

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»
на тему: «Автоматизація процесу термообробки металевих виробів на базі
термопечі»

Здобувача(ки) групи СУ-91

Сурма Андрій Русланович

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

(підпис)

Андрій СУРМА

Керівник: к.т. н., доцент, Олександр ЖУРАВЛЬОВ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1	A4		Завдання кафедри	2		
			<u>Новорозроблена</u>			
2	A4	ТЗ	Технічне завдання	5		
3			Анотація	1		
4	A4	СУ-91 6.151.01 ПЗ	Пояснювальна записка	38		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A3	СУ-91 6.151.01 A2	Схема матеріальних потоків	1		
6	A3	СУ-91 6.151.01 A2.1	Схема інформаційних потоків	1		
7	A3	СУ-91 6.151.01 A2.2	Функціональна схема автоматизації	1		

					СУ-91.6.151.01.ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
		Сурма А.Р.			Літ.	Арк.	Аркушів
		Журавльов О.Ю.					
Реценз.					СумДУ, СУ-91		
Н. Контр.							
Затверд.		Леонтьев П.В.					
					<i>Автоматизація процесу термообробки металевих виробів на базі термопечі Відомість проекту</i>		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти
Сурмі Андрію Руслановичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизація процесу термообробки металевих виробів на базі термопечі.
2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 01 " червня 2023 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалом про подібні системи.
4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню): аналіз існуючих подібних систем керування, загальний опис системи, розробка структурної схеми системи, постановка задач, які потребують вирішення, опис контурів керування, розробка функціональної схеми автоматизації, підбір технічних засобів автоматизації, розробка програмного забезпечення, створення електричної принципової схеми, створення системи керування.
5. Перелік графічних матеріалів: 7 рисунків, 6 таблиць, 3 додатки.
6. Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	24.02.2023– 03.03.2023

2	Аналітичний огляд аналогів.	04.03.2023– 25.03.2023
3	Опис системи та її складових. Розробка функціональної схеми.	26.03.2023– 14.04.2023
4	Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації.	05.04.2023– 25.04.2023
5	Розробка алгоритмів керування та програмного забезпечення.	26.04.2023– 15.05.2023
6	Розробка електричної принципової схеми. Перевірка створеної системи керування.	16.05.2023– 28.05.2023
7	Оформлення дипломного проекту та технічної документації.	01.06.2023

7. Дата видачі завдання " 24 " лютого 2023 р.

Керівник проекту:

к.т. н., доцент

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

Здобувач:

студент гр. СУ-91

Андрій СУРМА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизації процесу термообробки металевих
виробів на базі термопечі

Розробник:
студент групи СУ-91

Андрій СУРМА

Погоджено:
к.т.н., доцент

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

1. **Назва і галузь застосування:** Автоматизація процесу термообробки металевих виробів на базі термopечі.
2. **Підстави для проектування:** Наказ ректора Сумського державного університету № 0263 VI від “14” березня 2023р.
3. **Загальний опис об’єкта автоматизації:** каркас електропечі складається зі сталевих профілів, обшитими захисними панелями з листової сталі. Футеровка печі містить легку жаростійку цегла та волокнистий малоінерційний теплоізоляційний матеріал, що забезпечує мінімальну втрату тепла. Нагрівальні елементи складаються зі спіралі, встановлених на керамічних трубках. Управління потужністю накопичувальних елементів створюється за допомогою мікропроцесорного регулятора. Для захисту нагрівальних елементів виготовлені жароміцні плити. Заслінка електропечі приводиться в рух мотор-редуктором і має кінцеві вимикачі для контролю положення дверей. Підвід напруги до нагрівальних елементів та приводу підвищення виробництва через контакти та кабельний ланцюг. Управління температурою відбувається за допомогою терморегулятора, який контролює температуру всередині печі за допомогою термопар.
4. **Основні частини системи:**
 - Каркас електропечі: виконаний зі сталевих профілів і обшитими захисними панелями з листової сталі.
 - Футеровка: складна структура, що включає легку жаростійку цегла та волокнистий малоінерційний теплоізоляційний матеріал.
 - Нагрівальні елементи: відкриті спіралі з дроту багатокomпонентного сплаву, розташовані на керамічних трубках.
 - Заслінка: рухомий елемент, що контролює доступ до печі, приводиться в рух мотор-редуктором і має кінцеві вимикачі.
 - Управління потужністю нагрівальних елементів: забезпечення
5. **Опис блоків системи керування.** Система керування включає наступні блоки:
 - Мікропроцесорний регулятор: це центральний блок керування, який після вхідних сигналів, контролює технологічний процес та забезпечує забезпечення параметрів роботи системи.
 - Терморегулятор: цей блок відповідає контролю температури всередині печі. Він отримує сигнали від термопар і забезпечує регулювання температури відповідно до заданої технологічної програми.
 - Напівпровідникові безконтактні елементи: ці елементи використовують для приводу потужністю нагрівальних елементів.

Вони забезпечують безпосереднє проведення електричного струму, що постачається до нагрівальних елементів. Завдяки цьому можна точно регулювати інтенсивність нагріву і підтримувати необхідну температуру в печі.

- Станція управління: цей блок розміщений позаду електропечі і містить усі регулюючі, керуючі та силові елементи системи. Він включає в себе блоки живлення, реле, перемикачі та інші пристрої, необхідні для керування системою.
- Інтерфейси: ці блоки включають датчики, перетворювачі та інші пристрої, що забезпечують зв'язок між системою керування та іншими елементами печі, наприклад, датчиками температури, вимикачами, механізмами переміщення заслінки тощо. Інформація, отримана від цих пристроїв, передається до мікропроцесорного регулятора для аналізу та подальшого керування технологічним процесом.

6. *Опис алгоритмів та режимів роботи системи.* Система управління електропечі використовує різні алгоритми та режими роботи для ефективного управління технологічним процесом. Основні алгоритми та режими роботи включають:

- Алгоритм підтримання температури: цей алгоритм відповідає підтримці необхідної температури в середині печі. Він використовує дані з терморегулятора та датчиків температури для постійного моніторингу та регулювання температури. Якщо температура змінюється від заданого елемента, алгоритм видає сигнал для зміни потужності нагрівальних елементів.
- Алгоритм управління потужністю: цей алгоритм використовується для регулювання потужності нагрівальних елементів залежно від потреби технологічного процесу. Він аналізує параметри процесу.

7. *Умови експлуатації системи керування:*

- Електропостачання: Напруга живлення повинна бути в межах 220-240 Вольт зі стабільними значеннями. Частота живлення повинна відповідати стандартам (наприклад, 50 Гц або 60 Гц).
- Температурні умови: Робоча температура може бути встановлена, наприклад, від 50°C до 1000°C. За розширених умов система може працювати в температурному режимі від -10°C до +50°C.
- Обслуговування та технічна підтримка: Система вимагає регулярного технічного обслуговування відповідно до вимог виробника, наприклад, перевірка стану нагрівальних елементів, очищення фільтрів, заміна

датчиків і т.д. Також слід мати доступ до технічної підтримки зі сторони виробника або спеціалістів із сервісного обслуговування для вирішення можливих проблем.

- Утримання інструкцій виробника: Перед експлуатацією системи необхідно ознайомитися з інструкціями, посібниками та рекомендаціями, наданими виробнику. Необхідно правильно встановити, налаштувати і використовувати систему відповідно до вказівок виробника.
- Умови навколишнього середовища: Система може мати вимоги до експлуатації середовища, наприклад, негативних агресивних хімічних речовин або пилу, вентиляційних приміщень, достатньої відмови від інших послуг тощо.
- Безпека: Персонал, який працює з системою, повинен бути ознайомлений з правилами безпеки, які включають у себе використання захисного спорядження, правила відключення живлення, заборону доступу до небезпечних деталей під час роботи та інші вимоги.

8. Технічні вимоги:

- Температурні вимоги: Система термопечі повинна забезпечувати режими нагріву, утримання та охолодження відповідно до встановлених температурних параметрів. Система повинна досягати температури від 200°C до 1000°C з точністю $\pm 5^\circ\text{C}$.
- Часові вимоги: Система повинна мати можливість програмування та весь контроль технологічних циклів. Здатність досягти часу нагріву, утримання та охолодження з точністю до секунди.
- Розмірні вимоги: Система термопечі повинна мати внутрішній об'єм і розміри, необхідні для забезпечення термообробки деталей або виробів відповідного розміру. Обмеження розміру для завантаження деталей повинні бути в межах 1000 мм (ширина) x 1000 мм (висота) x 1500 мм (глибина).
- Енергоефективність: Система повинна бути енергоефективною і мінімізувати втрати енергії під час термообробки. Вимагайте коефіцієнта енергетичного використання (COP) або Коефіцієнта корисної дії (COP).
- Контроль температури: Система повинна забезпечувати точний контроль температури в різних зонах термопечі з мінімальними відхиленнями. Вимоги до точності контролю температури з точністю до $\pm 1^\circ\text{C}$ у шкірній зоні.
- Автоматизація: Система повинна мати можливість автоматичного управління технологічними процесами термообробки. Автоматичне програмування циклів нагрівання, утримання, охолодження та переходів між ними.

- Стабільність та надійність: Система повинна бути стабільною та надійною протягом тривалого періоду роботи без умов та збоїв. Система повинна мати низький рівень відмов та показник надійності, що забезпечує безперебійну роботу протягом певного часу (наприклад, 5000 годин без збоїв).

9. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Ознайомлення із завданням. Аналіз існуючих подібних систем.	21.02.2023– 01.03.2023
2	Розробка технічного завдання. Визначення основних елементів системи та побудова схема інформаційно-матеріальних потоків.	02.03.2023– 16.04.2023
3	Розробка функціональної схеми.	16.04.2023– 19.04.2023
4	Вибір засобів автоматизації.	20.04.2023– 25.04.2023
5	Розрахування теплових втрат	25.04.2023– 05.05.2023
6	Технічне оформлення проекту.	06.05.2023– 28.05.2023

10. Додатки:

Конструкторська документація:

Додаток А. Схема матеріальних потоків

Додаток Б. Схема інформаційних потоків

Додаток В. Функціональна схема автоматизації

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Автоматизація процесу термообробки металевих виробів на базі термопечі

Автор: Сурма Андрій Русланович; Сумський державний університет; 4 курс; Суми.

Науковий керівник: Журавльов Олександр Юрійович;.

Робота містить вступ, чотири розділи, загальним обсягом 37 сторінок, 7 рисунків, 6 таблиць, 17 джерел.

У дипломному проекті досліджено автоматизацію системи управління технологічним процесом термічної обробки в печах опорного типу СДО. Описано технологічний процес та розуміти сучасні вимоги до термообробки. Запропоновано автоматичну систему керування, яка забезпечує надійність, гнучкість та універсальність управління процесом. Застосування системи виробництва якості продукції, знижує брак, економить сировину, продуктивність праці та забезпечує інші позитивні ефекти. Розроблено функціональну схему автоматизації з детальним описом керуючих контурів. Виконано вибір датчиків, перетворювачів, виконавчих механізмів та регулюючих органів. Наведено розрахунок та моделювання теплових втрат, де показано, що тепловий опір футеровки печі СДО-10.20.

Ключові слова: термічна обробка, термопіч, термообробка металевих виробів.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему:

«Автоматизація процесу термообробки металевих виробів на базі термопечі»

Керівник проекту:

к.ф.-м.н., доцент

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

Здобувач:

Студент групи СУ-91

Андрій СУРМА

Суми – 2023

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА КЕРУВАННЯ	5
1.1 Опис технологічного процесу	5
1.2 Опис об’єкта керування.....	6
РОЗДІЛ 2 РОБОТА І ФУНКЦІОНУВАННЯ ПЕЧІ СДО	13
2.1 Функціональні задачі	13
2.2 Схема матеріальних потоків	14
2.3 Таблиця вхідних і вихідних сигналів	14
РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ... ..	16
РОЗДІЛ 4 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ІНТЕРФЕЙСІВ.....	18
4.1 Вибір давачів та первинних перетворювачів	18
4.2 Вибір регулюючих органів.....	20
4.3 Вибір програмно-логічного контролера та допоміжних модулів ..	25
РОЗДІЛ 5 Розрахункова частина	28
5.1 Розрахунок і моделювання теплових втрат	28
ВИСНОВКИ	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	35
Додаток А. Схема матеріальних потоків	Error! Bookmark not defined.
Додаток Б. Схема інформаційних потоків	Error! Bookmark not defined.
Додаток В. Функціональна схема автоматизації	Error! Bookmark not defined.

					СУ-91.6.151.01.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Автоматизація процесу термообробки металевих виробів на базі термопечі Відомість проекту</i>	Лім.	Арк.	Аркушів
		Сурма А.Р.						
		Журавльов О.Ю.						
Реценз.						СумДУ, СУ-91		
Н. Контр.								
Затверд.		Леонтьев П.В.						

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СНО – Піч камерна, окисне середовище.

ПЗ – Програмне забезпечення

ПЛК – Програмно-логічний контролер

СК – Система керування

ФСА – Функціональна схема автоматизації

АСУ – Автоматизована система управління

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

Розвиток сучасного металургійного виробництва супроводжується інтенсифікацією технологічних і виробничих процесів. Створення великих металургійних агрегатів і їх комплексів дозволяє більш ефективно використовувати сировину, паливо, капіталовкладення. Однак.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є піч опору з окислювальним середовищем (СДО-10.20.8/1). **Предмет дослідження** – автоматизація термообробки металевих виробів.

Мета роботи – підвищити якість термообробки металевих виробів шляхом керування процесами термообробки в технологічному об'єкті з застосуванням новітніх методів і засобів автоматичного управління. Основною задачею впровадження новітніх методів і засобів керування є впровадження адаптивних і оптимальних режимів термообробки металевих виробів.

Сучасні технології термообробки вимагають підтримку розподіленого поля температури для досягнення необхідної якості, режими зі складними графіками зміни температури і високою точністю її підтримки, безперервний контроль і регулювання складу атмосфери в ході процесу, жорсткі вимоги до економічності експлуатації печей, а також прагнення до скорочення застосування робочої сили при обслуговуванні обладнання.

Задачі дипломної роботи:

- Розроблення схеми автоматизації електropечі СДО-10.20.8/1;
- Розрахунок та моделювання теплових втрат, для оцінки теплоізоляваності СДО-10.20.8/1;

Розробка систем автоматичного управління для СДО-10.20.8/1 дозволить забезпечити високу температурну рівномірність та якість термообробки. Перебачається збільшити рівень безпеки при обслуговуванні печі та здійсненні процесів обробки.

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Опис технологічного процесу

Термічна обробка є технологічним процесом, який впливає на структуру металів і сплавів шляхом нагрівання, утримання та охолодження за певним режимом. Цей процес до змін механічних та фізичних властивостей цих матеріалів. Крім того, застосовуються різні методи хіміко-термічної обробки, які включають легування поверхні виробів вуглецем, азотом або певними металами, такими як алюміній, хром або берилій, з подальшою термічною обробкою.

Існує декілька видів термічної обробки, які відрізняються температурою нагрівання, тривалістю утримання та швидкістю охолодження. Серед них варто відзначити відпалювання, нормалізацію, загартування і відпуск.

- Відпалювання (відпал) є одним із методів термічної обробки, який включає нагрівання матеріалу, наприклад металу, до температури, що перевищує його критичну точку, тривале утримання при цій температурі, а потім повне охолодження. Гомогенізація, графітизація, перекристалізація, рекристалізація, релаксація та сфероїдізація відпалу є основними його видами, які застосовуються переважно для сталей. Відпалювання покращує пластичність матеріалу, зменшує внутрішнє напруження і зменшує його твердість.
- Щодо нормалізації, це інший метод термічної обробки, який забезпечує нагрівання матеріалу до високої температури, утримання його при цій температурі та повне охолодження на повітрі. Нормалізація полегшення формування дрібнозернистої і рівномірної структури у сталі. Твердість і міцність після нормалізації вищих, ніж після відпалу.
- Загартування. Загартуванням називають нагрівання до високої температури, витримування і швидке охолодження Є такі види загартування: в одному охолоджувачі; перервне; ступінчасте; ізотермічне; поверхнєве та ін.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-91 6.151.01.ПЗ

Лист

5

Загартування сталей забезпечує підвищення твердості, виникнення внутрішніх напружень і зменшення пластичності. Твердість збільшується у зв'язку з виникненням таких структур: сорбіт, тростит, мартенсит. Практично загартуванню піддаються середньо- і високовуглецеві сталі.

- Відпуск. Відпуском називають нагрівання до температури нижчої за 973 К, витримування та повільне охолодження на повітрі. Розрізняють три види відпуску: низький (нагрівання до температури 473 К; середній (573–773 К); високий (773–973 К). Після відпуску певною мірою зменшується твердість і внутрішні напруження, збільшується пластичність і в'язкість сталей. До цього приводить зміна структур після відпуску. Структура мартенситу сталі переходить відповідно в структуру трооститу і сорбіту. Чим вища температура відпуску, тим менша твердість відпущеної сталі і тим більша її пластичність та в'язкість.
- Відпуск, в основному, проводять після загартування для зняття внутрішніх напружень. Низький відпуск застосовують при виготовленні різального інструменту, вимірювального інструменту, цементованих деталей та ін; середній — при виробництві ковальських штампів, пружин, ресор; високий — для багатьох деталей, що зазнають дії високих напружень (осі автомобілів, шатуни тощо).

1.2 Опис об'єкта керування

Для термообробки металевих виробів використовується піч типу СДО-10.20.8/11 (рис. 1.1). Електричні печі з вискатним подом використовуються для високоякісної термічної обробки різноманітних виробів великих розмірів. Конструктивно являють собою горизонтально розміщуються камери тунельного типу, теплоізолювані та з висуюються по напрямних подом.

Печі з подом викочування складаються з:

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Міцного металевого каркаса, обробленого панелями з декоративними поверхнями;
- Камери нагріву, виконаної з матів і матеріалу волокнистої структури;
- Пічної заслінки. Виготовляється з металу і оснащується електричним приводом, що забезпечує вертикальний підйом стулки;
- Викочування пода. Даний елемент виконується в формі візки, що переміщається по сталевих рейках. Під обладнується надійним приводом, що дозволяє плавно гальмувати і стартувати.

Печі з подом викочування виробничого підприємства оснащуються сучасною системою управління в автоматичному режимі. Завдяки їй активуються термічні режими регулюються автоматично, без участі робочого персоналу. Іншими перевагами електричних печей з черенем викочування, є:

- Постачаються у вигляді спеціальних модулів, зручних в збірці;
- Висока потужність;
- Можливість комплектації печей додаткової оснащенням - агрегатами завантаження, ЗІП і т.д ;
- Невисока вартість утримання та технічного обслуговування; конкурентна ціна.

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

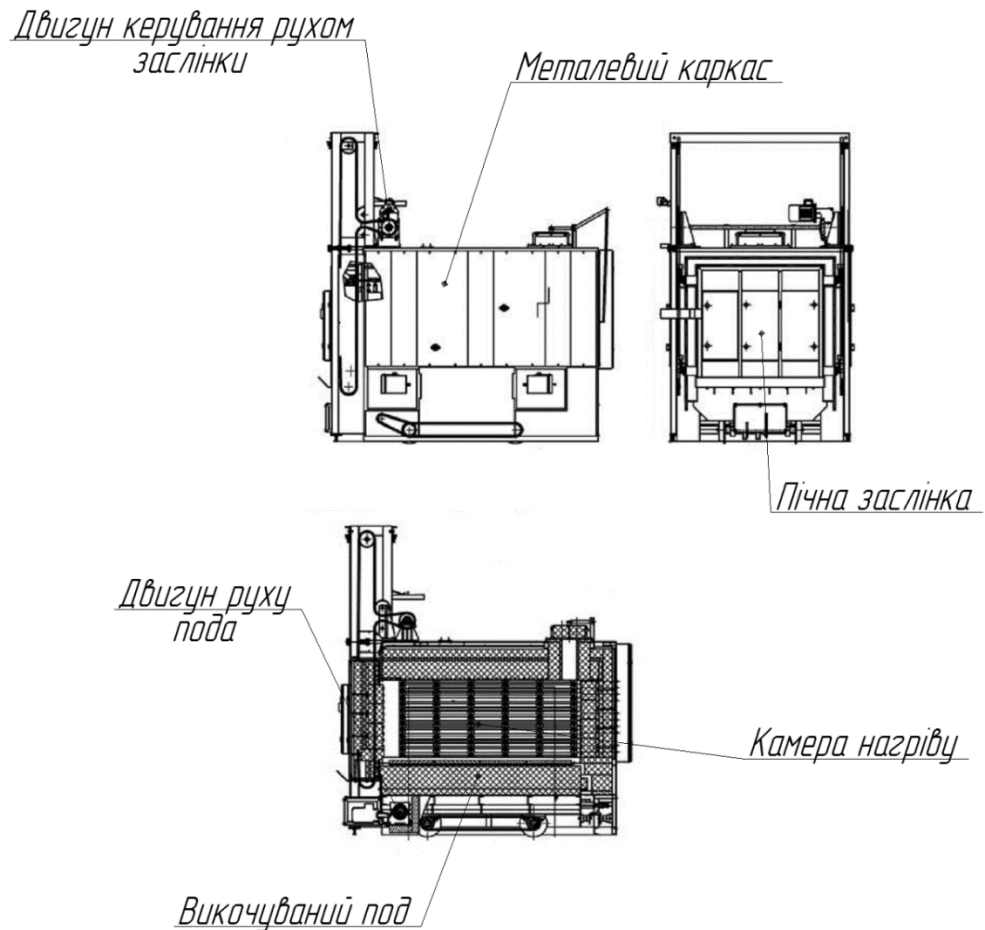


Рисунок 1.1 - піч СДО-10.20.8/11

Властивості СДО-10.20.8/11:

- Електропіч призначена для використання в операціях термообробки металів при температурі до 1100 ° С.
- Каркас електропечі виконаний із сталевих профілів і обшитий захисними панелями з листової сталі.
- Футеровка електропечі є складною, до складу якої входять, як жаростійка цегла, так і волокнистий малоінерційний теплоізоляційний матеріал. Склад ізоляції і її технічні параметри забезпечують мінімальні тепловтрати при безперервній експлуатації електропечі.
- На бічних стінках, а також у верхній частині викочування пода передбачені керамічні кронштейни для кріплення футеровки і нагрівальних

						СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			8

елементів електропечі.

- Нагрівальні елементи печі являють собою відкриті спіралі, виготовлених з дроту багатокомпонентного сплаву KANTHAL A1 фірми KHANTAL, які розміщені на керамічних трубках, на бічних стінках, заслінки і поді викочування електропечі. Кінці нагрівальних елементів, розміщені на бічних стінках і поді викочування, виведені через задню стінку електропечі в окрему шафу.

- Для захисту нагрівальних елементів пода викочування від ударних навантажень при установці садки, а також для запобігання прокидання окалини в зону розташування нагрівальних елементів, використовуються литі жароміцні плити.

- Заслінка електропечі приводиться в рух мотор-редуктором, розташований на даху електропечі. За допомогою ланцюга і системи важелів забезпечується вертикальне переміщення заслінки і її щільне дожимання до передньої площині корпусу електропечі. Положення дверей контролюється кінцевими вимикачами, які забезпечують відключення нагрівальних елементів електропечі при піднятті заслінки.

- Под приводиться в рух за допомогою електроприводу, розміщеного в нижній частині. Підведення напруги живлення до приводу пода здійснюється за допомогою кабельної ланцюга. Підведення напруги живлення до нагрівальних елементів, розташованим в поду здійснюється через контакти втичні, розташовані в нижній частині задньої стінки.

- Для швидкого охолодження електропечі без відкриття дверей, передбачені чотири клапана в нижній частині електропечі і один клапан на даху. Все клапана відкриваються вручну.

Каркас електропечі виконаний із сталевих профілів і обшитий захисними панелями з листової сталі. Футеровка електропечі є складною, до складу якої входять, як легка жаростійка цегла, так і волокнистий малоінерційний

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплоізоляційний матеріал. Склад ізоляції і її технічні параметри забезпечують мінімальні втрати тепла при безперервній експлуатації електропечі. На бічних стінках, а також у верхній частині викочування пода передбачені керамічні кронштейни для кріплення футеровки і нагрівальних елементів електропечі.

Нагрівальні елементи печі являють собою відкриті спіралі, виготовлені з дроту багатокомпонентного сплаву KANTHAL A1 фірми KHANTAL, які розміщені на керамічних трубках, на бічних стінках, заслінки і поді викочування електропечі. Кінці нагрівальних елементів, розташованих на бічних стінках і поді викочування виведені через задню стінку електропечі в окрему шафу. Кінці нагрівальних елементів заслінки виведені в шафу, розташований на передній стінці заслінки. Управління потужністю нагрівальних елементів забезпечується за рахунок напівпровідникових безконтактних елементів, керованих мікропроцесорним регулятором.

Для захисту нагрівальних елементів пода викочування від ударних навантажень при установці садки, а також для запобігання прокидання окалини в зону розташування нагрівальних елементів, використовуються литі жароміцні плити.

Заслінка електропечі приводиться в рух мотор-редуктором, розташованим на даху електропечі. За допомогою ланцюга і системи важелів забезпечується вертикальне переміщення заслінки і її щільне дожимання до передньої поверхні тіла електропечі. Положення дверей контролюється кінцевими вимикачами, які забезпечують відключення нагрівальних елементів електропечі при піднятті заслінки.

Під викочування приводиться в рух за допомогою електроприводу, розташованого в нижній частині. Підведення напруги живлення до приводу пода здійснюється за допомогою кабельної ланцюга. Підведення напруги живлення до нагрівальних елементів, розташованих в поду здійснюється через контакти втичні, розташовані в нижній частині задньої стінки.

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Складовою частиною електропечі служить станція управління, розміщена позаду електропечі, в якій розташовані всі регулюючі, управляють і силові елементи. Регулювання температури в електропечі здійснює терморегулятор, який контролює температуру всередині робочих зон за допомогою двох термопар. Терморегулятор здійснює регулювання температури відповідно до технологічної програмою.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики печі.

Область застосування	Нагрівання під загартування, нормалізація, відпал
Атмосфера в робочому просторі електропечі	Окислювальна (повітря)
Вага електропечі, кг, не більше	5250
Інтервал робочої температури електропечі, ° С	500 - 1100
Кількість зон нагріву, шт.	2
Максимальна маса садки одноразово завантажується в піч, кг	1500
Максимальна температура в робочій камері електропечі, ° С	1100
Матеріал спіралей нагрівальних елементів	Kanthal A1
Напругу живлення, В, Гц	3 (три) фази, 380, 50

Продовження таблиці 1.1

Принцип регулювання потужності	На основі напівпровідникових регуляторів потужності
Рівномірність розподілу температури в робочій камері електропечі, при сталому тепловому режимі електропечі без садки, ° С	± 5 (при 1000 ° С)
Розміри додаткове місце на екрані печі, мм (ШхДхВ)	1000 x 2000 x 800
Система регулювання	Програмована
Ступінь захисту електричної шафи управління	IP54
Ступінь захисту електропечі	IP20
Температура навколишнього середовища (температура експлуатації): максимальна, ° С	+40
Температура навколишнього середовища (температура експлуатації): -мінімальна, ° С	+10
Точність установки температури, ° С	1
Встановлена потужність нагрівальних елементів, кВт	45 + 45
Встановлена потужність електропечі, кВт	93

РОЗДІЛ 2 РОБОТА І ФУНКЦІОНУВАННЯ ПЕЧІ СДО

2.1 Функціональні задачі

Функціональні задачі СДО-10.20.8/11:

- Керування температурою – забезпечення високої температурної рівномірності. За рахунок високої температурної рівномірності по всій печі значно знизиться небезпека злипання, що дає можливість якісно відпалювати тонкий дріт, та забезпечує рівномірні механічні властивості при великій номенклатурі виробів. Рівномірність буде забезпечена за рахунок збільшення кількості давачів та розподіленим керуванням нагрівальними елементами. В системі передбачено 12 нагрівальних елементів які мають кожен свій давач і окремо керуються. Нагрівальний елемент вмикається и вимикається за допомогою симістора. Керуючий сигнал на симістор подається згідно з технологічною програмою з промислового ПК, через ПЛК. Сигнал зворотного зв'язку з давачів температури пройшовши первинний перетворювач поступає на комунікаційний модуль ПЛК і потім оброблюється на ПК.
- Керування рухом заслінки – забезпечується за рахунок мотор-редукторної системи. Ця система складається з електродвигуна-редуктора, частотного перетворювача, давача швидкості та давача положення заслінки. Мотор-редуктор рухає заслінку з швидкістю заданою оператором на промисловому компютері, сигнал поступає на ПЛК, а потім на частотний перетворювач, який регулює оберти двигуна. Датчик положення заслінки сигналізує про її положення і запобігає включенню нагрівальних елементів коли вона відкрита.
- Керування рухом пода – забезпечується за рахунок мотор-редукторної системи. Ця система складається з електродвигуна-редуктора, частотного перетворювача, давача швидкості та давача положення пода. Мотор-редуктор рухає под з швидкістю заданою оператором на промисловому компютері, сигнал поступає на ПЛК, а потім на частотний перетворювач, який регулює оберти двигуна. Датчик положення пода сигналізує про положення пода, за допомогою якого під час термообробки і заслінка закрита рух поду блокується.

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Вихідні сигнали ПЛК

Назва	Інтерфейс	Тип сигналу/Інтерфейс
Програма технолога	Q1.1 – Q1.7; Q2.0 – Q2.6; 12 виходів;	Дискретний сигнал
Керування двигунами	RS 485 2 вихода;	Дискретний сигнал

З схеми інформаційно-матеріальних потоків маємо 14 контурів керування.

- Контур керування температурою. Дванадцять з них це аналогічні контури керування температурою печі. Цей контур складається з нагрівального елемента, елемента керування – тобто його включення та відключення, і зворотній зв'язок – давач температури, термопара.
- Контур керування заслінкою. Складається з електродвигуна який її відкриває через редукторну передачу. Також є давач руху для безпеки, щоб коли заслінка відкривалася в аварійній ситуації нагрівальні елементи вимикалися автоматично.
- Контур керування подом. Забезпечує автоматичний рух поду для закладання матеріалів обробки. Рух забезпечується за допомогою три фазного асинхронного електродвигуна через редукторну передачу.

РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Функціональні схеми автоматизації є документом, що визначає структуру і рівень автоматизації технологічного процесу проєктованого об'єкта і оснащення його приладами та засобами автоматизації (в тому числі засобами обчислювальної техніки).

Функціональні схеми є кресленнями, на яких за допомогою умовних зображень показують технологічне обладнання, комунікації, органи управління, прилади та засоби автоматизації, засоби обчислювальної техніки та інші агрегатні комплекси із зазначенням зв'язків між приладами і засобами автоматизації, таблиці умовних позначень і пояснення до схеми.

Розпочнемо побудову з окремих контурів. Контур керування температурою(Рис 3.1) та контур керування подом (Рис 3.2).

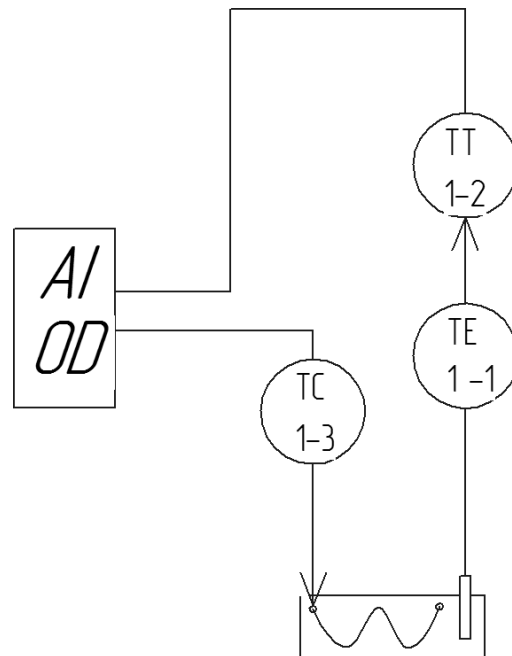


Рисунок 3.1 - Контур керування температурою

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-91 6.151.01.ПЗ

Лист

16

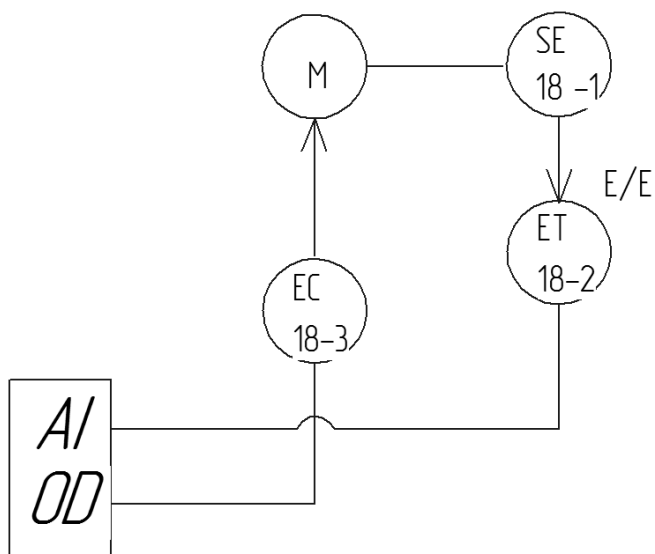


Рисунок 3.2 – Контур керування подом

Врахувавши усі особливості побудови функціональних схем автоматизації, на основі попередніх схем матеріальних і інформаційних потоків та аналізу контурів керування побудована ФСА.(Додаток А)

РОЗДІЛ 4 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ІНТЕРФЕЙСІВ

4.1 Вибір давачів та первинних перетворювачів

Для забезпечення зворотного зв'язку в контурі керуванням температурою використовуються давачі.

Термопара сформована двома провідниками, двома з'єднаннями. Устаткування даного плану відноситься до пасивних датчиків, і здатне самостійно виробляти напругу при зміні температури, за рахунок чого йому не потрібне зовнішнє джерело живлення.

Термоопір вимірює параметри за рахунок температурної залежності електроопору металів, з яких зроблений чутливий елемент обладнання. Термоопір, як і термопара, представлені кількома моделями приладів з різною номінальною статистичною характеристикою.

Потрібен давач з робочою граничною температурою +11000 С, термоопір не відповідає цим умовам. Отже, в системі потрібно використовувати термопару з модельних рядів ТПП або ТПР.

Діапазони вимірювання:

- для ТПП 0 ... + 1300 0 С (t ном. = +1000 0 С)
- для ТПР +600 ... + 1600 0 С (t ном. = +1300 0 С)

Для поточної системи доцільніше використовувати ТПП.

Вимірювані середовища для термопар ТПП-0192 – газоподібні нейтральні і окисні середовища, повітря, інертні гази, невідомі з матеріалом термо-електродів і неруйнівні матеріал захисної арматури.

Клас допуску : чутливого елемента - 2 (по ДОСТ 6616).

Основна похибка вимірювання від 0 до плюс 1100 С; $\pm 0,5$ 0 С

Сигнал з термопарі подається на комунікаційний модуль Siemens 8AI для термопар 6ES7331-7PF11-0AB0. Цей модуль містить первинний перетворювач на аналогових входах, який підсилює сигнал для подальшої обробки.

Аналоговий модуль введення SM 331 AI 8 x TC має такі властивості:

- 8 диференціальних входів для термопар типу В;

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Час обробки - 10мс,
- Точність вимірювання $\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Робоча температура $-25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Що допустимо для використання поруч з пічю)

Давач руху заслінки і пода

Для контролю роботи заслінки потрібен давач. Можна використовувати – інфрачервоні давачі руху (ІК), ультразвукові давачі руху (УЗ), мікрохвильові давачі руху (СВЧ), або звичайну механічну кнопку.

Кожен з цих типів датчиків руху має свої сильні і слабкі сторони і використовується в різних ситуаціях і умовах.

А тепер давайте розглянемо докладніше кожен з типів датчиків руху.

Інфрачервоні (ІЧ) датчики руху.

Основний недолік інфрачервоних датчиків руху: Можливість помилкових спрацьовувань. Через те, що датчик реагує на будь-які ІК (теплові) випромінювання, можуть траплятися помилкові спрацьовування навіть на тепле повітря, що надходить з кондиціонера, радіаторів опалення і т.п.

Плюси інфрачервоних датчиків руху: можливість досить точного регулювання дальності і кута виявлення рухомих об'єктів

Ультразвукові (УЗ) датчики руху.

Основні недоліки ультразвукових датчиків руху:

- Відносно невисока дальність дії
- Спрацьовує тільки на досить різкі переміщення, якщо рух зовсім плавний - ультразвуковий датчик руху може не спрацювати.

Переваги ультразвукових датчиків руху:

- Відносно невисока вартість
- Визначають рух незалежно від матеріалу об'єкта
- Чи мають високу працездатність в умовах високої вологості або запиленості

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	<i>Лист</i>
						19
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- Чи не залежать від впливу температури навколишнього середовища або об'єктів

Мікрохвильові (НВЧ) датчики руху

Переваги мікрохвильових датчиків руху:

- Датчик здатний виявляти об'єкти за різноманітними діелектричними або слабо проводять струм перешкодами: тонкими стінами, дверима, вікнами і т.п.
- Працездатність датчика не залежить від температури навколишнього середовища або об'єктів
- Мікрохвильовий датчик руху здатний реагувати на найменші рухи об'єкта
- Датчик володіє більш компактними розмірами

Отже, використання мікрохвильового датчика для контролю руху заслінки буде найбільш доцільним.

Оскільки под буде знаходитись постійно під великими температурами до 11000 С, то для контролю руху буде використовуватися механічна кнопка, виконана на заказ з термостійких футеровочних матеріалів.

4.2 Вибір регулюючих органів

Симістор

Для ввімкнення нагрівальних елементів в системі використовується симістори.

Розглянемо симістори з серії ВТА16-600BRG, ВТА12-600BRG та ВТА / ВТВ16. Семістор ВТА / ВТВ16 перевершує інші меншим часом відгуку, більшими робочими напругами.

Серія ВТА / ВТВ16 і Т16 симістор підходить для загального призначення комутації змінного струму. Вони можуть бути використані в якості включення / вимикання функції в додатках такі як статичні реле, регулювання нагріву, індукції пуску двигуна, частоти обертання двигун. У snubberless версії (ВТА / ВТВ ... W і Т16 серія) спеціально рекомендується для використання індуктивних навантажень, завдяки їх високій комутація виступу. При використанні

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	<i>Лист</i>
						20
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

внутрішньої керамічної подушки, серії ВТА забезпечує напругу вкладку ізольований (Оцінюється в 2500V RMS).

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики

Максимальна зворотна напруга $U_{обр.}$, В	800
Макс. повторюване імпульсна напр. в закритому стані $U_{зс.повт.макс.}$,	800
Макс. середнє за період значення струму у відкритому стані $I_{ос.ср.макс.}$, А	25
Макс. короткочасний імпульсний струм у відкритому стані $I_{кр.макс.}$, А	190
Макс. напр. у відкритому стані $U_{ос.макс.}$, В	1.55
Найменший постійний струм управління, необхідний для включення тиристора $I_{у.от.мін.}$, А	0.035
Відмикає напруга управління, відповідне мінімального постійного відмикає струму $U_{у.от.}$, В	1.5
Критична швидкість наростання напруги в закритому стані $dU_{зс.} / dt$, В / мкс	10
Критична швидкість наростання струму у відкритому стані dI / dt , А / мкс	10
Час включення $t_{ВКЛ.}$, Мкс	2
Робоча температура, С	-40 ... 125

Промисловий двигун-редуктор **NORD** без частотного перетворювача

Двигун-редуктор **NORD** має потрібні характеристики для ситеми:

1. Напруга живлення 230/400 В, частота 50 Гц.
2. Клас ізоляції F (155°C).
3. Режим роботи S1 (тривалий).
4. Клас захисту IP55 (пилевлагозащитний).
5. Виконання фланця В5 / В14 (для версії В14 - 8 отворів).
6. Оптимізовані для роботи від перетворювача частоти.

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Перетворювач частоти Siemens Micromaster

Для керування двигуном потрібно використовувати частотний перетворювач.

Розглянемо перетворювач частоти Msi-G0.75-2b та Siemens MICROMASTER 420. З плюсів Msi-G0.75-2b – економічна вигода, проте Siemens MICROMASTER має важливі переваги – швидкість та останні інновації, наявність аналогового входу для підключення датчика зворотного зв'язку.

Перетворювач Siemens MICROMASTER 420 може використовуватися для вирішення численних завдань, що вимагають застосування приводів із змінними швидкостями обертання. Найбільше він підходить для використання в насосах, вентиляторах і підйомно-транспортної техніки.

Основні особливості:

- простий пуск в експлуатацію;
- особливо гнучка конфігурація завдяки модульній конструкції;
- три вільно параметризуємих, потенційно розв'язаних цифрових входу;
- один аналоговий вхід (0 до 10 V, масштабований), може за вибором бути використаний в якості 4-го цифрового входу;
- один параметризуємих аналоговий вихід (0 mA до 20 mA);
- один параметризуємих релейний вихід (DC 30V / 5A, омичного навантаження, AC 250V / 2A, індуктивна навантаження);
- безшумна робота двигуна завдяки високій частоті імпульсів;
- захист двигуна і перетворювача.

Силові параметри:

- новітня технологія IGBT
- цифрове мікропроцесорне управління
- регулювання прямим струмом (FCC) для найкращих динамічних характеристик і оптимального керування двигуном
- U / f-управління лінійне
- U / f²-управління квадратичне
- параметризуємая крива залежності U / f

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- "Підхоплення на ходу"
- компенсація ковзання
- автоматичний повторний запуск при проваллі мережі або порушеннях режиму
- просте регулювання процесу завдяки вбудованому PI-регулятору
- параметризоване час розгону і гальмування в межах 0 ... 650 сек.
- згладжування кривої пуску
- швидкодіючий струмообмеження (FCL) для безаварійної роботи
- швидкодіючий, яке репродукується опитування цифрових входів
- точне введення заданого значення завдяки 10-бітному аналоговому входу
- комбінований гальмо для контрольованого швидкого зупинки
- 4 частоти пропускання проти резонансу
- демонтовані "Y" -конденсатор для використання в мережі IT

Захисні параметри:

- перевантажувальна здатність 50% від розрахункового вихідного струму протягом 60 сек. кожні 5 хвилин;
- захист від перенапруги і зниженої напруги;
- захист від перегріву перетворювача;
- захист двигуна за допомогою підключення терморезистора через цифровий вхід;
- захисне заземлення;
- захист від короткого замикання;
- тепловий захист двигуна i^2t ;
- захист блокування двигуна;
- захист від зміни параметрів;
- захист від перекидання.

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики

Діапазон потужностей	120 Вт -3 кВт 230 В 1 АС 120 Вт -5.5 кВт 230 В 3 АС 370 Вт -11 кВт 400 В 3 АС
Діапазон напруг	208-240 В +/- 10% 380-480 В +/- 10%
Вхідна частота	47-63 Гц
Коефіцієнт потужності	$\cos\phi > 0.7$
Пусковий струм	Не більше, ніж номінальний
ККД	97%
Робоча температура	-10 ... + 50 гр С
Температура зберігання	-40 ... + 70 гр С
Допустима відносна вологість повітря	95% (без утворення конденсату)
Ступінь захисту	IP20 / NEMA 1
Вихідна частота	0-650 Гц
Дозвіл вихідний частоти	0,01 Гц
Перевантажувальна здатність	150% від номінального струму протягом 60 з
Спосіб регулювання	Вольт-частотний Лінійний (U / f) Квадратичний ($U / f * f$) Пряме управління потоком FCC Довільна настройка
Цифрові вводи	3 (18 функцій)
Аналоговий вхід	0-10 В / ПІ-регулятор дозвіл 10 БІТ, може використовуватися як цифровий вхід
Аналоговий вихід	0,4-20мА 500 Ом макс навантаження дозвіл 10 Біт
Релейний вихід	30 В DC 5А, 250 В АС 2А параметризуемий
Інтерфейс	RS 485

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-91 6.151.01.ПЗ

Лист

24

4.3 Вибір програмно-логічного контролера та допоміжних модулів

ПЛК SIMATIC S7-1200, CPU 1214C

PLC SIMATIC S7-1200 має переваги для використання у системі автоматизації печі. Контролер мають модульну конструкцію і універсальне призначення, тобто швидше проходитиме подальша модернізація системи.

Здатен працювати в реальному масштабі часу, може використовуватися для побудови відносно простих вузлів локальної автоматики або вузлів комплексних систем автоматичного управління, що підтримують інтенсивний комунікаційний обмін даними через мережі Industrial Ethernet / PROFINET, а також PtP (Point-to-Point) з'єднання. Програмовані контролери S7-1200 мають компактні пластикові корпусу зі ступенем захисту IP20, можуть монтуватися на стандартну 35 мм профільну шину DIN або на монтажну плату і працюють в діапазоні температур від 0 до +50 °.

Центральний процесор представленої серії відрізняється компактністю, а також трьома варіантами модифікацій, що розрізняються величиною напруги харчування, вхідним і вихідним напругою.

Передбачено наявність вбудованого блоку живлення при вхідній напрузі ~ 85 ... 264В або = 24В, а також пристрій живлення датчиків і інших виконавчих елементів при вихідній напрузі = 24В і струмі навантаження до 400мА. Для зручності використання обладнання є 14 вбудованих дискретних входів = 24В з будь величиною полярності напруги для всієї групи (ІЕС показник типу 1).

Граничну простоту використання центрального процесора забезпечує вичерпний набір функцій і команд. Для програмування всіх модифікацій контролерів S7-1200 використовується пакет STEP 7 Basic.

Базові особливості центрального процесора CPU 1214C:

- Наявність десяти вбудованих дискретних виходів з транзисторними ключами = 24В або замикаючими контактами реле.
- Наявність двох вбудованих аналогових входів 0 ... 10В.

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Наявність двох імпульсних виходів (РТО), що характеризуються частотою проходження імпульсів, що досягає 100кГц.
- Інтерфейс Ethernet (TCP / IP, ISO-на-TCP).
- Виходи (PWM) (широотно-імпульсної модуляції), частота проходження імпульсів - до 100кГц.
- Можливість опціонального розширення пам'яті із застосуванням SIMATIC Memory Card.
- Наявність трьох швидкісних лічильників (100кГц) з можливістю настройки входів, дозволу роботи і параметрів скидання. Ефективна експлуатація як в режимі підсумовує, так і віднімає рахунку. Дозволяють підключати інкрементальні датчики положення.
- ПІД-регулятор + функції автонастройки.
- Можливість розширення за допомогою додаткових комунікаційних інтерфейсів RS485, RS232, а також аналогової або дискретної сигнальної платою без зміни (збільшення) настановних розмірів процесора.
- Вбудований годинник реального часу.
- Широкі можливості програмування різних операцій:
- Наявність вбудованих команд управління обміном даними;
- Оптимізовані функції широко-імпульсної модуляції, подальшого формування ланцюгів імпульсів, арифметичні опції, реалізація функцій математики з плаваючою комою, ПІД-регулювання;
- Виконання таких математичних функцій, як: SIN, COS, TAN, LN, EXP і т.д.

Комунікаційний модуль з 16 DO SIMATIC SM 1222 RLY 6ES7222-1BH30-0XB0

Потрібен модуль 16 DO SIMATIC SM 1222 для підключення семісторів до ПЛК SIMATIC S7-1200.

16 DO (реле) = 5 ... 30 В (до 30 Вт) / ~ 5 ... 250 В (до 200 Вт), 2 А

Модуль виводу дискретних сигналів для стандартних промислових умов експлуатації, діапазон робочих температур від 0 до +55 ° С.

- Наявність 8- і 16-канальних модифікацій.

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Наявність модифікацій з дискретними виходами на основі транзисторних ключів або на основі замикаючих контактів реле.
- Підключення до центральних процесорів CPU 1212C і CPU 1214C.
- Підтримка функцій оновлення вбудованого програмного забезпечення.
- Компактні пластикові корпусу шириною 45 мм.

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

РОЗДІЛ 5 Розрахункова частина

5.1 Розрахунок і моделювання теплових втрат

Для аналізу теплоізоляції печі доречно провести дослідження і моделювання теплових втрат через корпус печі. Це важливо не тільки для виявлення справжньої картини теплових втрат, а й для встановлення температурного режиму роботи кожного шару печі, що дозволить обґрунтовано оцінити теплоізоляційні матеріали кожного шару футеровки.

Св, Явн, Вт - довжина, висота і ширина внутрішнього простору печі; 5Б 52, 53 і X, - товщини окремих шарів футеровки (рис. 5.1).

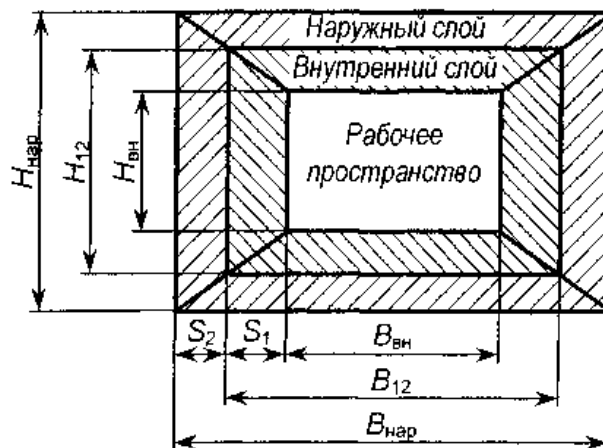


Рисунок 5.1 - Розрахунок параметрів печі

Невідомими є температура між шарами кладки і зовнішня температура стінки: $t_{1,2}$; $t_{2,3}$; $t_{3,4}$; $t_{нар}$; а також теплові втрати через стінку $Q_{ст}$.

Для реалізації чисельних методів розрахунку п'яти невідомих необхідно скласти п'ять рівнянь, що описують теплові втрати через кожен з шарів і через зовнішню стінку, котрі, природно, рівні між собою.

1-й шар - шамот класу А (ША), середня теплопровідність шару

$$\lambda_1 = 0,98 + 0,000278 \cdot (t_{вн} + t_{12}) / 2 ;$$

2- й шар - шамот-легкоатлет (ШЛ-0,9)

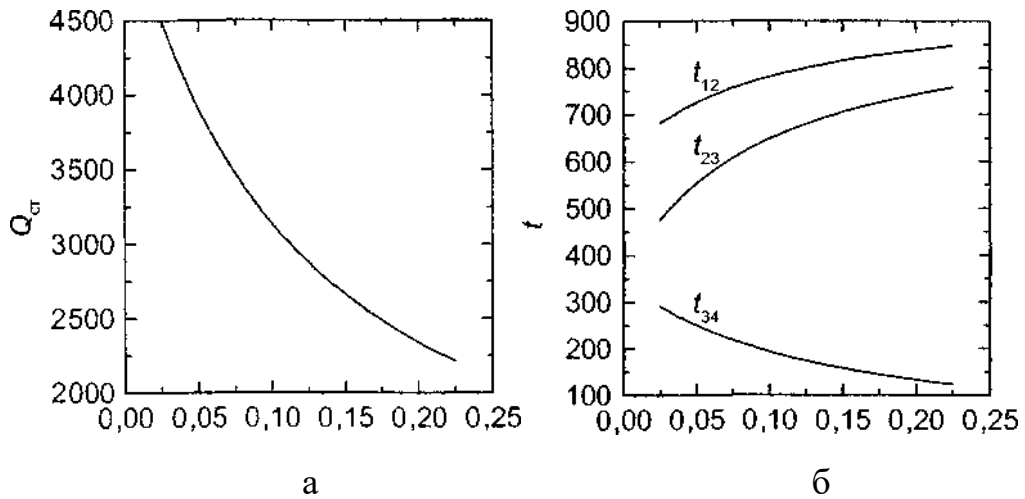


Рисунок 5.2 - Зміна теплових втрат(а), зміна температур між шарами (б)

Якщо виділити всередині футерування елементарний шар товщиною $\Delta S = B / N$, де N - велике число розбиття, то, використовуючи чисельний метод, можна знайти закономірність зміни температури всередині кожного шару. Чисельний (ітераційний) метод розв'язання системи рівнянь, записаних для всіх верств футерування, дозволяє установити справжню картину зміни температури футеровки, яка представлена на рис. 5.3.

Нижче представлений алгоритм визначення закономірності зміни температури футеровки.

$$t_{1_0} = t_{вн}; t_{1_i} = t_{1_{i-1}} - \frac{1}{0,98 + 0,000278 \cdot t_{1_{i-1}}} \cdot \frac{Q_{ст}}{B_{1_{i-1}} H_{1_{i-1}}} \cdot \frac{S_1}{N};$$

$$t_{2_0} = t_{12}; t_{2_i} = t_{2_{i-1}} - \frac{1}{0,4 + 0,000383 \cdot t_{2_{i-1}}} \cdot \frac{Q_{ст}}{B_{2_{i-1}} H_{2_{i-1}}} \cdot \frac{S_2}{N};$$

$$t_{3_0} = t_{23}; t_{3_i} = t_{3_{i-1}} - \frac{1}{0,06 + 0,000186 \cdot t_{3_{i-1}}} \cdot \frac{Q_{ст}}{B_{3_{i-1}} H_{3_{i-1}}} \cdot \frac{S_3}{N};$$

$$t_{4_0} = t_{34}; t_{4_i} = t_{4_{i-1}} - \frac{1}{0,4 + 0,000383 \cdot t_{4_{i-1}}} \cdot \frac{Q_{ст}}{B_{4_{i-1}} H_{4_{i-1}}} \cdot \frac{S_4}{N}.$$

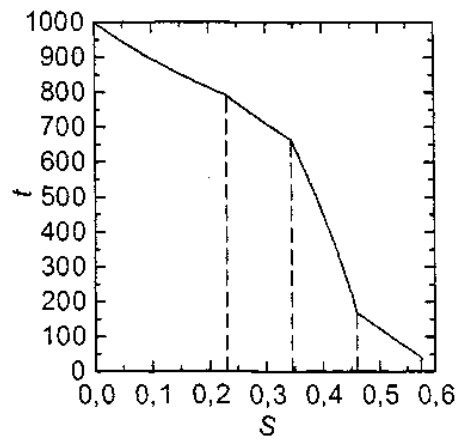


Рисунок 5.3 - Зміна температури в футеровці

Інтенсивність падіння температури футеровки залежить від теплового опору кладки. Якщо знову скористатися ітераційним методом і висловити поточний тепловий опір кожного шару:

$$R_{1i} = \frac{1}{0,98 + 0,000278 \cdot t_{1i-1}} \cdot \frac{S_1}{B_{1i} H_{1i}};$$

$$R_{2i} = \frac{1}{0,4 + 0,000383 \cdot t_{2i-1}} \cdot \frac{S_2}{B_{2i} H_{2i}};$$

$$R_{3i} = \frac{1}{0,06 + 0,000186 \cdot t_{3i-1}} \cdot \frac{S_3}{B_{3i} H_{3i}};$$

$$R_{4i} = \frac{1}{0,4 + 0,000383 \cdot t_{4i-1}} \cdot \frac{S_4}{B_{4i} H_{4i}};$$

то ми отримаємо наочну картину закономірності зміни поточного теплового опору кожного шару футеровки (рис. 5.4).

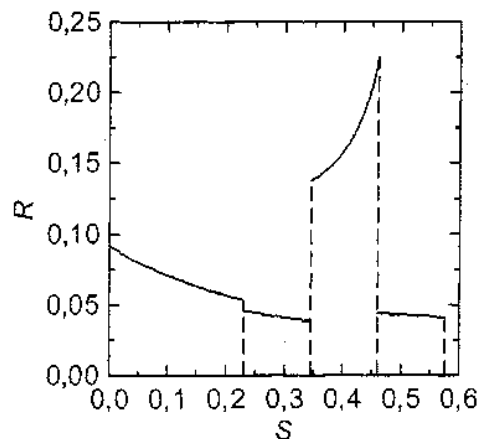


Рисунок 5.4 - Зміна температури в футеровці

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таким чином, моделювання теплових втрат в функції третього шару дозволяє уявити закономірність зміни теплових втрат і температур як між шарами, так і всередині футерування.

Аналізуючи ці закономірності, можна оцінити тепловитрати багат шарової футеровки печі і зробити висновки про її теплоізолюваність. В СДО-10.20.8/1 тепловий опір футеровки є задовільним для експлуатації при максимальних температурах та забезпечення якісної термообробки.

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

ВИСНОВКИ

В основній частині дипломного проекту розглянута автоматизація системи управління технологічним процесом термічної обробки в печах опору типу СДО. У проекті описаний технологічний процес, розглянуті вимоги сучасної термообробки.

У проекті пропонується автоматична система керуванням техпроцесом термообробки, що забезпечує надійність, гнучкість і універсальність управління технологічним процесом. Проектне рішення щодо застосування АСУ ТП дозволяє підвищити якість продукції, зменшити кількість браку, знизити витрату сировини, підвищити продуктивність праці і тим самим збільшити обсяг випуску продукції, скоротити поломки і простої устаткування, поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу.

Розроблена функціональна схема автоматизації з детальними описами контурів керування. Виконаний вибір і обґрунтування інтерфейсів, а саме – вибір давачів та первинних перетворювачів, вибір виконавчих механізмів та регулюючих органів та вибір мікроконтролера.

У роботі наведений розрахунок та моделювання теплових втрат. В СДО-10.20.8/1 тепловий опір футеровки є задовільним для експлуатації при максимальних температурах та для забезпечення якісної термообробки.

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Відомості про виробництво металопрокату за 2018 рік – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://interfax.com.ua/news/economic/570204.html>
- 2) Features of hot rolling process – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/hot-rolling>
- 3) Ratio control and metered air combustion processes – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://controlguru.com/ratio-control-and-metered-air-combustionprocesses/>
- 4) Air Fuel Ratio Effect Combustion Efficiency and Air Fuel Ratio – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://sagemetering.com/combustion-efficiency/air-fuelratio-effect-on-combustion-efficiency/>
- 5) Metal Rolling process – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://thelibraryofmanufacturing.com/metal_rolling.html
- 6) Кулінченко Г.В., Дрозденко О.О., Петренко Р.В. "Задачи визуализации данных теплового сканирования". Матеріали II-ї Міжнародної конференції Виробництво & Мехатронні Системи 2018, Харків, 25-26 жовтня 2018 р. С.91-95 – Режим доступу до матеріалів: https://nure.ua/wp-content/uploads/workshop/sbornyk_m_ms2018.pdf
- 7) Азин Е., Будакова С., Кузьмин А., Фоното И., "Информационная система резчика слябов в обжимном цехе" – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://thelibraryofmanufacturing.com/metal_rolling.html
- 8) Cutting processes - plasma arc cutting - process and equipment considerations – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.twiglobal.com/technical-knowledge/job-knowledge/cutting-processes-plasma-arc-cuttingprocess-and-equipment-considerations-051>
- 9) Кулінченко Г.В., Новіков О.О., Петренко Р.В., Багута В.А. Побудова приводу

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

мобільного робота на базі безколекторного двигуна// Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні» – Херсон: 2018–С. 182-184 – Режим доступу до матеріалів: kntu.net.ua/ukr/content/download/57970/.../Матеріали%20конференції%20СІСТ.pdf

10) Flat-rolled steel processes: advanced technologies / Edited by Vladimir B. Ginzburg. – Boca Raton: CRC Press, 2009. – 372 p. Зм. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. 61 СУ51.6.050201.ПЗ

11) Восканянц А.А. Автоматизоване управління процесами прокатки: Навч. – М.: МГТУ імені М.Е. Баумана, 2010. -85 с.

12) Відомості про давач температури SITRANS T 7MC2900-1DA – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/314/109765314/att_978331/v1/sitranst_thermo_elemente_fi01_en.pdf

13) Відомості про давач тиску SITRANS P DS III – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://eleten.com.ua/dsiii.pdf> 14) Відомості про давач тиску Метран-100– [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://pribortrade.com.ua/PDF/metran-100_katalog.pdf

15) Відомості про ультразвуковий витратомір SITRANS F US SONOFLO – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/f_us.pdf

16) Відомості про енкодер E40S8-12-2-T-24.– [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:

http://www.esspb.ru/Documents/Encoders%20E40S_E80H_rus.pdf 17) Відомості

про давач присутності об'єкту SELS PCID4ZPKWM1250M12– [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.tme.com/mx/en/details/pcid4zpkwm1250m12/dc-cylindrical-inductivesensors/sels/>

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17) Інструктивні вказівки до виконання курсових і дипломних проектів / укладачі: В.Д. Черв'яков, О.Ю. Журавльов, І.В. Щокотова – Суми: Сумський державний університет, 2013. – 69с

					СУ-91 6.151.01.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

