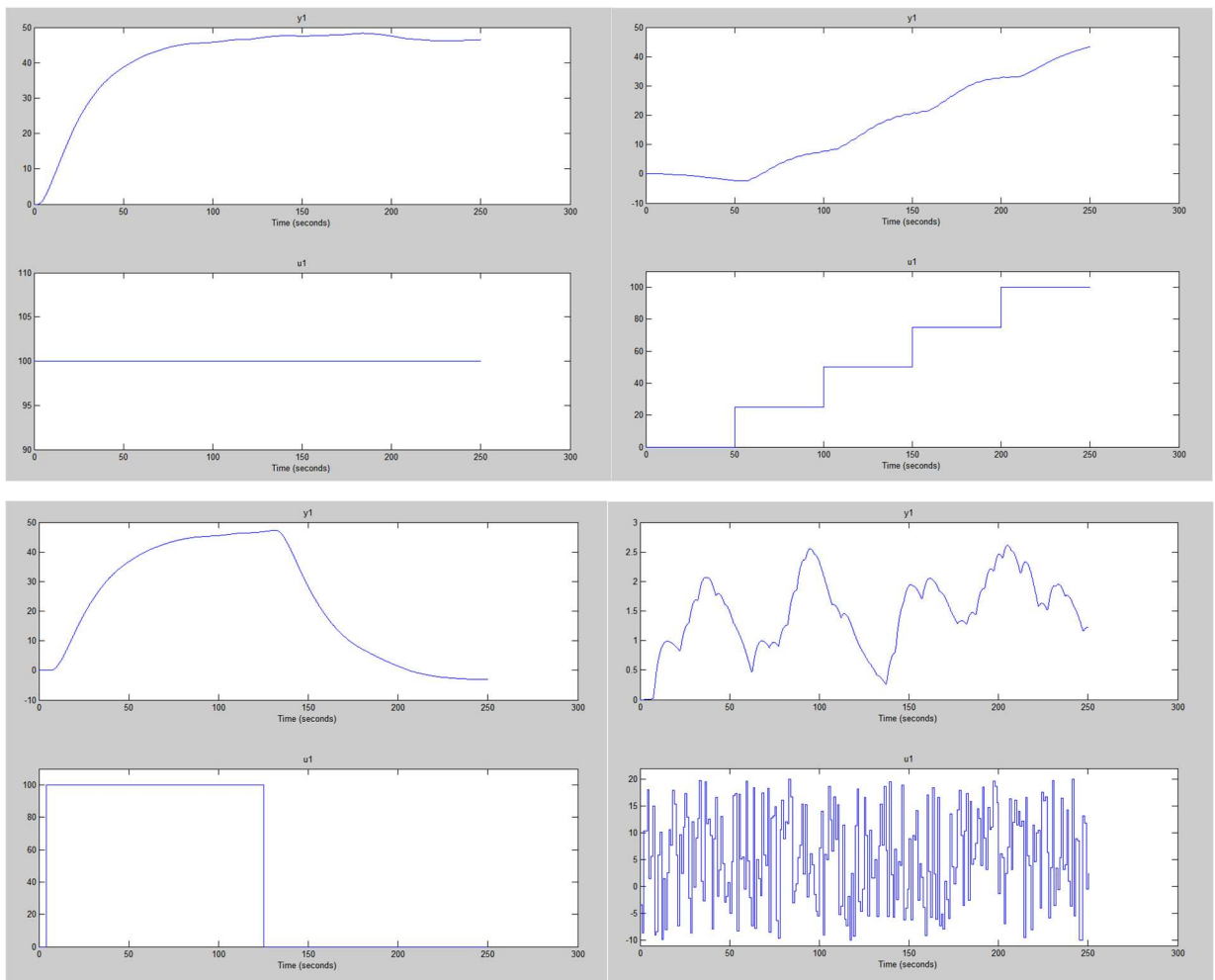


Рисунок 3.7 – Динамічна, статична, П-образна та перевірна характеристики з видаленими статичними складовими

Дані отримані в результаті дослідження П-образним впливом необхідно розбити на два вектори. Перший вектор повинен відображати реакцію об'єкта керування на зміну керуючого впливу від 0 до 100, а другий на зміну керуючого впливу від 100 до 0.

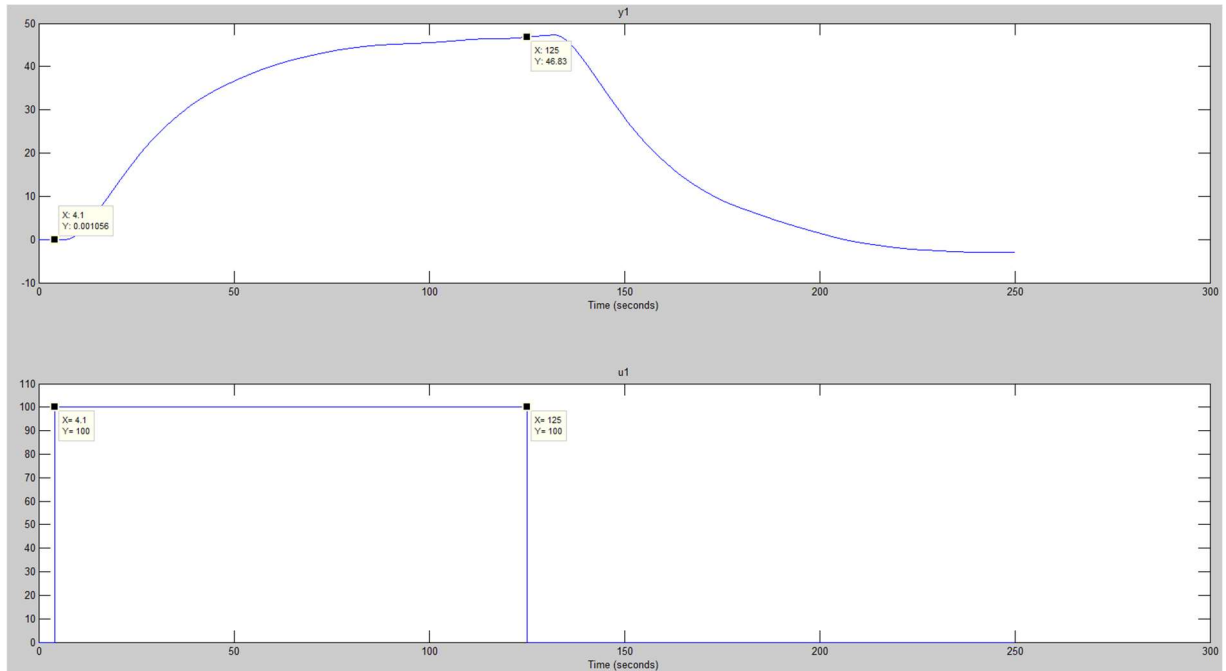


Рисунок 3.8 – визначення часу керуючого впливу

На підставі отриманих значень можна зробити висновок, що першій змінній відповідає 4 елемент, а другій 125, а довжина вектора становить 121 елементів.

Змінна “P\_first” відповідає зміні дійсного значення при зміні керуючого впливу від 0 до 100, а змінна “P\_second” відповідає дійсному значенню при зміні керуючого впливу від 100 до 0.

Аналіз показав, що отримані дійсні значення не мають статичного зсуву і тому на цьому підготовку даних можна вважати завершеною.

### 3.4 Структурна ідентифікація

Структурна ідентифікація починається з аналізу динамічної характеристики

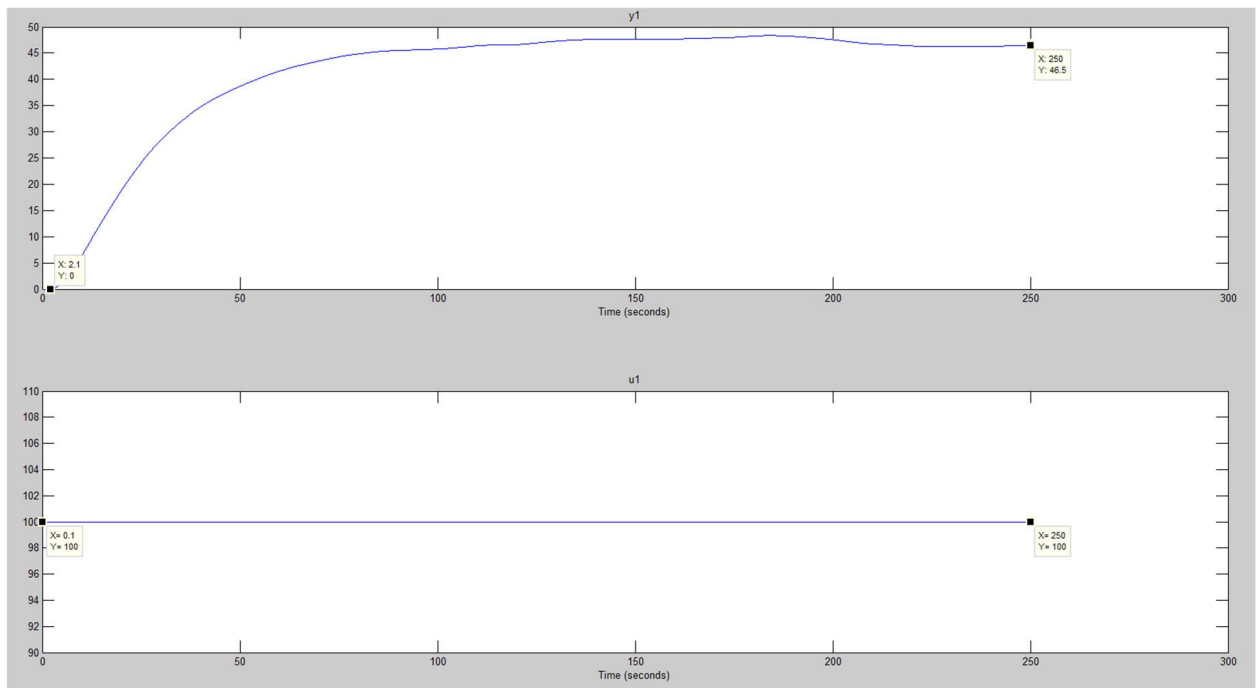


Рисунок 3.9– динамічна характеристика

Проаналізувавши динамічну характеристику встановлено, що час подачі керуючого впливу становить 250 секунд, а час початку реакції об'єкта керування відповідає 248 секундам. Таким чином, об'єкт не реагував на керуючий вплив на протязі 2 секунд. На підставі цього можна зробити висновок, що об'єкт керування має запізнення, час якого становить 2 секунди.

На динамічній характеристиці бачимо чітко виражені два перегина на цій підставі, можна зробити висновок, що об'єкт має два явно виражених кореня. Отже, модель об'єкта керування може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого або більш високого порядку.

Проаналізувавши характеристику, отриману за допомогою П-подібного керуючого впливу, встановлено, що зміна керуючого впливу від 0 до 100 призводить до збільшення дійсного значення, а зміна керуючого впливу від 100 до 0 призводить до зменшення дійсного значення. На підставі цього можна зробити висновок, що об'єкт самовирівнюється і не володіє інтегруючими властивостями.

Перевірка об'єкта керування на симетричність:

$$std(P\_first) - std(P\_second) \text{ ans} = -1.7716$$

Діапазон зміни дійсного значення об'єкта керування дорівнює 50, виходячи з цього різниця стандартних відхилень становить 3.54% від діапазону. Отже можна зробити висновок, що об'єкт керування є симетричним а його модель може використовуватися при моделюванні процесів пов'язаних зі збільшенням дійсного значення, а так само при моделюванні процесів пов'язаних зі зменшенням дійсного значення.

За допомогою засобів редагування графіків середовища MATLAB отримані значення для побудови статичної характеристики. Далі проаналізуємо статичну характеристику об'єкта керування. Для цього спочатку необхідно отримати дійсні значення відповідають значенням керуючого впливу

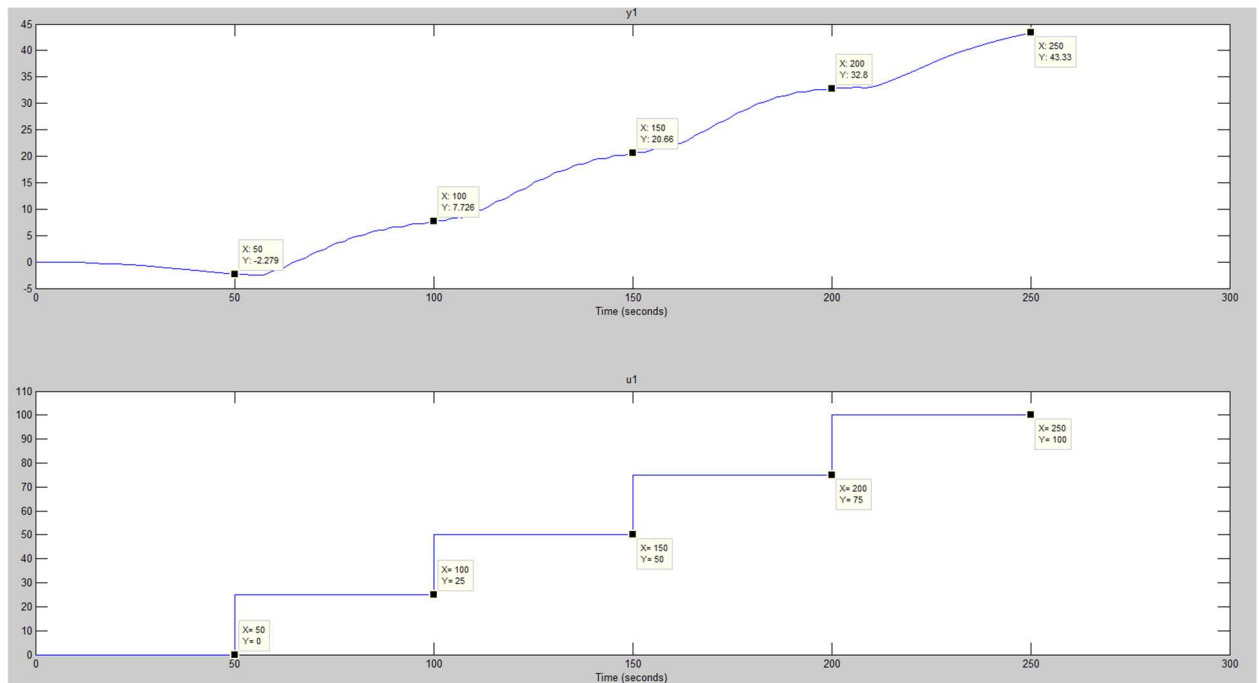


Рисунок 3.10-Дані для побудови статистичної характеристики

Отримані дійсні значення в сталому режимі відповідають значенням керуючих впливів.

На підставі отриманих даних виконано побудова статичної характеристики.

$Static\_Input\_Vector = [0, 25, 50, 75, 100]$

$Static\_Output\_Vector = [-2.279, 7.726, 20.66, 32.8, 43.33]$

$plot(Static\_Input\_Vector, Static\_Output\_Vector, '-ok', 'LineWidth', 3)$

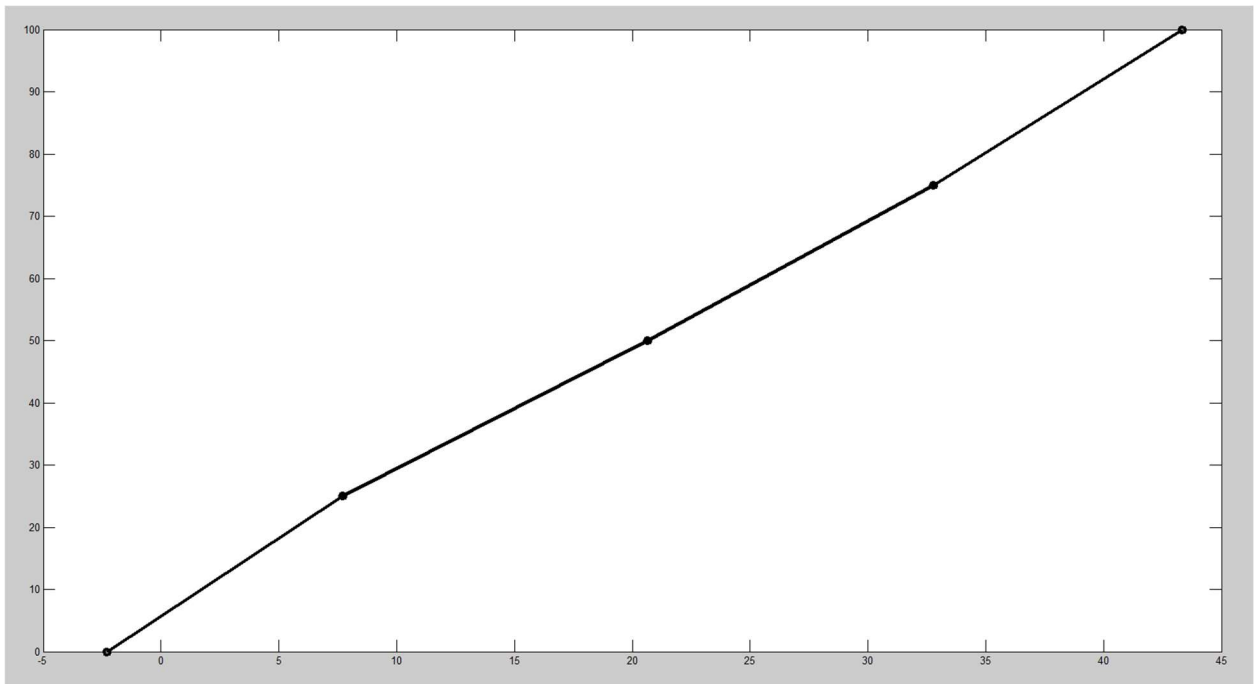


Рисунок 3.11 – Статична характеристика

Статична характеристика об'єкта керування здебільшого є лінійною. На підставі цього можна зробити висновок, що об'єкт керування так само є лінійним у всьому діапазоні керуючого впливу від 0 до 100.

На підставі проведеного аналізу експериментальних даних можна зробити висновок, що об'єкт керування може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки другого або більш високого порядку з запізненням:

$$W(s) = \frac{ke^{-\tau s}}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}$$

де  $W(s)$  – передаточна функція,  $k$  – коефіцієнт посилення,  $T_1$  – перша постійна часу,  $T_2$  – друга постійна часу,  $\tau$  – час запізнення.

### 3.2.3 Параметрична ідентифікація

Статична характеристика являє собою пряму лінію і може бути описана поліномом першого порядку:

$$pol = polyfit(Static\_Input\_Vector, Static\_Output\_Vector, 1), pol = 2.1463 \quad 6.1139$$

Побудова статичної характеристики і лінеаризованної статичної характеристики:

$$Static\_Output\_Linearity\_Vector = polyval(pol, Static\_Input\_Vector); hold on \\ plot(Static\_Input\_Vector, Static\_Output\_Vector, 'k', 'LineWidth', 3);$$

```
plot(Static_Input_Vector, Static_Output_Linearity_Vector,'-ok','LineWidth',3); hold off;
```

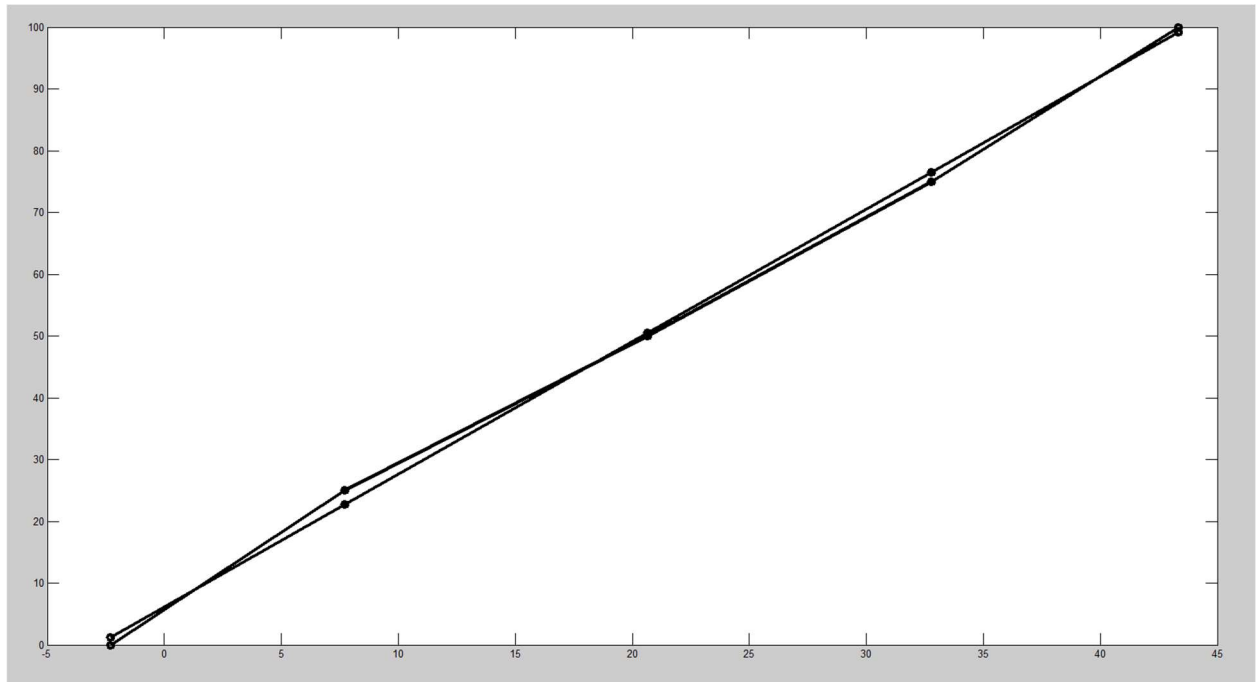


Рисунок 3.12 – Лінеаризована статична характеристика

Параметри моделей отримані в результаті параметричної ідентифікації ідентифікації в програмному забезпеченні «System Identification Toolbox»

| Назва                            | O2      | O3      |
|----------------------------------|---------|---------|
| K                                | 0.47293 | 0.4728  |
| T1, с                            | 24.6767 | 24.5011 |
| T2, с                            | 4.5066  | 2.2194  |
| T3, с                            | -       | 5.0928  |
| $\tau$ , с                       | 2.8533  | 0.016   |
| Dynamic-динамічна характеристика |         |         |
| NRMSE, %                         | 95.43   | 95.42   |
| FPE                              |         |         |
| MSE                              |         |         |
| Check-Перевірочні дані           |         |         |
| NRMSE, %                         | 74.04   | 73.75   |

```

Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = ----- * exp(-Td*s)
      (1+Tp1*s)(1+Tp2*s)

      Kp = 0.47293
      Tp1 = 24.677
      Tp2 = 4.5066
      Td = 2.8533

Name: O2
Parameterization:
  'P2D'
Number of free coefficients: 4
Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using PROCEST on time domain data "Dynamic".
Fit to estimation data: 95.43%
FPE: 0.2819, MSE: 0.2807

```

```

Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = ----- * exp(-Td*s)
      (1+Tp1*s)(1+Tp2*s)(1+Tp3*s)

      Kp = 0.4728
      Tp1 = 24.501
      Tp2 = 2.2194
      Tp3 = 5.0928
      Td = 0.016

Name: O3
Parameterization:
  'P3D'
Number of free coefficients: 5
Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using PROCEST on time domain data "Dynamic".
Fit to estimation data: 95.42%
FPE: 0.3283, MSE: 0.2824

```

Рисунок 3.13 – Кількісна оцінка моделей

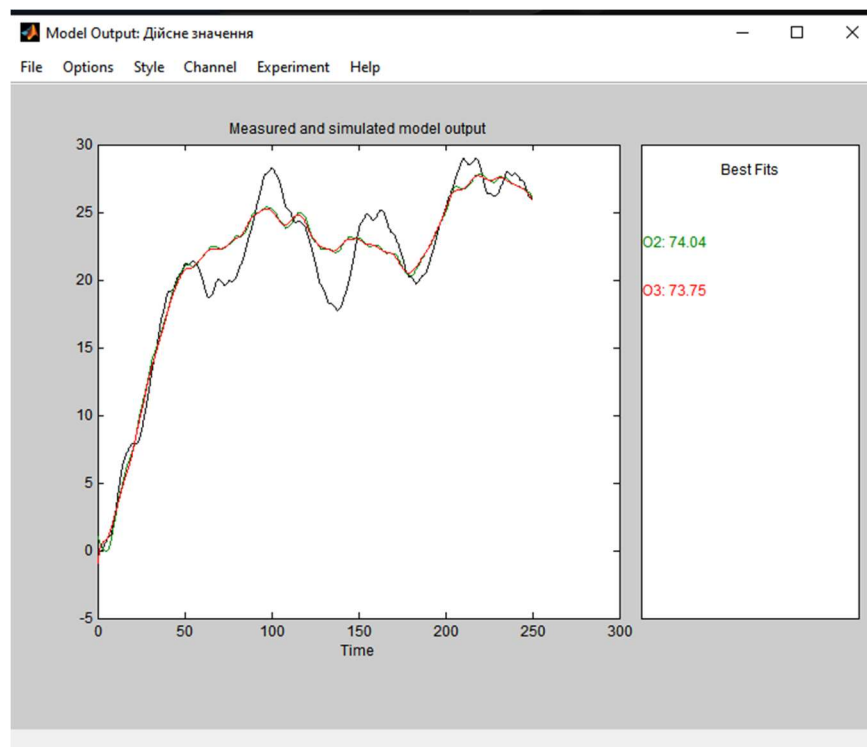


Рисунок 3.14 –Перевірка результатів розрахунків

Виходячи з отриманих даних можна сказати що модель O3 майже збігається з моделлю O2.

На підставі проведених досліджень і аналізу модель O2 за рахунок збурень відповідає об'єкту керування на 74.04%

$$0.47293$$

$$G(s) = \frac{0.47293}{(1+24.677 *s)(1+4.5066 *s)} * \exp(-2.8533 *s)$$

Ортимано основні характеристики моделі об'єкта керування, зображені на Рисунок

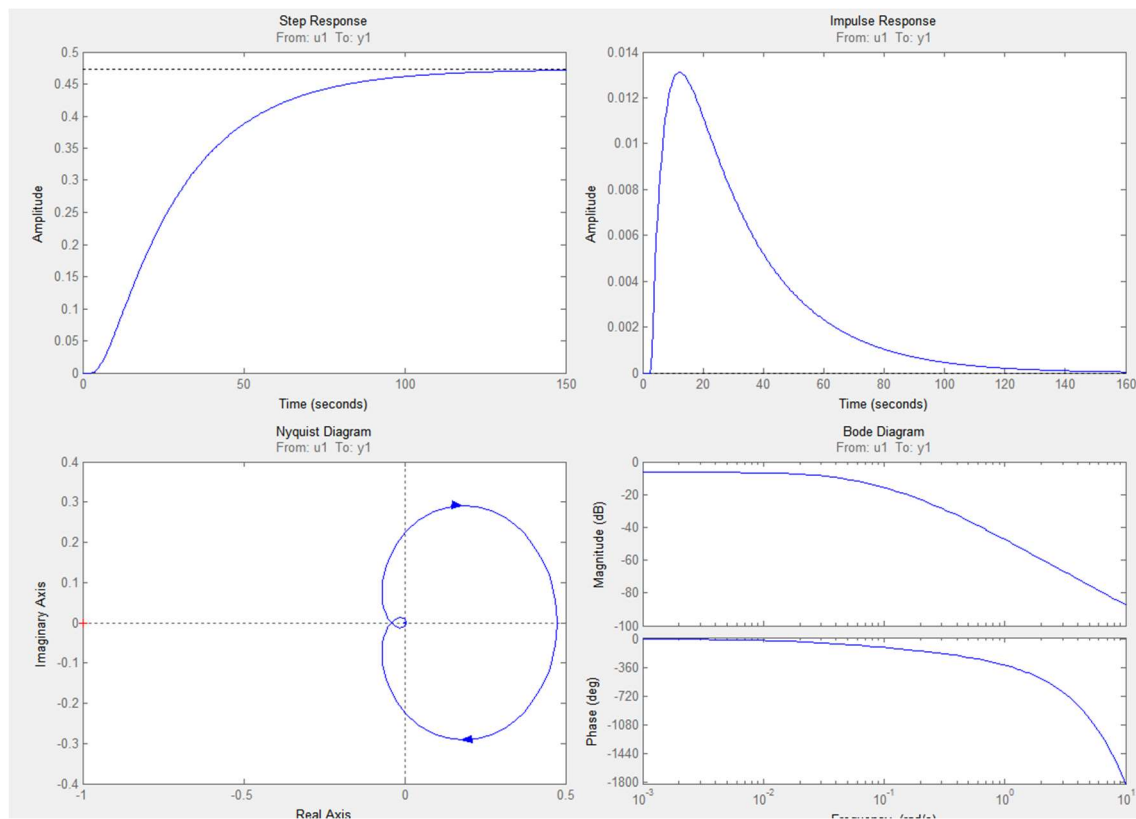


Рисунок 3.15– Основні характеристики моделі об'єкта керування

### 3.5 Перевірка моделі на адекватність

Модель Simulink, використувувана для перевірки моделі об'єкта керування на адекватність зображена на рисунку



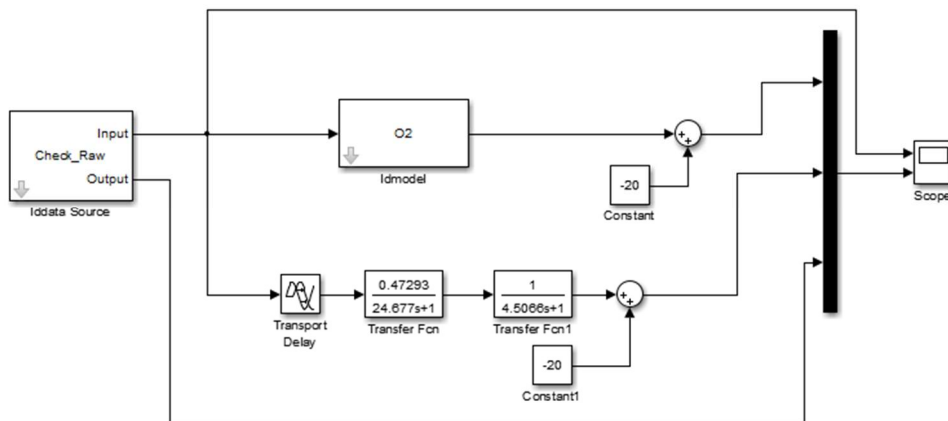


Рисунок 3.16 - Модель отримання даних для перевірки на адекватність

Результат моделювання наведено на рисунку. Графік дійсного значення об'єкта керування накладається на графік моделі керування отриманої за допомогою програмного забезпечення “System Identification Toolbox” і на графік моделі об'єкта керування побудованої на базі передавальної функції. Таким чином, модель, отримана у середовищі імітаційного моделювання Simulink, не відрізняється від моделі, отриманої за допомогою програмного забезпечення “System Identification Toolbox”.

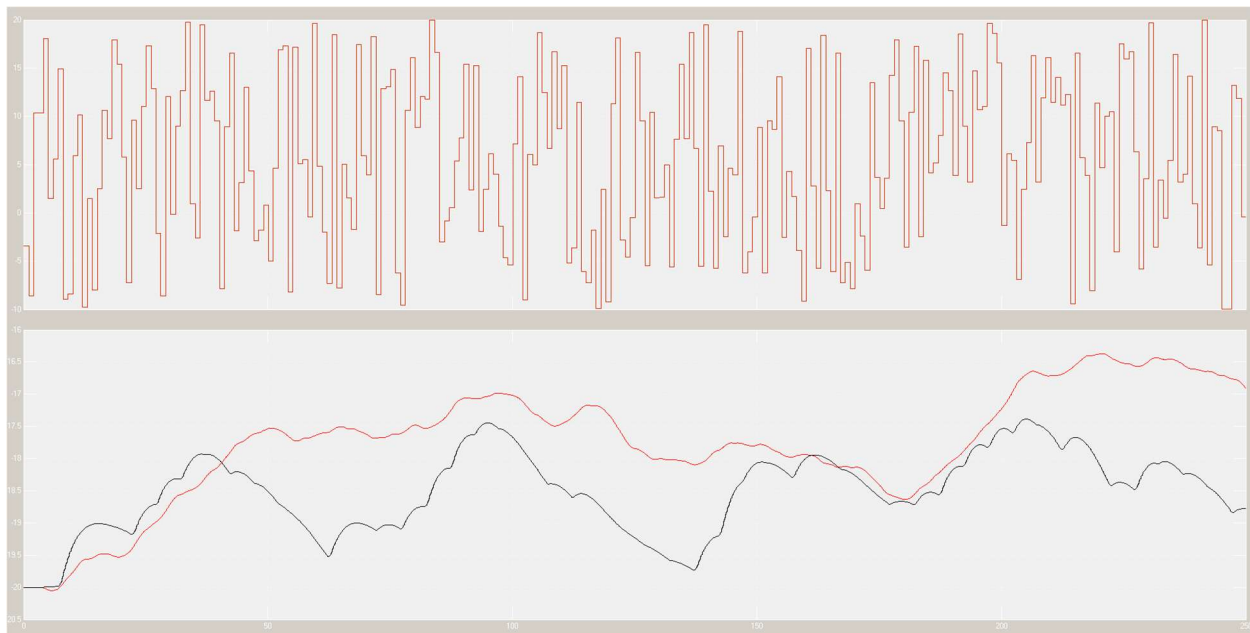


Рисунок 3.17 – Характеристики моделі Simulink

Оцінка відповідності моделі об'єкта за нормованим середньоквадратичним відхиленням "NRMSE":

$$\text{nrmse} = \text{goodnessOfFit}(\text{Model}, \text{Object}, \text{'NRMSE'}) * 100.0 \quad \text{nrmse} = 74.1828$$

Модель об'єкта керування відповідає перевірочним даним на 74.1828%. Виходячи з цього, модель є адекватною і може бути використаним для моделювання об'єкта керування і системи керування в цілому.

Остаточна модель об'єкту керування наведена на рисунку , а результати моделювання на рисунку

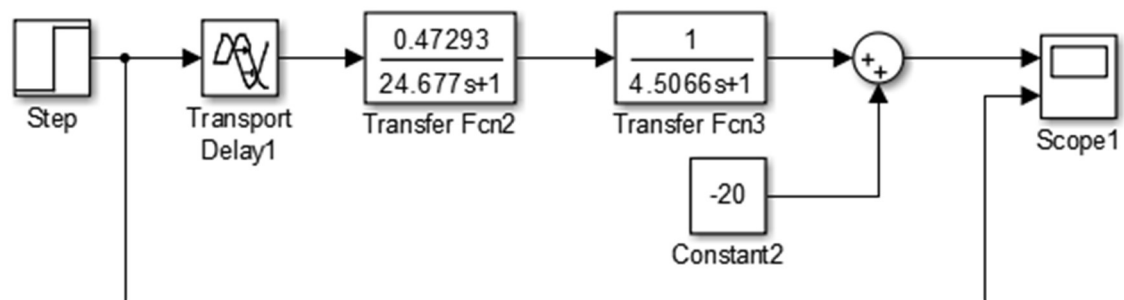


Рисунок 3.18 - Модель об'єкту керування

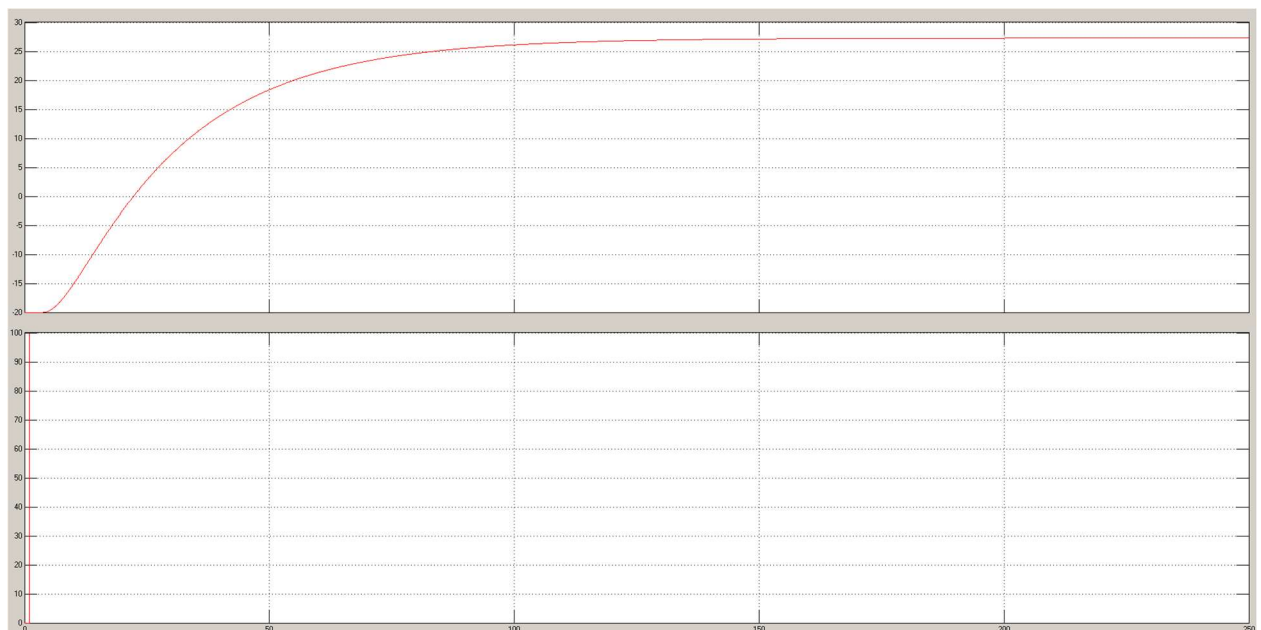


Рисунок 3.19 - Результат моделювання динамічної характеристики об'єкта Керування

### 3.6 Висновки за розділом

Під час виконання структурної ідентифікації на підставі експериментальних даних, отриманих з об'єкта керування (динамічні характеристики, дані для статичної характеристики та дані, отримані при П-образному керуючому впливі), було встановлено, що структурна модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого порядку або вищого порядку з запізненням.

Результати параметричної ідентифікації показали, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням. Були розраховані параметри моделі, а саме: коефіцієнт підсилення становить 0.47293, а постійні часу - 24.6767 с та 4.5066 с. Запізнення складає 2.8533 с.

Після аналізу технологічного процесу, структури об'єкта керування, отриманих характеристик з експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу було встановлено, що модель є адекватною до об'єкта керування і може бути застосована для подальшого синтезу системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання.

## 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Розрахунок капітальних витрат

В атестаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки та впровадження системи кондиціонування промислового приміщення. Така система може бути встановлена на будь-яких підприємствах.

Розрахуємо капітальні витрати пов'язані з впровадженням системи автоматичного керування процесом кондиціонування.

Визначення проектних капітальних витрат проводиться за формулою

Визначення проектних капітальних витрат проводиться за формулою:

$$K_{ПКВ} = C_{ОБ} + D_{ТР} + M_{МН} + K_{ПЗ} \quad (4.1)$$

де КПКВ – проектні капітальні витрати (грн.);

СОБ – вартість основного та допоміжного обладнання (грн.);

ДТР – транспортно-заготівельні витрати (грн.);

ММН – витрати на монтаж і налагодження системи (грн.);

К<sub>ПЗ</sub> – витрати на розробку програмного забезпечення (грн.).

Вартість комплекруючих наведена у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Вартість комплекруючих

| Найменування виробів згідно проектних розробок                                | Одиниці виміру | Кількість | Ціна за од., грн. | Сума, грн. |
|---|----------------|-----------|-------------------|------------|
| 1)Датчик температури ВЕНТС КДТ-МК 200   | Од.            | 2         | 1702              | 3404       |
| 2)Регулятор потужності SPC1-35  | Од.            | 1         | 2769,62           | 2769.62    |
| 3)Електропривід Belimo CM230  | Од.            | 1         | 2515              | 2515       |
| 4)КОНТАКТОР TESYS К 3Р 6А НВ ~230В  | Од.            | 1         | 758,45            | 758,45     |
| 5)Контролер Schneider Electric Modicon TM171OFM22R                            | Од             | 1         | 6474,43           | 6474,43    |
| 6)Блок живлення контролера контактор Schneider Electric Modicon TESYS К 3Р 6А | Од             | 1         | 2152,64           | 2152,64    |
| Разом   |                |           |                   | 18074.14   |

Витрати на транспортно-заготівельні і складські витрати визначаються по всіх розділах в залежності від вартості обладнання матеріалів, виробів, конструкцій, беруться 8 % від загальної вартості.

$$D_{\text{тр}} = C_{\text{об}} \cdot 0.08 \quad (4.2)$$

де,  $C_{\text{об}}$  – вартість комплектуючих, грн.

Таким чином витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{\text{тр}} = 18074.14 \cdot 0.08 = 1445.93 \text{ грн} \quad (4.3)$$

Вартість монтажно-налагоджувальних робіт приймаємо на рівні 10% від вартості обладнання.

$$M_{\text{мн}} = 18074.14 \cdot 0.1 = 1807.41 \text{ грн} \quad (4.4)$$

Розрахувавши всі показники та використовуючи формулу 4.1, розрахуємо капітальні витрати:

$$K_{\text{пз}} = 18074.14 + 1445.9 + 1807.41 = 21327.45 \text{ грн}$$

Таким чином, в результаті проведених розрахунків, капітальні витрати на обладнання проекрованої системи складають 21327.45 грн.

## 4.2. Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

$$t = t_0 + t_u + t_a + t_n + t_H + t_g \quad (4.5),$$

де  $t$  – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.);

$t_0$  – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.);

$t_u$  – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.- год.);

$t_a$  – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.);

$t_n$  – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.);

$t_H$  – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.);

$t_g$  – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.- год.).

Витрати праці визначаються на основі оцінки кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні, що використовується.

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p) \quad (4.6),$$

де  $Q$  – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;

$q$  – кількість операторів у програмному забезпеченні;

$c$  – коефіцієнт складності програми ( $c = 1,7$ );

$p$  – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки ( $p = 0,1$ ).

Кількість операторів яка робить програмне забезпечення:

$$Q = 26 \cdot 1,7 \cdot (1 + 0,1) = 48.62$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають  $t_0 = 60$  (люд. —год.)

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються залежно від необхідності уточнення опису та рівня кваліфікації програміста:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k} \quad (4.7),$$

де  $B$  – коефіцієнт збільшення витрат праці ( $B = 1,5$ );  
 $k$  – коефіцієнт кваліфікації програміста ( $k = 1,2$ ).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = \frac{48.62 \cdot 1,5}{84} = 0,86 \text{ (год.)}$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (4.8),$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = \frac{48.62}{24} = 2,02 \text{ (год.)}$$

Витрати праці на складання програми по готовій схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (4.9),$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = \frac{48.62}{24} = 2,02 \text{ (год.)}$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_H = \frac{Q}{(4...5) \cdot k} \quad (4.10),$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_H = \frac{48.62}{4,5} = 10,8 \text{ (год.)}$$

Витрати праці на підготовку документації за завданням визначаються як:

$$t_g = t_{др} + t_{до} \quad (4.11)$$

де  $t_{др}$  – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{до}$  – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{др} = \frac{Q}{(15...20) \cdot k} \quad (4.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{др} = \frac{48.62}{20} = 2,43 \text{ (год.)}$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{до} = 0.75 \cdot t_{др} \quad (4.13)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:



$$t_{до} = 0.75 \cdot 2,43 = 1.82 \text{ (год.)}$$

Для розробленого програмного забезпечення витрати праці на підготовку документації по завданню:

$$t_g = 2,43 + 1,82 = 4.27 \text{ (год.)}$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 60 + 0,86 + 2,02 + 2,02 + 10,8 + 4.27 = 79,97 \text{ (год.)}$$

#### 4.3.1. Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) визначається як:

$$K_{ПЗ} = Z_{зп} + Z_{мі} \quad (4.14)$$

де  $Z_{зп}$  – витрати на заробітну плату розробника ПЗ (грн.);

$Z_{мі}$  – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ (грн.).

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

$$Z_{зп} = t \cdot C_{пр} \quad (4.15),$$

де  $t$  – час розробки ПЗ, год;

$C_{пр}$  – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення ( $C_{пр} = 147$  (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{зп} = 79,97 \cdot 147 = 11755.59 \text{ (грн.)}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$Z_{3\Pi} = t_n \cdot C_{\text{МЧ}} \quad (4.16),$$

де  $t_n$  – час налаштування ПЗ, год;

$C_{\text{МЧ}}$  – вартість машинного часу ( $C_{\text{МЧ}} = 360$  грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{3\Pi} = 2,02 \cdot 360 = 727.2 \text{ (грн.)}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{\text{ПЗ}} = 11755.59 + 727.2 = 12482.79 \text{ (грн.)}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p} \quad (4.17),$$

де  $T$  – тривалість розробки програмного забезпечення (міс.);

$B_k$  – кількість розробників ( $B_k = 1$ );

$F_p$  – місячний фонд робочого часу ( $F_p = 176$  (год./міс.)).

$$T = \frac{79,97}{176} = 0,45 \text{ (міс.)}$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{\text{ПКВ}} = 21327.45 + 1445.93 + 1807.41 + 12482.79 = 37063.58 \text{ (грн.)}$$

### 4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються за формулою:

$$C_e = C_a + C_{p.o.} + C_{ee}, \quad (4.18)$$

Де  $C_e$  - річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи управління кондиціонуванням;

$C_a$  – амортизація основних фондів;

$C_{p.o.}$  – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт;

$C_{ee}$  – вартість електроенергії;

Залежно від категорії, до якої належить конкретний об'єкт основних засобів, встановлено мінімально допустимі терміни амортизації. Обладнання, розроблене у кваліфікаційній роботі системи керування, відноситься до четвертої групи (машини та обладнання). Прогнозований строк експлуатації системи становить 5 років. При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості, норма амортизації визначається таким чином:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100 \%, \quad (4.19)$$

де  $H_a$  – норма амортизації (%);

$T$  – термін корисного використання об'єкта (років).

Амортизація основних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{ПВ \cdot H_a}{100 \%}, \quad (4.20)$$

де  $C_a$  – річна амортизація основних фондів (грн.);

ПВ – первинна вартість (ПВ =  $K_{ПКВ}$ ) (грн).

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складає:

$$H_a = \frac{2}{5} \cdot 100\% = 40\%$$

Сума амортизації для проектованої і базової системи становить:

$$C_a = 21327.45 \cdot 40\% = 8530.98 \text{ (грн.)}$$

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5% від величини капітальних витрат:

$$C_{p.o.} = 21327.45 \cdot 0.05 = 1066.37$$

Розрахуємо вартість споживаної системою управління електроенергії за годину:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{РД} \cdot T_3 \cdot T_e, \quad (4.21)$$

де  $K_e$  – кількість електроенергії, спожитої проектною системою керування, приймаємо  $K_e = (0.6 \text{ кВт} \cdot \text{год})$ ;

$T_3$  – кількість часу роботи на добу (24 години);

$K_{РД}$  – кількість робочих днів у році ( $K_{РД} = 180$ )

$T_e$  – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 1.32 грн.·кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф складає 1.584 грн.·кВт. Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0.6*180*24*1.584 = 4105.72 \text{ (грн.)}$$

Таким чином річні експлуатаційні витрати :

$$C_e = 8530,98 + 1066,37 + 4105,72 = 13703.07$$

В кінці розділу вираховали, що експлуатаційні витрати становлять 13703.07 грн.

#### **4.4 Висновки за розділом**

При впровадженні проектованої системи розраховано на капітальні витрати у розмірі 33,810.27 грн. Ці витрати включають в себе всі необхідні витрати на закупівлю обладнання, розробку програмного забезпечення, встановлення системи та інші капітальні витрати, пов'язані з впровадженням системи.

Крім капітальних витрат, також було розраховано річні експлуатаційні витрати, які становитимуть 13,703.07 грн на рік. Ці витрати охоплюють витрати на підтримку системи, обслуговування, оновлення програмного забезпечення, оплату роботи персоналу та інші витрати, пов'язані з експлуатацією системи протягом року.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проектованого технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою

У роботі розглядається питання розробки атоматизованої системи керування технологічним процесом кондиціонування.

При роботі системи кондиціонування, внутрішні складові системи майже не впливають на працівників, набагато більший вплив має забруднення повітря але правильно підібраний фільтр та його вчасне обслуговування допомагають запобіганню цієї проблеми. Проте під час монтажних або обслуговуючих робіт коли працівник знаходиться у безпосередньому контакті з обладнанням системи можуть виникати потенційно небезпечні ситуації, тому вкрай необхідно дотримуватись правил безпеки.

Небезпечні і шкідливі фактори:

- Висока напруга
- Висока температура
- Забруднення повітря
- Рухомі частини обладнання

В атестаційній роботі розглянуто в якості об'єкта складське приміщення у якому встановлено розроблювану систему. У приміщенні відсутні внутрішні перегородки.

Таблиця 5.1 - Небезпечні і шкідливі фактори

| Небезпечні і шкідливі фактори | Джерела небезпеки                             | Норматив  | Література           |
|-------------------------------|---|-----------|----------------------|
| Підвищений рівень шуму        | Вентилятор                                    | L=75 дБа  | ДСТУ 2867-94         |
| Підвищений рівень вібрації    | Електродвигун вентилятора                     | L= 105 дБ | ДСТУ ENV 25349-2001  |
| Підвищений рівень напруги     | Електродвигун вентилятора, нагрівачі елементи | 380V      | ДСТУ EN 50160:2014   |
| Підвищений вміст пилу         | Приміщення розташовано у промисловій зоні     | T = -20   | ДСТУ Б В.1.1-36:2016 |

## 5.2. Розробка заходів з охорони праці

Відповідно до вимог розроблені заходи щодо забезпечення заходів захисту.

### 5.2.1 Попередження електротравматизму

Автоматизована система вентиляції на підприємстві може включати електричне обладнання, яке потребує особливих запобіжних заходів для забезпечення безпечної експлуатації. Запобігання електричному удару є одним із основних аспектів техніки безпеки. При неправильному поводженні з електричним обладнанням виникає ризик ураження електричним струмом, що може призвести до серйозних травм та навіть фатальних наслідків. Тому необхідно взяти ряд заходів для запобігання електричному удару та забезпечення безпечної роботи із системою вентиляції.

Важливими аспектами є вибір та встановлення відповідного обладнання, перевірка його електричної ізоляції та заземлення, а також навчання персоналу правилам електробезпеки. ДСТУ 7237:2011 "Система стандартів безпеки праці.

Електробезпека. Загальні вимоги" надає норми та рекомендації щодо забезпечення безпеки під час роботи з електричними пристроями. Це включає вимоги до ізоляції, заземлення та засобів індивідуального захисту.

1) Переконайтеся, що всі електричні компоненти системи вентиляції відповідають вимогам ДСТУ 7237:2011 "Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги." Цей стандарт встановлює норми та правила для забезпечення безпеки під час роботи з електричними пристроями.

2) Перевірте регулярно заземлення та ізоляцію електричного обладнання відповідно до ДСТУ 7237:2011 "Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Захисне заземлення та занулення." Заземлення є важливим заходом безпеки для запобігання електричному удару.

3) Надайте співробітникам, які працюють із системою вентиляції, засоби індивідуального захисту, такі як ізолюючі рукавички та взуття відповідно до вимог ДСТУ 7237:2011 "Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги." Навчіть персонал правильному використанню цих засобів та дотриманню електробезпеки під час роботи з системою вентиляції.

### **5.2.2 Запобігання опікам при обслуговуванні**

При обслуговуванні автоматизованої системи вентиляції для підприємства виникає ризик опіків, що з високими температурами і тепловими процесами. Ці ризики можуть бути викликані нагрівальними елементами, системами охолодження або іншими компонентами вентиляції. Опіки можуть мати серйозні наслідки для здоров'я та безпеки працівників, тому необхідно вжити відповідних заходів для запобігання таким ситуаціям.

Один із важливих аспектів включає правильне маркування та попереджувальні знаки на обладнанні та пристроях системи вентиляції. Знаки, що вказують на можливість опіку, небезпеку високої температури та інші попереджувальні знаки, пов'язані з тепловими ризиками, повинні бути



встановлені на видимих місцях. ДСТУ EN ISO 7010:2019" Система стандартів безпеки праці. Знаки безпеки. Загальні вимоги" містить норми та правила щодо використання попереджувальних знаків.

1) Важливо встановити запобіжні пристрої, такі як термостати та запобіжні клапани, для запобігання перегріву та можливості виникнення пожежі. ДБН А.3.2-2-2009"Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Електрична ізоляція" встановлює вимоги до перевірки стану та справності електричних пристроїв, включаючи запобіжні пристрої.

2) Забезпечте правильне маркування та попереджувальні знаки на обладнанні та пристроях системи вентиляції відповідно до ДСТУ EN ISO 7010:2019 "Система стандартів безпеки праці. Знаки безпеки. Загальні вимоги." Встановіть знаки, які вказують на опіку, небезпеку високої температури та інші пов'язані з тепловими ризиками попереджувальні знаки на видимих місцях.

3) Встановіть запобіжні пристрої, такі як термостати та запобіжні клапани, щоб запобігти перегріванню та виникненню пожежі. Перевірте їхню працездатність відповідно до с"Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Електрична ізоляція." Регулярно перевіряйте стан та справність цих пристроїв.

4) Навчіть персонал правилам пожежної безпеки відповідно до ДСТУ 8828:2019 "Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги." Це включає навчання з використання вогнегасників, евакуації у разі пожежі та дотримання процедур пожежної безпеки під час обслуговування системи вентиляції.

### **5.2.3 Забезпечення параметрів чистоти повітря**

Фільтри в системі вентиляції відіграють важливу роль у забезпеченні чистого та безпечного повітря у робочих приміщеннях. Вони служать для видалення забруднень, пилу, аерозолів та інших шкідливих речовин з повітря, що подається до приміщення. Вибір та правильне використання фільтрів є

невід'ємною частиною техніки безпеки при роботі з автоматизованою системою вентиляції.

ДСТУ Б А.3.2-12:2009 "Система стандартів безпеки праці. Гігієнічні вимоги до повітря робочої зони" встановлює норми якості повітря у робочих приміщеннях, включаючи вимоги до фільтрації повітря. Правильний вибір та встановлення фільтрів повинні відповідати цим нормам.

Регулярна перевірка стану та заміна фільтрів також є важливими заходами для забезпечення ефективності системи вентиляції та безпеки працівників. ДСТУ 2293-99 "Система стандартів безпеки праці. Промислова санітарія та гігієна праці. Загальні вимоги" містить рекомендації щодо обслуговування системи вентиляції та фільтрів.

1)Виберіть та встановіть фільтри для системи вентиляції відповідно до вимог ДСТУ Б А.3.2-12:2009 "Система стандартів безпеки праці. Гігієнічні вимоги до повітря робочої зони." Цей стандарт встановлює норми якості повітря у робочих приміщеннях, включаючи вимоги до фільтрації повітря.

2)Проводьте регулярну перевірку стану та заміну фільтрів відповідно до рекомендацій виробника та вимог ДСТУ 2293-99 "Система стандартів безпеки праці. Промислова санітарія та гігієна праці. Загальні вимоги."

забруднені або засмічені фільтри можуть призвести до зниження ефективності системи вентиляції та підвищеного ризику впливу шкідливих речовин на працівників.

### **5.3. Пожежна профілактика**

Приміщення що обслуговується належить до класу III – будинок з несучими та огорожувальними конструкціями з природних матеріалів або штучного каменю, бетону або залізобетону.

Для забезпечення безпеки в разі виникнення пожежі необхідно взяти наступні заходи:

а) Проведення регулярного контролю та планових ремонтів обладнання для забезпечення його надійності і усунення можливих дефектів, які можуть спричинити пожежу.

б) Щорічний інструктаж персоналу щодо заходів пожежної безпеки, включаючи правила поводження з вогнем, користування засобами пожежогасіння та процедурами евакуації.

в) Установка сигналізаційних систем, які автоматично спрацьовують у разі виникнення пожежної ситуації, щоб швидко сповістити працівників та активувати необхідні заходи безпеки. Це може включати вимоги ДСТУ 8828:2019"Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги до сигналізації".

г) Забезпечення системи пожежогасіння та наявність первинних засобів пожежогасіння, які відповідають вимогам ДСТУ 8828:2019"та забезпечують можливість швидкого та ефективного загасання початкової пожежі.

Дотримання цих заходів сприятиме забезпеченню пожежної безпеки на підприємстві та захисту працівників від ризику пожежі.

Засоби пожежогасіння:

ОУ-2 є вуглекислотним вогнегасником, який використовується як протипожежний засіб на промислових складах і в інших приміщеннях. Він має наступні особливості:

Діє ефективно на пожежі класу В (горючі рідини та розчинники) та пожежі класу С (електричні пожежі). Вуглекислота, що міститься в ОУ-2, гасить вогонь шляхом зниження концентрації кисню, необхідного для горіння, і охолодження горючої речовини.

Не залишає після себе залишків, що можуть завдати додаткових шкідливих наслідків. Після використання ОУ-2 вуглекислота розпадається на складові газу, які не шкідливі для навколишнього середовища.

Не проводить електричний струм. Це дозволяє використовувати ОУ-2 для гасіння пожеж, які сталися на електроустановках без ризику для людей, що проводять пожежні рятувальні роботи.

## 5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

У порівнянні з іншими регіонами, на території Дніпропетровської області випадки надзвичайних природних ситуацій не відбуваються так часто. В цьому регіоні майже ніколи не відбуваються катастрофічні землетруси, сходження снігових лавин або зсувів, а морози рідко досягають  $-30^{\circ}\text{C}$ , а спека -  $40^{\circ}\text{C}$ . Щодо надзвичайних ситуацій, яким може піддатися персонал цеху, це можуть бути такі види:

- 1) Техногенні надзвичайні ситуації, такі як загроза вибуху, пожежі або аварії в енергетичних, інженерних і технологічних системах, а також радіоактивне зараження.
- 2) Природні надзвичайні ситуації, такі як різка зміна температури повітря, сильний вітер, злива, снігопад, град і т.д.

Надзвичайні ситуації, будь то природного чи техногенного характеру, можуть виникнути раптово або після тривалого періоду загрози.

При виникненні надзвичайної ситуації необхідно вжити такі заходи:

- 3) Забезпечити захист персоналу цеху від пошкодження.
- 4) Мінімізувати збитки від надзвичайної ситуації.
- 5) Прийняти заходи для локалізації надзвичайної ситуації.
- 6) Постійно відстежувати обстановку на прилеглий території і в приміщеннях підприємства, щоб своєчасно здійснити заходи для нормалізації ситуації.

## Висновок

Актуальність роботи пояснюється необхідністю установки системи кондиціонування на об'єкті. Сучасна система керування дозволить оперативно контролювати значену кількість технологічних параметрів, дозволяючи отримувати режими роботи технологічного обладнання з заданими показниками якості.

У якості об'єкта керування виступає система кондиціонування, для якої вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого, або більш високого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення 0.47293 с і постійні часу 24.6767 с та 4.5066 с, а запізнення становить 2.8533 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність 74.04 %. Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання – системи кондиціонування.

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 33810.27 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме пів місяця. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 13703.07. грн. У розділі охорона праці були розглянуті питання, пов'язані з безпекою праці обслуговуючого персоналу.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації до виконання здобувачами вищої освіти спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології» / В.В. Ткачов, О.О. Бойко та ін.; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 28 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с.
3. Опис та технічні характеристики електроприводу засувки URL:  
<https://vent-market.com.ua/ru/product/belimo-cm230/> (дата звернення : 14.05.2023)
4. Опис та технічні характеристики датчика температури URL:  
<https://vents.ua/product/kdtmk-200> ( дата звернення : 14.05.2023)
5. Опис та технічні характеристики контактора URL:  
<https://tinyurl.com/f8hpbuvc> (дата звернення : 21.05.2023)
6. Опис та технічні характеристики регулятора потужності URL:  
<https://www.svaltera.ua/catalog/791/144.php> (дата звернення : 05.05.2023)
7. Опис та технічні характеристики контролера URL:  
<https://tinyurl.com/hacrbbvj> (дата звернення : 02.05.2023)
8. Опис та технічні характеристики блока живлення URL:  
<https://tinyurl.com/36n2esau> (дата звернення : 29.05.2023)
9. ДСТУ EN ISO 7010:2019 "Система стандартів безпеки праці. Знаки безпеки. Загальні вимоги." – 139 с.
10. ДБН А.3.2-2-2009 "Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Електрична ізоляція." - 126 с.
11. ДСТУ 8828:2019 "Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги." – 87 с.
12. ДСТУ Б А.3.2-12:2009 "Система стандартів безпеки праці. Гігієнічні вимоги до повітря робочої зони." – 12 с.

13. ДСТУ 2293-99 "Система стандартів безпеки праці. Промислова санітарія та гігієна праці. Загальні вимоги." -13 с.

14. ДСТУ 2867-94 "Електромагнітна сумісність промислової електроустановки. Загальні вимоги" – 9 с.

15. ДСТУ ENV 25349-2001 "Електромагнітна сумісність. Істотність вимірювань і граничні значення" – 14 с.

16. ДСТУ EN 50160:2014 "Електрична енергія. Загальні вимоги до якості електричної енергії в системах постійного і змінного струму" - 32 с.

17. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 "Вентиляція, опалення, кондиціонування. Теплова і вентиляційна апаратура. Перевірка монтажу і налагодження" – 34 с.





## **ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**





