НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о. завідувача кафедри
автоматики та робототехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка
(назва кафедри)

к.т.н., доц. _____ О.О. Опришко
(підпис) (ПІБ)

"____" _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему "РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ У ТЕЛЯТНИКУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОВЕН"

Спеціальність: 151 - "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

Гарант освітньої програми

д.т.н., проф. _____ Заєць Н.А.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (П.І.Б.)

Керівник кваліфікаційної бакалаврської роботи

д.т.н., проф. _____ Коваль В.В.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (П.І.Б.)

Виконав _____ Ярмолюк А.О.
(підпис) (П.І.Б.)

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
автоматики та робототехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка
(назва кафедри)

к.т.н., доц. _____ О.О. Опришко
(підпис) (ПІБ)

"____" _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи студенту
Ярмолюку Андрію Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність: 151 - "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"
1. Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи: " Розробка системи автоматичного управління температурою у телятнику із використанням технічних засобів ОВЕН ", затверджена наказом ректора НУБіП України від "18" 11 2024 р. № 2056"С"
2. Термін подання завершеної роботи на кафедру "27" травня 2025 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної бакалаврської роботи:
   3.1. Завдання кафедри на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи.
   3.2. Нормативні документи по проектуванню об’єктів автоматизації.
   3.3. Наукова література з тематики кваліфікаційної бакалаврської роботи.
4. Перелік питань, які необхідно розробити:
   4.1. Технологія і промислове обладнання для управління температурою
   4.2. Розробка та дослідження математичної моделі процесу управління температурою
   4.3. Вибір регулятора та обґрунтування параметрів його налаштувань.
   4.4. Розробка цифрової системи керування.
   4.5. Схеми системи автоматизації.
   4.6. Техніко-економічне обґрунтування.

5. Перелік графічних документів:

5.1. Функціональна схема автоматизації системи керування температурою у телятнику з використанням технічних засобів ОВЕН

5.2. Система автоматизації процесу керування температурою у телятнику. Схема електрична принципова.

5.3. Система автоматизації процесу керування температурою у телятнику. Схема електрична з'єднань.

5.4. Система автоматизації процесу керування температурою у телятнику. Схема електрична підключень.

5.5. Система автоматизації процесу керування температурою у телятнику. Зовнішній вид щита керування.

Дата видачі завдання "21" листопада 2025 року

Керівник кваліфікаційної бакалаврської роботи _____ Коваль В.В.
(підпис) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____ Ярмолюк А.О.
(підпис) (П.І.Б.)

ЗМІСТ

Вступ …….. 6
РОЗДІЛ 1. Аналіз технологічного процесу керування температурою у телятнику …… 8
1.1. Технологічний процес утримання телят та вплив температури на їхній розвиток. ……...…… 8

1.2 Огляд існуючих систем контролю мікроклімату в тваринницьких приміщеннях (ручні та автоматизовані системи)…….. 10
1.3 Аналіз технічних засобів для контролю температури (датчики, нагрівачі/вентилятори)……..…… 12

1.4 Огляд обладнання ОВЕН, придатного для створення системи автоматичного управління температурою (контролери, датчики тощо)……... 14
1.5 Розробка функціональної схеми автоматизації процесу керування температурою у телятнику…… 16
РОЗДІЛ 2. Побудова та дослідження математичної моделі процесу управління температурою як об’єкта регулювання…… 18
2.1. Розробка системи теплообміну та її математичної моделі…… 18
РОЗДІЛ 3. Реалізація алгоритму керування температурою у телятнику…….. 25
3.1. Обґрунтування та вибір алгоритму керування температурою ….. 25
3.2. Розробка функціональної схеми системи автоматичного регулювання …… 32
3.3 Вибір первинного вимірювального перетворювача …….. 36
3.4. Розробка структурно-алгоритмічної схеми системи автоматичного регулювання …… 40
3.5. Синтез системи автоматичного регулювання …… 41
3.6. Вибір контролера для контролю температури …… 44
РОЗДІЛ 4. Електротехнічна частина…… 46
4.1. Вибір автоматичних вимикачів……. 46
4.2. Вибір електромагнітних пускачів……. 49
4.3 Вибір кабелю живлення для шафи керування…….. 50
4.4 Розробка електричної принципової схеми……. 50
4.5 Вибір світлосигнальної арматури……... 52
4.6 Розробка схеми підключень…… 57
4.7 Розробка загального виду щита керування…… 60

РОЗДІЛ 5. Техніко-економічне обґрунтування системи автоматичного керування температурою у телятнику…….. 62
Висновки …… 66
Література ……. 67
Додатки …….. 68

Анотація

У роботі створено автоматизовану систему із використанням технічних засобів ОВЕН. Розроблено математичну модель теплових процесів у телятнику як об'єкта керування. Створено алгоритм автоматичного управління температурою та розроблено функціональну схему системи.

Значну увагу приділено електротехнічній частині проекту, включаючи вибір необхідної апаратури та розробку електричних схем. Також проведено техніко-економічне обґрунтування впровадження розробленої системи, що демонструє її потенційну економічну ефективність.

Результати дослідження можуть бути використані для модернізації систем мікроклімату на тваринницьких фермах з метою оптимізації умов утримання телят та підвищення економічної доцільності виробництва.

Annotation

The work analyzes existing microclimate control systems in livestock premises and justifies the selection of OWEN equipment for creating an automated system. A mathematical model of thermal processes in the calf barn as a control object is developed. An automatic temperature control algorithm is created, and structural and functional diagrams of the system are designed.Significant attention is paid to the electrical part of the project, including the selection of necessary equipment and the development of electrical circuits. A techno-economic justification for the implementation of the developed system is also carried out, demonstrating its potential economic efficiency.

The research results can be used to modernize microclimate systems on livestock farms to optimize the conditions for keeping calves and increase the economic feasibility of production.

ВСТУП

На даний момент ефективне функціонування будь-якого сучасного аграрного підприємства значною мірою залежить від умов утримання сільськогосподарських тварин, зокрема молодняку. Одним із ключових факторів, що безпосередньо впливає на здоров'я, ріст та продуктивність телят, є підтримання оптимального температурного режиму в приміщеннях для їхнього утримання – телятниках.

Нестабільність температурного середовища може призвести до захворювань, зниження імунітету, уповільнення росту та, як наслідок, до значних економічних втрат для підприємства. Тому забезпечення стабільних та оптимальних температурних умов є вкрай важливим завданням.

У сучасному світі існує різноманітне обладнання для контролю клімату в тваринницьких приміщеннях, починаючи від простих систем вентиляції до складних автоматизованих комплексів. Серед виробників технічних засобів для автоматизації особливе місце займає компанія ОВЕН, що пропонує широкий спектр надійних та ефективних приладів для контролю технологічних процесів.

Підтримання оптимальної температури в телятнику завжди буде актуальною темою через такі фактори:

Забезпечення здоров'я та продуктивності: правильний температурний режим є критично важливим для здоров'я молодих тварин, запобігає захворюванням та сприяє їхньому належному розвитку;

Енергоефективність: точне автоматичне керування нагрівальними та вентиляційними пристроями дозволяє оптимізувати споживання енергоресурсів та зменшити витрати на опалення;

Зменшення втрат: підтримання стабільних оптимальних умов утримання сприяє зниженню падежу молодняку та покращенню загальних виробничих показників.

Отже, тема автоматизації контролю температури в телятниках є вельми актуальною в контексті забезпечення благополуччя тварин, оптимізації енергоспоживання та підвищення економічної ефективності аграрного виробництва.

У даній роботі будуть розглянуті різні аспекти створення автоматичної системи керування температурою в телятнику з використанням технічних засобів ОВЕН, включаючи вибір обладнання, розробку алгоритмів керування та схем підключення.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматичного керування температурою в телятнику з використанням технічних засобів ОВЕН для підвищення ефективності утримання телят, зниження енергетичних витрат та забезпечення стабільного мікроклімату. Дослідження спрямоване на вибір оптимальних компонентів ОВЕН, розробку алгоритму керування та проектування системи, що забезпечить надійну та ефективну роботу в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва.

Об'єкт бакалаврської кваліфікаційної роботи – температура повітря в телятнику, як ключовий параметр мікроклімату, що впливає на стан телят.

Предмет бакалаврської кваліфікаційної роботи – дослідження та розробка системи автоматичного керування температурою в телятнику із застосуванням технічних засобів ОВЕН, включаючи аналіз вимог, проектування апаратної та програмної частин, а також оцінку ефективності розробленої системи.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ У ТЕЛЯТНИКУ

1.1 Технологічний процес утримання телят та вплив температури на їхній розвиток

Технологічний процес утримання телят являє собою сукупність контрольованих операцій та параметрів, спрямованих на створення оптимальних умов для їхнього фізіологічного розвитку. До ключових технологічних етапів належать:

- Просторове розміщення: організація індивідуальних або групових боксів з урахуванням нормативних вимог до площі на одну голову, забезпечення ефективних систем видалення відходів життєдіяльності;
- Системи життєзабезпечення: включають автоматизовані або напівавтоматизовані системи напування (наприклад, соскові поїлки) та годівлі (дозатори кормів), що забезпечують нормоване постачання ресурсів;
- Ветеринарний контроль та профілактика: регулярні огляди, вакцинація, дезінфекція приміщень з метою мінімізації ризиків захворювань;
- Кліматичне забезпечення: комплекс заходів та технічних засобів для підтримки заданих параметрів мікроклімату, серед яких ключову роль відіграє контроль температури, вологості та повітрообміну.

Температурний режим у приміщенні утримання телят виступає одним із найбільш значущих керованих параметрів технологічного процесу. Фізіологічні особливості молодняку, зокрема нерозвиненість механізмів терморегуляції, зумовлюють високу чутливість до відхилень температури від оптимальних значень.

Вплив температурного режиму як керованого параметра на фізіологічний стан телят:

- Термонейтральна зона як цільовий діапазон керування: для мінімізації енергетичних витрат організму теляти на терморегуляцію необхідно підтримувати температуру повітря в межах термонейтральної зони. Діапазон становить орієнтовно 15−25∘C для новонароджених, проте може коригуватися залежно від віку та зовнішніх факторів. Система автоматичного керування повинна прагнути утримувати температуру

в цьому діапазоні з мінімальними відхиленнями;

- Відхилення вниз від термонейтральної зони (холодовий стрес) як фактор технологічного ризику: зниження температури нижче оптимального діапазону ініціює фізіологічні реакції, спрямовані на збільшення теплопродукції (тремтіння, підвищення метаболізму). Це призводить до непродуктивних витрат енергії корму, потенційного зниження темпів росту та ослаблення імунної системи, підвищуючи ймовірність респіраторних захворювань. З точки зору технологічного процесу, це є небажаним станом, який необхідно запобігати за допомогою ефективної системи опалення та контролю;
- Відхилення вгору від термонейтральної зони (тепловий стрес) як фактор зниження ефективності виробництва: підвищення температури вище оптимальних значень викликає тепловий стрес, що проявляється у зниженні споживання корму, збільшенні частоти дихання, гіпертермії. Це негативно впливає на продуктивність, може призвести до зневоднення та теплового удару. Технологічно, це вимагає застосування систем вентиляції та, за необхідності, охолодження для підтримання температури в прийнятних межах;
- Вікова динаміка оптимального температурного режиму як завдання адаптивного керування: потреба в температурі навколишнього середовища є динамічною та залежить від віку телят. Молоді тварини потребують вищих температур порівняно зі старшими. Система автоматичного керування повинна враховувати цю залежність, забезпечуючи можливість налаштування цільових значень температури відповідно до вікової групи телят.

Отже, технологічний процес утримання телят тісно пов'язаний з ефективним контролем параметрів мікроклімату, де температурний режим є критично важливим. Впровадження автоматизованої системи керування температурою з використанням технічних засобів ОВЕН є технологічним рішенням, спрямованим на оптимізацію цього процесу, мінімізацію негативних впливів температурних коливань та створення стабільних, комфортних умов для утримання телят.

Рис. 1.1 Телятник всередині

1.2. Огляд існуючих систем контролю мікроклімату в тваринницьких приміщеннях

Розглядаючи еволюцію систем контролю мікроклімату, особливу увагу варто приділити можливостям, які надає обладнання компанії ОВЕН для побудови автоматизованих систем. ОВЕН є провідним вітчизняним виробником засобів автоматизації, що пропонує широкий спектр приладів, які можуть бути ефективно використані для керування мікрокліматом у тваринницьких приміщеннях, включаючи телятники.

Застосування обладнання ОВЕН в автоматизованих системах контролю мікроклімату:

ОВЕН пропонує комплексні рішення для автоматизації контролю мікроклімату, що включають:

- Датчики: широкий вибір датчиків температури (термоперетворювачі опору, термоелектричні перетворювачі), вологості (гігрометри), концентрації CO2 та NH3, освітленості. Ці датчики забезпечують точне та безперервне вимірювання ключових параметрів мікроклімату в реальному часі. Наприклад, для контролю температури можуть використовуватися термоперетворювачі опору серії ТСМ/ТСП, що відрізняються високою точністю та стабільністю показань. Датчики вологості ДВТ дозволяють контролювати рівень вологості, що є важливим для запобігання розвитку патогенної мікрофлори;
- Програмовані логічні контролери (ПЛК): серії ПЛК ОВЕН (наприклад, ПЛК110, ПЛК160) є центральними елементами системи автоматичного керування.

Вони приймають сигнали від датчиків, обробляють їх відповідно до заданого алгоритму керування та формують керуючі сигнали для виконавчих пристроїв. ПЛК ОВЕН відрізняються надійністю, гнучкістю програмування (підтримують стандартизовані мови програмування МЕК 61131-3) та широким набором інтерфейсів для підключення периферійного обладнання;

- Модулі вводу/виводу (МВВ): для розширення кількості каналів вводу/виводу ПЛК використовуються модулі серій МВ110, МВ210. Це дозволяє підключати велику кількість датчиків та виконавчих механізмів до однієї системи керування. Наприклад, дискретні модулі виводу можуть використовуватися для керування реле, що вмикають/вимикають нагрівачі або вентилятори, а аналогові модулі виводу – для плавного регулювання продуктивності вентиляторів або потужності нагрівачів;
- Пристрої візуалізації та керування: операторські панелі (наприклад, серії СП200, СП300) дозволяють візуалізувати поточні значення параметрів мікроклімату, задавати цільові значення, переглядати історію змін та керувати роботою системи в ручному або автоматичному режимі;
- Виконавчі механізми: хоча ОВЕН безпосередньо не виробляє виконавчі механізми для контролю мікроклімату (вентилятори, нагрівачі, охолоджувачі), їхні контролери та модулі ідеально підходять для керування цим обладнанням. Наприклад, для керування швидкістю обертання вентиляторів можуть використовуватися частотні перетворювачі, керовані аналоговими вихідними сигналами ПЛК ОВЕН. Для керування нагрівачами можуть застосовуватися твердотільні реле, керовані дискретними виходами ПЛК.

Переваги використання обладнання ОВЕН:

- Надійність: обладнання ОВЕН зарекомендувало себе як надійне та довговічне в промислових умовах;
- Широкий асортимент: наявність повного спектру необхідних компонентів для побудови комплексних систем автоматизації;
- Гнучкість: можливість адаптації системи під конкретні потреби та особливості тваринницького приміщення;
- Простота інтеграції: обладнання ОВЕН легко інтегрується між собою та з

обладнанням інших виробників;

- Технічна підтримка: наявність розвиненої системи технічної підтримки та документації.

Таким чином, обладнання ОВЕН надає потужний інструментарій для створення ефективних та надійних автоматизованих систем контролю мікроклімату в тваринницьких приміщеннях, забезпечуючи точне підтримання заданих параметрів, оптимізацію енергоспоживання та покращення умов утримання тварин. У контексті розробки автоматичної системи керування температурою в телятнику, використання ПЛК ОВЕН для обробки сигналів від датчиків температури та керування нагрівальними пристроями є логічним та обґрунтованим технічним рішенням.

1.3. Технологічний аналіз об'єкта керування: Телятник як керована термодинамічна система

Технологічний аналіз об'єкта керування, яким є телятник, передбачає розгляд його як керованої термодинамічної системи, де основною метою є підтримання заданого температурного режиму. Для цього необхідно ідентифікувати вхідні та вихідні параметри, збурення та внутрішні зв'язки.

1. Вхідні параметри (керуючі впливи):

- Потужність системи опалення (Ропал): кількість теплової енергії, що надходить у приміщення від нагрівальних приладів. Може регулюватися в залежності від типу нагрівача (наприклад, увімкнення/вимкнення секцій, зміна напруги, керування клапаном теплоносія);
- Продуктивність системи вентиляції (Vвент): об'єм повітря, що обмінюється з зовнішнім середовищем за одиницю часу. Регулюється швидкістю обертання вентиляторів або положенням заслінок.

2. Вихідний параметр (керована величина):

- Температура повітря всередині телятника (Твнутр): Середня або локальна температура повітря в зоні перебування телят, яку необхідно підтримувати на заданому рівні.

3. Збурення (зовнішні неконтрольовані впливи):

- Температура зовнішнього повітря (Тзовн): впливає на тепловтрати через огороджувальні конструкції та при вентиляції;
- Інтенсивність сонячної радіації (Ісонце): додаткове джерело теплонадходження;
- Тепловиділення від телят (Qтелят): залежить від кількості, віку та фізіологічного стану тварин;
- Вітер: впливає на інтенсивність інфільтрації повітря та тепловіддачу через зовнішні поверхні.

4. Внутрішні зв'язки та характеристики об'єкта:

- Теплоємність приміщення (Стерм): здатність акумулювати теплову енергію, визначається матеріалами огороджувальних конструкцій та повітрям. Впливає на динаміку зміни внутрішньої температури;
- Теплопровідність огороджувальних конструкцій (k): визначає інтенсивність теплопередачі через стіни, дах, підлогу;
- Продуктивність природної вентиляції (за наявності): неконтрольований повітрообмін.

Технологічна задача керування:

Забезпечити стабільне підтримання температури повітря (Твнутр) на заданому значенні (Тзадан) в умовах дії збурень шляхом регулювання потужності опалення (Ропал) та/або продуктивності вентиляції (Vвент).

Особливості об'єкта керування:

- Інерційність: температура в приміщенні змінюється з певною затримкою у відповідь на зміни вхідних впливів та збурень;
- Нелінійність: теплообмінні процеси можуть мати нелінійний характер (наприклад, залежність тепловіддачі від різниці температур);
- Взаємозв'язок керуючих впливів: зміна продуктивності вентиляції може впливати не тільки на тепловтрати, але й на розподіл температури в приміщенні.

Для розробки ефективної системи автоматичного керування необхідно врахувати ці технологічні особливості об'єкта керування, вибрати відповідні датчики, виконавчі механізми та розробити адекватний алгоритм керування.

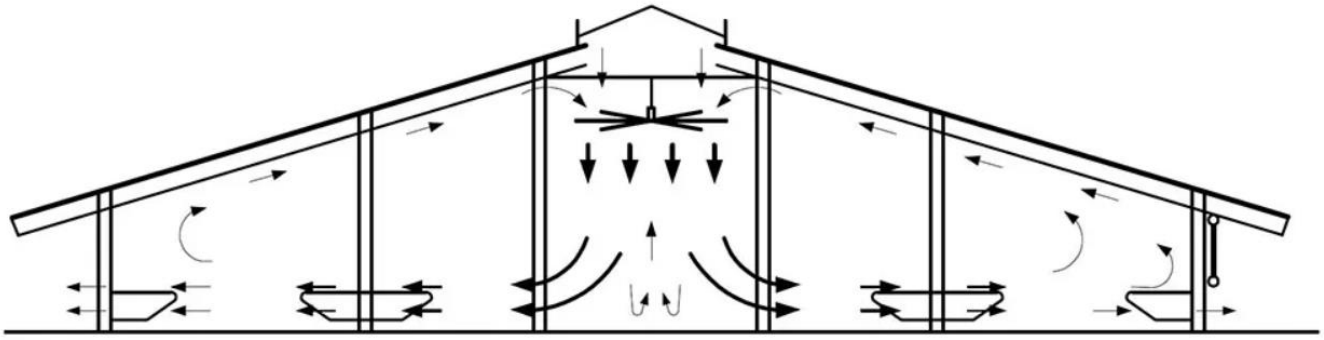


Рис. 1.2. Схема вентиляції телятника

1.4. Інформаційний аналіз технічних засобів ОВЕН, придатних для створення системи автоматичного управління температурою (з конкретними прикладами)

Для розробки системи автоматичного управління температурою в телятнику розглянемо конкретні приклади обладнання ОВЕН, які можуть бути використані для реалізації різних функціональних блоків системи.

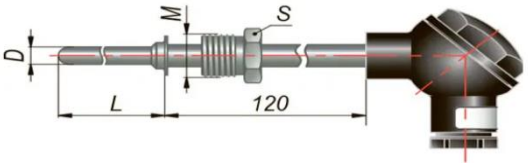


Рис. 1.3. ТСМ-50М

1. Датчики температури:

- ТСМ-50М.В.1/2.160.IP65 (- 50...+180°С):
  - Опис: промисловий термоперетворювач опору (ТСМ) з номінальною статичною характеристикою Pt100. Має діапазон вимірювання температури від -50 до +180°С, клас точності В. Конструктивне виконання - гільза з кабелем довжиною 2 метри, ступінь захисту IP65, що забезпечує захист від пилу та водяних бризок;
  - Застосування: точне вимірювання температури повітря в різних зонах телятника. Підключається до аналогових входів контролера, які підтримують роботу з термоперетворювачами опору.

- ДТП01Б.Н.100.В.2.0 (-40...+100°С, 4...20 мА):

Рис 1.4. DT-01/RS-485

- Опис: промисловий датчик температури (ДТП) з вихідним аналоговим сигналом 4...20 мА. Діапазон вимірювання температури від -40 до +100°С, клас точності В. Має настінне виконання;
- Застосування: вимірювання температури повітря з передачею уніфікованого струмового сигналу, що є стійким до перешкод при передачі на значні відстані до контролера.

2. Програмований логічний контролер (ПЛК):

- ПЛК110-220.Р-М (12 дискретних входів, 8 дискретних виходів (реле), 2 аналогових входи (ТСП/ТП), RS-485):

Рис. 1.5. ПЛК110-220

- Опис: компактний ПЛК з достатньою кількістю каналів для невеликої системи керування температурою. Має вбудовані аналогові входи для безпосереднього підключення термоперетворювачів опору, дискретні виходи для керування реле нагрівачів та вентиляторів, а також інтерфейс RS-485 для можливого розширення або зв'язку з іншими пристроями;
- Застосування: обробка сигналів від датчиків температури, реалізація алгоритму керування (наприклад, ПІД-регулювання), формування керуючих сигналів для виконавчих механізмів.

3. Модулі виводу (за необхідності розширення):

- МВ110-8Р (8 дискретних виходів, реле):
- Опис: модуль дискретних виходів з релейними виходами. Використовується для комутації ланцюгів живлення нагрівачів та вентиляторів. Підключається до ПЛК по інтерфейсу RS-485;
- Застосування: керування ввімкненням/вимкненням нагрівальних елементів та вентиляторів.

- МВ110-4А (4 аналогових виходи, 0...10В або 4...20мА):
- Опис: модуль аналогових виходів. Використовується для плавного регулювання потужності нагрівачів (через твердотільні реле з фазовим керуванням) або швидкості обертання вентиляторів (через частотні перетворювачі). Підключається до ПЛК по інтерфейсу RS-485;

- Застосування: Плавне керування виконавчими механізмами для більш точного підтримання температури.

Використання саме цих прикладів обладнання ОВЕН дозволить побудувати надійну та функціональну систему автоматичного управління температурою в телятнику, враховуючи необхідність точного вимірювання, ефективного керування виконавчими пристроями та зручної візуалізації процесу.

1.5. Розробка функціональної схеми автоматизації процесу управління температурою у телятнику

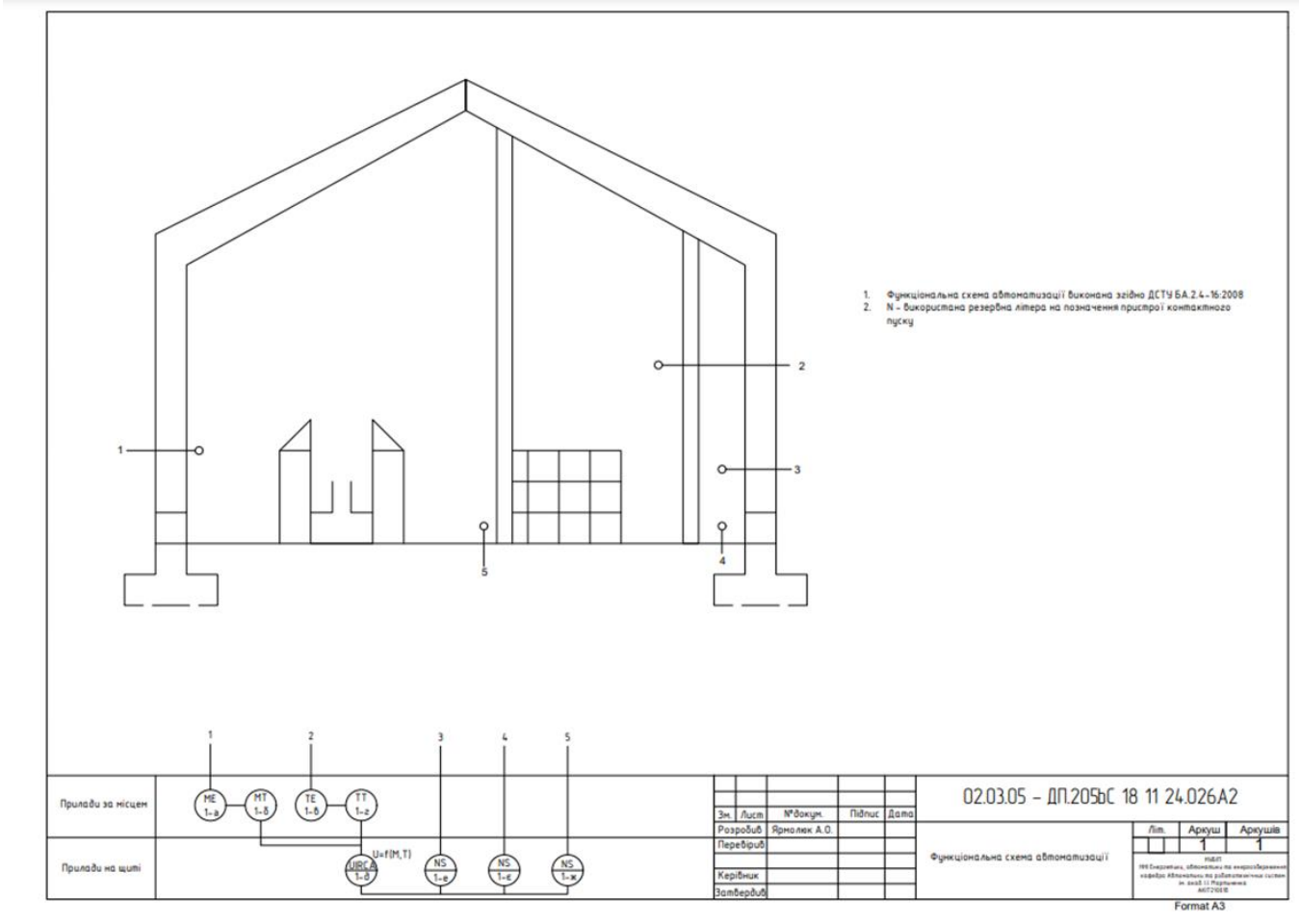


Рис. 1.6. Функціональна схема автоматизації

ТЕ(1-а) – Датчик температури який вимірює температуру у телятнику.

МЕ(1-а) – Датчик вологості у комплексі.

ТТ(1-г) – Перемикач з ручного в автоматичний режим

MT(1-b) – Датчик тиску для контролю тиску у водопроводі

NS(1-ж) – Обігрівач

NS(1-е, 1-є) – пускачі вентиляторів

Опис функціональної схеми автоматизації:

Позиція 1 — датчик вологості (HC) з передачею сигналу по аналоговому каналу на контролер (ШУ). Забезпечує моніторинг мікроклімату в зоні розміщення тварин.

Позиція 2 — температурний датчик (T1), розміщений в зоні повітряного обміну, відповідає за визначення температурного фону в приміщенні.

Позиція 3 — ще один температурний датчик (T2), розташований поблизу вентиляційної установки або повітряного клапана, що дозволяє здійснювати диференційоване регулювання температури.

Позиція 4 — виконавчий механізм M, керується з контролера залежно від параметрів температури і вологості.

Позиція 5 — контролер або шафа управління (ШУ), до якого підключено датчики температури та вологості, а також виконавчі механізми. Виконує функції збору, обробки сигналів і формування керуючих дій.

РОЗДІЛ 2
ПОБУДОВА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ ЯК ОБ'ЄКТА РЕГУЛЮВАННЯ

2.1 Розробка системи теплообміну та її математичної моделі

Для розробки ефективної системи автоматичного керування температурою в телятнику необхідно мати математичну модель об'єкта керування, яка б описувала динаміку зміни температури повітря всередині приміщення під впливом різних факторів. У цьому розділі буде представлена спрощена математична модель теплового балансу телятника з зосередженими параметрами.

Основний принцип, що лежить в основі моделі - це закон збереження енергії. Зміна внутрішньої енергії повітря в телятнику пропорційна різниці між кількістю теплової енергії, що надходить до приміщення, та кількістю теплової енергії, що його покидає.

Призначення:

Система забезпечує підтримання оптимального мікроклімату в приміщенні телятника через:

-контроль температури та вологості;

-автоматичне або ручне керування вентиляцією;

-забезпечення теплообміну шляхом циркуляції повітря і використання обігрівачів.

Принцип роботи:

1. Збір даних:

Температурний датчик TE(1-a) зчитує температуру в зоні перебування тварин;

Датчик вологості ME(1-a) вимірює рівень вологості;

У разі наявності водяного обігріву, MT(1-b) контролює тиск у водопроводі.

2. Обробка сигналів:

Сигнали надходять до контролера UI(1-b);

Контролер порівнює реальні значення з бажаними уставками.

3. Керування мікрокліматом:

Якщо температура нижча за норму — активуються обігрівачі NS(1-ж);

Якщо температура або вологість перевищують межі — вмикаються вентилятори NS(1-е, 1-є);

У режимі ТТ(1-г) оператор може вручну змінювати поведінку системи.

4. Циркуляція повітря:

Вентилятори забезпечують витяжку відпрацьованого повітря та подачу свіжого;

Система підтримує сталий повітрообмін для видалення вологи, запахів і надлишкового тепла.

5. Автоматизація та безпека:

Система працює в автоматичному режимі, однак передбачає ручне втручання через перемикач ТТ(1-г);

Може бути підключена до централізованої SCADA/PLC системи для моніторингу;

За допомогою контролера можливе налаштування алгоритмів PID-регулювання.

Очікувані результати:

Підтримання комфортного середовища для росту і розвитку телят;

Оптимізація енергоспоживання (активація обігріву лише за необхідності);

Підвищення санітарного стану приміщення;

Зменшення ручної праці та помилок оператора;

Введемо величину С як теплоємність повітря у телятнику, яка дозволить точно розрахувати нам:
- скільки тепла потрібно для підтримання комфортної температури в приміщенні;
- яку потужність повинна мати система опалення в холодну пору року.

Математично це можна виразити через диференціальне рівняння першого порядку:

$$C\frac{dT_{\text{внутр}}}{dt} = Q_{\text{над}} - Q_{\text{втрат}}$$

де:

- $\frac{dT_{\text{внутр}}}{dt}$ – швидкість зміни температури повітря всередині телятника (°C/с);
- $T_{\text{внутр}}$ – температура повітря всередині телятника ($°C$);
- t – час (с);
- С – теплоємність повітря в телятнику (Дж/°С);
- $Q_{\text{над}}$ – сумарна потужність находження тепла (Вт);
- $Q_{\text{втрат}}$ – сумарна потужність втрат тепла (Вт).

Теплоємність повітря (С):

$C = V \cdot \rho_{\text{повітря}} \cdot c_{\text{повітря}}$,

де типове значення $\rho_{\text{повітря}} = 1{,}2\,\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $c_{\text{повітря}} = 1005$ Дж(кг · °С)

Нехай телятник має об’єм $V = 900$ м^3, тоді:

$$C = 900 \cdot 1{,}2 \cdot 1005 = 1085400 \text{ Дж/°С}$$

Це означає, що для підвищення температури повітря в телятнику на 1°С потрібно подати приблизно 1,09 МДж тепла.

Сумарне надходження тепла ($Q_{\text{над}}$):

$$Q_{над} = Q_{опал} + Q_{телят}$$

$Q_{телят}$- кількість тепла, яке виділяють телята в процесі своєї життєдіяльності.

Для теляти віком 1–3 місяці: 200 Вт / голову із телятником на 100 голів (за довідником “Мікроклімат тваринницьких приміщень”, НУБіП, Гуменюк Г.І.):

$$Q_{телят} = 100 \cdot 200 = 20000 \text{ Вт} = 20 \text{ кВт}$$

Це означає, що всі телята в приміщенні сумарно виділяють приблизно 20 кВт тепла, і це тепло допомагає утримувати потрібну температуру в телятнику, зменшуючи потребу в додатковому опаленні.

Сумарні втрати тепла ($Q_{втрат}$):

$$Q_{втрат} = Q_{втрат\ констр} + Q_{вентил}$$

$Q_{вентил}$- це втрати тепла через вентиляцію при охолоджуванні приміщень

Тепловтрати через огороджувальні конструкції ($Q_{втрат\ констр}$):

$$Q_{втрат\ констр} = K_{констр} \cdot (T_{внутр} - T_{зовн})$$

де $K_{констр} \approx 500$ Вт/°С

$K_{констр}$- коефіцієнт теплопередачі огороджувальних конструкцій

Коефіцієнт теплопередачі огороджувальних конструкцій $K_{констр}$ = 500 Вт/∘С було визначено [на основі розрахунків за ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» для типової конструкції стін та даху телятника площею 300 м^2

Тепловтрати через вентиляцію ($Q_{вентил}$):

$$Q_{вентил} = V_{повітря} \cdot \rho_{повітря} \cdot c_{\rho_{повітря}} \cdot \left(T_{внутр} - T_{зовн}\right)$$

де внесок у коефіцієнт становить приблизно 2930 Вт/°С.

$\rho_{повітря} \approx 1.2$ кг/м3 та $c_{\rho_{повітря}} \approx 1005$ Дж/(кг·∘С) є довідковими величинами. Об'ємна витрата повітря $V_{повітря}$ була прийнята на рівні 2.4 м^3/с, виходячи з нормативів повітрообміну, необхідних для утримання телят, та потужності встановленої вентиляційної системи. Таким чином, добуток становить
2.4 м^3/с·1.2 кг/м^3·1005 Дж/(кг·∘С)≈2894.4 Вт/∘С, що відповідає значенню близько 2930 Вт/∘С, зазначеному в моделі.

Об’єднана математична модель:

$$C\frac{dT_{\text{внутр}}}{dt} = Q_{\text{опал}} + Q_{\text{телят}} - (K_{\text{констр}} + V_{\text{повітря}} \cdot \rho_{\text{повітря}} \cdot c_{\rho_{\text{повітря}}}) \cdot (T_{\text{внутр}} - T_{\text{зовн}})$$

$$2.11 \cdot 10^6 \frac{dT_{\text{внутр}}}{dt} = Q_{\text{опал}} + 14400 - 3430 \cdot (T_{\text{внутр}} - T_{\text{зовн}})$$

Ця математична модель описує динаміку зміни температури повітря всередині телятника як об’єкта регулювання під впливом системи опалення (керуючий вплив), температури зовнішнього повітря та тепловиділення телят (збурення).

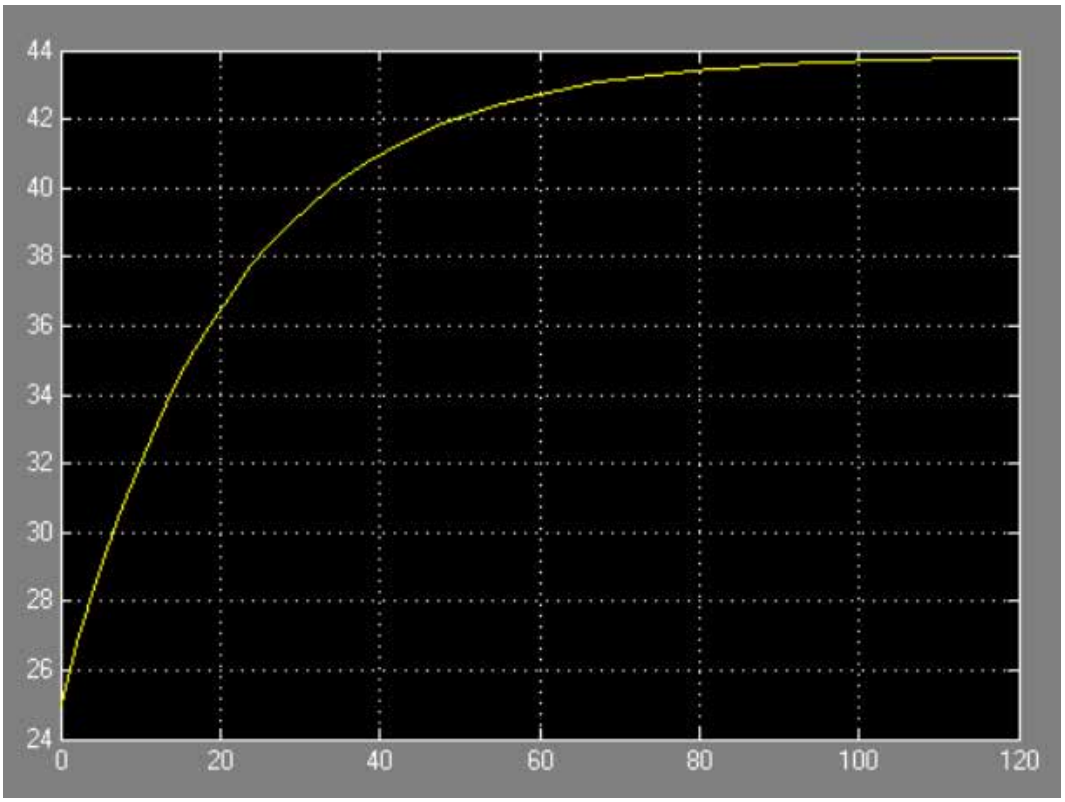
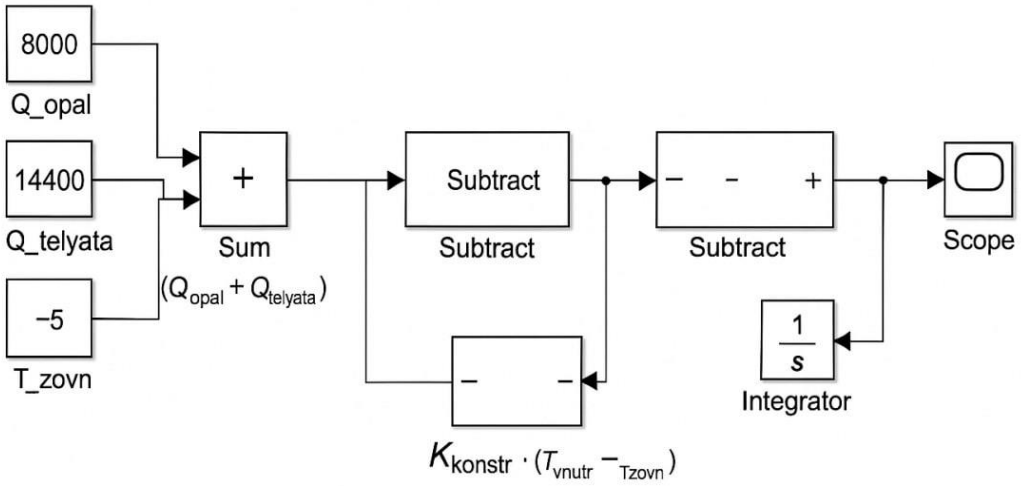


Рисунок 2.1 – Імітаційні динамічні характеристики системи опалення телятника (автоматичного нагрівача) в комп’ютерному середовищі MATLAB/Simulink"

На Рисунку 2.2 представлені імітаційні динамічні характеристики автоматичного нагрівача (АН), який є ключовим компонентом системи підтримки мікроклімату в телятнику. Цей графік демонструє зміну температури об'єкта регулювання з часом у відповідь на керуючий вплив. Отримані дані моделювання в середовищі

MATLAB/Simulink є типовими для систем регулювання температури і відображають перехідний процес виходу на заданий температурний режим, що є основою для подальшого проектування ефективної системи керування.



‘Рис 2.2 Блок-схема моделі теплового балансу приміщення

Де:

$Q_{_telyata}$- кількість тепла, яке виділяють телята в процесі своєї життєдіяльності;

$T_{_zovn}$ – температура за межами телятнику, я взяв температуру -5^0C;

$T_{_vnutr}$-внутрішня температура, я взяв 20^0C так як це бажана температура для телят;

$Q_{_opal}$- кількість тепла яка виділяється системою;

$\frac{1}{s}$ - інтегратор, який виконує функцію інтегрування сигналу що подається на його вхід.

Визначення передатної функції:

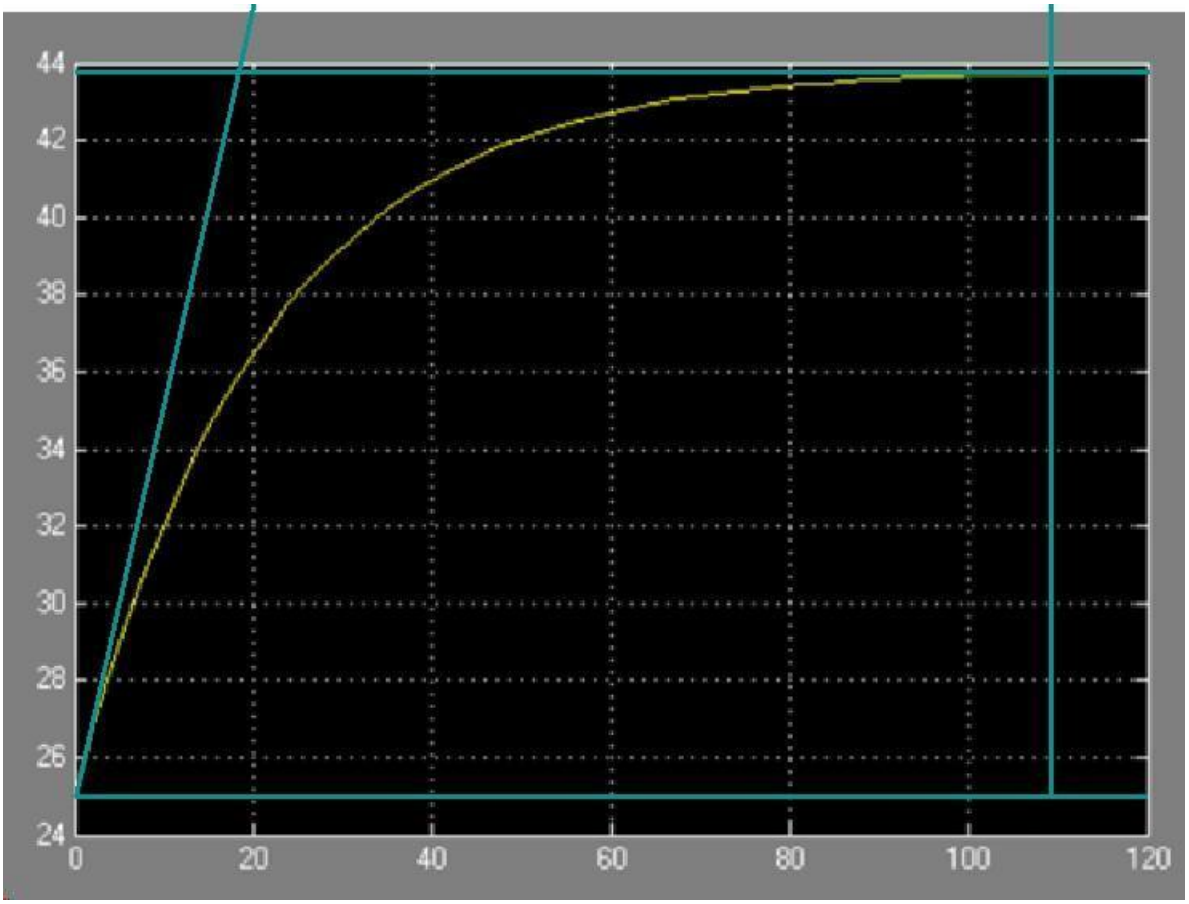


Рис. 2.3. Визначення передатної функції з графіка перехідного процесу

Постійна часу дорівнює 110с

T=110с (2.15)

Діленням усталеного значення на початкове визначаємо коефіцієнт пропорційності:

$$k = \frac{44}{25} = 1{,}76 \qquad (2.16)$$

Таким чином передатна функція об’єкта має такий вигляд:

$$W(s) = \frac{0{,}044}{110 \times s + 1} \qquad (2.17)$$

РОЗДІЛ 3
РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ У ТЕЛЯТНИКУ

3.1 Обґрунтування та вибір алгоритму керування температури

Основна задача забезпечити оптимальні умови утримання телят шляхом автоматичного керування процесами: годування, напування, вентиляції, мікроклімату (температура, вологість), сигналізації аварійних ситуацій.

Вибір **PLC-контролера** обумовлений:

-високою надійністю;

-можливістю налаштування складних алгоритмів;

-сумісністю з широким спектром датчиків та виконавчих механізмів;

-легкістю у модернізації.

Алгоритм керування базується на **подіях**, що відбуваються у системі:

-надходження теляти до поїлки → дозвіл на годування;

-зниження температури → вмикання обігрівача;

-перевищення вологості → активація вентиляції.

Це дозволяє забезпечити **економію енергії** до умов утримання.

Відповідно до класичних критеріїв вибору типу закону регулювання за відношенням **τ/T** (де τ — стала часу об’єкта, T — період дискретизації або затримка в керуванні):
якщо $0{,}2 \le \tau/T \le 1$ → доцільно використовувати лінійний закон регулювання (ПІ, ПІД);

якщо τ/T < 0,2 → ефективним є позиційний закон (вмикання/вимикання);

якщо τ/T > 1 → застосовують імпульсний (релейний) метод.

Об'єкт регулювання характеризується великою інерційністю та відносною статичністю, тому:

τ/T < 0,2 → математично підходить **позиційний закон**.

Але з огляду на вимоги до точності, мінімального перерегулювання та стабільного мікроклімату, позиційний закон не забезпечує належної якості регулювання. У цьому випадку доцільно перейти до лінійного (пропорційно-інтегрального, ПІ) алгоритму на базі ПЛК.

Для обґрунтування вибору алгоритму використовуємо розрахунок динамічного коефіцієнта регулювання (Рд):

$$R_d = \frac{y_1}{K_0 \times y_{max}} \quad (3.1)$$

де:

$y_1 = 5\ ^0C$ — максимальне відхилення температури (допустиме);

K_0 — передатний коефіцієнт об’єкта. Його значення було визначено шляхом імітаційного моделювання теплових процесів у телятнику. Моделювання проводилося в програмному середовищі MATLAB/Simulink. Шляхом подачі ступінчастого тестового впливу на вхід моделі системи опалення та аналізу перехідної характеристики (як показано на Рисунку 2.2), було визначено, що при зміні керуючого впливу на одиницю, температура в телятнику в усталеному режимі змінюється на 1.789 одиниць. Таким чином, передатний коефіцієнт об'єкта K_0 становить 1.789.

$y_{max} = 35\%$ — максимальне можливе температурне збурення (наприклад, раптовому

відкритті воріт або падінні температури зовні).

$$R_d = \frac{5}{1.789 \times 35} \approx 0.08$$

Отримане значення Rд свідчить про помірну чутливість об’єкта **до збурень**, що ще раз підтверджує необхідність **згладженого,** аперіодичного перехідного **процесу** та використання ПІ-регулятора.

Для реалізації автоматичного керування температурою у телятнику обираємо контролер або терморегулятор серії ОВЕН, наприклад:

ТСМ50М — для локального регулювання з датчиками температури;

ПЛК110 (ОВЕН) — для побудови багатозонної системи з моніторингом і можливістю віддаленого доступу.

Переваги засобів ОВЕН:

-сумісність з промисловими датчиками температури;

-підтримка ПІ-регулювання з гнучкими налаштуваннями;

-вбудовані алгоритми згладжування та захисту;

-можливість виведення даних на HMI-дисплей або SCADA.

Можна обрати конкретний типовий перехідний процес, враховуючи вимоги до керованого об'єкта. Зокрема, згідно з технологічними вимогами, час регулювання об'єкта не має перевищувати 1500 секунд, а відхилення температури повинно залишатися в межах 12°С.

Тому доцільно обрати аперіодичний процес через його максимальне динамічне відхилення та мінімальний час регулювання. За рис. 3.1, а знаходимо П-алгоритм керування.

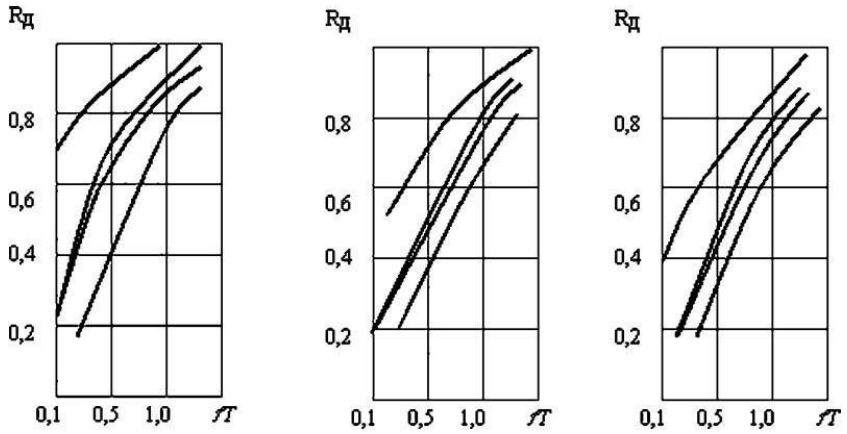


Рис. 3.1. Залежність динамічного коефіцієнта регулювання від динамічних властивостей

1. П алгоритм;
2. І алгоритм;
3. ПІ алгоритм;
4. ПІД алгоритм.

а – для аперіодичного перехідного процесу; б – для коефіцієнта передачі об’єкта перехідного процесу з 20%-вим перерегулюванням; в – для перехідного процесу з мінімальним інтегральним показником якості.

Перевіряємо забезпечення потрібного часу регулювання. За табл. 3.1 обираємо відносний час регулювання Ψ=4.5.

Алгоритм керування	Об'єкт	Відносний час регулювання (Аперіодичний)	Із 20% перерегул.
П	Температура	3,5	6,5
	Вологість	5,0	8,0
ПІ	Температура	6,5	12,0
	Вологість	11,0	16,0
ПІД	Температура	4,0	7,0
	Вологість	7,0	12,0

Таблиця 3.1 Відносний час перерегулювання.

$$t_{P_{\text{п}}} = \Psi \cdot T_{\text{об'єкта}} \tag{3.2}$$

Якщо початкова температура 25°C, а усталена 43°C.

Різниця: 43−25=18°C.

63.2% від 18°C: 18∗0.632≈11.37°C.

Температура, що відповідає T: 25+11.37=36.37°C.

За графіком, температура 36.37°C досягається приблизно за 10-15 секунд (це приблизна оцінка за візуальним спостереженням). Нехай $T_{\text{об'єкта}}$ = 12 с.

За формулою 3.2 обчислюємо час регулювання:

$t_{\text{Рп}} = 4{,}5 * 0 = 0(\text{с})$

П-алгоритм підходить, але має суттєвий недолік у вигляді статичної похибки.

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{1}{1+\text{К}_\text{р}\text{К}_0} \tag{3.3}$$

де: $\text{К}_\text{р}$ – коефіцієнт для визначення статичної похибки П-алгоритму керування.

Тому за рис. 3.2 визначаємо коефіцієнт для обрахунку статичної похибки.

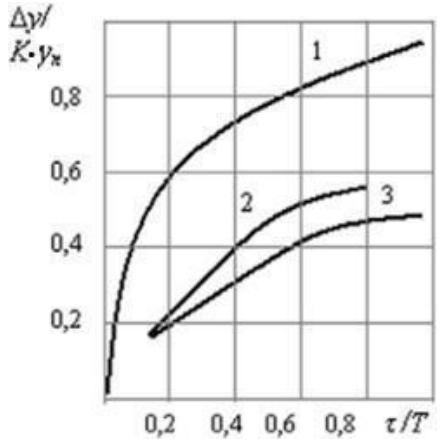


Рис. 3.2. Графічні залежності для визначення статичної похибки за умов використання П-алгоритму керування

Де: 1 – для типового аперіодичного процесу;

2 – з 20% перерегулюванням.

$К_р = 0{,}45$

Обрахуємо статичну похибку:

$$\delta_{ст} = \frac{1}{1 + 1{,}789 \cdot 0{,}45} \approx 0{,}554 \text{ або } 55{,}4\ \%$$

Оскільки статична похибка більша за допустиму, то П-алгоритм не задовольняє вимоги.

$$t_{P_п} = \Psi \cdot T_{об'єкта} \qquad (3.5)$$

Де: $t_{P_п}$ - час регулювання, [с].

Ψ - відносний час регулювання, безрозмірний коефіцієнт, що обирається з таблиці 3.1 залежно від обраного алгоритму керування та бажаного характеру перехідного процесу

$T_{об'єкта}$ - найбільша (домінуюча) постійна часу об'єкта регулювання, [с], визначена за його перехідною характеристикою (Рис. 2.2).

$T_{об'єкта} \approx 12$ с.

З таблиці 3.1 для П-регулятора та температури для аперіодичного процесу Ψ=3.5.

$$t_{P_п} = 3{,}5 \cdot 12 = 42 \text{ с}$$

З розрахунків видно, що 42 с < 1500 с.

Як було показано, П-регулятор, незважаючи на свою простоту, не здатний повністю усунути статичну похибку. Хоча ПІ-регулятор усуває статичну похибку, його динамічні характеристики, такі як час регулювання та перерегулювання, можуть бути неоптимальними для інерційних об'єктів. Додавання диференціальної складової до ПІ-регулятора (формуючи ПІД-регулятор) дозволяє враховувати швидкість зміни регульованої величини. Це надає ПІД-регулятору унікальні переваги: □

Зменшення часу регулювання: Диференціальна складова реагує на швидкість зміни похибки, що дозволяє регулятору "передбачати" її розвиток і вживати випереджувальних заходів. Це призводить до значного скорочення часу регулювання $t_{P_{\text{п}}}$ порівняно з ПІ-регулятором. Згідно з Таблицею 3.1, для ПІД-регулятора відносний час регулювання Ψ=4.0, тоді як для ПІ-регулятора Ψ=6.5. Це свідчить про суттєво швидшу реакцію ПІД-регулятора.

Зменшення перерегулювання: Диференціальна складова також допомагає гасити коливання, що може зменшити або усунути перерегулювання, забезпечуючи плавніший вихід на заданий режим.

Забезпечення необхідного часу регулювання: Розрахунковий час регулювання для ПІД-регулятора згідно з формулою $t_{P_{\text{п}}} = \Psi \cdot T_{\text{об'єкта}}$ (з урахуванням $T_{\text{об'єкта}} \approx 12$ с та Ψ=4.0 для ПІД-регулятора) становить $t_{P_{\text{п}}} = 4.0 \cdot 12$ с = 48 с. Це значення є значно меншим за максимально допустимий технологічний час регулювання в 1500 с, що підтверджує його ефективність.

3.2. Розробка функціональної схеми системи автоматичного регулювання

Функціональна схема, наведена на рисунку 3.3, є графічним представленням сукупності функціональних блоків та зв'язків між ними, які формують систему. Кожен блок обробляє вхідний сигнал (вплив) і створює відповідний вихідний сигнал. Під час розробки функціональної схеми систему автоматичного регулювання (САР) поділяють на елементи відповідно до їх функціонального призначення в системі керування.

При побудові структурної схеми САР система розкладається на динамічні ланки. Динамічна ланка в цьому контексті розуміється як будь-який фізичний пристрій, поведінка якого описується диференціальним рівнянням не вище другого порядку.

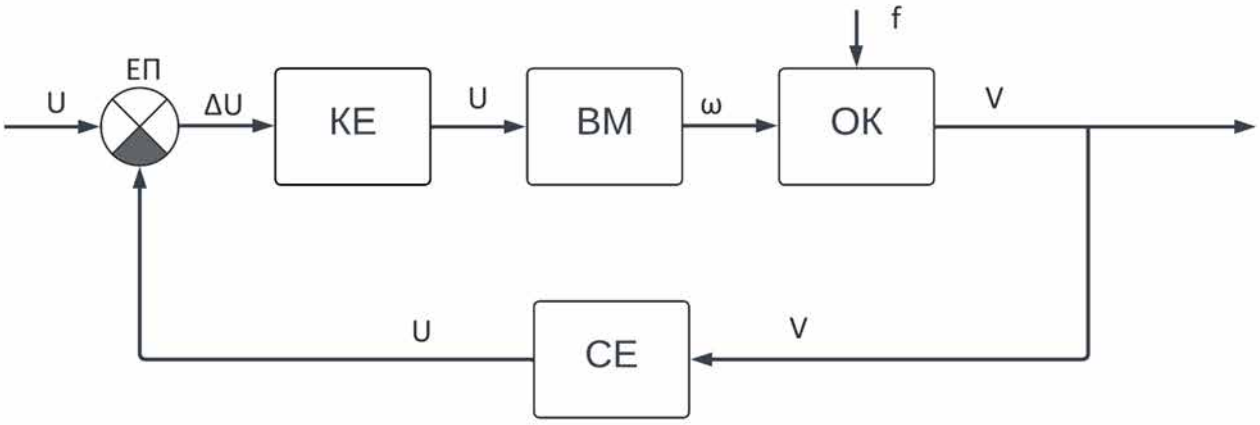


Рис. 3.3. Функціональна схема САР

Пояснення елементів:

1. **ЕП (Елемент порівняння)**:

Порівнює вхідний сигнал (U), який представляє встановлений параметр процесу, із фактичним значенням, отриманим від сприймаючого елемента (СЕ). Вихідний сигнал (ΔU) вказує на відхилення від норми, яке використовується контролером (КЕ) для коригування процесу;

2. **КЕ (Керуючий елемент)**:

Отримує сигнал від ЕП (ΔU) і генерує керуючий сигнал (U) для виконавчого механізму (ВМ). У системі керування температурою контролер активує вентилятор, коли рівень температури опускається до рівня, зафіксованого датчиком LE1, і вимикає їх, коли рівень досягає датчика LE2;

3. **ВМ (Виконавчий механізм)**:

Виконує функцію регулювання температури. Виконавчий механізм отримує сигнал (U) від контролера і забезпечує необхідну дію, наприклад, запуск або зупинку вентиляторів;

4. **ОК (Об'єкт керування)**:

Це резервуар або турбінна установка, де відбувається процес запуску охолодження. Об'єкт керування піддається впливу як дії виконавчого механізму (ω), так і зовнішніх збурень (f);

5. **СЕ (Сприймаючий елемент)**:

Включає датчики температури (LE1 та LE2) та інші можливі датчики, які контролюють параметри процесу, такі як вологість. СЕ передає фактичні значення (V) об’єму та інших параметрів на елемент порівняння (ЕП) для формування зворотного зв'язку;

6. **Зворотний зв'язок**:

Лінія зворотного зв'язку забезпечує передачу виміряних параметрів від СЕ до ЕП. Це дозволяє системі підтримувати постійний контроль над процесом і автоматично реагувати на зміни.

3.3 Вибір первинного вимірювального перетворювача

При виборі датчика температури для телятника потрібно враховувати такі фактори:

Точність: датчик повинен мати достатню точність для вимірювання температури приміщень з потрібною точністю, що зазвичай вимірюється відсотками від повного масового вмісту вологи;

Діапазон вимірювання: оберіть датчик, який має широкий діапазон вимірювання вологості та температури, щоб враховувати різні умови в телятнику, забезпечуючи комфортний мікроклімат для телят;

Швидкість відгуку: важливо, щоб датчик швидко реагував на зміни вологості та температури, щоб своєчасно виявляти погіршення умов і оперативно коригувати вентиляцію чи опалення;

Монтаж та захист: потрібно врахувати, як датчик буде встановлений у телятнику, і забезпечити його захист від пилу, вологи, аміаку та інших агресивних факторів, характерних для тваринницьких приміщень;

Надійність: оберіть датчик від перевіреного виробника з хорошою репутацією. Перегляньте відгуки та рекомендації від інших фермерів, щоб переконатися у його точності, довговічності та стабільній роботі в реальних умовах;

Інтерфейс та сумісність: Переконайтеся, що датчик підтримує необхідні інтерфейси для підключення до систем контролю мікроклімату в телятнику, і сумісний із вашою системою управління;

В якості датчика вологості для нашого об’єкту було обрано трансмітер вологості ПВТ100 (-50…150 град.) який зображений на рис. 3.4.

Рис. 3.4 Зовнішній вигляд первинного вимірювального перетворювача

Даний датчик був обраний через його високу точність вимірювання і швидке реагування. Інші характеристики зображені в таблиці 3.6

Таблиця 3.2

Технічні характеристики датчика температури

Температура	40……80 ^{0}C
Точність	0.3 ^{0}C
Напруга	220В
Клас захисту	IP 65

Виберемо термометр опору, згідно з нерівністю:

$$Tce < 0.1 * Tobject$$

$$Tce < 2.76$$

Оберемо ТСП100П Назва:

ТСП100П Градуювання: 22

Діапазон вимірювання: -40…80

Теплова інерція (ТСС): 9м

Передатна функція: $\frac{0,39}{22s+1}$

Обираємо платину згідно з матеріалу виготовлення ПВП Коефіцієнт:

a = 0.39 * 10^{-3}

$$k_{ce} = R_0 * \alpha \quad (3.6)$$

$$k_{ce} = 100 * 3.9 * 10^{-3} = 0.39 \quad (3.7)$$

Передатна функція є інерційною ланкою:

$$W_{CE}(s) = \frac{k_{ce}}{T_{cc}S+1} * e^{-\tau s} = \frac{0,09*e^{-1}}{2s+1} \quad (3.8)$$

3.3 Вибір виконавчого пристрою

У телятнику виконавчий пристрій подається у вигляді вентиляторів з двигуном, котрі подають теплоносій в середину телятнику.

Для цього було обрано радіальний вентилятор ОВК 2Е 200 (рис 3.6) .

Рис. 3.5. Зовнішній вигляд вентилятора

В таблиці 3.3 можна побачити його характеристики

Таблиця 3.3

Технічні характеристики вентилятора ОВК 2Е 200

Діапазон температур	0 … 100^0C
Напруга	380 В
Частота	50 Гц
Потужність	55 ВТ
Швидкість обертання	2300 об/хв
Продуктивність	860 $м^3$/ч
Постійна часу	10 с
Вага	2,8кг
Клас захисту	IP 24

Для розрахунку передатної функції регулюючого елементу, в нашому випадку вентилятора, маємо наступну формулу:

$Wpo(s) = k$ (3.9)

Де Тр – постійна часу об’єкта; k – коефіцієнт передачі

$$k = \frac{A}{P} \quad (3.10)$$

Де А -продуктивність; Р – потужність

$$k = \frac{55}{860} = 0{,}063 \quad (3.11)$$

Виходячи з цього, ми можемо визначити передатну функцію:

$Wfan(s) = 0{,}063$ (3.12)

В якості двигуна було обрано АИР200L2.

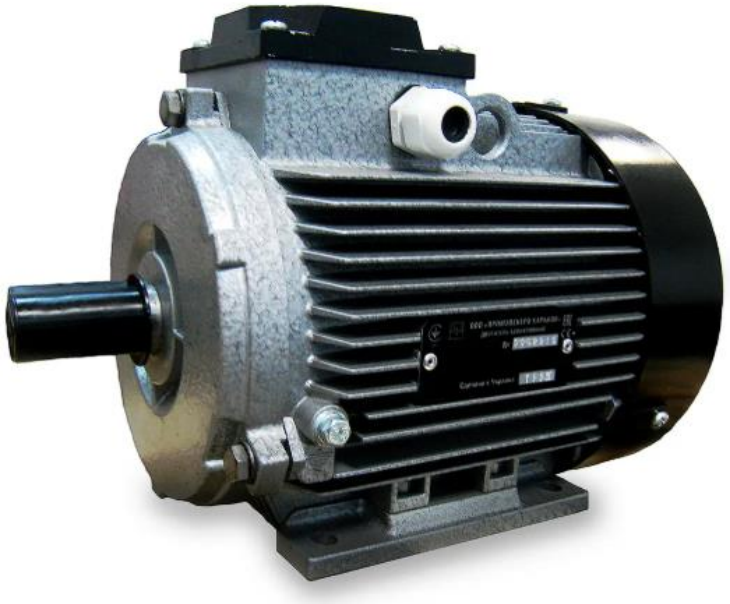


Рис. 3.4. Зовнішній вигляд двигуна АИР90L2.

Таблиця 3.4.

Технічні характеристики АИР90L4

Тип двигуна	Асинхронний
Кількість фаз	1
Номінальний струм	18 А
Потужність	100 Вт
Швидкість обертання	3000 об/хв
Вага	250 кг
ККД	Не менше 80%
IP	55

Передатна функція виконавчого механізму, котрий представлений двигуном, має наступний вигляд:

$$Wbm(s) = \frac{kbm}{s} \qquad (3.13)$$

Час оберту вихідного валу двигуна розраховується за таким принципом:

Для розрахунку часу одного оберту вихідного валу асинхронного двигуна AIP200L2 потрібно знати такі параметри:

- Частота живлення 50Гц;
- Кількість пар полюсів 2.

Розраховуємо синхронну швидкість обертання двигуна за формулою:

$$p_{\text{об}} = \frac{120 \times f}{P} = 3000 \ \frac{\text{об}}{\text{хв}} \qquad (3.14)$$

Щоб знайти час одного оберту вихідного валу за секунду треба використати таку формулу:

$$p_{\text{об}} = \frac{120 \times f}{P} = 3000 \ \frac{\text{об}}{\text{хв}} \tag{3.15}$$

Час оберту: $t = \frac{1}{60} = 0.02\text{с}$

Еквівалентна передатна функція має вигляд:

$$W_{bm}(s) = \frac{W_{\text{пк}}(s)}{1 + W_{\text{пк}}(s) \times W_{\text{зз}}(s)} = \frac{\frac{0,02}{s}}{1 + \frac{0,02}{s}} = \frac{1}{50s + 1} \tag{3.17}$$

3.4 Розробка структурно-алгоритмічної схеми системи автоматичного регулювання

Структурно-алгоритмічна схема - це графічне представлення алгоритму або процесу, яке показує послідовність виконання операцій та логічні зв'язки між ними. Вона складається з блоків, які представляють окремі етапи або кроки алгоритму, і стрілок, що вказують напрямок виконання.

Структурно-алгоритмічна схема допомагає візуалізувати процес виконання програми або алгоритму, що допомагає розуміти його логіку та легше аналізувати. Вона є важливим інструментом для розробників програмного забезпечення та інженерів, які працюють над створенням алгоритмів та програм.

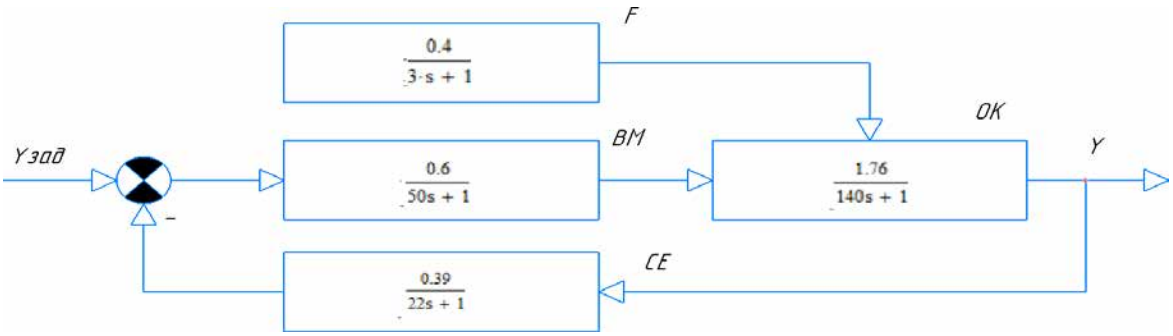


Рисунок 3.5 Зображення структурно-алгоритмічної схеми

K0 = 1,76;

T0 = 140;

τ0 = 1;

kf= 0.4.

3.5. Синтез системи автоматичного регулювання

Цифрові регулятори стають все більш популярними в сучасній автоматизації. Для налаштування їх параметрів можна використовувати аналітичні та графічні методи, засновані на імпульсній теоремі.

Проте, коли потрібно аналізувати процеси в самому цифровому регуляторі, розробляти програмне забезпечення для втілення алгоритмів регулювання або досліджувати вплив параметрів квантування та дискретності сигналів на динамічні характеристики системи, більш точним і ефективним є метод синтезу регулятора у Z-перетворенні.

У даному розділі описується методика розрахунку параметрів налаштування цифрового ПІД-регулятора для наближення неперервних систем першого та другого порядку. Цей підхід включає моделювання системи у формі одного або послідовного з'єднання двох інерційних ланок.

Синтез ПІД-регулятора полягає у визначенні параметрів Kp, Ki, Kd.

Для визначення допустимого періоду квантування використаємо формулу

Оскільки частота квантування:

$$ws = \frac{2\pi}{T} \tag{3.19}$$

Також повинна виконуватись нерівність:

$$ws = 2wc \tag{3.20}$$

То допустимий період квантування визначатиметься за формулою:

$$T_{\text{ц}} = \frac{\pi}{wc} \tag{3.21}$$

Ця нерівність дає можливість сформулювати імпульсну теорему так: неперервний сигнал може бути апроксимований з вказаною точністю його значеннями, які виміряні у дискретні моменти часу з інтервалом Тц.

Ми визначаємо параметри налаштування та будуємо імітаційну модель з використанням програмних пакетів MATLAB і Mathcad, після чого отримуємо перехідну характеристику.

Задаємо параметри Tm=22

T2=50 T3=140

K=0.41184

Розраховуємо параметри ПІД регулятора

$$K_p \frac{T_1 + T_2}{K \times 2 \times T_m} = 10.485 \tag{3.21}$$

$$K\text{i} = \frac{1}{K \times 2 \times T_m} = 0.055 \tag{3.22}$$

$$K_d = \frac{T_1 \times T_2}{K \times 2 \times T_m} = 386.293 \tag{3.23}$$

Проводимо синтез системи в пакеті ПО MathLAb

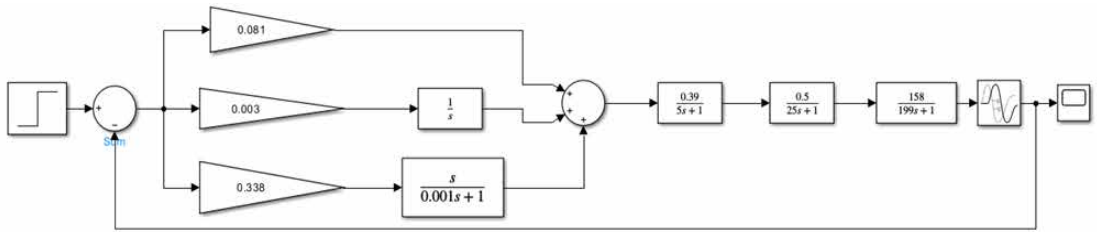


Рис. 3.6. Схема процесу зібрана в програмному пакеті MathLab з регулятором

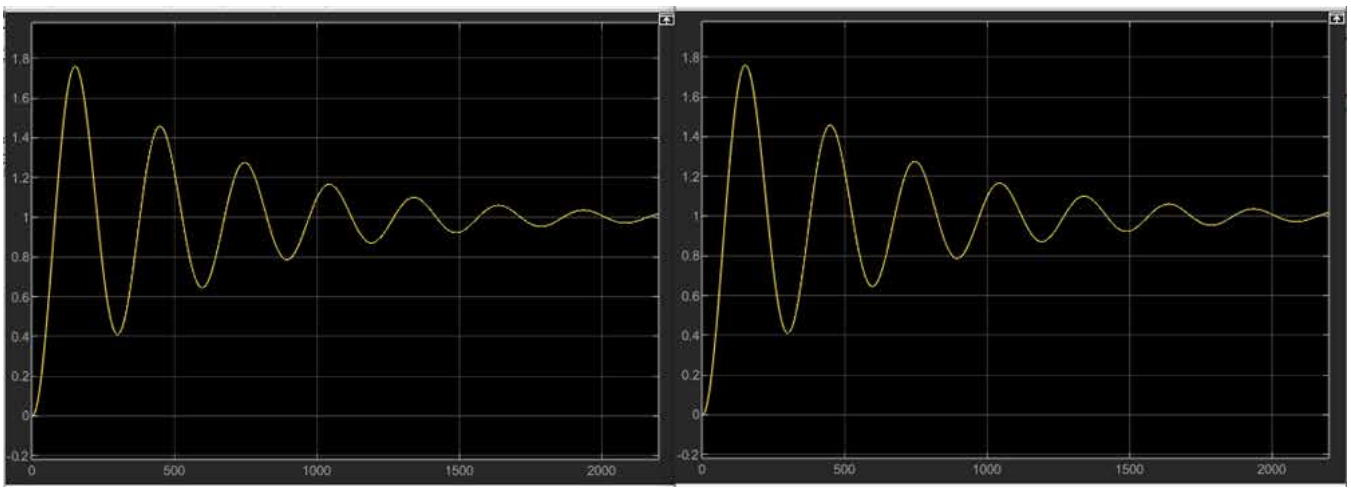


Рисунок 3.7. Графік перехідного процесу Характеристики перехідного процесу

Перерегулювання: $\frac{1.04-1}{1} * 100\% = 4\%$

Час регулювання 220 с

Коливальність 0 шт

3.6. Вибір контролера для керування температурою

В якості контролера для процесу регулювання температури було обрано частотний перетворювач AC70E

Рис. 3.10. Зображення зовнішнього вигляду AC70E

Характеристики ПЧВ2 описані в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Характеристики AC70E

Живлення	3ф, 380В
Вихідна напруга,%	3х220 В
Вихідна частота	400Гц
К-сть входів цифрових	5
Аналогові входи	2
Аналогові виходи	1
Протокол RS485	ModBus RTU
Клас захисту	P20

Перетворювач частоти AC70E широко використовуються у більшості промислових застосувань для вирішення приводних завдань. Керуючи швидкістю асинхронних двигунів та забезпечуючи високий крутний момент на валу, частотні перетворювачі AC70E здатні оптимізувати технологічні процеси, підвищити продуктивність та ефективність, забезпечуючи необхідні режими роботи механізмів.

Завдяки подвійному перетворенню електроенергії AC70E значно зменшують

пускові струми до рівня робочого струму двигуна, а також можуть

зменшити споживання енергії. Це дає можливість запуску та роботи обладнання від слабкого електромережі, наприклад, резервного генератора.

Потужні функції захисту двигуна та самого перетворювача збільшують час безперебійної роботи обладнання і значно зменшують простої. А вбудований промисловий інтерфейс RS-485 дає можливість легко вбудовувати перетворювач в системи автоматизації, моніторингу та диспетчеризації.

РОЗДІЛ 4.
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

При проектуванні систем автоматичного керування важливим етапом є правильний вибір пускозахисної апаратури, кабелів та проводів. Саме від цих компонентів залежить ефективність, безпека та надійність всієї системи.

У цьому розділі будуть розглянуті аспекти вибору електротехнічних компонентів для системи автоматичного керування температурою в телятнику. При цьому особлива увага приділятиметься таким чинникам:

1. **Напруга та струм**: розуміння значень цих параметрів є основою для коректного підбору компонентів системи;
2. **Тип системи**: врахування особливостей системи, що працює на змінному або постійному струмі, є критичним при виборі обладнання;
3. **Потужність системи**: кабелі та проводи повинні витримувати навантаження системи, що є однією з головних умов їх надійної експлуатації;
4. **Вимоги безпеки та сертифікація**: всі компоненти системи повинні відповідати необхідним вимогам безпеки, стандартам та мати відповідні сертифікати.

4.1. Вибір автоматичних вимикачів

Для нагрівального елемента (калорифера) використаємо такі елементи:

1. Номінальний струм вимикача:

$$I = \frac{P}{U\sqrt{3}\cdot\varphi} = \frac{5000}{1.73\cdot 380} = 7.6\ A \qquad (4.1)$$

де P - потужність вимикача, 5 кВт;

U - номінальна напруга електромережі, 380 В.

Для нагрівача 5 кВт вибираємо автоматичний вимикач Schneider Electric Easy9 на 10 А з кривою С (для індуктивного навантаження).

Рисунок 4.1. Зображення автоматичного вимикача

Таблиця 4.1 Технічні характеристики вимикача

Номінальна напруга	400В
Кількість полюсів	2Р
Номінальна пропускна здатність	4.5кА
Міжнародні стандарти	МЕК 60898-1
Частота мережі	50Гц
Ступінь захисту IP	IP20
Тип управління	Перемикач
Крива відключення	С

Для вибору автоматичного вимикача вентилятора використаємо такі параметри:

2. Номінальний струм вимикача:

$$I = \frac{P}{U \cdot \varphi} = \frac{1100}{220 \cdot 0.8} = 6.25\ A \qquad (4.3)$$

Потужність (P) = 1.1 кВт = 1100 Вт

Напруга (U) = 220 В (однофазна мережа)

Приймаємо cosφ ≈ 0.8 (для двигунів)

Пусковий струм (Іп) = Кратність пуску * $I_{ном}$

Приймаємо кратність пуску = 7 (для асинхронних двигунів)

Іп = 7 * 6.25 А = 43.75 А.

Час пуску (tп) зазвичай становить кілька секунд (наприклад, 2-5 с).

Вибираємо автоматичний вимикач з кривою D, яка розрахована на відключення при струмах, що в 10-14 разів перевищують номінальний, протягом короткого часу. В якості автоматичного вимикача для керуючого кола обираємо автоматичний вимикач iC60N 1P 1A C Schneider Electric A9F74101

Рисунок 4.2. Зовнішній вигляд автоматичного вимикача

Таблиця 4.2 Характеристики автоматичного вимикача

Номінальна напруга	4000В
Кількість полюсів	2Р
Номінальна пропускна здатність	4.5кА
Частота мережі	50Гц
Ступінь захисту IP	IP20
Тип управління	Перемикач
Крива відключення	D
Номінальний струм	А

4.2 Вибір електромагнітних пускачів

Для вибору електромагнітного пускача використаємо такі параметри:

1. Номінальна напруга:

$$U_{\text{н.мп}} \geq U_{\text{м}}, \quad (4.5)$$

де $U_{\text{н.мп}}$ - номінальна напруга автоматичного вимикача, В;

$U_{\text{м}}$ - номінальна напруга електромережі;

2. За типом вимикача;

3. Номінальний струм:

Для нагрівача: 7.6 А → вибираємо пускач з $I_{\text{н}} \geq 10$ А

Для вентилятора: 6.25 А, $I_{\text{п}} = 43.75$ А → вибираємо пускач з $I_{\text{н}} \geq 45$ А (з запасом)

4. Ступінь захисту:

В якості магнітного пускача для нагрівача було обрано ОВЕН ПМ12-1010 та ОВЕН ПМ12-4010 для вентилятора:

Рис. 4.3. Зображення магнітного пускача ОВЕН ПМ12-1010

Характеристики магнітного пускача наведені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3. характеристики магнітного пускача

К-сть полюсів	3
Тип мережі	Постійний, змінний струми
Номінальна імпульсна напруга	6кВ
Відключаюча зданість	18кА(380В)
Номінальна робоча зданість відключ.	9кА(380В)
Номінал розчіплювача	100А
Тип	Тепломагнітний
Відповідність ізоляції	До IEC 60947-2

4.3 Вибір кабелю живлення для шафи керування

Струм для підключення всіх пристроїв шафи керування потрібно визначити за наступною формулою:

$$I_{ш.тр.доп} = \sum I_{тр.доп} = 100 \text{ А}, \quad (4.8)$$

де $\sum I_{тр.доп}$ – сума тривало допустимих струмів силового кола і кола керування. Для живлення шафи керування вибираємо кабель ВВГ 3х95 (ГОСТ 7399-97) − кабель з алюмінієвими жилами, ізоляція з поліетилену, що силанольно зшивається, тривало допустимий струм якого дорівнює 100 А.

4.4. Розробка електричної принципової схеми

Електрична принципова схема, згідно з ДСТУ ГОСТ 2.702:2013, надає повне уявлення про структуру та принцип роботи системи автоматичного управління температурою в телятнику. Для створення цієї схеми використовується стандарт ГОСТ 2.708-81, який не враховує габаритні розміри та реальне розташування деталей об'єкта.

Електричні принципові схеми використовуються для зображення всіх компонентів та з'єднань системи управління температурою згідно з ГОСТ 2.709-89. При розробці

схеми враховуються положення таких стандартів, як ГОСТ 2.701-84 і ГОСТ 2.702-75, що регламентують види, типи та правила виконання електричних схем.

Принципові схеми керування системою температурою складаються з силових ланцюгів (живлення нагрівачів, вентиляторів) та допоміжних ланцюгів керування і захисту (керування реле, контакторами, датчиками). Вони є складним поєднанням елементарних електричних ланцюгів і функціональних вузлів, які забезпечують виконання стандартних операцій з регулювання температури. Головна мета принципової електричної схеми керування системою температурою в телятнику - забезпечити безпеку, надійність, зручність у використанні та економічність у роботі обладнання для підтримки мікроклімату.

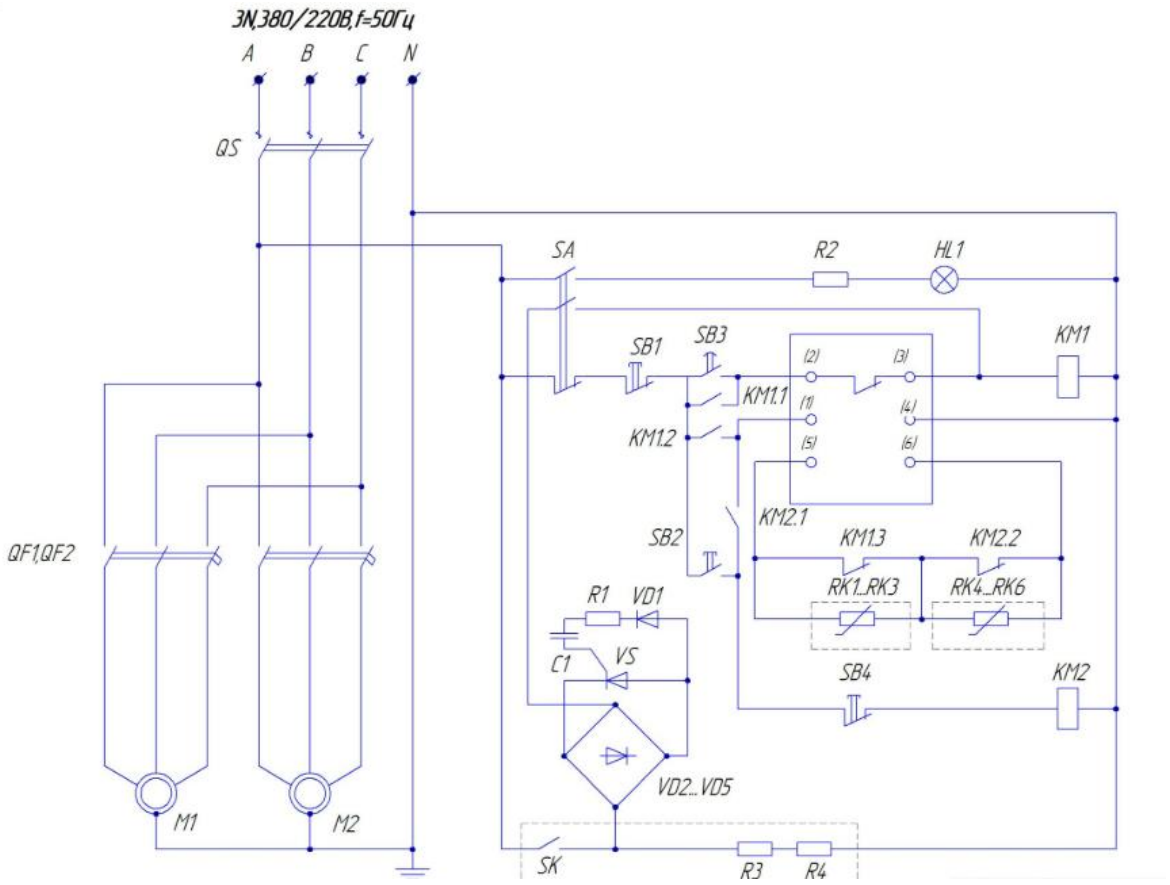


Рис. 4.4. Принципова електрична схема

4.5 Вибір світлосигнальної арматури

Світлосигнальна арматура - це спеціальні пристрої, які використовуються для передачі різних сигналів або інформації за допомогою світла. Ці пристрої можуть бути встановлені на транспортних засобах, в промислових об'єктах, на будівлях тощо, і вони використовуються для надання попереджень, вказівок або сигналів у різних ситуаціях.

Світлосигнальна арматура може бути виготовлена у формі світлових ламп, світлодіодних індикаторів, сигнальних стрілок і т.д. Вона може відображати різні кольори, такі як червоний, жовтий, зелений, а також комбінації цих кольорів, для передачі різних сигналів або інформації.

Світлосигнальна арматура дуже важлива для забезпечення безпеки та ефективності в різних галузях, включаючи транспорт, промисловість, будівництво та інші сфери. Вона допомагає уникати аварій, координує рух транспортних засобів, надає інформацію про стан об'єктів і багато іншого.

В дані бакалаврській роботі будуть використовуватись сигнальні лампи від компанії Schneider Electric. Маркується лампа XB5AVB4 та має широкий вибір кольорів. В даному випадку буде використано три лампи: зеленого, жовтого та червоного кольорів.

Сигнальна лампа для позначення наявності живлення

Рис. 4.4. Зображення зовнішнього вигляду сигнальної лампи. Характеристики лампи наведені у таблиці 4.4

Таблиця 4.4 Технічні характеристики лампи:

Діаметр монтажного отвору	22мм
Номінальна робоча напруга	24 AC/DC
Тип джерела світла	LED-матриця
Колір	Зелений
Матеріал	Пластик
Захист	IP66
Спосіб приєднання проводу	Гвинтовий затискач

Сигнальна лампа для позначення роботи окремих компонентів системи:

Рис.4.5 Зображення зовнішнього вигляду сигнальної лампи

Технічні характеристики лампи яка призначення для роботи окремих компонентів системи наведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5. Технічні характеристики лампи:

Діаметр монтажного отвору	22мм
Номінальна робоча напруга	24 AC/DC
Тип джерела світла	LED-матриця
Колір	Жовтий
Матеріал	Пластик
Захист	IP66
Спосіб приєднання проводу	Гвинтовий затискач

Сигнальна лампа для позначення аварійної ситуації:

Рис.4.5 Зображення зовнішнього вигляду сигнальної лампи

Технічні характеристики лампи яка призначена для індикації зупинки процесу наведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5. Технічні характеристики лампи

Діаметр монтажного отвору	22мм
Номінальна робоча напруга	24 AC/DC
Тип джерела світла	LED-матриця
Колір	Червоний
Матеріал	Пластик
Захист	IP66
Спосіб приєднання проводу	Гвинтовий затискач

Вибір кнопкового посту

Кнопковий пост - це установка або монтажна одиниця, яка включає в себе одну або кілька кнопок, що використовуються для ввімкнення або вимкнення електричних пристроїв чи систем. Вони зазвичай встановлюються на об'єктах або місцях, де потрібно швидко та зручно керувати різними електричними функціями або пристроями.

Кнопковий пост може мати різні конфігурації, включаючи одно позиційні або багатопозиційні кнопки, кнопки з фіксованим або моментальним включенням, а також кнопки з різними символами або позначеннями, що вказують на їх функціональне призначення.

Ці кнопкові пости часто використовуються у промислових установках, будівництві, лабораторіях, а також у системах безпеки та контролю доступу. Вони дозволяють операторам швидко реагувати на потреби системи та ефективно керувати пристроями без необхідності складних процедур.

В даній бакалаврській роботі було обрано кнопковий пост Harmony XALD Schneider Electric

Рис 4.6 Зображення кнопкового посту.

Кнопковий пост буде відповідати за запуск та зупинку системи автоматичного керування температурою. Технічні характеристики будуть наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. Технічні характеристики кнопкового посту

Напруга	240В
Ступінь захисту	IP66
Тип контактів	1NO+1NC
Номінальний струм	3А
Фіксація	немає

4.6 Розробка схеми електричних з’єднань

Для складання схеми з'єднань всі складові частини системи були враховані відповідно до ГОСТ 2.702-75. Ця схема складалася лише на одному щиті, пульті або станції керування. Всі прилади, які були на електричній принциповій схемі, повинні бути зображені на схемі з'єднань. Ця схема з'єднань була розміщена на розгортці щита, з усіма приладами на передній або задній стінці, а клемна збірка - на бічній стінці.

Для уникнення засмічення схеми лініями зв'язку, був використаний адресний метод, де замість ліній зв'язку вказувалася цифрова або буквено- цифрова адреса в місці приєднання кожного проводу або кабелю на кожному приладі.

Розробка схеми з'єднань відповідала таким загальним правилам:

- схема з'єднань розроблена для щита керування, на якому розміщено всі комутуючі пристрої;

- були дотримані норми маркування кабелів та ліній зв'язку за допомогою нормативу ГОСТ 2.710-81 "Позначення буквено-цифрові в електричних схемах".

Під час розробки схеми був використаний адресний метод і дотримані такі вимоги:

- щит керування був зображений на одній площині, показуючи лише передню панель з кнопками керування SB1-SB2, сигнальними лампами HL1- HL2 і перемикачем SA1;

- на задній панелі були розміщені засоби захисту двигунів: магнітний пускач КМ1, автоматичний вимикач QF1.

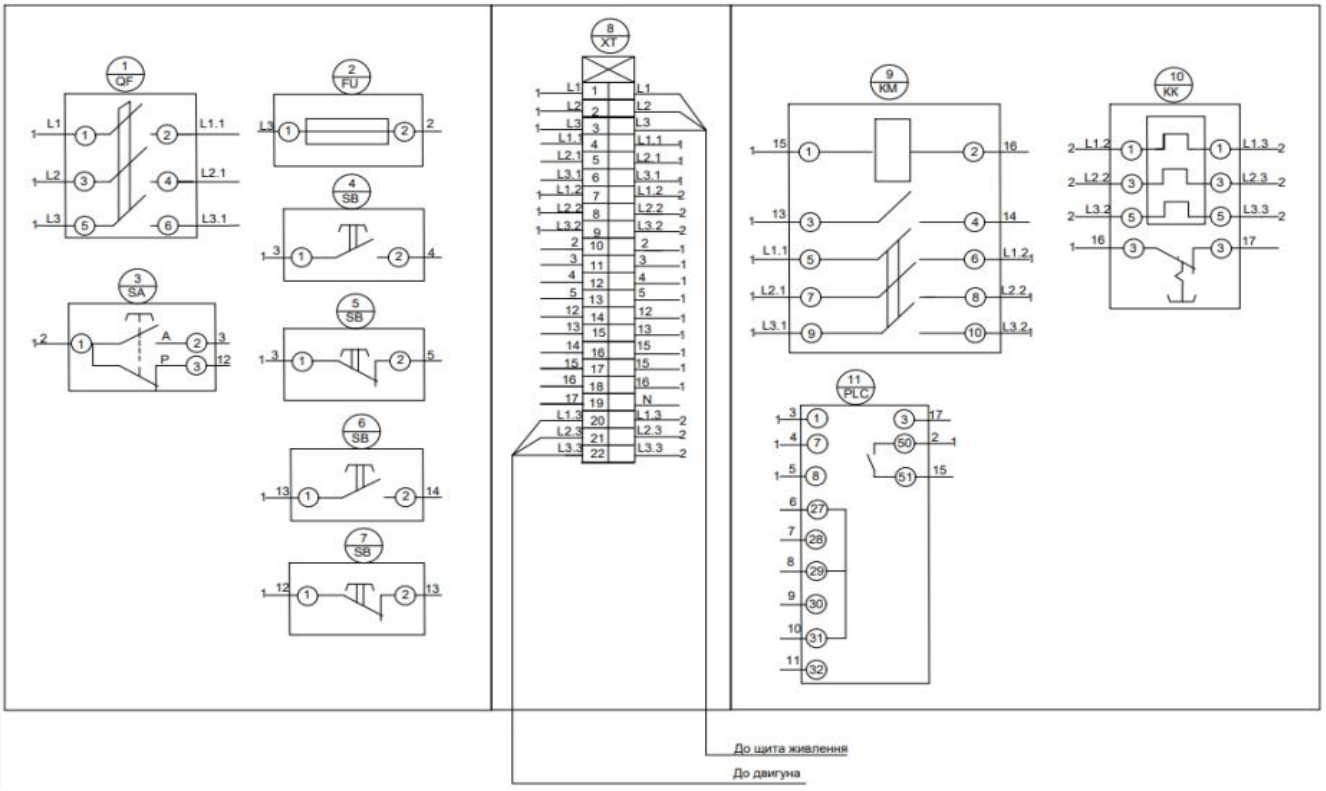


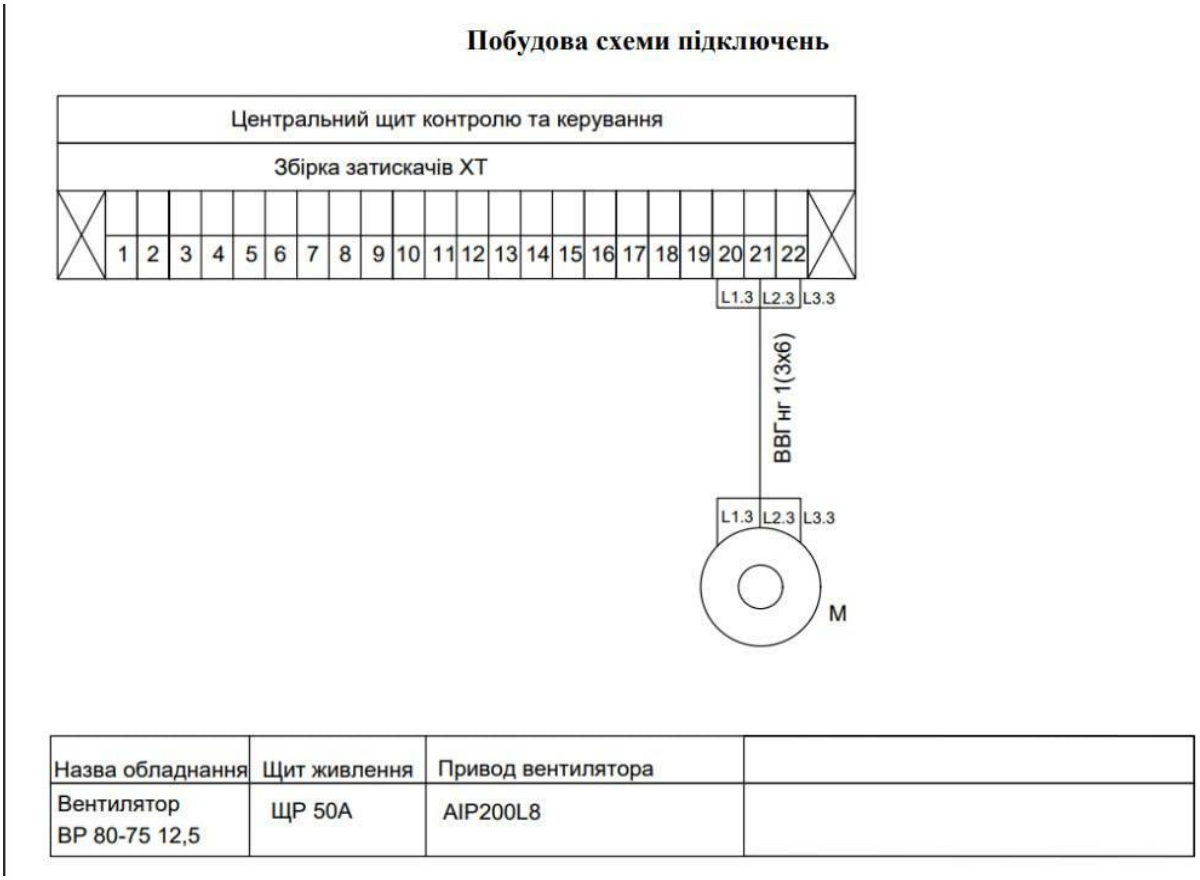
Рис. 4.7 Схема електричних з’єднань

Розробка схеми підключень

На схемі підключень зображується зовнішнє підключення приладів, установок щитів і т. д. Згідно з ГОСТ 2.702-75, ці схеми виконуються на основі електрично принципових схем, специфікацій кожного приладу та креслень виробничих приміщень. Графічними позначками вказуються елементи з'єднання, прилади, які знаходяться за щитом, первинні перетворювачі, засоби автоматизації, а також електропроводка та всі кабелі і проводи.

Для зображення шаф, приладів і пультів використовуються кола або прямокутники, які підписуються всередині фігур. На лініях зв'язку вказуються номери проводів, їх перерізи та довжини. Графічні зображення використовуються для відображення відбірних пристроїв, щитів, пультів керування, сигналізації та вимірювання, а також засобів автоматизації та з'єднувальних коробок.

Рис. 4.8. Схема підключень



Назва обладнання	Щит живлення	Привод вентилятора	
Вентилятор ВР 80-75 12,5	ЩР 50А	AIP200L8	

Схеми підключень виконуються без збереження масштабу у зручному для користувача форматі. Ця інформація міститься на графічній частині схеми підключень.

4.7 Розробка загального виду щита керування

Щит керування є місцем, звідки оператор може керувати автоматизованим об'єктом. Він містить всі необхідні прилади, які не знаходяться безпосередньо на об'єкті. Зазвичай щит керування розташовується у спеціально відведеному місці.

Вибір моделі щиту зазвичай залежить від кількості приладів, їх компонування та типових параметрів. Розробка щита керування ґрунтується на електричних принципових схемах, схемах з'єднань та схемах підключень.

Є два типи щитів: шафові для виробничих приміщень з високою вологістю та можливим пошкодженням апаратури, і панельні. Щити і пульти є постами керування, контролю та сигналізації електрифікованих та автоматизованих об'єктів. На них розташовано апаратуру керування, контрольно-вимірювальні прилади, засоби сигналізації та захисту. Під час проектування щити і пульти вибираються відповідно до нормативних документів, таких як ГОСТ 20504-81, ДСТУ 3288-95 (ГОСТ 26032-96), ГОСТ 36.13-76, інструкції РМ4-107-82. Згідно з цими нормативними документами, щити і пульти призначені для використання в закритих приміщеннях з температурою від -30 до +50 ˚С та вологістю не більше 80%. Промисловість також випускає щити та пульти для спеціальних умов. Шафові щити використовуються в виробничих приміщеннях з великою вологістю та можливим пошкодженням апаратури. Вони також застосовуються для розміщення допоміжної апаратури та для захисту персоналу від дотику до струмоведучих частин.

Вибір конструкції залежить від кількості обладнання. Габарити щита визначаються розрахунками монтажних зон апаратів. Для визначення типу

габариту щита враховують габаритні розміри пристроїв керування та температурні умови.

На основі всіх цих врахувань може бути вибрано відповідний щит керування, наприклад, щит Cetinkaya Pano (600x800x300) IP54, згідно з ГОСТ 36.13-76.

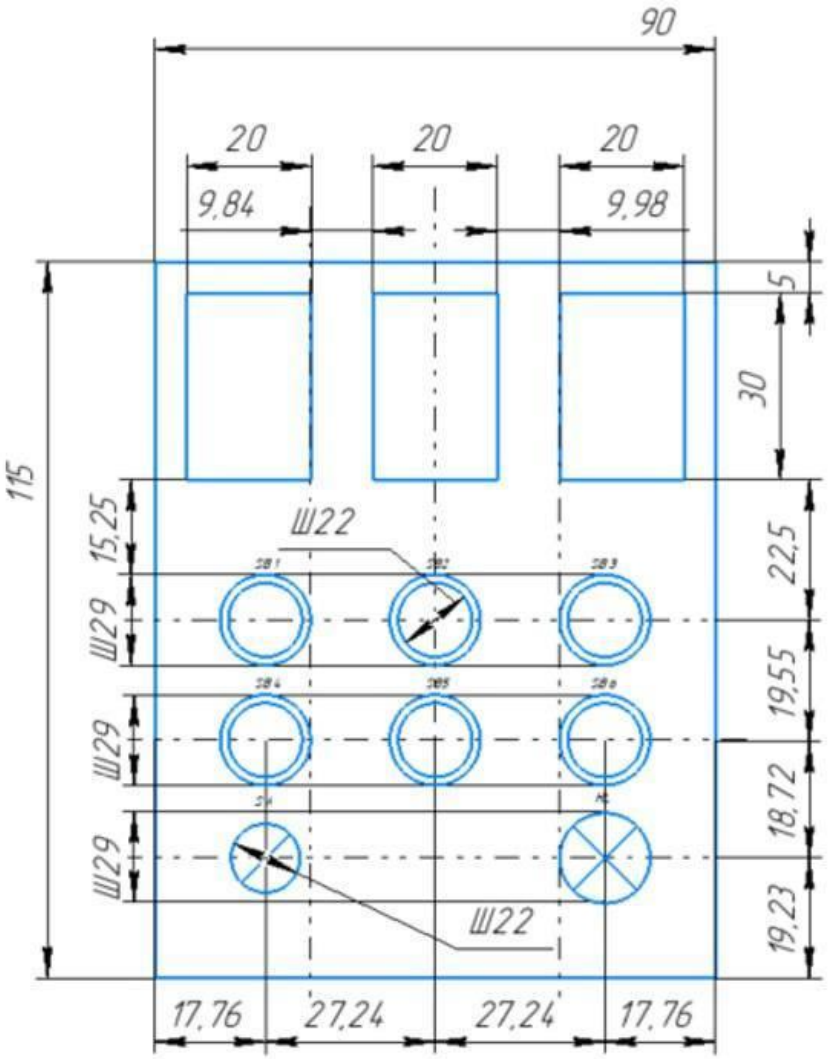


Рис. 4.9. Загальний вигляд щита керування

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ В ТЕЛЯТНИКУ

Автоматизована система керування може мати значний вплив на виробництво та результативність підприємства. Розглянемо деякі ключові переваги використання такої системи:

1. Економія прямих витрат на працю: зменшення необхідної кількості обслуговуючого персоналу може призвести до значного скорочення витрат на оплату праці, що позитивно впливає на фінансові показники підприємства;

2. Підвищення продуктивності праці: автоматизація процесів та оптимізація виробничих операцій можуть збільшити продуктивність праці працівників, що веде до збільшення обсягу виробництва та покращення якості продукції;

3. Економія витрат на електроенергію: оптимізація енергоспоживання за допомогою автоматичного керування системами освітлення, опалення та кондиціонування може допомогти знизити витрати на електроенергію та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище;

4. Покращення умов праці: зменшення тяжких фізичних робіт та роботи в небезпечних умовах сприяє покращенню умов праці та забезпеченню безпеки працівників;

5. Спрощення технологічних схем: автоматизована система керування може спростити технологічні процеси та зменшити час виробництва шляхом автоматизації та використання цифрової обробки даних. Це може призвести до підвищення ефективності виробництва та зменшення загальних витрат на виробництво.

Загалом, впровадження автоматизованої системи керування може значно покращити ефективність виробництва та забезпечити конкурентні переваги підприємству.

Для цього проведемо розрахунок зведених втрат:

$Взв = Р + Ен * К$ (5.1)

де $В_{ЗВ}$ – зведені витрати, грн./рік; Р – річні експлуатаційні витрати, грн./рік;

К – капітальні витрати, грн.; $Е_Н$ – нормальний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, рік (Ен=0,15).

Для оцінки експлуатаційних витрат системи враховуються наступні компоненти:

1. Витрати на оплату праці персоналу (С3): ці витрати визначаються посадовими окладами працівників та їхнім робочим часом. Наприклад, якщо посадовий оклад дорівнює 25 гривень на годину, то загальні витрати на оплату праці обчислюються як добуток посадового окладу та кількості годин робочого часу;

2. Відрахування на амортизацію (Са): цей компонент враховує витрати на знос обладнання. Вартість амортизації розраховується як деякий відсоток від балансової вартості обладнання;

3. Витрати на поточний ремонт (Спр): ці витрати включають у себе витрати на проведення поточного ремонту обладнання. Зазвичай вони виражені у відсотках від балансової вартості обладнання.

Витрати на енергоресурси (Се): цей компонент включає витрати на електроенергію та інші енергоресурси, використані в процесі експлуатації системи. Вартість розраховується як добуток споживаної кількості ресурсу на одиницю часу та відповідного тарифу. Приймемо тариф на електроенергію 5.67 грн/кВт*год. Загалом, сума всіх цих компонентів складає загальні експлуатаційні витрати системи. Важливо враховувати ці витрати при плануванні бюджету та оцінці ефективності системи.

Також треба враховувати інші прямі витрати (Сд): Вони включають витрати які не входять до уже описаних пунктів.

$Се = Р * Г_{річн} * 5,69$ грн (5.2)

Інші витрати візьмемо як 1% від всієї суми експлуатаційних витрат. Звідти

$С = С_З + С_а + С_{пр} + С_е + С_д$ (5.3)

При розрахунку капітальних вкладень для впровадження автоматизованої системи керування необхідно враховувати наступні складові:

1. Витрати на придбання необхідних технічних засобів автоматизації (КЗ): це включає вартість обладнання, яке потрібно придбати для реалізації системи керування. Ці витрати визначаються на основі цін виробників або постачальників, що відповідають вимогам проекту;

2. Торгівельно-транспортні витрати (Ктт): вони включають витрати на доставку та транспортування технічних засобів автоматизації до місця встановлення. Зазвичай ці витрати становлять певний відсоток від вартості обладнання;

3. Витрати на монтаж (Км): це витрати на проведення монтажних робіт, які включають встановлення обладнання та підключення його до системи. Вартість монтажу зазвичай визначається як відсоток від вартості обладнання;

4. Витрати на проведення електричної проводки (Кпр): це включає витрати на прокладання електричних кабелів та з'єднання їх з електромережею. Ці витрати оцінюються з урахуванням вартості матеріалів і робочої сили;

5. Інші витрати (Кі): цей компонент включає інші витрати, такі як податки, збори, консультаційні послуги та інші витрати, які не покриваються попередніми складовими.

Загалом, сума всіх цих складових складає загальні капітальні вкладення, які потрібно врахувати при плануванні бюджету для впровадження автоматизованої системи керування.

Це дозволяє забезпечити повну оцінку капітальних вкладень, що потрібні для впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації, і допомагає зробити обґрунтоване рішення щодо ефективності та вигідності для нашої бакалаврської кваліфікаційної роботи.

$$К = Кз + Ктт + Км + Кпр + Кі. \quad (5.4)$$

Згідно вибраних технічних засобів автоматизації та їх цін у каталогах виробників розраховуємо:

КЗ = 6744 + 3750 + 658,42 + 5199 + 200 + 6930 + 4730 = 28031,42 грн

Тоді торгівельно-транспортні витрати будуть становити:

$Ктт = 0{,}11 * КЗ = 0{,}11 * 28031{,}42 = 3083.47$ грн

Монтаж:

$$Км = 0,17 * КЗ = 0,7 * 28031,42 = 19622 грн$$

Електропроводка: Інше: Кпр=100*27=2700 грн

Сума вкладень: Кі=1659 грн

$$К = 28031,42 + 3083 + 19622 + 2700 +1659 = 55095.42 грн \quad (5.8)$$

Відрахування на амортизацію: $Са = 0,142 * К = 0,142 * 55095,42 = 7824грн$

Поточні ремонтні роботи: $Спр = 0,18 * К = 0,18 * 55095,42 = 9917грн$

Вартість енергоресурсів: $Се = Р * Г * 5,69$ (5.5)

Річні витрати на енергоресурси:

$Се = 11,1 \cdot 1500 \cdot 5,69 = 94989.5$ грн.

Оплата праці персоналу:

$С3 = 12 \cdot 6700 = 80400$ грн.

Річні експлуатаційні витрати:

$С = 7824 + 9917 + 94989.5 + 80400 = 193130.5$ грн

Зведені витрати мають такий вигляд:

$$Взв = С * Ен * К \quad (5.6)$$

ЕН- нормальний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, рік -1 (Ен=0,15).

$Взв = 193130.5 + 0,15 * 55095,42 = 201394.813$ грн

Чистий прибуток:

$$r=\Delta C_3+\Delta C_e, \quad (5.7)$$

де ΔC_3 - прибуток за рахунок економії заробітної плати, $\Delta Се$ – прибуток за рахунок економії електроенергії.

Тоді:

$r = 80400$ грн.

Визначення терміну окупності системи автоматичного керування є важливим етапом у визначенні доцільності впровадження такої системи. Термін окупності розраховується за формулою:

$T_{ок}=K/r=55095,42/80400 \approx 250$ діб

Виходячи з цих розрахунків впровадження автоматизації вважається доцільним.

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі було розроблено систему автоматичного управління температурою в телятнику з використанням комплексу технічних засобів ОВЕН. Ця система демонструє високу ефективність, точність та надійність у контролі та оптимізації температурного режиму, що є критично важливим для забезпечення здоров'я та продуктивності телят.

В ході дослідження було проведено аналіз технологічних процесів утримання телят, оцінено стан існуючих систем контролю мікроклімату та визначено потреби та вимоги до системи автоматичного керування температурою. Використання комплексу технічних засобів ОВЕН дозволило розробити систему, яка забезпечує точний контроль параметрів мікроклімату, швидку реакцію на зміни умов навколишнього середовища та автоматичне регулювання температури.

Раціональність прийнятих рішень та обґрунтованість розробленої системи були підтверджені проведенням розрахунків, аналізу результатів та порівняння з існуючими рішеннями. Було показано, що використання системи автоматичного керування з комплексом технічних засобів ОВЕН призводить до покращення ефективності процесу утримання телят, зниження енергетичних витрат на опалення та вентиляцію, та створення оптимальних умов для їхнього розвитку.

Дослідження економічної доцільності використання системи показало, що вона є вигідним інвестиційним рішенням. Заощадження на енергії, зменшення втрат серед телят та покращення їхнього здоров'я призводять до збільшення прибутку виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Електроніка і мікропроцесорна техніка. Навчальний посібник.[В.І. Сенько, В.П. Лисенко, О.М. Юрченко, В. Є. Лукін, А.А. Руденський]-К: Агросвіт, 2015 – 676 с.

Ідентифікація та моделювання технологічних об’єктів. Навчальний посібник. / В.Лисенко, Є.Чернишенко, В.Решетюк, В.Мірошник, Н.Заєць, І.Цигульов. – К.:АграрМедіаГруп, 2016. – 476 с.

Автоматизація технологічних процесів та виробництв. Використання обладнання OWEN : навчальний посібник / М. О. Кіктєв, А. О. Дудник, В. П. Лисенко. - К.: , 2019. - 77 с.

Контрольно-вимірювальні прилади і засоби для промислової автоматизації виробництва від вітчизняного виробника АКУТЕК: веб-сайт.

URL https://aqteck.ua

URL: https://owen.ua