

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри автоматики та
робототехнічних систем
ім.акад.І.І.Мартиненка

д.т.н., проф. _____ В.П.

Лисенко
(підпис) _____ (П.І.Б.)

“ ” 2022 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ МАГІСТРА

на тему «Дослідження та вдосконалення системи автоматичного
керування процесом заморожування м'ясних виробів на Миронівському
м'ясопереробному заводі «Легко» із використанням комплексу
технічних засобів ОВЕН»»

Спеціальність: 154 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Гарант освітньої програми

д.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

Засць Н.А.

(підпис) _____ (П.І.Б.)

Керівник дипломного проекту

к.т.н., доц.
(науковий ступінь та вчене звання)

Дудник А.О.
(П.І.Б.)

Виконав

_____ (підпис)

Дзюба О.В.

(П.І.Б.)

Київ – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНІ ЕНЕРГЕТИКИ АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматики та
роботехнічних
систем ім.акад.І.І. Мартиненка**

д.т.н., проф.

В.П. Лисенко

“ ” 2022 р.

ЗАВДАННЯ

**на виконання дипломного проекту магістра студенту
Дзюбі Олегу Володимировичу**

1. Тема дипломного проекту магістра: “ Дослідження та вдосконалення системи автоматичного керування процесом заморожування м’ясних виробів на Миронівському м’ясопереробному заводі «Легко» із використанням комплексу технічних засобів ОВЕН”, науковий керівник роботи Дудник Алла Олексіївна, к.т.н., доц, затверджена наказом НУБіП України від 02.11.2021 року № 1657 «С»
2. Термін подання проекту на кафедру 01.06.2022 року
3. Вихідні дані до дипломного проекту магістра: програмований попічний контролер «ОВЕН ПЛК150», контролер «TRM212», перетворювач частоти векторний «ОВЕН ПЧВ 1», камера заморозки розміром 3,700X2,500
4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити):
 - Вступ.
 - Аналіз стану автоматизації заморозки м’ясних продуктів.
 - Розробка узагальненої моделі системи управління заморозки та розморозки м’яса.
 - Вибір регулятора та обґрунтування його параметрів.
 - Дослідження систем автоматизації.
 - Схеми систем автоматизації.
 - Техніко-економічне обґрунтування.
 - Загальні висновки.

Дата видачі завдання 02/11/2021 року

Керівник дипломного
проекту магістра

(підпис)

Дудник А.О.

Завдання прийняв до
виконання

(підпис)

Дзюба О.В.

ЗМІСТ

НУБІП України

АНОТАЦІЯ6

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ7

ВСТУП8

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

ОХОЛОДЖЕННЯ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ.....10

1.1. Опис і аналіз технологічного процесу..... 10

1.2. Загальні вимоги до стандартних камер..... 22

1.3. Архітектура апаратних засобів..... 25

1.4. Архітектура системи управління..... 26

РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ

МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ28

2.1. Загальний підхід до створення математичних моделей..... 28

2.2. Розробка математичної моделі камери замороження м'яса
напівфабрикатів..... 28

2.3 Система диференційних рівнянь зміни тепла в камері
охолодження..... 31

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ КАМЕРИ.....35

3.1. Обладнання ОВЕН..... 35

3.2. Визначення алгоритму регулювання..... 36

3.3. Розробка структурно-функціональної схеми комп'ютерно-ін

тегрованої системи..... 37

3.4. Вибір сприймаючого елемента.....	38
3.5. Вибір виконавчого пристрою.....	40
3.6. Розрахунок параметрів налаштування ПІ-регулятора.....	44
3.7. Пояснення програми для Arduino	49
РОЗДІЛ 4. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	53
4.1. Вибір апаратів захисту та керування.....	53
4.2. Вибір проводів та кабелів.....	59
4.3 Розробка принципової схеми	59
4.4. Вибір щита керування.....	61
4.5. Розробка схеми з'єднань та підключень.....	62
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	64
РОЗДІЛ 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	
ДОПІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ	
КЕРУВАННЯ.....	73
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

АНОТАЦІЯ

НУБІП України

Дзюба О.В. Дослідження та вдосконалення системи автоматичного керування процесом заморожування м'ясних виробів на Миронівському

м'ясопереробному заводі «Легко» із використанням комплексу технічних засобів ОВЕН

НУБІП України

Дипломний проект за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», національний університет біоресурсів і природокористування, Київ, 2022 рік.

НУБІП України

Дипломний проект магістра присвячений підвищенню ефективності роботи камери заморозки шляхом автоматизації регулювання температури за допомогою контролера «ОВЕН».

НУБІП України

Запропоновано використання ПЛК ОВЕН і його контролера який дозволяє усунути недоліки існуючих автоматизованих систем охолодження м'яса. Запропоновано і досліджено імітаційну модель автоматизованої камери заморозки, алгоритм її функціонування та автоматизовану систему управління температурою за заданими параметрами.

НУБІП України

Показано підвищення ефективності функціонування камери заморозки шляхом використання логічного контролера і автоматизації операцій охолодження при використанні методу синтезу лінійних регуляторів з інтервальними параметрами, що заснований на побудові областей розширеного D-розбиття у діапазоні вибору коефіцієнтів регулятора.

НУБІП України

НУБІП України

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЛГОРИТМ, ПІД-РЕГУЛЯТОР, СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ, ТЕПЛОВИЙ ОБ'ЄКТ, АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ОВЕН ПЛК 150, MATLAB, SIMULINK, МОДЕЛЮВАННЯ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ, OPC.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ПЛК – Програмований логічний контролер

ОП – Операторська панель

НПТ – Нормуючий перетворювач температури Pepperl+Fuchs KFD2-UT2-Ex1;

ПІД – Пропорційно-інтегрально диференціальний

БД – База даних

ПЧВ – Перетворювач частоти векторний «ОВЕН ПЧВ 1»

ПЗ – Програмне забезпечення

ТЗ – Технічний засіб

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

На сьогоднішній день у розвинених країнах більшість технологічних процесів автоматизовано, у тому чи іншою мірою. Вступ автоматизованих систем управління у виробництво є одним з найважливіших аспектів оптимізації виробничих процесів. Використання інформаційних технологій у виробництві для контролю, регулювання технологічних параметрів, сигналізації, блокування аварійних об'єктів, обробки даних про процес дозволяє підвищити рівень безпеки на підприємстві, скоротити тимчасові та економічні витрати на проведення технологічних операцій, мінімізувати простій обладнання, оптимізувати логістичну систему підприємства.

З поширенням автоматизованих систем та зростанням їх складності зростає ціна можливої помилки розробника такої системи. Випадковий виведення з ладу дорогого компонента системи може призвести до величезним фінансовим втрат і зриву термінів введення в експлуатацію. Разом з ним зростає важливість проведення попереднього комп'ютерне моделювання. До очевидних переваг такого підходу можна віднести збереження реального обладнання при проектуванні та налаштування системи, а також скорочення часу на випробування регуляторів. З недоліків виділяються підвищені вимоги до кваліфікації розробника АСУ ТП та необхідність виділення термінів на побудову та випробування моделі.

Метою даної роботи є розробка системи автоматичного регулювання температури на базі контролера «ОВЕН ПЛК 150» з використанням технології OPC для зв'язку контролера з програмним пакетом MATLAB, який буде використовуватися для моделювання системи, налаштування регулятора та вироблення керуючого сигналу.

У процесі розробки ставляться такі:

- 1) ідентифікація об'єкта управління;
- 2) побудова моделі з урахуванням специфіки наявного устаткування;

3) порівняльна характеристика методів налаштування регулятора;

4) встановлення зв'язку MATLAB з обладнанням стенду та підготовка до натурним випробуванням.

Розробка системи автоматичного регулювання починається з аналізу предметної галузі.

Охолодження м'яса - це зниження температури в товщі туші до $+3 \dots -2^\circ \text{C}$. Умови зберігання та її тривалість залежить від виду сировини, мікробного обсіменіння, водневого показнику, ряду інших різноманітних чинників і становить від 4 до 15 діб.

Заморозку м'яса ведуть при температурі від $2 \dots 3^\circ \text{C}$ нижче криоскопічної. Товщина подмороженого шару не повинна перевищувати 4 см. Термін зберігання повинен бути не більше 20 діб.

М'ясо, яке можливо вживати в їжу являє собою «охолоджене м'ясо», в якому низькою температур були уповільнені біохімічні процеси, усунена можливість швидкого псування, пониження рН. На глибину та характер змін в м'ясі при заморожуванні впливають вид і якість сировини, а також режими холодильної обробки. Залежно від температури, величини туш, відносної вологості, циркуляції повітря і процесу охолодження, втрати маси м'яса становлять від 0,6 до 2,6%. При процесі охолодженні від м'ясних продуктів відводиться теплота, внаслідок чого їх температура знижується. Сировину можна охолоджувати до температури початку замерзання. Кількість теплоти, що відводиться від продукту при охолодженні, залежить від його теплоємності, а також від різниці температур продукту на початку процесу і в кінці охолодження.

РОЗДІЛ 1

НАУБІП УКРАЇНИ

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАМОРОЖУВАННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ

1.1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

У цій роботі розглядається регулювання температури об'єкта у вигляді контрольованого охолодження. Це дозволяє віднести об'єкт управління класу теплових об'єктів.

Теплові об'єкти є термодинамічні системи, мають кілька вхідних та вихідних величин. Для спрощення моделювання таких об'єктів застосовують моделі з зосередженими теплофізичними параметрами. Енергія і маса в таких моделях приймаються зосередженими в невеликій кінцевій кількості матеріальних точок. При цьому фізичні величини, якими система характеризується в кожній точці, є функціями часу і не залежать від просторових координат ділянок системи. Такий підхід дозволяє представити складну систему у вигляді моделі з послідовним та/або паралельним з'єднанням моделей кожної ділянки (елемента).

Теплові об'єкти мають, як правило, значне запізнення та інерційність. Отже, системи автоматичного регулювання температури таких об'єктів також володіють великою інерційністю з тривалими перехідними процесами. Тепловий об'єкт – це завжди об'єкт із самовирівнюванням температури. Це означає, що при довільному керуючому сигналі регулятора регульована величина (температура) з часом набуде встановленого значення, пропорційне управлюючому сигналу. Також у рекомендується для більшості випадків регулювання температури вибирати ПІД закон регулювання.

1.2 ОПИС І АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Для організації руху повітря в охолоджуваних приміщеннях їх оснащують спеціальним обладнанням чи пристроями, що представляють собою систему розподілу повітря.

У камерах заморозки застосовують тунельну систему розподілу повітря; удавану стелю; системи повітряного душування; повітропроводи з подовжніми чи поперечними (радіальними) соплами; двоканальну, одноканальну й безканалну системи.

Специфічні особливості роботи та аналіз систем розподілу повітря стосовно умов камер холодильної обробки чи зберігання продуктів будуть розглянуті під час

вивчення обладнання цих пристроїв. Системи розподілу повітря, що формують вільні струмені, одержали широке поширення в камерах, призначених для холодильної обробки м'яса в тушах і напівтушах. У цих камерах варто створювати спрямований обдув стегнових частин, товщина яких визначає тривалість холодильної обробки напівтуші.

Системи розподілу повітря оцінюються та порівнюються за технологічними, економічними й експлуатаційними показниками

До технологічних показників відносять рівномірність параметрів повітряного середовища (температура, вологість, швидкість) у вантажному обсязі камер зберігання чи біля поверхні охолоджуваних (заморожених) продуктів у камерах холодильної обробки; сталість цих параметрів у часі, усушка продуктів і інтенсивність охолодження (заморожування); до економічних – питомі капітальні й експлуатаційні витрати, а до експлуатаційних – зручність монтажу, експлуатації та ремонту, а також можливість регулювання системи за зміни умов роботи охолоджуваного приміщення.

Системи розподілу повітря в камерах холодильної обробки харчових продуктів

У камерах холодильної обробки харчових продуктів застосовують системи розподілу повітря, що формують вільні струмені, тобто повітря рухається за закономірностями вільних струменів. Ці системи розподілу повітря поділяють на:

Тунельна система складається з тунелю, у якому знаходиться харчовий продукт, що підлягає холодильній обробці, і перегородок, що організують рух повітряного потоку в системі. Повітря може переміщуватись уздовж короткої (поперечний рух) і довгої (подовжній рух) сторін приміщення чи у вертикальній площині тунелю (рис. 1.2.1).

Охоложене у повітроохолоджувачі повітря вентиляторами направляєтся в тунель, де воно омиває продукт, який може розташовуватися на підвісних шляхах, етажерках, а також знаходитися у формах, ящиках чи у коробках.

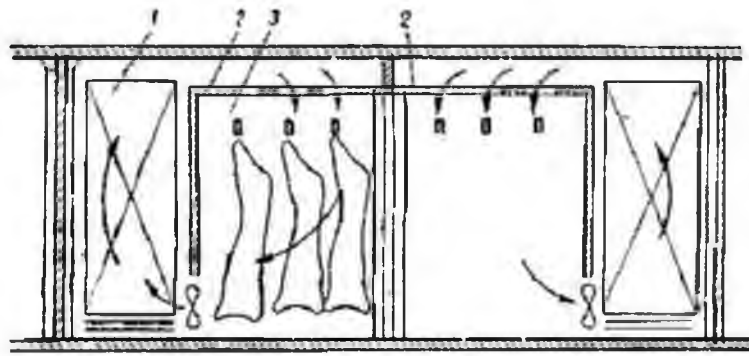


Рисунок 1.2 1 – Тунельна система розподілу з рухом повітря у вертикальній площині: 1 – охолоджувач повітря; 2 – перегородки; 3 – тунель. Стрілки показують напрямок руху повітря



Тунелі з поперечним рухом повітря через значний перетин оснащуються двома і більше осьовими вентиляторами, а тунелі з подовжнім рухом – відцентровими. Для тунелів із подовжнім рухом повітря характерний значний аеродинамічний опір у циркуляційному кільці і менша порівняно з тунелями з поперечним рухом, витрата повітря.

Удавану стелю виготовляють із азбестшиферних плит з пластикових листів, установлених у вигляді щитів між балками підвісних шляхів. У щитах, покладених над рейками підвісних шляхів, розразовуються щілини шириною 35...45 мм.

Загальна висота, що утвориться між удаваною стелею і перекриттям, у багатоповерхових холодильниках складає 800 мм; висота цього простору в одноповерхових холодильниках визначається величиною нахилу покрівлі.

Елемент конструкції камери, обладнаної удаваною стелею, представлений на рис. 1.2.2. Ширина щілин удаваної стелі 35...45 мм, а довжина 300...700 мм за відстані між щілинами 200...300 мм. При зазначених конструктивних розмірах, щілин удаваної стелі система розподілу повітря забезпечує розрахункові швидкості руху повітря.

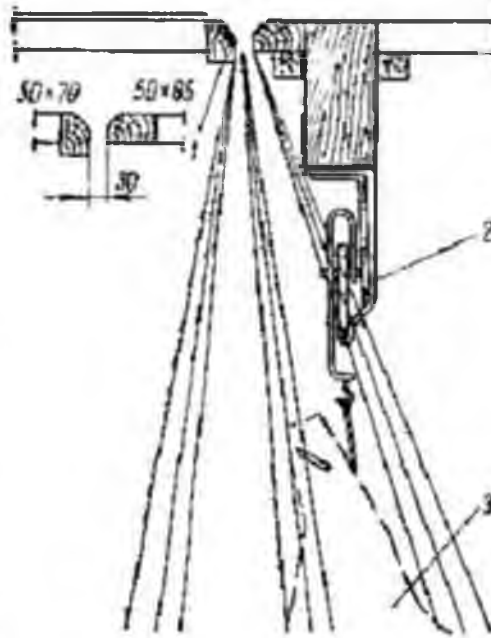


Рисунок 1.2.2 – Елемент конструкції камери, обладнаної удаваною стелею: 1 – удавана стеля; 2 – підвісний шлях; 3 – напівтуша м'яса

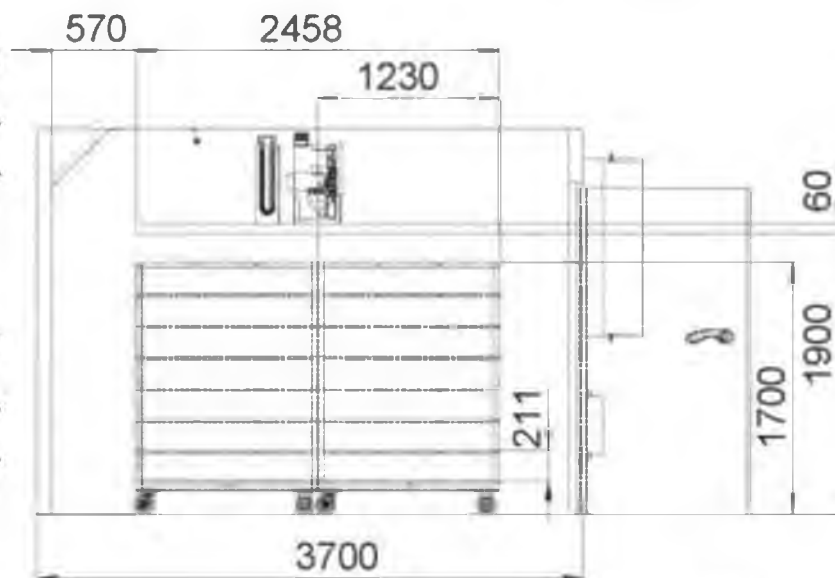


Рис. 1.2.3 Розміри камери заморозки

Динамічна характеристика камери заморожування дозволяє використати позиційний закон регулювання, в подальшому з'являється можливість задовольнити технологічні вимоги до системи автоматизації використовувати засоби автоматизації невисокої вартості.

Схемою автоматизації процесу заморожування м'яса передбачаються автоматичне регулювання температури повітря в камері заморожування, управління вентиляторами, блокування роботи електродвигунів.

Передбачається програмне автоматизоване управління технологічним процесом як за часом, так і за температурою м'яса в товщі туші. Система передбачає також ручне управління процесом.

Після завантаження камери оператор включає електродвигун осьового вентилятора обдування напівтуш холодним повітрям, що надходить по повітропроводу (вентилятори, не показані на схемі, також включаються).

За допомогою ключа управління SA1 встановлює режим (за часом) або (по температурі) кнопкою SB3 включає голосову оповіщення

На поблизу електродвигуна вентилятора і реле часу 4-1;

Через заданий час оповіщення F/a вимикається і включається електродвигун.

Задана температура на контролері в камері підтримується за допомогою термометра опору і вторинного приладу, який дозволяє управляти виконавчим механізмом з клапаном.

Про положення клапана сигналізує світлодіод.

Температура повітря в камері регулюється за двопозиційним законом: при досягненні заданої температури клапан закривається, при опусканні температури повітря в камері, нижче заданої клапан калорифера відкривається,

Вологість повітря в камері регулюється по психрометричній різниці між температурами сухого і змоченого термометрів опору, встановлених в близькості до входу всмоктуючого воздухопроводу.

Термометр опору підключений до регулюючого приладу, який в разі зменшення вологості від заданої (температура змоченого термометра збільшується, і психрометрична різниця зменшується) включає виконавчий механізм (електродвигун) і відкриває шлюзи, змонтований на лінії подачі пари в камеру змішування. Про положення клапана сигналізує світлодіод.

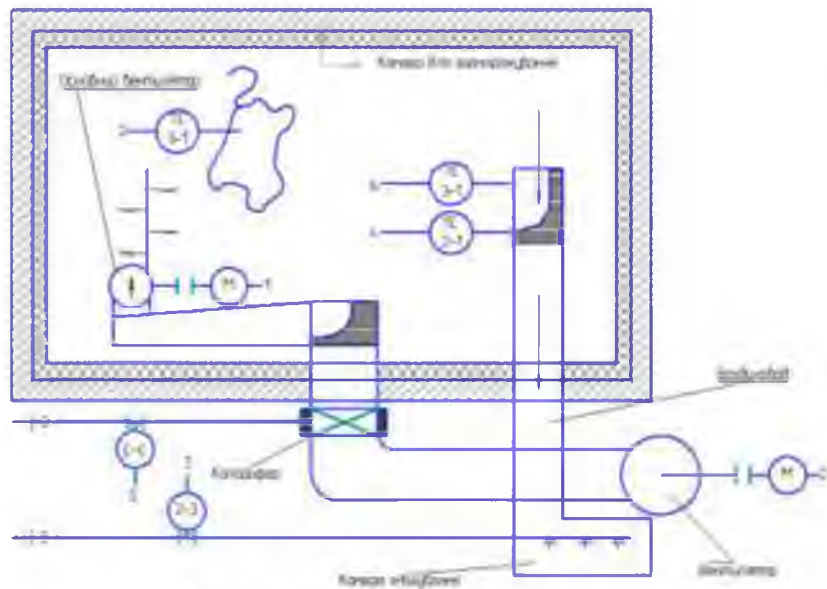
При веденні процесу (за часом) необхідна тривалість заморожування встановлюється на реле часу 4.2. Після закінчення введеного часу реле подає сигнал виконавчим механізмом, які закривають шлюзи і припиняють охолодження повітря зупиняючи компресор і вентилятор. При веденні процесу заморожування (по температурі) голастий термометр поміщають в товщу туші і за допомогою вторинного приладу (потенціометра), що має контактний прилад контролюють температуру в туші. Після досягнення заданої температури контактний пристрій вторинного приладу дає сигнал виконавчим механізмам, припиняє подачу повітря

Після закінчення процесу заморозки камера автоматично переходить в режим зберігання при заданій температурі і діє як склад до моменту відключення програми, або вивантаження туш. Точно також камеру можна тримати в режимі зберігання при заданій температурі до початку процесу, який визначається таймером.

Камера поставляється також з обладнанням розморозки, яке дозволяє підготувати продукцію для спланованого розморозування. Це може оптимізувати застосування камери і скоротити терміни окупності.

НУБІП України

НУБ

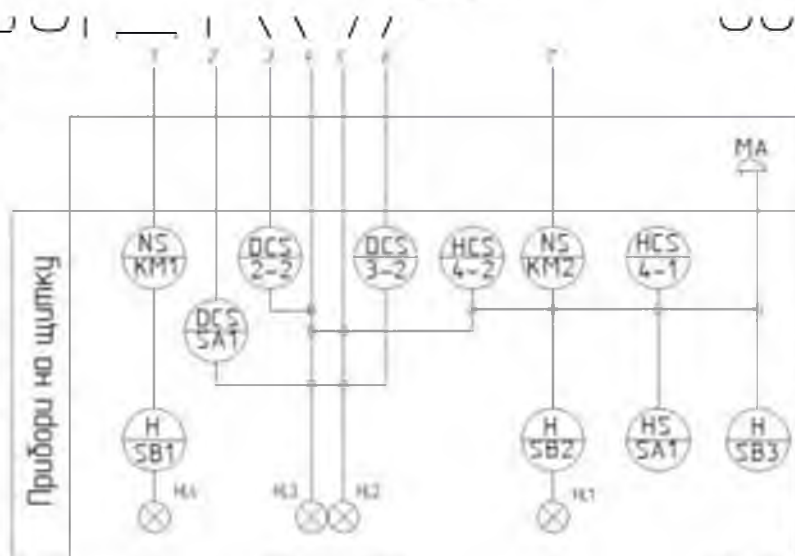


И

НУБ

И

НУБ



НИ

НУБ

НИ

НУБІП України

Рис 1.2.4 Схема автоматизації процесу заморожки м'ясної сировини

НУБІП України

НУБІП України

Інформаційне забезпечення

SA1	КЛЮЧ УПРАВЛІННЯ	ПРИЛАД В ЩИТІ
SB3	Кнопка включає голосове оповіщення	В щиті
HA	Гудок	За місцем
HL1,HL2,HL3	Сигналізуючі світлодіоди	В щиті
4-1	Реле часу	В щиті
3-1	Термометр опору	В камері заморозки
3-2	Механізм управління шлюзами	В щиті
3-3	Механізм відкриття і закриття шлюзів	На вентиляторі
2-1	Термометр опору	В камері заморозки
2-2	Регулюючий прилад	В щиті
2-3	Клапан подачі повітря в камеру	На лінії подачі повітря
1-1	Голчастий термометр	В полутуші, четвертинне
1-2	Потенціометр	В щиті

Озонування камери

Озон виробляється в озонаторах пересувного або стаціонарного типу. В озонаторах при електричному розряді високої напруги, що відбувається в повітрі, молекули двоатомного кисню повітря розщеплюються з утворенням трьохатомного озону.

НУБІП України

НУБІП України

Якщо щоденно застосувати озонування для дезінфекції стабільно забезпечується рівень деконтамінації за повітрям – 100%, за поверхнями до 85%, знижується концентрація токсичних речовин, усуваються запахи, поліпшується самопочуття людей, знижується кількість бактерій в повітрі. Озонатор «ОЗДВ-РІОС» у встановлених шести режимах продуктивності дозволяє стабільно одержувати в повітрі приміщень обсягом від 20 до 200 м³ за фіксований час роботи ГО 12 хв концентрації озону до 6 мг/м³, що забезпечують за 12 хв 97%, а за 60 хв дезінфекційної витримки 100% загибель санітарно показового мікроорганізму S.aureus за початкового рівня обсіменіння $2,3 \times 10^3 + 40\%$ КОЕ на 1

Промисловий озонатор повітря – коротко, повітроочишувач OZONE BLASTER NEW Living Air Ozon Blaster – спеціально розроблений для дезінфекції й очищення повітря замкнутих приміщень від хімічних сполук, бактерій і запахів різного походження. Ozone Blaster (рис. 1.6) перетворює повітря якісне очищення повітря в житлових приміщеннях, великих залах і ресторанах, нічних клубах і офісах, м'ясопереробних цехах і овочесховищах.



Рис 1.6. Промисловий озонатор повітря

Технічні характеристики:

Обсяг приміщення	м ² до 100
Вихід озону, мг/год	720

Тип екрана й фільтра
Продуктивність вентилятора
Споживана потужність

алюмінієвий екран, багатошаровий

м3/хв 9,9

Вт 30

Габарити

мм 300×247×200

Маса

кг 7,500

Виробник

Alpine Industries (США)

1.3. Загальні вимоги до камер охолодження

1. Наявність електроживлення, трифазного 400В / 80А -125А.

Кабель живлення мідний 5 * 25-35 мм².



Основні технічні характеристики кабеля ВВГ 5х25:

- Марка кабеля : ВВГ.
- Струмopовідна робоча жила: Мідна.
- Кількість робочих жил, штук : 5 (п'ять).
- ВВГ 5х25 діаметр зовнішній, внутрішній : 26,0 мм.
- Тип жили кабеля : Багатодротяна (багатожильна).

- Поперечний переріз робочої жили: 25,0 мм².

- Одиниця виміру: 1 метр (погонний).

- Ізоляція жил / ізоляція кабеля :

ПВХ пластикат різних кольорів / ПВХ оболочка чорного кольору.

- Кабель ВВГ 5х25 вага 1км складає: 1560,0 кг.

- Струмова (орієнтовна) навантаження на фазу: 95 Ампер (при відкритій прокладці).

- Виробник: Україна.

Гарантійний термін експлуатації: 3 роки з дати введення кабелів в експлуатацію

2. Наявність промислового водопостачання та стисненого повітря (для продуктів, які потребують контролю вологості, наприклад, неупаковані м'ясо, риба).

Об'єм невеликий, можна встановити спеціальний компресор саме для таких цілей. Тиск води мінімальний - 3 атм., Витрата від 12 до 40 л/год. Стиснене повітря тиском не менше 4 атм., витрата 50 л / год (при заморозці продуктів витрата води в 2 менше більше).

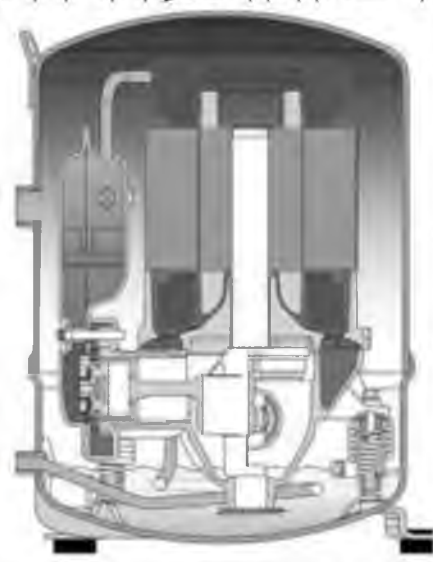


Рис. 1.3.1 Поршневой компрессор Danfoss Mapestor

Основні характеристики

- Застосовувані холодоагенти R22
- Виробник Danfoss
- Гарантійний срок 12 міс
- Країна виробник Данія

Користувацькі характеристики

- Холодопродуктивність R22, $T_{кип} = -15^{\circ}$, $T_{конд} 45$ 4,260 Вт
- Об'єм циліндра 67,89 см³

Продуктивність 11.81 куб. м/час

3. Частота вентилатора



Промислові осьові вентилятори Турбовент ВСХ 1100 в

основному використовуються в приміщеннях для господарського тваринництва (птахівництва, корівників, свиноферм, кролівництва), сільського господарства, а також кухнях, складах, та в інших місцях, де немає легкозаймистого, ідкого повітря. Особливо добре підходять для місць, де легко утворюється відхідний біогаз (переважно промислове тваринництво та птахівництво).

Встановлення

Для роботи на вигяжку або на приплив повітря монтаж даних вентиляторів здійснюється у стіновий отвір у вертикальному положенні, якщо завдання полягає у розгоні повітря по приміщенню - вентилятори підвішуються під стелею. Також можливий монтаж на даху із застосуванням відповідної обв'язки.

Модель	Швидкість обертання, об/хв	Продуктивність, м3/год	Мощість, кВт	Напруга, В
BCX 1100	600	32500	0,75	380

Додатково особі вентилятори Турбовент BCX^o 1100 можуть комплектуватись фібрами забезпечення заданої вологості та температурного режиму в приміщенні; також з вентиляторами можна використовувати датчики, вологість, газоаналізатори, терморегулятори і т.д

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

1.4. АРХІТЕКТУРА АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ

Виділяють два типи архітектури системи управління приміщенням: централізована і розподілена. Централізована система складається з центрального контролера з підключеними до користувачього модулями. У розподілених системах управління пристрою не залежні один від одного.

У цій архітектурі використовується принцип побудови системи на шині.

Переваги централізованих систем:

1) Можливість швидко створювати складні системи управління. Центральний контролер має велику продуктивність для роботи з підключеними до нього датчиками.

2) Швидкість обробки інформації. Обробка та збір даних ведеться безпосередньо на контролері.

3) Модулі (датчики, виконавчі пристрої) малогабаритні, недорогі і мають нескладну технічну реалізацію.

Недоліки централізованих систем:

1) Порівняно низька надійність являється головним вагомим недоліком. При відмові центрального контролера, функціонування системи припиняється.

2) Відносна дорожнеча центрального модуля.

Переваги розподілених систем:

1) Висока надійність системи, так як при відмові одного або декількох модулів система продовжує функціонувати.

2) Масштабування системи та її простота. До наявної шини можливо підключити додаткові модулі.

Недоліки розподілених систем:

1) Модулі (датчики, виконавчі пристрої) забезпечені власними контролерами обробки інформації, в результаті чого досить складні та дорогі.

2) Знижена, в порівнянні з централізованими системами, швидкість обробки даних, так як дані обробляються в різних модулях.

1.5. ОПИС АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

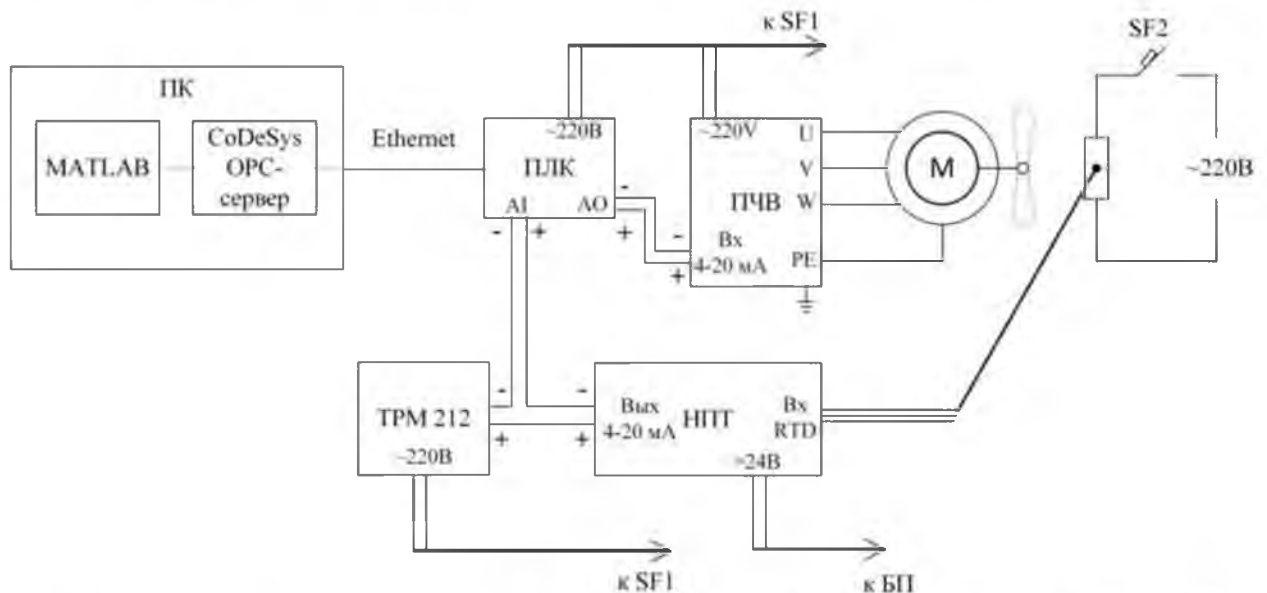


Рисунок 1.2.1 – Схема промислової установки управління

На малюнку 1.5.1 об'єкт управління та вимірювальний перетворювач представлені одним елементом, оскільки на стенді вони конструктивно об'єднані.

На схемі (рисунок 1.5.1) також подано:

- ПЛК – програмований логічний контролер «ОВЕН ПЛК 150»;
- ПЧВ – перетворювач векторної частоти «ОВЕН ПЧВ 4»;
- НПТ – нормуючий перетворювач температури Pepperl+Fuchs
- KFD2-UT2-Ex1;
- ТРМ 212 – вимірювач-регулятор виробництва компанії ОВЕН (для візуального відображення на стенді температури об'єкта);
- SF1, SF2 – автоматичні вимикачі.

1.5.1 Об'єкт управління та вимірювальний перетворювач

Як вимірювальний перетворювач використовується термоопір ТСПІ 100П. Елемент датчика 100П являє собою дротяний намотування з тонкого платиного дроту, поміщеного в керамічний корпус, опір цього намотування змінюється в залежності від температури (елементи 100П відрізняються високою точністю та можливістю роботи аж до $+1100\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Напруга, що знімається з ТСПІ 100П подається на нормуючий перетворювач Рерреп+Fuchs KFD2-UT2-Ex1 (рисунок 2.1.1.2). Він перетворює напругу, що знімається з термоопору, в уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА, що відповідає вимірювальному діапазону температури від 0 до плюс $300\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 1.5.1.1 – Перетворювач температур, що нормує

Для живлення нормуючого преобразователя используется одноканальный источник питания 24В постоянного тока БП30Б-Д3 (рисунок 1.5.1.3)



Рисунок 1.5.1.3 – БП30Б-Д3

Для визуального відображення температури на стенді використовується вимірювач-регулятор ОВЕН ТРМ 212 (рисунок 1.5.1.4). Зв'язок із нормуючим перетворювачем підтримується по «струмній петлі».



Рисунок 1.5.1.4 – Вимірювач-регулятор температури ОВЕН ТFM 212

1.5.2 Програмований логічний контролер

Струмний сигнал від нормуючого перетворювача також надходить на аналоговий вхід контролера ОВЕН ПЛК 150 (рисунок 1.5.2.1). В даній роботі ПЛК забезпечує зв'язок системи з персональним комп'ютером, а також реалізує керуючі дії через ПЧВ на двигун.



Рисунок 1.5.2.1 – ОВЕН ПЛК 150

1.5.3 Перетворювач частоти та двигун

Для плавного пуску та керування двигуном використовується векторний перетворювач частоти ОВЕН ПЧВ (рисунок 1.5.3.1).



Рисунок 1.5.3.1 – ОВЕН ПЧВ

Для об'єднання об'єкта управління в лабораторній установці використовується загальнопромисловий трифазний асинхронний електродвигун АІР56А2У3, з ремінем клиннопасової передачі, що прикріплені до його ротора (рисунок 1.5.3.2)



Рисунок 1.5.3.1 – АІР56А2У3

Живлення камери та включення заморозки (220 В) здійснюється автоматичними вимикачами у верхній лівій частині щита. З'єднання компонентів між собою здійснюється за допомогою панелі в лівій нижньої частини стенду.

1.6 Опис програмного забезпечення

1.6.1 Інструментальне середовище CODESYS

Для програмування контролера, а також для реєстрації значень розгінної характеристики об'єкта на етапі ідентифікації використовується інструментальний програмний комплекс промислової автоматизації версії 2.3 CODESYS виробництва компанії 3S-Smart Software Solutions GmbH. У CODESYS для програмування доступні всі п'ять мов, які визначаються стандартом MEK 61131-3:

- IL (Instruction List);
- ST (Structured Text);
- LD (Ladder Diagram);

- FBD (Function Block Diagram);
- SFC (Sequential Function Chart).

1.6.2 Технологія OPC

Однією з найбільш широко використовуваних технологій, що використовуються в системах автоматизації для зв'язку середнього рівня АСУ ТП з верхнім рівнем, є технологія OPC. В даний час прийнято розшифровувати OPC як Open Platform Communications (раніше: OLE for process control). OPC являє собою стандарт взаємодії для захищеного та надійного обміну даними у сфері автоматизації технологічних процесів та виробництва. Він є платформонезалежним і забезпечує інформаційний потік між пристроями різних виробників та дозволяє будувати відкриті системи.

1.6.3 Программний пакет MATLAB

Для ідентифікації об'єкта управління, моделювання системи управління, налаштування регулятора, а потім також для здійснення регулювання через OPC використовується пакет прикладних програм для технічних обчислень MATLAB, і навіть його модулі Simulink, System Identification Toolbox та OPC Toolbox.

Simulink являє собою графічне середовище, призначене для імітаційного моделювання. Вона дозволяє будувати динамічні моделі, включаючи дискретні, безперервні та змішані, нелінійні системи при допомозі блок-діаграм.

System Identification Toolbox використовується для створення моделей динамічних систем. Цей модуль дозволяє використовувати дані входу, виходу в тимчасовій та частотній областях для ідентифікації безперервних та дискретних передавальних функцій, моделей процесів і моделей простору станів [8].

OPC Toolbox – це модуль, що дозволяє розширити можливості MATLAB та Simulink засобами взаємодії з OPC серверами. Він дозволяє читати та записувати дані з пристроїв сумісних зі стандартами OPC, а також здійснює взаємодію з SCADA-системами та з програмованими логічними контролерами.

РОЗДІЛ 2

ПОБУДОВА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

2.1. Загальний підхід до створення математичних моделей ОК

«Метою цього розділу є розробка математичної моделі об'єкта управління з урахуванням впливу параметра та подальшого створення на основі рівняння динаміки змін параметра управління температури імітаційної моделі дослідження цієї моделі. Вивчення моделі дозволить отримати постійну часу об'єкта і знайти передавальне відношення об'єкта».

Для АСУ синтезу регулювання температури є завдання створити математичний опис динамічних процесів в окремих елементах обладнання, приміщенні та продуктів, що заморожуються.

2.2. Розробка математичної моделі камери замороження м'яса

напівфабрикатів

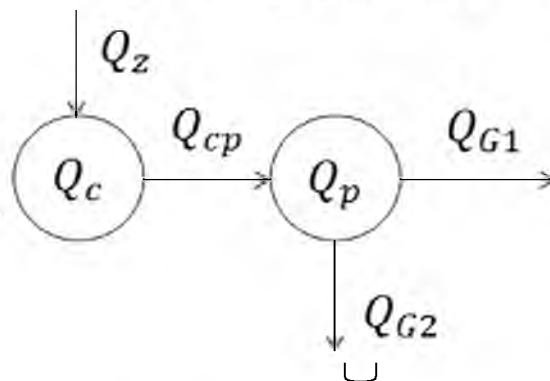


Рис. 2.2.1 Схема потоків тепла камери замороження

- Q_z - тепло від зовнішнього повітря;
- Q_{cp} - тепло, що передається від стін до камери;
- Q_{g1} - тепло, що приходить і виходить з повітрям;
- Q_{g2} - тепло, що виводиться з повітрям камери;
- Q_c - тепло від стін;
- Q_p - тепло в повітрі камери

- Тепло яке зберігається в стінках камери :

$$Q_c = C_c \cdot M_c \cdot t_c, \text{ Дж}$$

де C_c – середня теплоємність стін, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

M_c - маса стін, кг;

t_c – температура стіни (середня), $^\circ\text{C}$.

- Температура від зовнішнього повітря до стелі та стін камери

$$Q_z = \alpha_{zc} \cdot F_c \cdot (t_z - t_c), \text{ Вт}$$

де F_c – поверхня стін та стелі камери охолодження, м^2 ;

α_{zc} – коефіцієнт тепловіддачі від повітря до стін, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$;

t_z – температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$;

t_c – температура стіни камери (середня), $^\circ\text{C}$.

- Тепло яке передається від стін до повітря камери замороження:

$$Q_{cp} = \alpha_{cp} \cdot F_c \cdot (t_c - t_p), \text{ Вт} \quad (2.3)$$

де F_c – поверхня стін та стелі камери, м^2 ;

α_{cp} – коефіцієнт залежності швидкості повітря в камері, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$;

t_p – температура повітря в камері, $^\circ\text{C}$;

t_c – температура стіни камери (середня), $^\circ\text{C}$.

- Тепло яке зберігається в повітрі камери замороження.

$$Q_p = V_p \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot t_p + M_f \cdot C_f \quad (2.4)$$

де V_p – об'єм повітря в камері охолодження, м^3 ;

ρ_p – густина повітря, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

C_p – теплоємність повітря, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

t_p – температура повітря в камері охолодження, $^\circ\text{C}$;

M_f – маса напівфабрикатів, кг;

C_f – теплоємність напівфабрикатів, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

- Тепло що приходить та виходить з повітрям :

$$Q_{G1} = V_v \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_z - t_{xp}), \text{ Дж}$$

де V_v – витрата вентиляційного повітря, $\frac{м^3}{с}$;
 ρ_p – густина повітря, $\frac{кг}{м^3}$;
 C_p – теплоємність повітря, $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$;

t_z – температура зовнішнього повітря, $^\circ C$;
 $t_{хп}$ – температура холодного повітря, $^\circ C$.
 • Потік тепловий що відводиться з повітрям камери:

$$Q_{G2} = V_v \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_p - t_z), Дж \quad (2.6)$$

де V_v – витрата вентиляційного повітря, $\frac{м^3}{с}$;
 ρ_p – густина повітря, $\frac{кг}{м^3}$;
 C_p – теплоємність повітря, $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$;

t_p – температура повітря в камері охолодження, $^\circ C$;
 t_z – температура зовнішнього повітря, $^\circ C$ [11].

2.3 Диференційна система рівнянь зміни тепла в камері заморозки

$$\frac{dt_c}{d\tau} = \frac{1}{C_c \cdot M_c} \cdot (\alpha_{zc} \cdot F_c \cdot (t_z - t_c) - \alpha_{cp} \cdot F_c \cdot (t_c - t_p))$$

$$\frac{dt_p}{d\tau} = \frac{1}{V_p \cdot \rho_p \cdot C_p + Mf \cdot Cf \cdot C_p (t_p - t_z)} \cdot (\alpha_{cp} \cdot F_c \cdot (t_c - t_p) - V_v \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_p - t_{хп}) - V_v \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_p - t_z))$$

$$\frac{dt_c}{d\tau} = \frac{1}{453,552 \cdot 5851,013} \cdot (22 \cdot 66,392 \cdot (16 - t_c) - 13 \cdot 66,392 \cdot (t_c - t_p))$$

$$\frac{dt_p}{d\tau} = \frac{1}{44 \cdot 1,23 \cdot 1000 + 2419,5 \cdot 2170} \cdot (13 \cdot 66,392 \cdot (t_c - t_p) - 2,2 \cdot 1,23 \cdot 1000 \cdot (t_p - (-15)) - 2,2 \cdot 1,23 \cdot 1000 \cdot (t_p - 16))$$

Фізичні виміри елементів які входять в розрахунки

Довжина камери, м	L=7.52
Ширина камери, м	B=2.97
Висота камери, м	H=2.1
Густина повітря, $\frac{кг}{м^3}$	$\rho_p = 1.23$

Температура холодне повітря, °C	$t_{хп} = -15$
Температура зовнішнього повітря, °C	$t_z = 16$
Теплоємність повітря, $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$	$C_p = 1000$
Теплоємність напівфабрикатів, $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$	$C_f = 2170$
Коефіцієнт тепловіддачі від повітря до стін, $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$	$\alpha_{zc} = 22$
Коефіцієнт залежності швидкості повітря в камері, $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$	$\alpha_{cp} = 13$

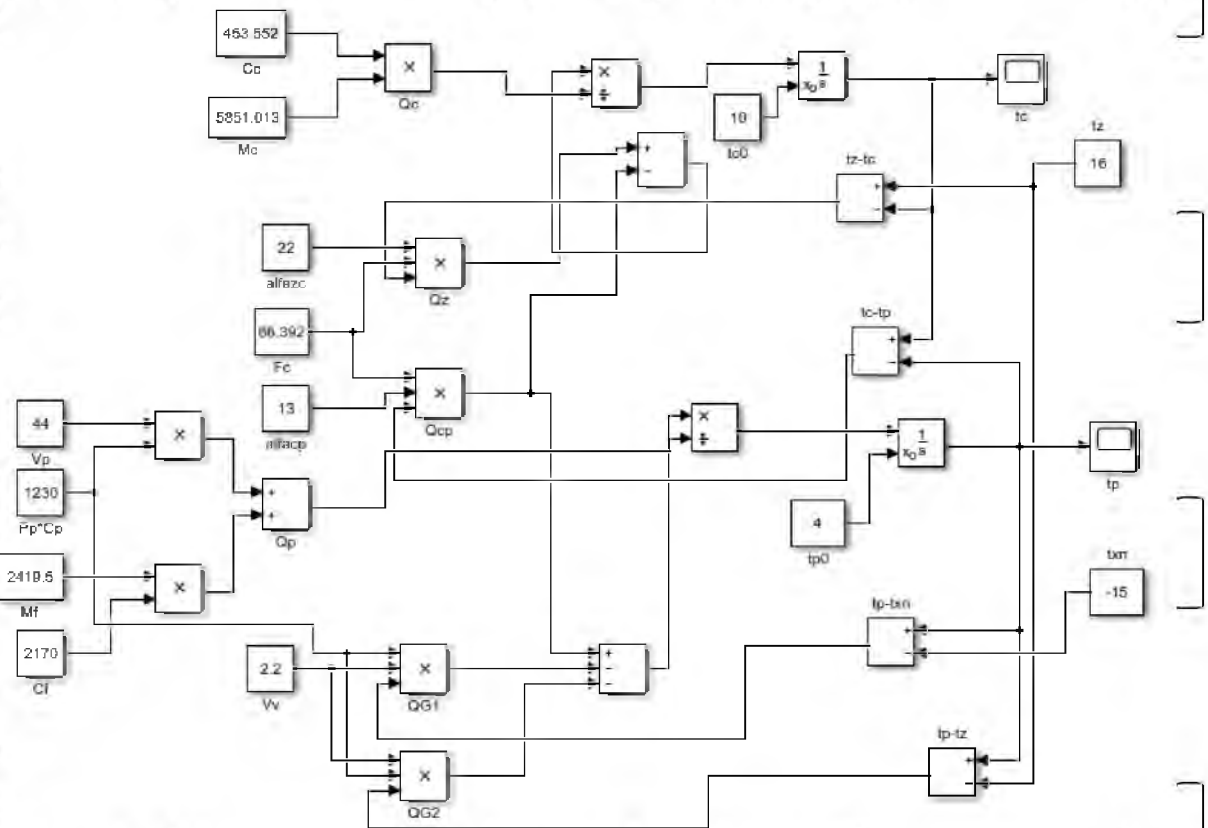


Рис. 2.3.1 Схема моделі кімнати заморозки в блоках Simulink-MATLAB

Для оцінки характеристик кімнати охолодження туші м'яса як об'єкта регулювання температури була використана її розгінна характеристика, яка представляє собою залежність температури від часу заморозки, при ступінчастій зміні дії управління (рис. 2.3.2)

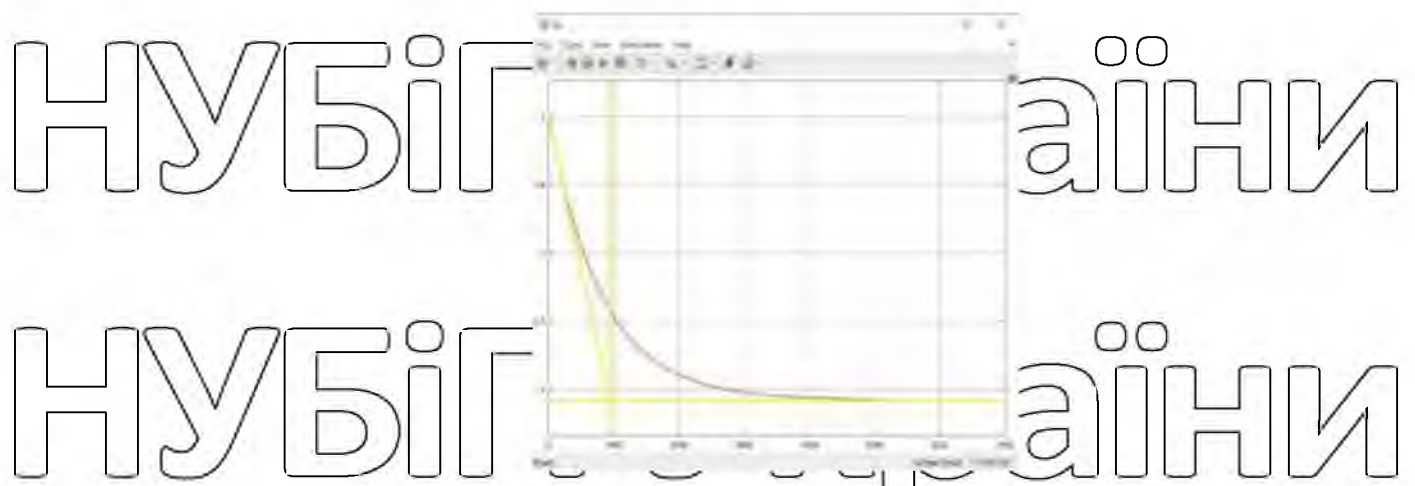


Рис.2.3.2 Розгінна крива зміни температури в камері заморозки, яка отримана в моделі Simulink

2.4 Передатна функція управління

Управлінням у системі приймається вплив вентилятора на об'єкт

управління. Перш ніж отримувати розгінну характеристику об'єкта управління

необхідно, що нагрівач у системі буде включений постійно. Отже, для отримання розгінної характеристики реєстрацію даних необхідно почати від максимальної температури (200 °C) з включеним нагрівачем та при максимальній інтенсивності охолодження. Коли сигнал на графіку прийме значення, програма зупиняється, двигун та нагрівач вимикаються.

Як перший наближення вирішено позначити об'єкт аперіодичним ланкою другого порядку. Вікно порівняння передатної Характеристики отриманої моделі з вихідними даними представлено на малюнку 2.4.1.

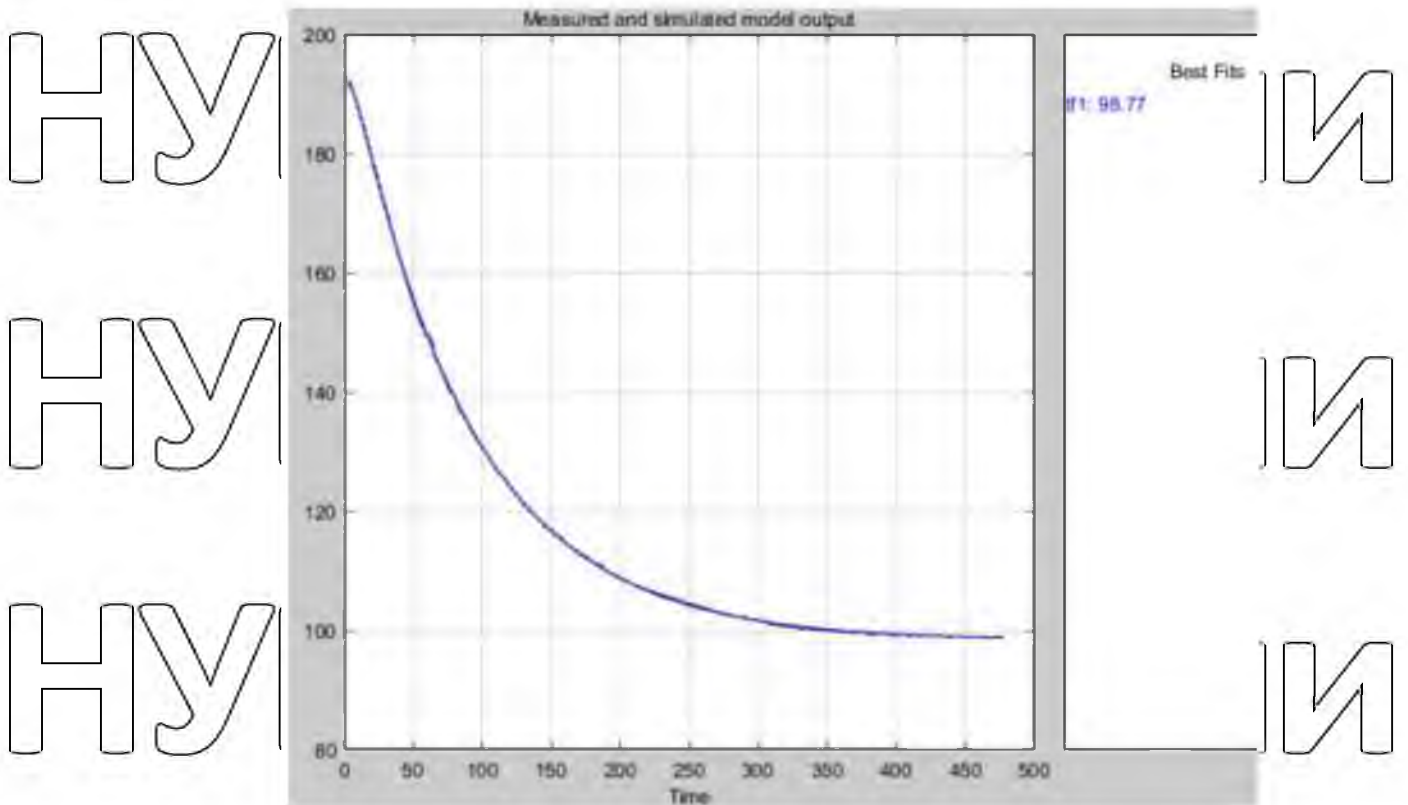


Рисунок 2.4.1 – Апроксимація об'єкта аперіодичною ланкою другого порядку

На малюнку 2.4.1 показано, що аперіодична ланка другого порядку відбиває динамічні властивості об'єкта на 98,77%. Розрахована передавальна функція наведена малюнку 2.4.2.

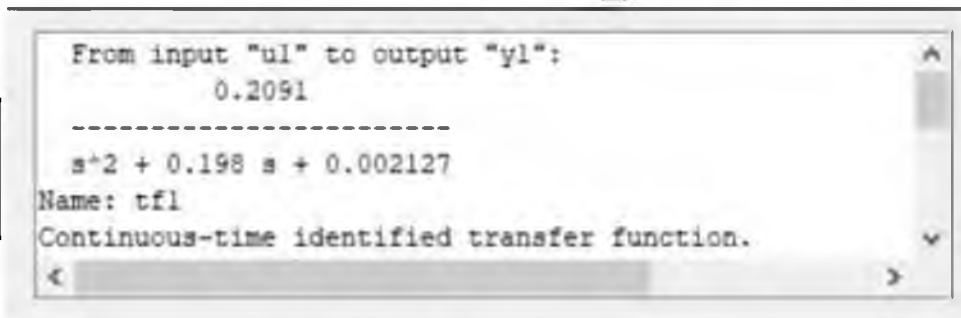


Рисунок 2.4.2 – Передатна функція об'єкта управління

Далі в моделі використовується передатна функція об'єкта по управлінню

$$W_{yu}(s) = \frac{0,2091}{s^2 + 0,198s + 0,002127} = \frac{0,2091}{(87,73s + 1) \cdot (5,359s + 1)}$$

Слід зазначити, що при одночасному включенні нагрівача та двигуна на максимальній потужності відбувається встановлення значення температури об'єкта лише на рівні 100 °С. Отже, система здатна відпрацьовувати дії, що задають, тільки

в межах діапазону від 100 до 200°C. У цьому процедурі ідентифікації вважається завершеною.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

НУБІП України

Для розробки системи автоматичного регулювання спочатку необхідно створити модель об'єкта управління та відпрацювати на ній синтезовані регулятори. Такий підхід дозволяє випробувати різні види регуляторів та методи їх налаштування з набагато меншими тимчасовими витратами (перехідний процес моделі розраховується дуже швидко). У те ж час можливі помилки при налаштуванні не завдадуть шкоди реальному обладнанню.

НУБІП України

3.1 Ідентифікація об'єкта управління

Зміст науки ідентифікації полягає у побудові математичної моделі об'єкта на основі результатів спостережень за його поведінкою. Загалом, завдання ідентифікації зводиться до визначення передавальної функції, що перетворює вхідні дії у вихідні величини об'єкта.

НУБІП України

Для вирішення задачі ідентифікації буде задіяна програмна середовище CODESYS та модуль System Identification Toolbox програмного пакету MATLAB.

Створюється проект у CODESYS, як цільову платформу вибирається ПЛК

150 A-M, target-файл якого був попередньо встановлений CODESYS.

НУБІП України

У конфігурації ПЛК призначається ім'я змінної (X_in) для входу, до якого підключено нормуючий перетворювач (рисунк 3.1.1)

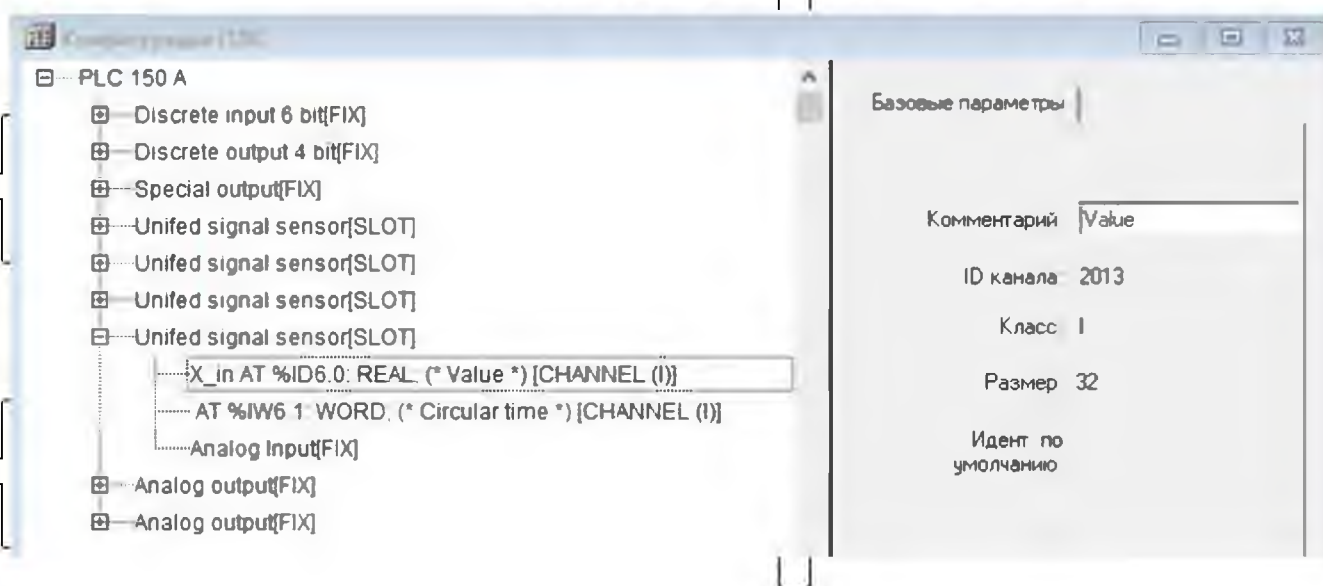


Рисунок 3.1.1 – Призначення змінної X_in входу контролера

Далі засобами CODESYS створюється візуалізація, на яку міститься елемент Тренд з пантри об'єктів

У вікні конфігурації тренда вибирається змінна X_in, а також встановлюється режим реєстрації «Історія», позначається директорія та ім'я вихідного файлу, до якого записуватимуться значення змінної (рисунок 3.1.2)

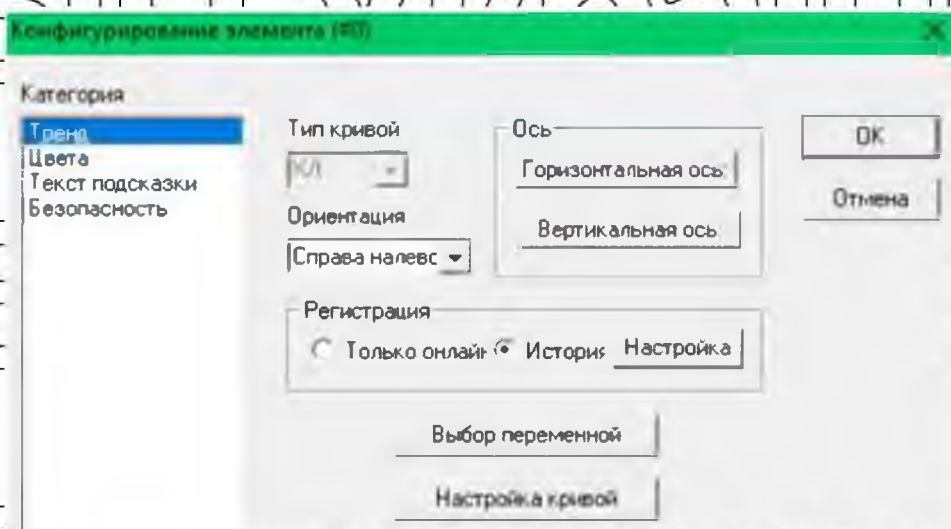


Рисунок 3.1.2 – Вікно конфігурування тренду

Після цього для запису значень струмового сигналу від ІПТ достатньо підключитися до контролера і запустити програму, що містить хоча б одну рядок

3.2 Моделювання систем

В зазначається, що система MATLAB/Simulink є в даний час час одним з найбільш популярних інструментів для моделювання та чисельних розрахунків, які застосовують у різних галузях знань.

При побудові моделі системи автоматичного регулювання температури необхідно врахувати такі фактори:

1. Температура об'єкта в моделі не повинна приймати значення нижче кімнатної, оскільки обладнання фізично не дозволяє.
2. Під-регулятор не повинен видавати керуючі дії, як ПІД та двигун не зможуть відпрацювати. Отже, потрібно обмежити діапазон керуючого впливу, що видається регулятором.

3. При передачі керуючого впливу через OPC відбувається тимчасова затримка.

4. Завдання температури може бути змінено неодноразово у процесі роботи системи.

5. Зростання потужності двигуна буде призводити до зниження температури об'єкта управління, отже, регулювання в проектованій системі є інверсним: нагрівач робить позитивний внесок у температуру об'єкта, а вентилятор – негативний.

6. Для переведення діапазону зміни керуючого впливу від регулятора в діапазон 0-100% потужності двигуна потрібно запрограмувати блок перетворення.

Побудована в Simulink з урахуванням усіх перерахованих вище вимог наведено малюнок 3.2.1

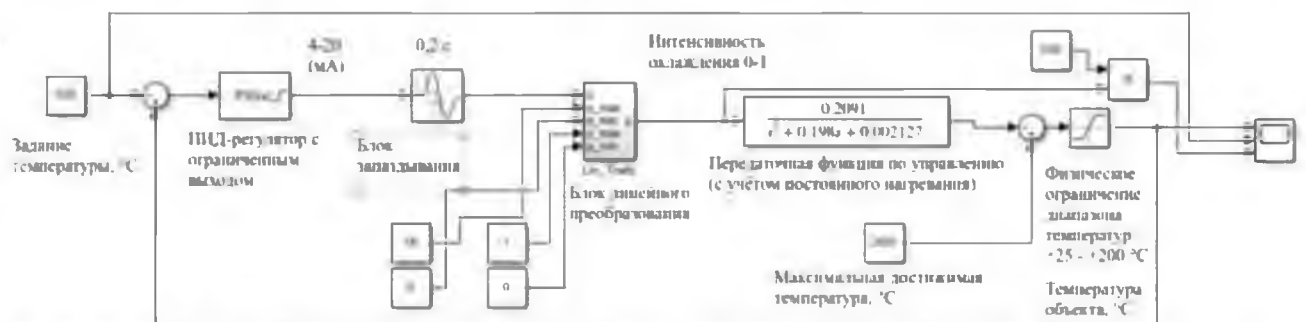


Рисунок 3.2.1 – Модель САР в Simulink

У підсумковому варіанті моделі (рис. 3.2.1) вирішено не використовувати раніше отриману передатну функцію об'єкта з обурення, оскільки дія обурення (постійне нагрівання об'єкта) вже враховано в передавальній функції об'єкта з управління.

Вихідний сигнал ПІД-регулятора обмежений діапазоном від 0 до 16 од. (відповідає діапазону уніфікованого струмового сигналу 4-20 мА). В силу того, що при отриманні передавальної функції об'єкта з управління використовувався одиничний ступінчастий сигнал, необхідно перетворити діапазон вихідного сигналу ПІД-регулятора (0-16 од.) у діапазон інтенсивності охолодження (0-1 од.).

Для цього було запрограмовано блок лінійного перетворення, аналогічний функціональному блоку перетворення LIN_TRAFQ із бібліотеки Util CODESYS. Вміст блоку наведено малюнку 3.2.2

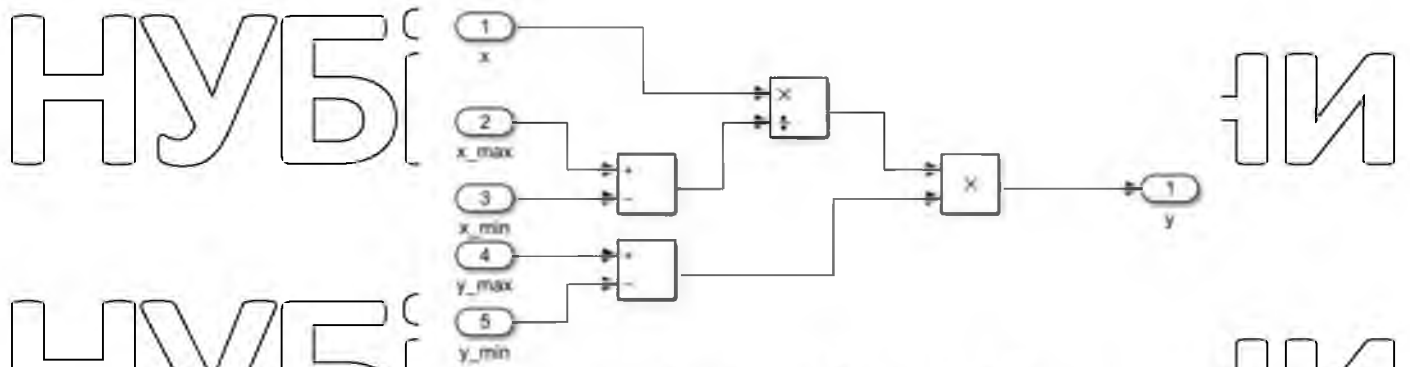


Рисунок 3.2.2 – Внутрішній пристрій блоку лінійного перетворення

У ПІД-регуляторі Simulink диференціальна складова по замовчуванню включає фільтр нижніх частот з постійною N . Також в ПІД-регулятор включено опцію **Clamping** (дослівно: «обмеження», "фіксування"). Принцип дії полягає в наступному: при досягненні вихідним сигналом регулятора заданих меж інтегрування помилки регулювання припиняється, щоб мінімізувати вплив насичення інтегральної складової перехідний процес [12]. Вікно властивостей блоку ПІД-регулятора наведено малюнок 3.2.3



Рисунок 3.2.3 – Вікно властивостей блоку ПІД-регулятора

У моделі вибрано значення запізнювання, що дорівнює 0,2 с, з урахуванням часу циклу ПЛК, що дорівнює 0,1 с, а також запасу часу на передачу управителя сигналу з ПК до контролера і далі через ПЛВ до двигуна.

НУБІП України

3.3 Налаштування регулятора

Як регулятор у системі, що розробляється, пропонується використовувати пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) регулятор. Це обумовлюється порівняльною простотою, що розробляється системи, необхідністю регулювання лише одного параметра, а також безлічі доступних до застосування методів налаштування таких регуляторів, що будуть розглянуті далі.

Перш ніж налаштувати регулятор, необхідно сформулювати вимоги до перехідного процесу. Вирішено вибрати налаштування регулятора таким чином, щоб забезпечити перерегулювання на рівні не більше ніж 5%, час перехідного процесу трохи більше 160 с. Для забезпечення однакових умов випробування ступінчастий вплив, що задає стрибок від рівня 200 °С до рівня 120 °С.

Тут слід зазначити, що метод Циглера Нікольса, що широко використовується, до розробленої системи не застосовний, так як діапазон регулятора спочатку обмежений з урахуванням технічних характеристик компонентів, та у зв'язку з цим неможливо привести систему до автоколебального режиму.

3.4 Автоматичний метод налаштування MATLAB

Програмний пакет MATLAB надає користувачеві можливість автоматичного налаштування ПІД-регулятора на основі бажаної форми перехідної характеристики. Вирішено вибрати вид перехідної характеристики з найменшим часом перехідного процесу за допустимого перерегулювання.

Вид перехідного процесу при налаштуванні регулятора автоматичним методом MATLAB представлений малюнку 3.3.5.1.

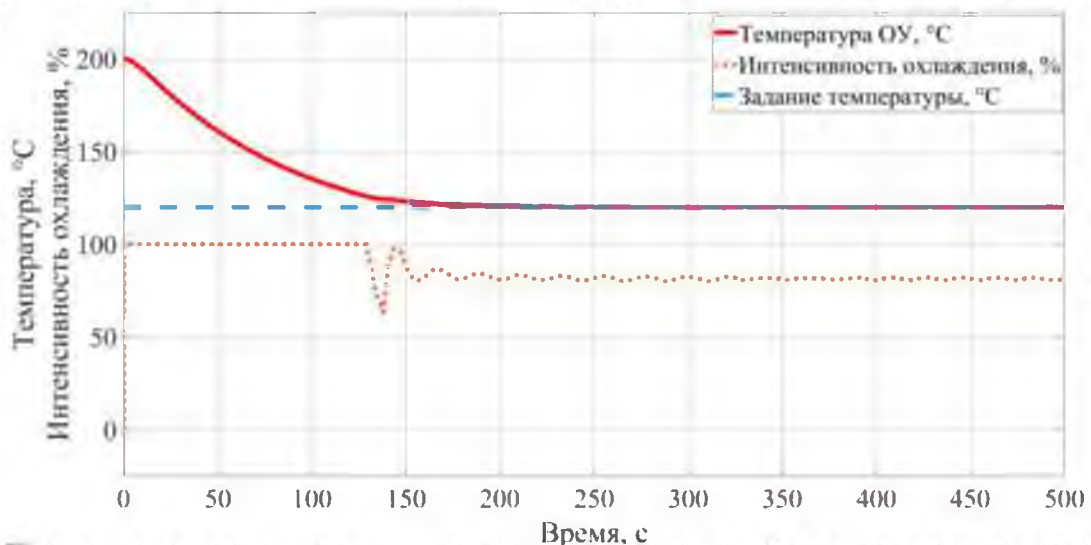


Рисунок 3.4.1 – Переходний процес при настройке автоматическим методом

НУБІП України

MATLAB. $K_p = 3,2$; $K_I = 0,083$; $K_D = 9,041$; $N = 0,198$.

У ході застосування розглянутих методів налаштування ПД-регулятора було вирішено вибрати настроювальні параметри, отримані автоматичним методом MATLAB, тому що при них забезпечується допустимий час перехідного процесу ($t = 142$ с), відсутня перерегулювання, та коливання інтенсивності охолодження мають прийнятну амплітуду та частоту

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ В ПЛІВКОВІЙ ТЕПЛИЦІ

4.1 Обладнення ОВЕН

В даній роботі в якості контролера ми вибрали ОВЕН ПЛК 150

Особливості контролера ПЛК150

- Компактний пластиковий корпус з кріпленням для монтажу на DIN-рейку.
- Назви дискретних входів/виходів.
- Відмінність аналогових входів/виходів.
- Послідовні порти обміну даними RS-485 і RS-232.
- Величина порту Ethernet.
- Збільшення кількості дискретних і аналогових входів і виходів виконується за допомогою з'єднання зовнішніх модулів вводу/виведення через будь-який з інтегрованих інтерфейсів.

Для візуалізації вимірювальних процесів використаємо ТРМ212, вимірювач ПІД-регулятор з інтерфейсом RS-485

Основні характеристики:

Напруга живлення 90...245 В змінного струму

Частота напруги живлення 47...63 Гц

Кількість універсальних входів 2

Функції входу 1 вимірювальний

Функції входу 2 вимірювальний (в т.ч. датчик положення) додатковий (дистанційний пуск/зупинка регулювання)

4.2 Визначення алгоритму регулювання

Для даного об'єкта з передаточною функцією:

$$W_o(s) = \frac{0.25 \cdot e^{-200s}}{1100s + 1}$$

задаємося такими показниками якості: динамічне відхилення, максимальне $y_1 =$

3°C , похибка статична $\Delta y = 0.2^\circ\text{C}$; час регулювання $t_p = 1700$ с;

перерегулювання за збуренням $\sigma = 0.2$; максимально можливе значення збурення по навантаженню $U_{\max} = 30\%$.

Для вибору алгоритму керування знаходимо відношення τ/T :

$$\frac{\tau}{T} = \frac{200}{1100} = 0.18.$$

Зрозумівши що $0.18 < 0.2$ то за рекомендаціями обираємо лінійний алгоритм керування.

Вибираємо для нашого об'єкта аперіодичний перехідний процес.

Оскільки об'єкт статичний то:

$$R_d = \frac{y_1}{K_0 U_{\max}}$$

де R_d – динамічний коефіцієнт регулювання; K_0 – передаточний коефіцієнт об'єкта.

$$R_d = \frac{3}{0.25 \cdot 30} = 0.4.$$

За графічними залежностями обираємо ПІ – алгоритм керування.

Перевіряємо правильність вибору алгоритму:

$$t_p > t_{p\Pi}$$

$$t_{p\Pi} = \psi \cdot \tau,$$

де ψ – відносний час регулювання.

Для ПІ – алгоритму керування та для статичного об'єкта $\psi = 8.0$.

$$t_{p\Pi} = 8.0 \cdot 200 = 1600 \text{ с.}$$

ПІ – оскільки виконується умова $t_p > t_{p\Pi}$ у висновку алгоритм керування підходить для даного об'єкта.

4.3. Розробка структурно-функціональної схеми комп'ютерно-інтегрованої системи

Структурно-функціональна схема — схема, що роз'яснює певні процеси, що відбуваються у функціональних ланцюгах виробу (устаткування) чи у виробі (устаткуванні) в цілому.

Структурно-функціональна схема містить інформацію про способи реалізації пристроєм заданих функцій. За такою схемою можна визначити, як здійснюються перетворення і які для цього необхідні функціональні елементи.

Кожний функціональний елемент містить лише ті виходи і входи, які необхідні для його коректної роботи. Схема розробляється на основі структурної схеми для кожного блоку, в результаті з відокремлених функціональних елементів складається загальна функціональна схема об'єкта, що показана нижче.

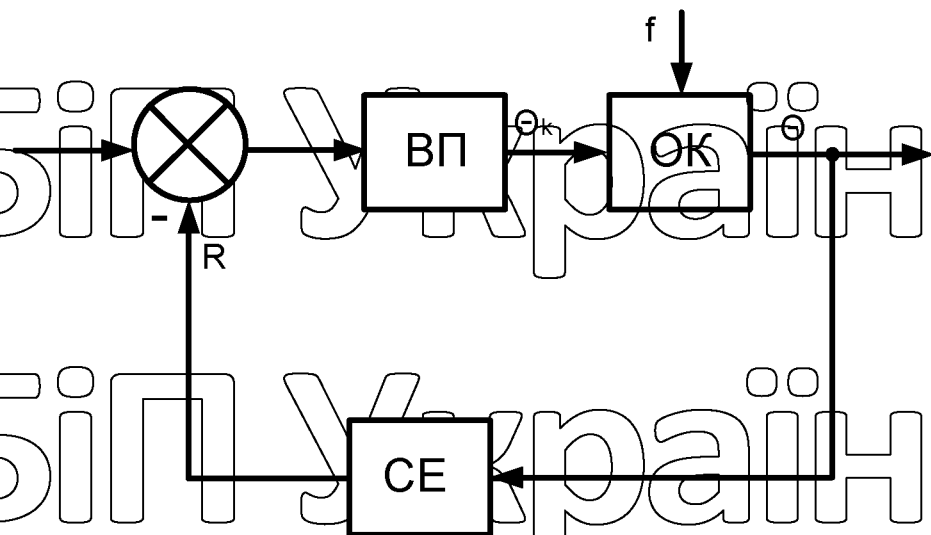


Рис. 4.3.1 Структурно-функціональна схема комп'ютерно-інтегрованої системи

4.4. Вибір сприймаючого елемента

При виборі сприймаючого елемента слід враховувати межі його критичного вимірювання, які мають охоплювати діапазон зміни вимірюваної величини, також треба покікуватись про необхідність забезпечення потрібної перенавантажувальної здатності. Також при виборі потрібно враховувати можливість приєднання датчика до електронного девайсу. При цьому особливу

увагу необхідно приділяти швидкості, чи інерційності сприймаючого елемента, яка характеризується його постійною часу T_{dp} .

Основні вимоги до сприймаючих елементів:

- стабільність характеристик у часі;
- хорошу надійність;
- високу вибірковість;
- високу точність роботи;
- легкий монтаж та обслуговування;
- проста технологічна конструкція;
- низька вартість;

Обираєм датчик температури MBT 5252



Як чутливий елемент використовується термометр опору Pt100 або Pt1000, що забезпечує надійні та точні вимірювання. На замовлення MBT 5252 може бути поставлений із чутливим елементом типу NTC/PTC.

Для варіантів, розрахованих на низькі температури ($-50^{\circ}\text{C} \dots +200^{\circ}\text{C}$), чутливий елемент поміщений у силіконовий кабель, що забезпечує високу вібронестійкість датчика.

Всі елементи датчика, що контактують із середовищем, виконані з нержавіючої сталі типу AISI 316 Ti. Стандартне MBT 5252 поставляється з

голівкою типу В, але на замовлення надаються варіанти з мініголівкою типу або з голівкою типу В на різьбленні.

Технічні характеристики

Параметри

MBT 5252

Макс. Температура навколишнього середовища:

Без перетворювача

90°C

З перетворювачем

85°C

Макс. тиск середовища

50 бар

Клас захисту корпусу IP

65

Матеріал захисної гільзи

Нержавіюча сталь

Матеріал зовнішньої частини

Нержавіюча сталь

Різьбове з'єднання

Нержавіюча сталь

З'єднувальний вузол

Нікельована латунь

Довжина занурювальної частини

50...500 мм.

Довжина зовнішньої частини

50 мм

Похибка вимірювання температури, °C

EN60751 клас B: $\pm(0,3+0,005*t)$

1/3 EN60751 клас B: $\pm(0,3+0,005*t)$

1/6 EN60751 клас B: $\pm(0,3+0,005*t)$

Даний сприймаючий елемент цілком задовольняє наші потреби, оскільки він забезпечує вимірювання температури в необхідному для нас діапазоні.

Передатна функція сприймаючого елемента виглядає як:

$$W_{\text{ДП}}(s) = K_{\text{ДП}}$$

Вичисляєм коефіцієнт датчика:

$$K_{\text{ДП}} = 100 \cdot \alpha = 100 \cdot 3.97 \cdot 10^{-3} = 0.4 \frac{\text{Om}}{\text{°C}}$$

Отже передатна функція сприймаючого елемента

$$W_{\text{ДП}}(s) = 0.4$$

4.5. Вибір виконавчого пристрою

В якості виконавчого пристрою вибираємо осьовий промисловий вентилятор для сільського господарства BCX 1100, зовнішній вигляд якого представлений на рис.4.5.1



Рис. 4.5.1 Зовнішній вигляд установки BCX 1100,

Передатна функція виконавчого пристрою має вигляд інерційної ланки:

$$W_{\text{вп}}(s) = \frac{k_{\text{вп}}}{T_{\text{вп}}s + 1}$$

Вчисляємо коефіцієнт виконавчого пристрою:

$$K_{\text{вп}} = \frac{t_d}{U_m}$$

де t_d — максимальна температура на виході компресора, °C;

U_{mp} – напруга мережі, В

НУБІП України

$$K_{вп} = \frac{100}{380} = 0.26$$

Найдемо постійну часу виконавчого пристрою:

НУБІП України

$$T_{вп} = \frac{V_p}{\theta} - T_0$$

де θ – продуктивність компресора по повітрю, м³ / год; V_p – об'єм теплиці, м³.

НУБІП України

$$T_{вп} = \frac{V_p}{\theta} = \frac{4714}{11000} \cdot 60^2 - 1100 = 248c$$

У відповіді передатна функція виконавчого пристрою

НУБІП України

$$W_{вп}(s) = \frac{0.26}{248s + 1}$$

При проектуванні цифрової системи керування виникає питання, які треба накладати обмеження на частоту квантування. При збільшенні частоти

квантування точність керування цифровою системою збільшується, але при цьому

зростає завантаження мікропроцесора. При зменшенні частоти квантування

втрачається важлива інформація про сигнал, що може призвести до неможливості відтворення вихідного сигналу за дискретними вибірками.

Відомо, що найменша частота квантування повинна бути не меншою за $2\omega_c$

, де за ω_c приймається найбільшу суттєву частоту у спектрі неперервного

сигналу. Оскільки амплітуди високочастотних складових значно ослаблені, то при заданій точності відтворення сигналу ми можемо вважати, що він має обмежений

спектр. Цю межу спектра ω_c визначають за формулою:

НУБІП України

$$|W_{зам.н.ч.}| \leq \theta_{зад}$$

де $W_{\text{зам.н.ч.}}$ – амплітудно-частотна характеристика неперервної частини замкненої автоматичної системи; $\theta_{\text{зад}}$ – задана допустима похибка відтворення первинного неперервного сигналу, яка повинна бути забезпечена на виході системи.

Оскільки частота квантування $\omega_s = \frac{2\pi}{T}$, і повинна виконуватись нерівність $\omega_s \leq 2\omega_c$ то допустимий період квантування визначатиметься за формулою

$$T_u \leq \frac{\pi}{\omega_c}$$

Згідно з цією нерівністю можна сформулювати імпульсну теорему. Неперервний сигнал може бути описаний із заданою точністю своїми значеннями, вимірними у дискретні моменти часу з інтервалом T_u .

Нехай неперервна частина цифрової системи керування має передатну функцію:

$$W_{\text{роз.н.ч.}}(s) = \frac{0,026}{272800s^2 + 1348s + 1}$$

Необхідно знайти допустимий період квантування, що забезпечує максимальну похибку відтворення первинного неперервного сигналу $\theta_{\text{зад}} = 1\%$.

Передатна функція неперервної частини замкненої системи:

$$W_{\text{зам.н.ч.}}(s) = \frac{0,026}{272800 \cdot s^2 + 1348 \cdot s + 1 + 0,026} = \frac{0,026}{272800 \cdot s^2 + 1348 \cdot s + 1,026}$$

Амплітудно-фазова частотна характеристика (АФЧХ) неперервної частини замкненої системи:

$$W_{\text{зам.н.ч}}(j\omega) = \frac{0.026}{272800 \cdot (j\omega)^2 + 1348 \cdot (j\omega) + 1.026} = \frac{0.026}{-272800 \cdot \omega^2 + j \cdot 1348 \cdot \omega + 1.026}$$

Амплітудно-частотну характеристику неперервної частини замкненої системи вичислемо як модуль АФЧХ цієї системи:

$$A(\omega) = |W_{\text{зам.н.ч}}(j\omega)| = \frac{0.026}{\sqrt{(1.026 - 272800 \cdot \omega^2)^2 + (1348 \cdot \omega)^2}}$$

Знаходимо значення амплітудно-частотної характеристики неперервної частини замкненої автоматичної системи при нульовій частоті $A(0)$:

$$A(0) = \frac{0,026}{\sqrt{(1,026-272800 \cdot 0^2)^2+(1348 \cdot 0)^2}} = \frac{0,026}{1,026} = 0,025.$$

Найдемо праву частину рівняння:

$$A(0) \cdot \theta = 0,025 \cdot 0,01 = 0,00025.$$

Складаємо рівняння

$$\frac{0,026}{\sqrt{(1,026-272800\omega^2)^2+(1348\omega)^2}} = 0,00025$$

та розв'язуємо його у пакеті MATHCAD

У результаті розв'язання рівняння знаходимо $\omega_c = 0,807$ 1/с.

Будуємо графік АЧХ неперервної частини системи в спеціалізованій програмі MATHCAD.

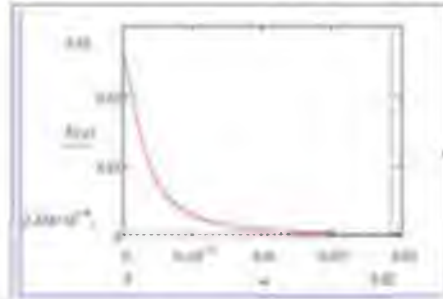
НУБІП України

НУБІП України

Н



Н



НУБІП України

Рис. 4.5.2 АЧХ системи керування

Найбільша суттєва частота:

$$\omega_c = 0.019.$$

НУБІП України

Максимально допустимий період вквантування, що забезпечує максимальну

похибку $\theta_{зад} = 1\%$.

$$T_{ц} = \frac{\pi}{\omega_c} = \frac{3.14}{0.019} \approx 160 \text{ с.}$$

НУБІП України

НУБІП України

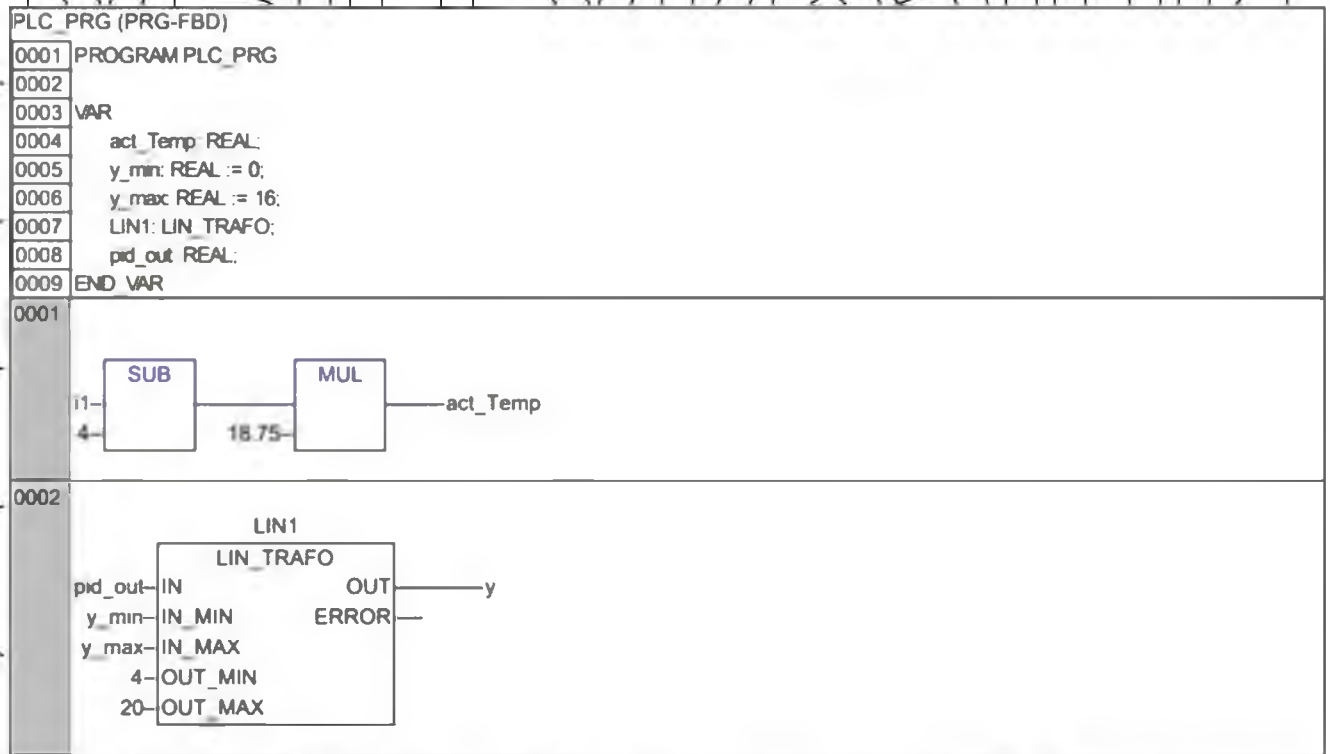
НУБІП України

РОЗДІЛ 5

ПРОГРАМУВАННЯ ТА ПІДКЛЮЧЕННЯ КОНТРОЛЛЕРА

Після налаштування регулятора необхідно забезпечити підключення MATLAB до ПЛК через OPC-сервер CODESYS. Для початку потрібно створити

проект у CODESYS (рисунк 5.1).



Малюнок 5.1 – Програма ПЛК

Перший рядок програми мовою FBD малюнку 5.1, відповідає за переведення значень струмового сигналу від НІТТ із міліампер у градуси Цельсія. Далі значення цієї змінної (актуальне значення температури) вивантажується в OPC-сервер і далі потрапляє до MATLAB. Другий рядок забезпечує лінійне перетворення отриманого з MATLAB керуючого сигналу в діапазон уніфікованого струмового сигналу 4-20 мА. Значення з виходу блоку LIN_TRAFO надходить аналоговий вихід ПЛК.

Щоб забезпечити вивантаження необхідних змінних у OPC-сервер необхідно задати символічну конфігурацію проекту (рисунк 5.2), у якій вибирається програма PLC_PRG.

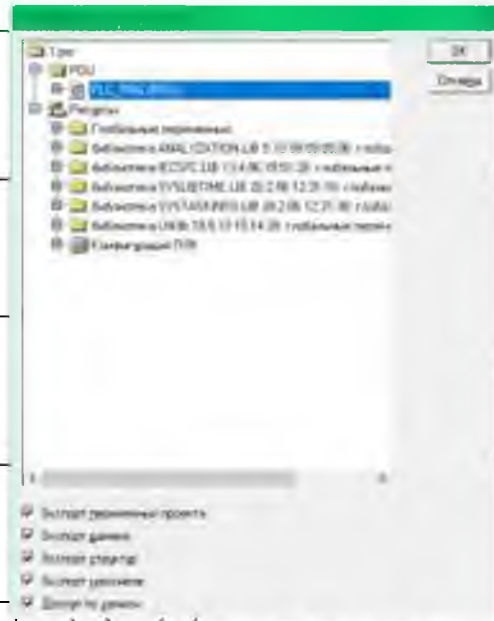


Рисунок 5.2 – Символьна конфігурація проекту у CODESYS

Далі потрібно встановити параметри зв'язку з ПЛК (рисунок 5.3).

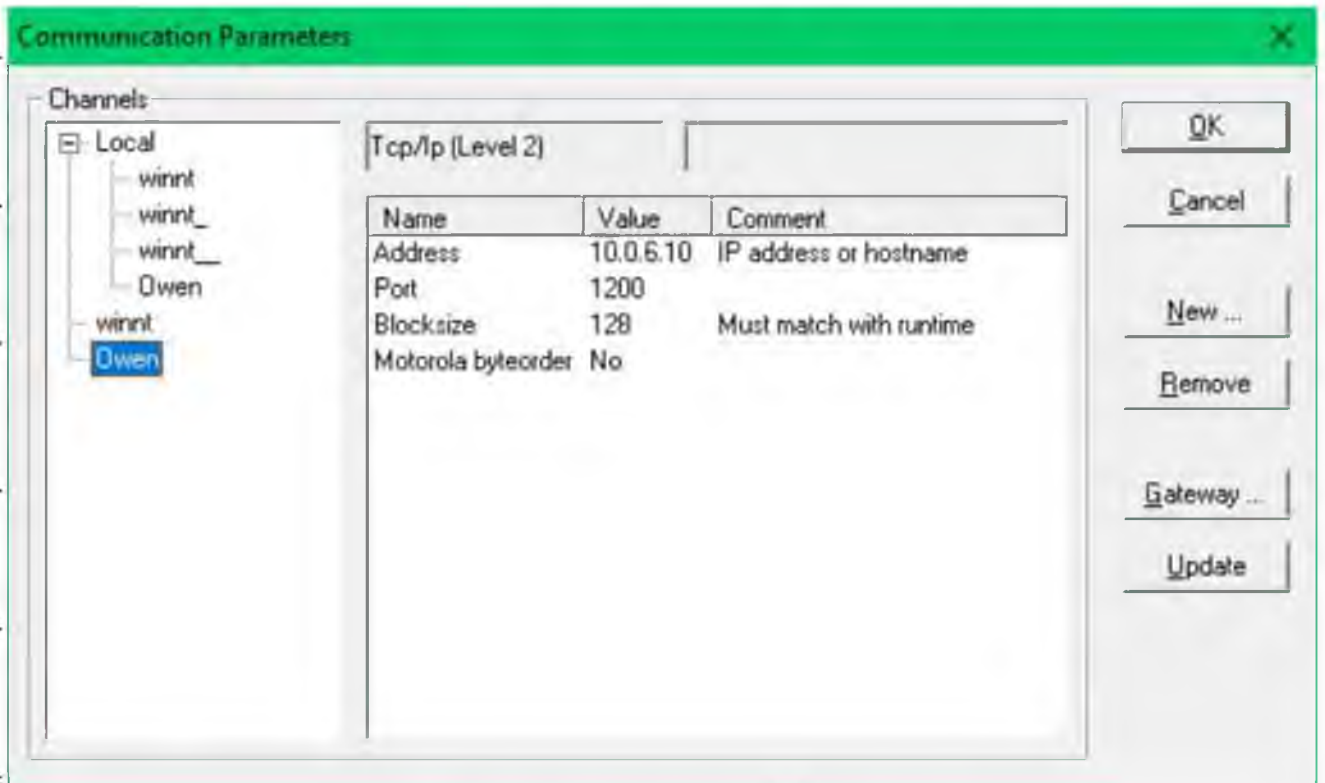


Рисунок 5.3 – Параметри зв'язки з ПЛК

НУБІП України

Для налаштування зв'язку з ПЛК через Ethernet необхідно підключитись до нього через налагоджувальний порт RS-232 і виконати конфігурацію відповідно з посібником з експлуатації

Далі необхідно настроїти OPC-сервер CODESYS (рисунок 5.4).



Рисунок 5.4 – Вікно конфігуратора OPC

Для забезпечення зв'язку між ПК та ПЛК через Ethernet необхідно, щоб пристрої знаходилися в одній підмережі. Для цього виконується конфігурація адаптера на ПК (рис 5.5)

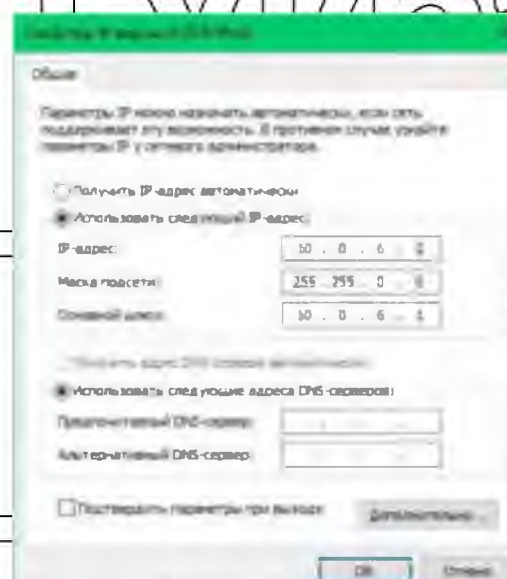


Рисунок 5.5 – Конфігурація адаптера на ПК

Після конфігурації необхідно створити модель у MATLAB Simulink, якою буде перебувати бібліотека ПІД-регулятора, а також здійснюватиметься зв'язок з OPC (рисунком 5.6).

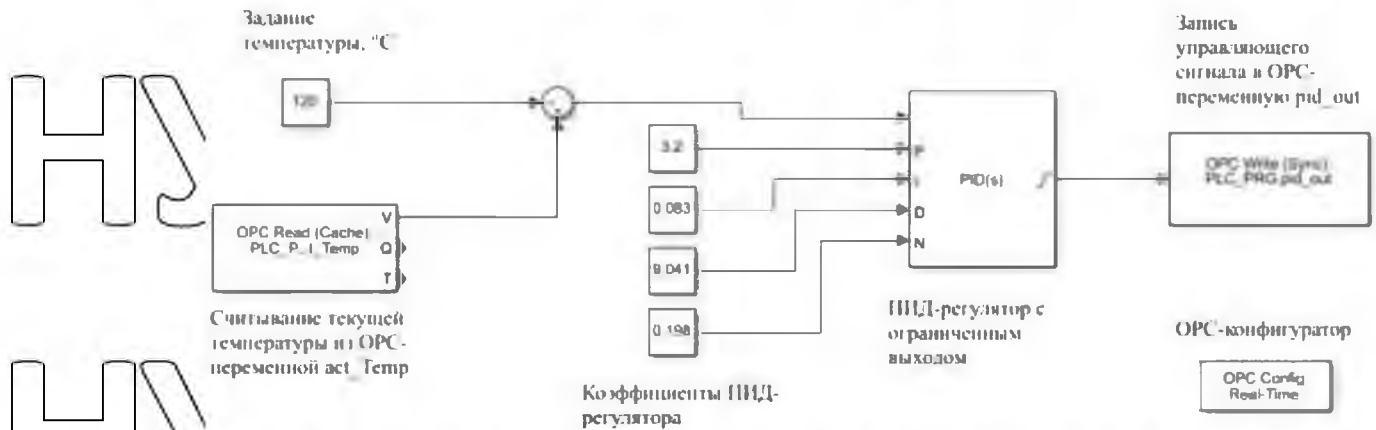


Рисунок 5.6 – Управляющая модель в Simulink

У моделі малюнку 5.6, відбувається зчитування поточної температури об'єкта управління з OPC-змінної, обчислюється значення помилки регулювання, блоком ПІД-регулятора виробляється керувач впливу, який записується у відповідну OPC-змінну. У OPC-конфігуратор (рисунком 5.7) вибирається CODESYS OPC-сервер.

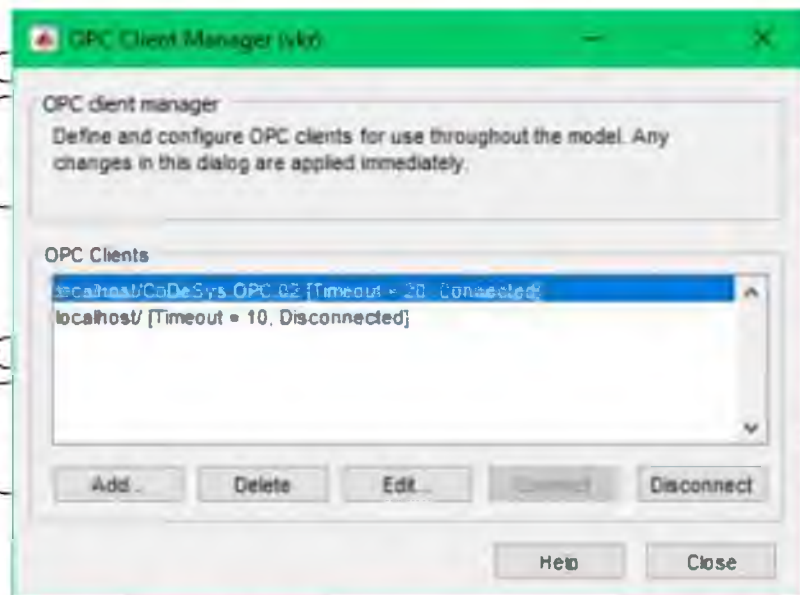


Рисунок 5.7 – OPC-конфігуратор в MATLAB Simulink

Для початку роботи САР необхідно завантажити програму (рисунок 5.1) контролер і запустити її виконання, далі запустити виконання керуючої моделі в Simulink, і на екрані перевести ПЛВ у режим «Авто».

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 6

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

Перед початком розробки схеми електричної принципової необхідно визначити апарати захисту та керування. Електричні двигуни повинні вмикатись окремим автоматичним вимикачем, який має тепловий захист. Програмований логічний контролер та магнітні пускачі приводу електродвигунів включаються окремим автоматичним вимикачем. Використовуємо проміжне реле для захисту цифрових виходів логічного контролера.

6.1. Вибір апаратів захисту та керування

Вибір автоматичного вимикача $QF1$. У відповідності до розробленої схеми автоматичний вимикач $QF1$ встановлюється для керування частотним перетворювачем $U1$ потужністю 5,5 кВт, тому для їх захисту обираємо автоматичні вимикачі які розраховані на:

$$U_{nd} = 380V ;$$

$$I_{nd} = 24.7A.$$

Обираємо автоматичний вимикач ІК60N (рис. 1) з наступними технічними характеристиками

$$U_{na} = 400V ;$$

$$I_{na} = 25A.$$



Рис. 6.1.1 Автоматичний вимикач ІК60N

Вибір електромагнітного пускача КМ1.

Електромагнітний пускач повинен відповідати наступним вимогам: $U_n \geq$

380V;

$I_n > 24,7A$;

$U_k = 220V$.

Згідно умов обираємо електромагнітний пускач ПМ 2-25-10 380В (рис. 4.2)

з наступними основними характеристиками:

$U_n = 440V$;

$I_n = 25A$;

$U_k = 220V$.



Рис. 6.1.2 Електромагнітний пускач ПМ 2-25-10 380В

Виробник: Аско (Україна)

Назва: Пускач Аско ПМ 2-25-10 380В (LC1-D2510)

Тип: Силовий

Номинальний струм, А: 25

Номинальна напруга, В: 220/380

Номинальна напруга котушок, В: 24; 36; 42; 110; 220; 380

Додаткові контакти: 1НО

Вибір автоматичного вимикача QF2-4.

Згідно технічного завдання в схемі використовуються один електричний двигун по 0,25 кВт, тому для їх захисту обираємо автоматичний вимикач який розрахований на:

$U_{nd} = 380V$;

$I_{nd} = 1,93A$;

Обираємо автоматичний вимикач з магнітним розщиплювачем ВА-2017/С (рис. 5.2) з наступними технічними характеристиками:

$U_{na} = 400V$;

$I_{na} = 2A$;



Рис. 6.1.3 Автоматичного вимикача ВА-2017/С

Вибір автоматичного вимикача QF5.

Згідно технічного завдання в схемі використовуються програмований логічний контролер та магнітний пускач, тому для захисту обираємо автоматичні вимикач який розраховано на:

$U_n = 240V$;

$I_n = 2A$;

Обираємо автоматичний вимикач іК60N (рис. 6.1.4) з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 240V$; $I_{na} = 2A$.

НУБІП України



НУБІП України

Рис. 6.1.4 Автоматичного вимикач iK60N

НУБІП України

Вибір електромагнітного пускача КМ2-4.

Електромагнітний пускач повинен відповідати наступним вимогам: $U_n \geq 380V$;

НУБІП України

$I_n \geq 9A$;

$U_k = 220V$;

Згідно умов обираємо електромагнітний пускач ПМ 1-09-01 380В 9А (рис. 6.1.5) з наступними основними характеристиками:

НУБІП України

$U_n = 440V$;

$I_n = 9A$;

$U_k = 220V$;

НУБІП України



НУБІП України

Рис. 6.1.5 Електромагнітний пускач ПМ 1-09-01 380В

Виробник
Напруга котушки,
Номинальний струм,
Сигнальні контакти

АСКО-УКРЕМ
B380
A9
1NC розмикаючий

Країна-виробник

Росія

Термін доставки

3-4 дні

Використовуючи перелічені умови обираємо проміжне реле MY4-NS 24V DC (рис. 5.5) з наступними основними характеристиками:

кількість контактів – 1 групи;

$I_n = 5A$ при $U_n = 240V$;

$U_k = 24V$



Рис. 6.1.6 Проміжне реле MY4-NS 24V DC

Вибір двопозиційного перемикача SA1.

Перемикач повинен входити в рамки наступних вимог:

$U_s \geq 24V$;

$I_s > 0.5A$;

Обираємо двопозиційні перемикачі з нульовим положенням ІЕК LAУ5-
BD33 (рис. 5.6) з наступними основними характеристиками:

$U_s = 220V$;

$I_s = 2A$.

НУБІГ



аїни

НУБІГ

аїни

Рис. 6.1.7 Двопозиційний перемикач IEK LAY5-BD33

6.2 Вибір проводів та кабелів

Для монтажу в щиті використовуємо однесільний провід, який обираємо за максимальним тривало допустимим струмом 10 А. Беремо провід ПВ-1 (1x1) з площею поперечного перерізу 0.5 мм^2

Щоб підключити частотний перетворювач та двигун до нього приймаємо наступні умови:

$$U_n \geq 380 \text{ V}; I_n > 25 \text{ A}; n = 4$$

За вище наведеними технічними вимогами обираємо кабель ВВГ (4x4) з площею поперечного перерізу 4 мм^2 (відповідає тривалому струму 27 А (в повітрі)).

Для підключення електричних двигунів 2 – 4 при виборі кабелів необхідно виконати наступні умови:

$$U_n \geq 380 \text{ V}; I_n \geq 9 \text{ A}; n = 4$$

За цими технічними вимогами обираємо кабель ВВГ (4x1) з площею поперечного перерізу 1 мм^2 (відповідає тривалому струму 14 А (в повітрі)). Сумарний струм на ввіді складає 33 А тому обираємо ввідний броне кабель Вббшв (4x6)

6.3 Розробка принципової схеми

Принципові електричні схеми - це проектний документ, що визначає повний склад електричних елементів, зв'язків між ними та дає повне уявлення щодо принципів роботи схеми.

Розробляючи принципові електричні схеми, слід керуватися такими нормативними документами:

- ГОСТ 2.701-84 — Схеми. Види і типи. Загальні вимоги до виконання 1;
- ГОСТ 2.702-75 — Правила виконання електричних схем 1;

При розробці схеми використовуємо наступні правила:

- схему в'єднань розроблена на щиті,
- усі елементи QF, KM, KV, D, U було розміщено на задній панелі щита керування згідно ДСТУ «ГОСТ 2.702:2013 єдина система конструкторской документації. Правила виконання електрических схем»;
- маркування кабелів, ліній зв'язку дотримано з використанням «ГОСТ 2.710-81, ЕСКД. Позначення буквено-цифрові в електричних схемах».

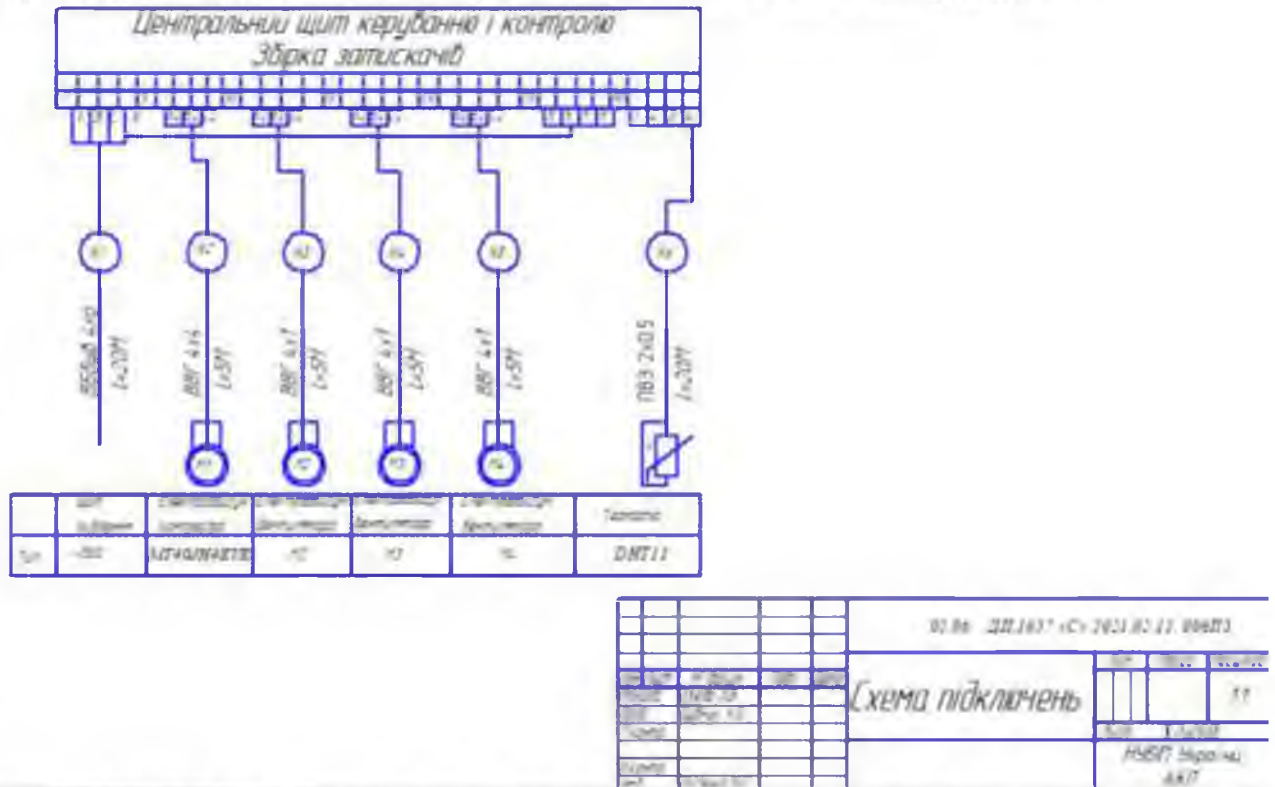


Рис. 6.5.1 Схема електрична підключень САК камери заморожування м'яса

РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі розглядаються правові та організаційні аспекти забезпечення безпеки персоналу, а також небезпеки та надзвичайні ситуації, які можуть виникнути під час проведення дослідження та використання його результатів, щоб забезпечити дотримання законодавства у сфері охорони праці та збереження здоров'я людей. Науково-дослідницька робота проводиться в лабораторії основ автоматички (025 ауд. 10 корпусу ІІ ТПУ) на лабораторному стенді, що містить програмований логічний контролер, перетворювач частоти, нагрівач, вентилятор, що охолоджує, з'єднувальні дроти, автоматичні вимикачі та інше обладнання.

Додатково до цього використовується персональний комп'ютер. При розробленні використовується підхід попереднього комп'ютерного моделювання за допомогою програмного пакету MATLAB. На моделі виконується налаштування регулятора, яке потім переноситься на ПЛК стенду. Потенційними користувачами системи автоматичного регулювання можуть виступати промислові підприємства, у яких система буде налаштовуватись інженерами АСУ ТП, фахівцями КіПіА і потім використовуватись операторами технологічного процесу. Попереднє комп'ютерне моделювання, що розглядається в цій роботі, може застосовуватись як у виробничих умовах на підприємствах, так і в проектних організаціях, і у лабораторних умовах навчальних закладів.

Попереднє комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання дозволяє відпрацювати варіанти регуляторів до впровадження на реальному об'єкті, тим самим зменшити ймовірність помилки розробника, скоротити можливі витрати на відновлення обладнання та знизити ймовірність виникнення НС на виробництві.

7.1 Спеціальні правові норми трудового законодавства

Нормальна тривалість робочого часу не повинна перевищувати 40 годин на тиждень. Порядок обчислення норми робочого часу на певні календарні періоди (місяць, квартал, рік) залежно від встановленої тривалості робочого часу на тиждень визначається федеральним органом виконавчої влади, що здійснює функції по виробленню державної політики та нормативно-правового регулювання у сфері праці. Роботодавець повинен вести облік часу, фактично відпрацьованого працівником (ст. 91 ТК РФ [21]). Протягом робочого дня роботодавець повинен надавати працівникові перерву для відпочинку та харчування – щонайменше 30 хвилин і трохи більше 2 годин (ст. 108 ТК РФ [21]).

Захист персональних даних забезпечується статтями 86 – 90 ТК РФ і спрямовано на забезпечення права і свободи людини і громадянина відповідно до Конституції РФ. Обробка персональних даних може виконуватись виключно з

метою дотримання чинного законодавства. При цьому захист персональних даних від них неправомірного використання забезпечується роботодавцем за рахунок його коштів. Роботодавець зобов'язаний забезпечити безпеку працівників при експлуатації будівель, споруд та обладнання, при здійсненні технологічних процесів, а також застосовуваних у виробництві інструментів, сировини та матеріалів. До обов'язків роботодавця також входить забезпечення обов'язкового соціального страхування працівників від професійних захворювань та нещасних випадків на виробництві).

7.2 Організаційні заходи під час компоювання робочої зони

Робоче місце як розробника, так і оператора системи автоматичне регулювання практично завжди містить один або декілька відеотерміналів (дисплеїв). Робота виконується в положенні сидіти, тому необхідно забезпечити виконання вимог стандартів, позначених у п. 6.1.1. При компоюванні відеотермінальних робочих місць важливими ергономічними показниками є: відстань від екрана до очей користувача, висота робочої поверхні та робочого крісла, їх регульованість. Для раціонального планування робочого місця необхідно забезпечити сталість та певний порядок розміщення ЕОМ, документації та інших засобів праці. Часто використовувані засоби праці повинні поміщатися у зоні легкої досяжності (зона У малюнку 6.1.2.1)

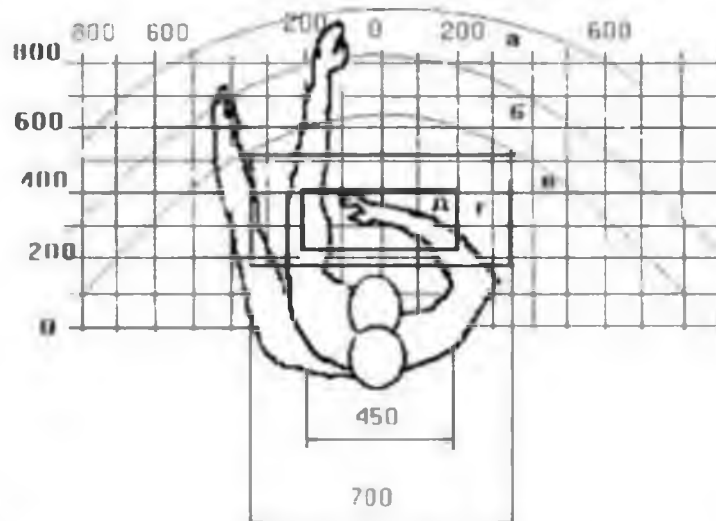


Рисунок 7.2.1 – Зони досяжності рук у горизонтальній площині.

А – зона максимальної досяжності. У її центральній частині розміщується дисплей (дисплеї).

Б – зона досяжності гальців при витягнутій руці.

В – зона легкої досяжності долоні. У ній (праворуч) розташовується маніпулятор "миша", а також необхідна для роботи документація. Інші документи та/або література розміщуються в ящиках столу.

Г – оптимальний простір для грубої ручної роботи. У цій зоні може розміщуватись допоміжне обладнання.

Д – оптимальний простір для тонкої ручної роботи. У ній зсп розміщується клавіатура.

7.3 Обґрунтування заходів щодо захисту дослідника від дії небезпечних та шкідливих факторів

Відхилення показників мікроклімату. До важливих показників мікроклімату робочої зони відносяться температура, вологість та швидкість руху повітря. Ці три фактори взаємозалежно впливають на теплообмін організму. Порушення теплообмін може призвести до гіпертермії. Робота розробника та оператора системи автоматичного регулювання відносяться до робіт, що виробляються сидячи і не потребують систематичного фізичного напруження. Це дозволяє віднести її до категорії Ia, згідно СанПіН 2.2.4.548-96.

У таблиці 7.3.1 наведено оптимальні показники мікроклімату робочої зони для зазначеної категорії робіт

Период года	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	22 – 24	40 – 60	0,1
Тёплый	23 – 25	40 – 60	0,1

Таблица 7.3.1 – Оптимальные показатели микроклимата (категория Ia)

Електромагнітні випромінювання

Електромагнітні поля (ЕМП) від ліній електропередач, пристроїв автоматики відносяться до ЕМП промислової частоти. Висока небезпека для людини зумовлює

необхідність їхнього нормування. Тривала дія таких полів призводить до зниження працездатності, розладів сну та пам'яті, головним і серцевим болям, порушенням центральної нервової Системи

Електричний струм

Вплив електричного струму на організм людини залежить від сукупності наступних факторів: виду струму (постійний або змінний); напруги, сили струму, а також часу дії. При проходженні через Тіло людини електричний струм робить такі дії:

- термічне (опіки, перегрів внутрішніх органів);
- електролітичне (розкладання органічних рідин);
- механічне (розшарування, розрив тканин);
- біологічне (порушення нормальної течії внутрішніх процесів, скорочення м'язів, зупинка серця).

Небезпека впливу електричного струму збільшується у вологих приміщеннях, під час роботи без заземлення. Згідно з ПУЕ робоче місце розробника системи автоматичного регулювання при комп'ютерному моделюванні, а також оператора АСУ ТП відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки. Підвищена небезпека персонал наражається при складанні системи та підключення обладнання. До основних заходів щодо захисту від ураження електричним струмом можна віднести: застосування засобів індивідуального захисту (діелектричні рукавички, взуття, ручки, ізолюючі покриття та підставки); захисне заземлення, захисне занулення, захисне відключення, обмеження доступу до струмоведучих поверхонь та частин обладнання. Для забезпечення оптимального захисту описані технічні способи та засоби застосовують як окремо, так і спільно.

Механічні впливи

Джерелом можливих механічних пошкоджень (удар, порізи) в системі виступає вентилятор. До засобів захисту працівників від механічних пошкоджень в [32] відносять загороджувальні та блокувальні пристрої. На лабораторному стенді

вентилятора віднесено на безпечне відстань від робочого місця. При цьому безпосереднього контакту з працюючим механізмом всіх етапів роботи немає. В разі попадання під удар механізм необхідно знеструмити автоматичним вимикачем на стенді.

7.4. Аналіз можливих НС, які можуть ініціювати об'єкт досліджень

Надзвичайною ситуацією, згідно з ГОСТ Р 22.0.02-2016, називають обстановку на певній території, що має місце внаслідок аварії, катастрофи і т. п. і загибель людей, що спричинила за собою, шкоду здоров'ю або навколишньому середовищі, порушення життєдіяльності людей та/або значні матеріальні втрати.

В силу того, що робота ведеться з електроустаткуванням досліджуваного об'єкта найбільш ймовірними НС є пожежа та коротке замикання.

Лабораторний стенд та ПК живляться від мережі змінної напруги 220 С. Для попередження короткого замикання використовуються автоматичні вимикачі, захисне заземлення, ізоляція контактів, струмопровідних частин та дротів стенду.

У разі виникнення короткого замикання будуть зроблені наступні дії:

1. негайне аварійне вимкнення лабораторного стенду.
2. Знеструмлення всієї лабораторії.

Відповідно до «Технічного регламенту про вимоги пожежної безпеки» приміщення належить до категорії У, тобто. містить горючі і важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини та матеріали (в т. ч. пилю та волокна), речовини та матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним тільки горіти.

**ФІНАНСОВИЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЕФЕКТИВНІСТЬ І
РЕСУЗБЕРЕЖЕННЯ**

Даний розділ випускної кваліфікаційної роботи призначений для аналізу конкурентоспроможності, ресурсоефективності та розрахунку бюджету проведеної розробки. Справжня робота проводиться на лабораторному стенді у лабораторії основ автоматики (ауд. 025 10 корпусу ТПУ) та передбачає дослідження ефективності способу вирішення поставленої інженерної завдання, а саме – застосування програмного пакету MATLAB як засоби для моделювання та налагодження системи автоматичного регулювання

Температура об'єкта. Оцінка перспективності, планування та формування бюджету наукового дослідження дозволяють аналізувати його економічну ефективність

8.1 Аналіз конкурентних технічних рішень

На російському ринку як виробники систем автоматичного регулювання температури виділяються компанії "ОВЕН", "МЗТА".

Компанія «ОВЕН» спеціалізується на виготовленні різного виду датчиків та контролерів, у тому числі і для САР температури. Крім постачання обладнання компанія здійснює розробку та впровадження проєктів автоматизації на власному устаткуванні. Терморегулятори компанії «ОВЕН» здатні проводити автоматичне налаштування параметрів залежно від об'єкта автоматизації.

Московський завод теплової автоматики "МЗТА" пропонує готові рішення, зокрема для автоматизації котелень і теплових вузлів, власному програмно-технічному комплексу (ПТК «Контар») та забезпечує комплексну автоматизацію теплових об'єктів

Розробка програє аналогічним системам у зручності: компанії «ОВЕН» за рахунок відсутності можливості автоматичної ідентифікації та налаштування об'єкта; компанії «Інсат» за рахунок відсутності взаємодії зі SCADA-системами на даному етапі розробки. До сильних сторін можна віднести точність вимірювання

температури, надійність (за рахунок попереднього моделювання та можливості застосування складних алгоритмів управління), а також ціну розробки (економія за рахунок перенесення керуючих функцій ПЛК на програмний пакет MATLAB

8.2 SWOT-аналіз

SWOT-аналіз проводиться для комплексної оцінки зовнішньої та внутрішнього середовища проекту. Через те, що розробка системи автоматичного регулювання температури є лише приватним способом застосування розглянутого підходу, при SWOT-аналізі розглядаються сильні та слабкі сторони, можливості та загрози стосовно способу розв'язання поставленого завдання. Підсумкова матриця

SWOT-аналізу наведена нижче:

Можливості:

B1. Зростання вартості обладнання та, отже, зростання ціни помилки без застосування моделювання.

B2. Зростання попиту з сторони відповідальних та/або небезпечних виробництв.

U3. Розробка підсистеми автоматичного ідентифікації

B4. Використання пакету Simulink Real Time

Загрози:

U1. Зростання попиту на адаптивні та інтелектуальні регулятори та контролери.

U2. Підвищені вимоги до безпеки даних

U3. Оптимізація витрат на підприємстві

Сильні сторони:

C1. Попереднє моделювання.

C2. Можливість застосування складних алгоритмів управління.

C3. Можливість швидкого програмного зміни алгоритму управління.

C4. Економія на середньому рівні АСУ ТП за рахунок перенесення керуючої програми на верхній рівень (ПЛК).

B1/B2/C1/C2. Ефективність попереднього моделювання буде лише зростати.

V3C3. Автоматична ідентифікація прискорить розробку подібних систем із застосуванням MATLAB

U1C2C3. Вступ адаптивний складника при розробленні системи з використанням MATLAB дозволить досліджуваному підходу залишатися конкурентоспроможним

Слабкі сторони:

Сл1. Витрати на ПЗ для моделювання

Сл2. Витрати на додаткова освіта розробника та/або оператора.

Сл3. Необхідність проведення ідентифікації перед моделювання.

Сл4. Складність застосування підходу для управління швидкоплинними процесами.

B1B2C1C2. Потенційна вартість ймовірної помилки значно більше вартості ПЗ для моделювання. B3C3. При реалізації автоматичною ідентифікація вказана слабка сторона нівелюється.

B4C14. Simulink Real Time дозволить створювати з моделей програми реального часу для управління швидкоплинними процесами

U1C3. Призведе до конкурентному відставанню, якщо не вводити в систему автоматичну ідентифікацію.

U3C1C2) Можливий відмова від розглянутого підходу

За підсумками SWOT-аналізу виявлено можливості для подальшого розвитку як справжньої системи автоматичного регулювання, так і загалом підходи до створення таких систем.

1. Для протидії загрози U1 у систему слід запровадити підсистему автоматичної ідентифікації та автоматичного налаштування параметрів регулятора.

2. У разі пред'явлення підвищених вимог до безпеки даних (загроза U2) технологія може отримати конкурентне відставання, так як вітчизняних аналогів програмному пакету MATLAB немає. У цьому випадку слід відмовитися від використання MATLAB та перенести керуючі функції до рівня SCADA-системи (наприклад, MasterSCADA), або використовувати більш дорогі контролери та

реалізувати складніші алгоритми управління у них.

3. Для протидії загрозі УЗ та скорочення витрат на розробку можна використовувати більш дешеві ПЛК або заощадити на датчику температури на шкоду точності виміру.

Амортизація обладнання - процес перенесення по частинах вартості основних засобів і нематеріальних активів в міру їх фізичного або морального зносу на вартість всієї виробленої продукції.

Амортизація комп'ютерної обладнання розраховується грн/рік в як:

$$K_{ам} = T_{ісп.кт} \cdot T_{кав} \cdot ЦКТ \cdot T_{сл}, \text{ грн/рік,}$$

де $T_{ісп.кт}$ - час використання комп'ютерної техніки;

$T_{кав}$ - календарний час; ЦКТ - ціна комп'ютерної техніки;

$T_{сл}$ - термін служби комп'ютерної техніки.

$$K_{ам} = 98/365 \cdot 60000 \cdot 1/5 = 3120 \text{ грн/рік.}$$

Заробітна плата є основним джерелом стимулювання і доходу працюючих на виробництві. Вона становить значну частину громадського продукту, яка в грошовій формі видається працівникові відповідно до кількості і якості зробленої праці.

Витрати на заробітну плату розраховуються в грн. як:

$$K_3 = ЗП_{інжф} + ЗП_{нрф}$$

де $ЗП_{інжф}$ - фактична заробітна плата інженера;

$ЗП_{нрф}$ - заробітна плата наукового керівника;

Місячний оклад:

$$ЗП_{інж} = ЗП_0 \cdot K1 \cdot K2$$

$$ЗП_{нр} = ЗП_0 \cdot K1 \cdot K2$$

де $ЗП_{інж}$ - місячного заробітна плата інженера;

$ЗП_{нрм}$ - місячна заробітна плата наукового керівника;

$ЗП_0$ - місячний оклад (інженер 17000 грн., науковий керівник 30000 грн.);

$K1$ - коефіцієнт, що враховує відпустку, дорівнює 1,1 (10%);

$K2$ - районний коефіцієнт дорівнює 1,3 (10%).

$$ЗП_{інж} = 25000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 35\,750 \text{ грн,}$$

Інженер

$$ЗП_{пр} = 45000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 64\,350 \text{ грн.}$$
$$ЗП_{інж} = (35\,750 / 21) \cdot 98 = 166\,833 \text{ грн.}$$

Науковий керівник

$$ЗП_{пр} = (64\,350 / 21) \cdot 9 = 27\,578 \text{ грн.}$$
$$Кз/пл = 166\,833 + 27\,578 = 194\,411 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби - це елемент собівартості продукції, робіт або послуг, в якому показуються обов'язкові відрахування за встановленими законодавством нормами урядового соціального страхування до Фонду соціального страхування.

Витрати на соціальні потреби приймаються як 30% від витрат на плату робітникам.

$$К_{соц/н} = Кз/пл \cdot 0,32,$$
$$К_{соц/н} = 194\,411 \cdot 0,32 = 62\,211 \text{ грн.}$$

Інші затрати приймаються як 10% від суми матеріальних затрат, амортизаційних відрахувань, затрат на заробітну плату і витрат на громадські потреби.

$$К_{пр} = (К_{мат} + К_{ам} + Кз/пл + К_{соц/н}) \cdot 0,1,$$
$$К_{пр} = (130\,000 + 3\,120 + 194\,411 + 62\,211) \cdot 0,1 = 38\,974 \text{ грн.}$$

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВОК

У ході роботи проведено розробку системи автоматичного регулювання температури з урахуванням контролера «ОВЕН-ПЛК 150». В якості засоби для налагодження середнього рівня САР температури використовувався програмний пакет MATLAB.

За допомогою MATLAB виконано ідентифікацію об'єкта управління – отримані передавальні функції з управління та обурення.

У MATLAB Simulink розроблено модель САР. Як регулятор вирішено використовувати широко застосовується в промисловості ПІД регулятор. На моделі САР проведено порівняльний аналіз методів налаштування регулятора. Отримано, що найкращі показники якості перехідного процесу забезпечує ПІД-регулятор з коефіцієнтами, розрахованими автоматичним методом Matlab.

Для проведення випробувань на лабораторному стенді у MATLAB Simulink. Розроблена керуюча модель, в якій виконується читання та запис OPC змінних, обчислення помилки регулювання та формування керуючого впливу. Для забезпечення передачі сигналів між керуючою моделлю та обладнанням стенду для контролера написана програма мовою FBD, що перетворює значення струмового сигналу від термосір у значення температури, а також проведена конфігурація OPC-сервер CODESYS. Таким чином, широкі можливості програмного пакету MATLAB та середовища розробки CODESYS використано всіх етапах розробки САР. У під час роботи застосовані теоретичні знання та практичні навички, передбачені основною освітньою програмою. Проведено необхідна підготовка до натурних випробувань системи автоматичного регулювання температури

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Теплові об'єкти управління. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://prommatika.ru/staty/115-teplovieobekty>, вільний (дата звернення: 15.02.2020).
2. Казаков А. В. Основи автоматики та автоматизації хімічних процесів. М: Машинобудування, 1970. 376 с.
3. Шляйхнер М. Техніка автоматичного регулювання для практиків. М., 2006. 124 с.
4. Датчик температури 100 П. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://architecturalengineering.ru/blog/admin/datchik-temperature-100p>, вільний (Дата звернення 15.02.2020).
5. Why CODESYS? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.CODESYS.com/the-system/why-CODESYS.html>, вільний (дата звернення 17.02.2020).
6. What is OPC? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/> (вільний, дата звернення: 15.02.2020).
7. Simulink. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://matlab.ru/products/Simulink>, вільний (дата звернення 17.02.2020).
8. System Identification Toolbox. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://matlab.ru/products/system-identification-toolbox>, вільний (дата звернення 17.02.2020).
9. OPC Toolbox. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://matlab.ru/products/opc-toolbox>, вільний (дата звернення 17.02.2020). 81
10. Ділігенська А. Н. Ідентифікація об'єктів управління. Самара, 2009. 136 с.
11. Воронін А. В. Моделювання мехатронічних систем. Навчальне-допомога. - Томськ: Видавництво ТПУ, 2008. - 137 с.
12. Douglas, B. Understanding PID Control. Курс лекцій. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLn8PRpmsu08pQVgixYFXSsODEF3Jqmm>, вільний (дата звернення 24.02.2020).

13. Скогестад, С. Додаткові analytic rules for model reduction and PID controller tuning, Journal of Process Control 13 (2003) p. 291-309 [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://instruct.uwo.ca/engin_sc/391b/MP11/ES/es512_420/PIDtuning.pdf, вільний (дата звернення 27.02.2020).

14. Die T-Summen-Einstellregel-Regel nach KUNN für PI(D)-Regler [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.control-technology.de/cn/sumreg.html>, вільний (дата звернення 28.02.2020).

15. Воронін А. В. Теорія автоматичного управління. Проектування та дослідження системи управління динамічним об'єктом: навчально-методичний посібник.

Томський політехнічний університет. - Томськ:
Видавництво ТПУ, 2014. - 82 с.

16. ПДК 150. Контролер програмований логічний. Керівництво з експлуатації. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.owen.ru/uploads/rie_plk150_982.pdf, вільний (дата звернення: 01.03.2020).

17. Абрамов С. Б. Організація виробничої діяльності: навчальний посібник. - Нижній Новгород, 2009. - 95 с. 82

18. Виробничий календар на 2020 рік. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.garant.ru/calendar/buhpravo/>, вільний (дата звернення: 15.04.2020).

19. ОКФС [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://okfd.ru/330.28.23.23>, вільний (дата звернення: 15.04.2020).

20. Борисова Л. М., Дукарт С. А. Економіка підприємства: навчальна допомога. Томський політехнічний університет. - Томськ: Видавництво ТПУ, 2011. - 63 с.

21. Трудовий кодекс РФ від 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. Від 01.04.2019) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/, вільний (дата звернення 15.04.2019)

22. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Робоче місце під час виконання робіт сидячи. Загальні вимоги ергономії. М: ЦК ІЕ, 2001. - 90 с.

23. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Устаткування виробниче. Загальні ергономічні вимоги - М: ЦК ІВ, 2001. - 39 с.

24. СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03 Гігієнічні вимоги до персональним електронно обчислювальним машинам та організації роботи. Санітарно-епідеміологічні правила та нормативи. - М.: МОЗ Росії, 2003. - 54 с.

25. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація. - М. ИПК ІВ, 2015 - 15 с.

26. СанПіН 2.2.4.548-96. Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень. - М.: МОЗ Росії, 2001. - 20 с.

27. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Загальні вимоги до безпеки. - М.: Стандартінформ, 2015. - 28 с.

28. СП 52.13330.2016 Природне та штучне освітлення. - М.: ИПК ІВ, 2016. - 106 с.

29. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Електромагнітні поля радіочастот. Загальні вимоги до безпеки. - М.: МОЗ СРСР, 1986. - 9 с.

30. СП 60.13330.2016 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. - М.: Стандартінформ, 2016. - 102 с.

31. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Електробезпека. Захистне заземлення, занулення. - М.: ИПК ІВ, 2001. - 13 с.

32. ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Засоби колективного захисту працюючих від впливів механічних чинників. - М.: ИПК ІВ, 2001. - 4 с.

33. ГОСТ 12.4.001-89 ССБТ. Засоби захисту працюючих - М.: ИПК ІВ, 2004. - 8 с.

34. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на робочих місцях, у приміщеннях житлових, громадських будівель та на території забудови. - М.: ИПК ІВ, 2008. - 10 с.

НУБІП України

НУБІП України