

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Довбиш А. С.
_____ . 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСА ВИПІКАННЯ ХЛІБУ

Дипломний проект

Виконавець:
Студент гр. СУ – 61

Романенко А.О.

Керівники проекту:
к. т. н., доцент

Червяков В.Д.

Суми 2020

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№. екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1	A4		Завдання кафедри	2		
			<u>Новорозроблена</u>			
	A4		Технічне завдання	3		
3	A4		Реферат	2		
4	A4	СУ-61.151.052.ПЗ	Пояснювальна записка	28		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Застосована</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5						
6						
7						

СУ-51 151.052 КРБ					
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата
Розробив		Романенко А.О			
Керівник		Черв'яков В. Д.			
Рецензент					
Консульт.					
Н. контр.					
Автоматизація технологічного процесу випікання хлібу. Відомість проекту				Стадія ДП	Аркуш 1
СумДУ СУ-61					

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Довбиш А. С.

01.03.2020 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра студенту

Романенко А. О.

1 Тема проекту «Автоматизація технологічного процесу випікання хлібу»

Затверджено наказом ректора університету № 0543 – III від 21 квітня 2020 р.

2 Термін здачі закінченого проекту "15" 05.2020 р.

3 Вихідні дані до проекту: опис вибраного об'єкту автоматизації із відкритих джерел інформації.

4 Зміст пояснювальної записки (питання, що належать до розроблення):

4.1 Конструктивно-технологічна характеристика хлібовипічної печі

4.2 Функціональна схема автоматизації, технічні засоби автоматики

4.3 Системи автоматичного керування температурою, вологістю та рівнем шкідливих домішок

5 Перелік графічних матеріалів: 3 креслення

7. Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування (виконання роботи)	Строк виконання (початок - кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури. Відбір аналогів та прототипу.	01.03.20-15.03.20
2	Опис об'єкту автоматизації. Задачі автоматизації. Аналіз відомих технічних рішень	16.03.20-31.03.20
3	Розробка функціональної схеми автоматизації	01.04.20-10.04.20
4	Вибір обладнання	11.04.20-15.04.20
5	Розробка алгоритмів управління	16.04.20-30.04.20
6	Створення конструкторських документів	01.05.20-15.05.20
7	Оформлення ПЗ. Здача проекту керівнику	16.05.20-20.05.20

8 Дата видачі завдання 01.03.2020 р.

Керівник проекту:

к. т. н., доцент

Черв'яков В. Д.

До виконання прийняв:

студент-дипломник групи СУ-61

Романенко А. О.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на дипломний проект за темою
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСА ВИПІКАННЯ ХЛІБУ

Розробник:

студент групи СУ-61

Романенко А. О.

Погоджено:

керівник проекту

к. т. н., доцент

Черв'яков В. Д.

1. *Назва і галузь застосування:* Автоматизація технологічного процесу випікання хлібу. Побутова техніка.

2. *Підстави для проектування:* Наказ ректора Сумського державного університету № 0543 – III від 21 квітня 2020 р.

3. *Мета і призначення проекту:* розробити проект системи автоматизації побутової хлібовипічної печі, здатної до виконання технологічних задач:

- забезпечувати контроль вологості та температури;
- регулювати температуру та вологість в заданому режимі;
- виконувати періодичне примусове провітрювання;
- проводити контроль рівня вуглецю;
- забезпечувати безпечність використання;
- виключити викід шкідливих речовин у довкілля.

Для досягнення поставленої мети розробити технічну документацію: функціональну схему автоматизації, таблицю вхідних/вихідних сигналів; розробити алгоритми керування виконавчими механізмами.

4. *Джерела розроблення:* технічні умови, нормативи та паспорти на обладнання.

5. *Режими роботи об'єкта:* безперервний до технічного огляду, який має бути запланований один раз на два тижні. Керування піччю здійснюється вручну користувачем.

6. *Умови експлуатації:*

- температура навколишнього повітря від мінус 5 до плюс 30°C;
- відносна вологість до 99% при температурі плюс 30°C і більш низьких значеннях температури (без конденсації вологи);
- атмосферний тиск від 84 до 107 кПа (від 530 до 600 мм рт.ст.);
- сейсмічна активність до 8 балів;
- вплив синусоїдальних вібрацій частотою від 10 до 55 Гц з амплітудою зміщення до 0,15 мм.

7. *Технічні вимоги:*

- контролювати вологість та температуру;
- регулювати температуру та вологість;
- забезпечити періодичне примусове провітрювання;
- забезпечити контроль рівня вуглецю;
- проводити вимірювання вологості;
- напрацювання на відмову не менше 10000 год за умови проведення регламентних робіт по заміні несправного обладнання та проведення регламентного огляду раз на квартал;

термін служби – не менш 5 років.

8. *Економічні показники:* розроблена система повинна зменшити затрати на побудову за рахунок безкоштовності проекту та витрат лише на закупівлю обладнання та вузлів системи автоматизації.

9. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування (виконання роботи)	Строк виконання (початок - кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Підбір та аналіз джерел інформації. Відбір аналогів та прототипу.	01.03.20-15.03.20
2	Опис об'єкту автоматизації. Задачі автоматизації. Аналіз відомих технічних рішень	16.03.20-31.03.20
3	Розробка функціональної схеми автоматизації	01.04.20-10.04.20
4	Вибір обладнання	11.04.20-15.04.20
5	Розробка алгоритмів управління	16.04.20-30.04.20
6	Створення конструкторських документів	01.05.20-15.05.20
7	Оформлення ПЗ. Здача проекту керівнику	16.05.20-20.05.20

РЕФЕРАТ

Романенко Антон Александрович. Автоматизація технологічного процесу випікання хлібу. Кваліфікаційна робота бакалавра (дипломний проект). Сумський державний університет. Суми, 2020 р.

Пояснювальна записка містить 28 арк. основного тексту. Список джерел інформації містить 12 найменувань.

В пояснювальній записці описаний технологічний об'єкт – побутова хлібовипічна піч. Розроблені функціональна схема автоматизації, контури регулювання. Розроблені алгоритми управління режимами роботи печі. Розроблений пакет конструкторських документів.

Ключові слова: автоматизація, хлібовипічна піч, функціональна схема автоматизації, контур регулювання, алгоритм, контролер, схема електрична принципова.

ABSTRACT

Romanenko Anton Alexandrovich. Automation of the technological process of baking bread. Bachelor's thesis (diploma project). Sumy State University. Sumy, 2020 The explanatory note contains 28 sheets. main text. The list of sources of information contains 12 names.

The explanatory note describes the technological object - a household bread oven. The functional scheme of automation, contours of regulation are developed. Algorithms for controlling the modes of operation of the furnace have been developed. A package of design documents has been developed.

Key words: automation, bread oven, functional scheme of automation, control circuit, algorithm, controller, electrical circuit diagram.

РЕФЕРАТ

Романенко Антон Александрович. Автоматизация технологического процесса выпечки хлеба. Квалификационная работа бакалавра (дипломный проект). Сумский государственный университет. Сумы, 2020 г.

Пояснительная записка 28 арк. основного текста. Список источников 12 наименований.

В пояснительной записке описан технологический объект – бытовая печь. Разработаны функциональная схема автоматизации, контуры регулирования, алгоритмы управления режимами работы печи, пакет конструкторских документов.

Ключевые слова: автоматизация, хлебопекарная печь, функциональная схема автоматизации, контур регулирования, алгоритм, контроллер, схема электрическая принципиальная.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСА ВИПІКАННЯ ХЛІБУ

Керівник проекту:
к.т.н., доцент

В.Д. Черв'яков

Проектант:
студент гр. СУ-61

А.О. Романенко

Суми – 2020

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО–ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХЛІБОВИПІКНОЇ ПЕЧІ.....	5
1.1 Хлібовипічна піч як об’єкт технології.....	5
1.2 Програми для виготовлення хліба.....	7
1.3 Програми для виконання додаткових функцій	8
1.4 Конструктивні особливості	9
1.5 Процес приготування хліба	11
РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	12
2.1 Датчик температури DS18B20.....	12
2.2 Датчик вологості DS18B20.....	13
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	15
3.1. Технічні вимоги до виконавчих органів.....	16
3.2. Засоби контролю та вимірювань.....	18
РОЗДІЛ 4 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ..	18
4.1 Система автоматичного регулювання температури.....	20
4.2 Функціональна схема САУ.....	20
4.3 Аналіз устойчивости САУ.....	20
4.4 Синтез корегувальних пристроїв САУ.....	22
4.5 Аналіз характеристик скорегованої системи.....	25
4.6 Система автоматичного регулювання вологості.....	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	28

СУ-61 11.151.16.ПЗ				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>				
<i>Перевір.</i>				
<i>Реценз.</i>				
<i>Н. Контр.</i>				
<i>Затверд.</i>				
Автоматизація технологічного процесу випікання хлібу. Пояснювальна записка				
		<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
		2		
СумДУ СУ-61				

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ХВП
СУ
ПК
ПУ

хлібовпічна піч
система управління
програмований контролер
пульт управління

					СУ-61 11.151.16.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Населення України забезпечують хлібом висококомеханізовані підприємства Укрхлібпрому, Укоопспілки, Укрпродспілки. Проте все більшу популярність набуває виготовлення хлібобулочних виробів в умовах домашнього господарства за допомогою хлібопіч. Хлібопіч — це побутовий малогабаритний електромеханічний пристрій, основною функцією якого є автоматизоване виготовлення формового хлібу, починаючи від замісу тіста і закінчуючи випіканням готового хлібобулочного виробу. Максимальна маса виробу — від 450 до 2000 г, в залежності від моделі хлібопічки. Час виготовлення — 1-6 годин, залежно від виду хліба і способу виготовлення [1].

Прототип побутової хлібопічки з'явився в Бостоні на початку ХХ століття. Перша ж сучасна хлібопічка була розроблена в 1987 році японською фірмою Matsushita Electric Industrial Company, Ltd. (Назва в даний час - Panasonic Corporation). Розробляючи хлібопічку, співробітники компанії Matsushita Electric зіткнулися з такою проблемою: випробувальний зразок хлібопічки не міг якісно замісити тісто, через що скоринка хліба виявлялася пересушеною, а м'якуш, навпаки, непропеченого. Для вирішення цього завдання була використана імітація техніки ручного приготування тіста за допомогою вертикальних округлих виступів в хлібопекарській формі [2]. Інновація японських інженерів полягає в тому, що вони об'єднали в одному пристрої тестомесильную машину, расстоечный шафа і хлібопекарську піч, використавши форму для замішування як хлібопекарській форми, а також автоматизували технологічний процес за допомогою мікропроцесора.

Технологічним об'єктом, для якого в даному проекті розробляється система автоматизації, є побутова хлібопіч. Проектом передбачено застосування комп'ютеризованої системи управління хлібопічкою на базі програмованого контролера наведіть тип.

					СУ-61 11.151.16.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

ХЛІБОВИПІКНОЇ ПЕЧІ

1.1 Хлібовипічна піч як об'єкт технології

Пекарна камера - приміщення, в якому відбувається процес теплової обробки - випікання. У ній розташовуються: нагрівальний елемент, сполучна муфта і крутний механізм (один або два, рисунки 1.1 і 1.4 відповідно) для обертання валу в хлібопекарській формі. Крутний механізм приводиться в рух за допомогою електродвигуна.

Хлібопекарська форма - ємність для тіста, що встановлюється в пекарню камеру. Як правило, має антипригарне покриття. На дні форми знаходиться вал (один або два, рисунки 1.3 і 1.4 відповідно), на який встановлюється лопатка для замішування тіста. У зовнішній нижній частині форми знаходиться муфта (рис.1.2) для з'єднання вала з обертовим механізмом на дні пекарної камери (рис. 1.1).

Термодатчик (виділено на рис.1.1) - пристрій, за допомогою якого постійно відстежується і підтримується певна температура в пекарної камері на всіх етапах технологічного процесу.



Рис. 1.1 – Розташування деталей в пекарної камері: по периметру нижньої частини - нагрівальний елемент - ТЕН, на дні - муфта, в центрі якої - крутний механізм (деталь у вигляді гуртка чорного кольору)

										Арк.
										5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-61 11.151.16.ПЗ					

Панель управління - (рисунок 1.4, праворуч) - пристрій введення команд. За допомогою неї здійснюються: пуск, вимкнення хлібопічки, вибір програми і програмних параметрів (додаткових команд програми). Для відображення інформації можуть використовуватися пристрої виведення - дисплей і світлова індикація.



Рис. 1.2 – На дні форми знаходиться муфта, в центрі якої – вал



Рис. 1.3 – Хлібопекарська форма зі встанов

									Арк.
									6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-61 11.151.16.ПЗ				



Рис. 1.4 – Хлебопічка з двома крутящими механізмами

1.2 Програми для виготовлення хліба

1. Програми певного виду хліба

Пшеничний хліб, Житній хліб (житньо-пшеничний, Бородинський), Французький, Без клейковини (глютену), пшеничний хліб зі шпалерного (цільнозерновий) борошна, Солодкий хліб та інші.

Відмінність програм полягає в особливій комбінації технологічних операцій, їх тривалості та інтенсивності. Програма французького хліба є найтривалішою, що витрачається на його виготовлення час становить близько 6 годин .

Наявність кожної з цих програм, крім базової програми пшеничного хліба, залежить від моделі хлебопечки.

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2 Прискорене виготовлення хліба

В основному ця програма використовується для пшеничного хліба і хліба зі шпалерного борошна. Варіанти програми:

Швидке - час виготовлення становить приблизно від 2 до 3 годин;

Надшвидке, експрес - близько 1 години.

Як правило, що випікається у такий спосіб хліб володіє більш щільним м'якушем, в порівнянні зі стандартною технологією хлібопечення. Для його виготовлення може застосовуватися підвищена температура вистоювання, а в рецепті використовуватися збільшена кількість дріжджів.

1.3 Програми для виконання додаткових функцій

1. Тісто

Замість дріжджового крутого тіста для пельменів, макаронних виробів;

Замість і расстойка дріжджового тіста для пирогів і інших хлібобулочних виробів.

2. Випікання

Виконується тільки процес випікання.

3. Кекс

Виготовлення кексу. Ця програма, в залежності від моделі хлібопічки, або просто випікає готове бездріжджове (з хімічним розпушувачем) тісто, або замішує і випікає, при цьому цукор з яйцями або жиром все одно необхідно буде збити самостійно.

4. Варення (джем)

Виготовлення варення. Хлібопечка виробляє помішування під час його варіння.

Програмні параметри:

1. Маса (вага) або розмір

Вказівка маси або розміру виробу, в залежності від кількості завантажених компонентів - для оптимізації технологічних операцій.

2. Колір хлібної скориночки

Вибір ступеня запікання - від світлого до темного кольору.

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
						Б
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Таймер

Збільшення часу, через яке буде закінчено виготовлення хліба, максимальне - приблизно до 12-15 годин. Здійснюється за рахунок затримки початку замісу.

4. Час

Регулювання часу виконання певних операцій.

Допоміжні функції

1. Відновлення програми

У разі раптового відключення електроенергії, тривалістю приблизно до 7-15 хвилин, виконання запущеної програми буде продовжено.

2. Сигнал «Вийняти лопатку»

Попереджає про можливість витягти лопатку з форми перед випіканням, для того щоб в готовому виробі не залишилося отвори від неї, хоча невелика дірочка від вала все-таки буде.

3. Підігрів після випікання

Запобігає всередині утворюється конденсат форми з готовим виробом, якщо хлібопічка після закінчення випікання була виключена користувачем. Орієнтовна температура підігріву $+60^{\circ}\text{C}$, максимальна тривалість - до 1 або до 3 годин.

1.4. Конструктивні особливості

Диспенсер (англ. Dispenser - дозатор) - механічний пристрій для виконання отсдобкі без участі людини. Являє собою невеликий резервуар із дном, для приблизно 150 грам добавок, які при необхідності завантажуються в диспенсер перед запуском програми. Розташовується прямо над формою.

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 5 Диспенсер з родзинками

Рідкісні види хлібопічок

Як правило, більшість хлібопічок випікають один виріб прямокутної форми, але зустрічаються деякі моделі, що відрізняються своєю оригінальністю:

1. Виготовляють два хлібобулочних вироби одночасно. Такі хлібопічки мають камеру з двома крутящими механізмами і форму з двома відділеннями. Технологічний процес відбувається однаково для обох заготовок тіста, а рецептуру можна використовувати різну;
2. Випікають кілька виробів одночасно у вигляді багетів (до 4 штук) або інших видів хлібобулочних виробів (до 12 штук). У таких хлібопічках використовується додаткова двох'ярусна хлібопекарська форма. Для використання такої форми необхідно після замісу або вистоявання витягти з хлібопічки основну форму з усією масою тесту, вручну розділити, сформувати тестові заготовки і викласти їх в двоярусну форму, після чого, встановити її в хлібопіч. Таким чином, визначення хлібопічки як пристрої для автоматизованого виготовлення хліба, в даному випадку, підходить не зовсім;
3. Готують хліб круглої форми - у вигляді паски, короваю.
4. Хлібопічка з функціональністю мультиварки. Такі хлібопічки мають додаткову чашу для мультиварки і дозволяють готувати страви, які в звичайній хлібопічці приготувати не можна (наприклад, перші страви). У комплекті можуть йти пристосування розширюють функціональність: лоток для приготування на пару, сітчастий мішок для приготування сиру, щипці для виймання чаші і т. д.

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики

Назва	Значення
Робоча напруга	Змінний струм напругою 220-230 В, частотою 50 Гц.
Споживана потужність, Вт	Загальна: 420-1650, електродвигуна: близько 100.
Розміри, мм	Висота: 235-414, Ширина: 216-560, Глибина: 192-500.
Маса, <u>кг</u>	4—9,5.

1.5. Процес приготування хліба

1. Лопатка встановлюється на вал;
2. Дріжджі ,борошно, рідина і інші компоненти, в певній послідовності завантажуються в форму.
3. Форма встановлюється в пекарню камеру;
4. Додаткові компоненти засипаються в диспенсер (при його наявності та необхідності використання);
5. Вибираються програма і програмні параметри. Проводиться пуск програми для початку технологічного процесу;
6. Додатки під час замісу, за звуковим сигналом, засипаються в форму (при необхідності і якщо відсутня диспенсер);
7. Після закінчення виконання програми (за звуковим сигналом), за допомогою кухонних рукавиць, гаряча форма з готовим виробом витягується з хлібопічки. Хліб викладається на низкотеплопровідного поверхню (наприклад, на дерев'яну дошку або ґрати) і накривається рушником для повільного охолодження, або можна просто повністю обернути хліб в рушник.

Використання дріжджів

Хлібопекарські дріжджі використовуються в якості біологічного розпушувача для виготовлення дріжджового тіста. Види дріжджів, що випускаються промисловим способом:

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1. Пресовані дріжджі. Перед застосуванням їх слід розчинити в рідині кімнатної температури. Дванадцяти грамам пресованих дріжджів приблизно відповідає одна чайна ложка (5 мл) сухих дріжджів;

При виконанні хлебопечкою додаткової операції витримування компонентів перед початком замісу, необхідно виключити контакт розчинених дріжджів з сіллю, яка уповільнює їх життєдіяльність, і цукром, який є для них живильним компонентом, і тому почнеться інтенсивне бродіння - все це може порушити процес вистоювання.

2. Сухі активні дріжджі. У вигляді круглих гранул. Перед використанням, їх необхідно активувати шляхом розчинення в рідині кімнатної температури, дати постояти деякий час для розм'якшення і перемішати. Див. Примітки для пресованих дріжджів;

3. Сухі швидкорозчинні дріжджі (інстантні, англ. Instant - негайний). У вигляді дрібних циліндричних гранул. Не вимагають попередньої активації, відразу завантажуються в форму. Можна використовувати з таймером. Якщо в хлібопічці виконується додаткова операція витримування компонентів перед початком замісу, то, так само як і при установці таймера, повинен бути виключений контакт цих дріжджів з рідиною. Дріжджі розташовуються на дні і засипаються борошном, або навпаки - спочатку наливається рідина, потім засипається борошно і на борошно - дріжджі.

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ

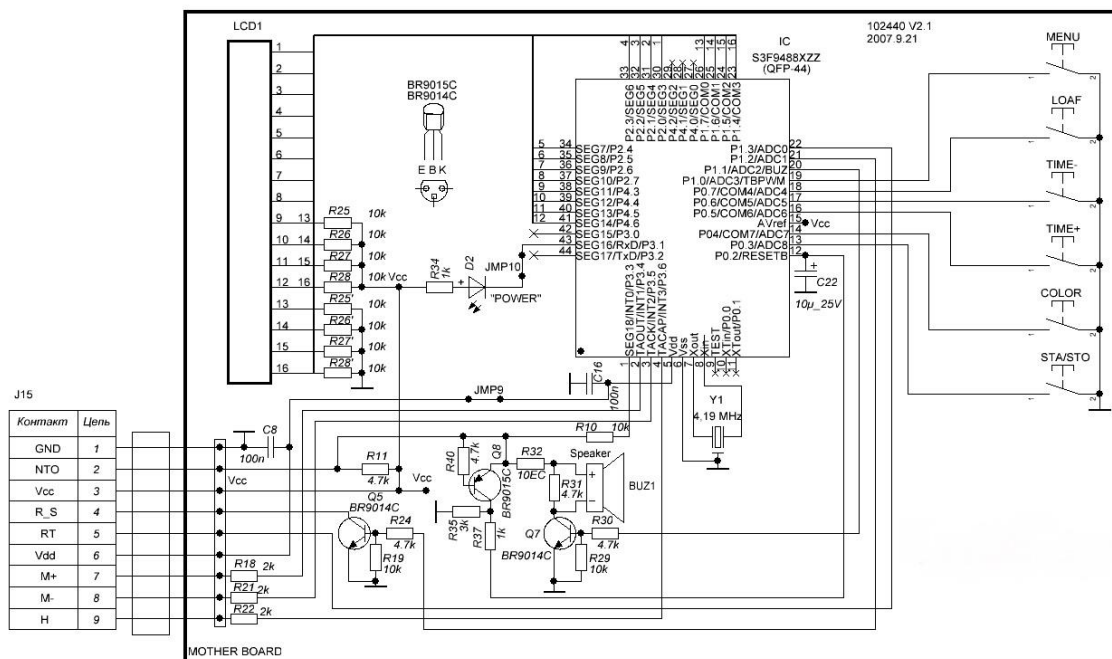


Рис. 2.1 – Функціональна схема автоматизації хлібовипікної печі

2.1 Датчик температури DS18B20

DS18B20 - це цифровий датчик температури. Датчик дуже простий у використанні.

По-перше, він цифровий, а по-друге - у нього всього лише один контакт, з якого ми отримуємо корисний сигнал. Тобто, можна підключити до одного Arduino одночасно величезна кількість цих сенсорів. Пінів буде більш ніж достатньо. До того ж навіть можете підключити декілька сенсорів до одного піну на Ардуїно.

Характеристики:

- Модуль: DS18B20
- Інтерфейс: 1-Wire
- Діапазон вимірюваних температур: -55 ... + 125 ° C
- Точність: $\pm 0,5$ ° C
- Дозвіл: 9/10/11/12 біт
- Напряга живлення: 3-5,5 В

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-61 6.151.16.ПЗ

Арк.

13

- Діаметр гільзи: 6 мм
- Довжина провoda: 80 см
- Струм: 750 нА в стані спокою і 1 мА при запиті даних



Рис. 2.2 – Датчик температури DS18B20

2.2 Датчик вологості DHT22

DHT22 - Цифровий датчик вологості підвищеної точності. Датчик DHT22 має заводське калібрування і характеризується низьким енергоспоживанням.

Характеристики:

- виробник: AOSONG
- тип: AM2302 цифровий
- точність: 0.1
- діапазон вимірювання вологості: 0-100%
- точність вимірювання вологості: $\pm 2\%$ RH
- напруга живлення: 3.6-6 В
- кількість виводів: 4
- ультранизьке енергоспоживання
- не вимагає обв'язки
- здатний працювати при досить довгому дроті

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.2.3 – Датчик вологості DHT22

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Приводи виконавчих механізмів

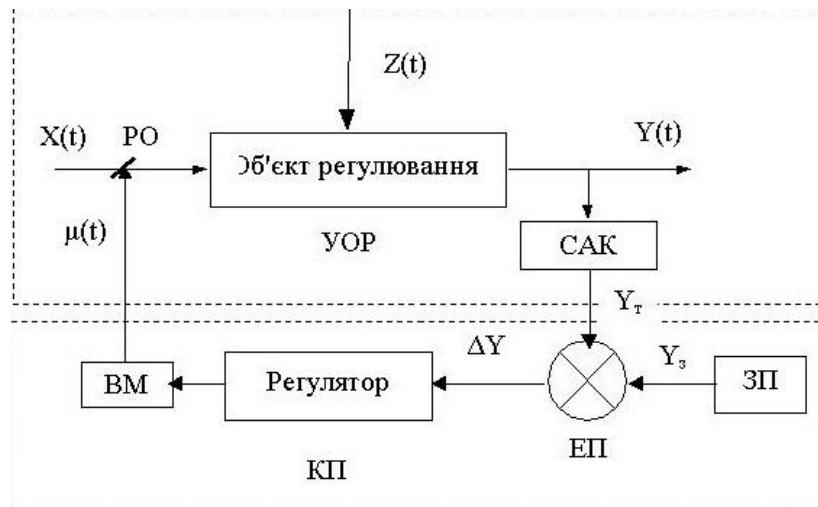


Рисунок 3.1 – Структурна схема

УОР – узагальнений об’єкт регулювання, КП – керуючий пристрій, $X(t)$ – вхідний параметр об’єкта, $Y(t)$ – вихідний параметр, $Z(t)$ – збурюючий вплив, САК – система автоматичного контролю, ЗП – задаючий пристрій, ЕП – елемент порівняння, ВМ – виконавчий механізм, РО – регулюючий орган.

3.1. Технічні вимоги до виконавчих органів

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1. Потужність сервомотора повинна забезпечувати при всіх режимах зміну положення регулюючого органу з заданою швидкістю;
2. Лінійне або кутове переміщення сервомотора на виході повинно бути узгоджене з відповідним переміщенням регулюючого органу;
3. Характеристика сервомотора повинна бути пропорційна вхідному сигналу;
4. Відношення кінетичної енергії рухомих частин до потужності сервомотора повинно бути мінімальним.

3.2. Засоби контролю та вимірювань

Засоби вимірювань поділяють на групи за такими ознаками:

1. за принципом дії та видом використаної енергії: механічні, електричні, рідинні, пневматичні, гідравлічні, хімічні, ультразвукові, інфрачервоні, радіоізотопні тощо;
2. формою показів вимірюваної величини: аналогові та цифрові;
3. характером відображення результату вимірювання: показуючі, самописні, реєструючі, інтегруючі;
4. призначенням: промислові (технічні), лабораторні, зразкові, еталонні;
5. місцем розташування при експлуатації: щитові, місцеві, дистанційні;
6. габаритними розмірами: мініатюрні, малогабаритні, нормальні та великогабаритні.

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

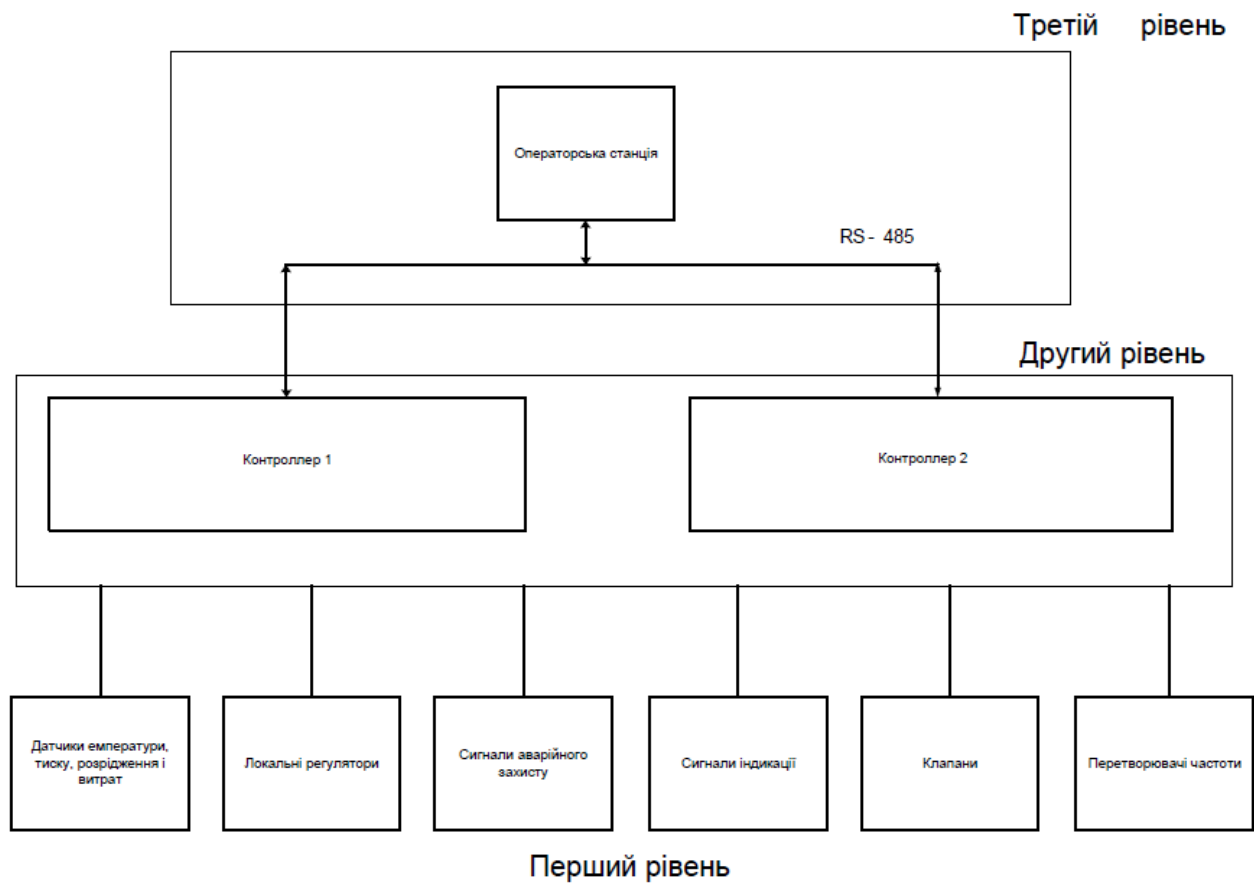


Рис. 3.2 – Структурна схема АСУ піччю для випікання хлібобулочних виробів

Структура технічних засобів печі для випікання хліба включає в себе крім регулюючих органів, виконавчих механізмів, датчиків, ще і вторинні показуючі та реєструючі прилади, а також мікропроцесорний контролер.

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

На даний час рівень автоматизації багатьох хлібозаводів не дозволяє вирішення поставлених задач. Велика кількість обладнання потребує заміни або капітального ремонту. Відсутність системи обліку не дозволяє точно контролювати обсяг готової продукції сировини і напівфабрикатів. Багато процесів проводяться із застосуванням ручної праці, що безумовно знижує якість продукції. Тому поряд із заміною обладнання, доцільно здійснити заміну старої системи автоматизації на нову з вастосуванням сучасної мікропроцесорної техніки. Це дозволяє зменшити собівартість продукції за рахунок зменшення витрат сировини і матеріалів, введення в процес відповідних регуляторів дозволить більш точно проводити дозування сировини, підвищити якість продукції та її вихід, тощо; зменшення кількості обслуговуючого персоналу та інше.

Температура в пекарній камері буде залежати від кількості спалюваного газу, кількості повітря на спалювання, витрати вторинного повітря. Для усунення збурення по витраті вторинного повітря, ця витрата має бути постійною; вона визначається продуктивністю вентилятора. Ефективності спалювання для одержання заданої температури, при мінімально можливій витраті газу, можна досягнути вибором витрати первинного повітря, що подається на спалювання. Надлишок витрати первинного повітря приведе до зменшення температури газів спалювання. Недостатня витрата до неповного спалювання газу і відповідно його перевитрати. Тому треба забезпечити задане співвідношення між витратами газу, первинного повітря, яке подається на спалювання.

Оскільки температура в пекарній камері визначається температурою димових газів, то регулюємо температуру димових газів.

В процесі випікання хліба пшеничного, щоб отримати виріб високої якості необхідно регулювати наступні параметри, а саме: регулювати температуру в Ізоні печі шляхом зміни витрати палива, яке надходить для нагріву печі; регулювати співвідношення паливо-повітря, шляхом зміни витрати повітря; контролювати температури в чотирьох зонах пекарної печі. Проводити захист та сигналізувати значення параметрів для двох камер згорання: наявність факелу горіння; тиск у грубопроводах подачі газу; подачу повітря в заданій пропорції до газу; регулювати температуру в другій зоні печі шляхом зміни витрати палива, яке надходить до нагріву печі; регулювати співвідношення паливо-повітря, шляхом зміни витрати повітря в другій топці; контролювати, за швидкістю руху конвеєрної стрічки; контролювати за витратами палива та повітря, проводити обмін; контролювати викид димових газів.

4.1 Система автоматичного регулювання температури

Система автоматичного управління температури печі дуже поширена в сучасних галузях виробництва і широко застосовується.

										Арк.
										18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

СУ-61 6.151.16.ПЗ

На заводі, де виробляють хлібобулочні вироби потрібне використання печі для випікання виробів, що мають різні температури приготування. Для реалізації швидкого і якісної зміни температури печі можна застосовувати систему автоматичного регулювання.

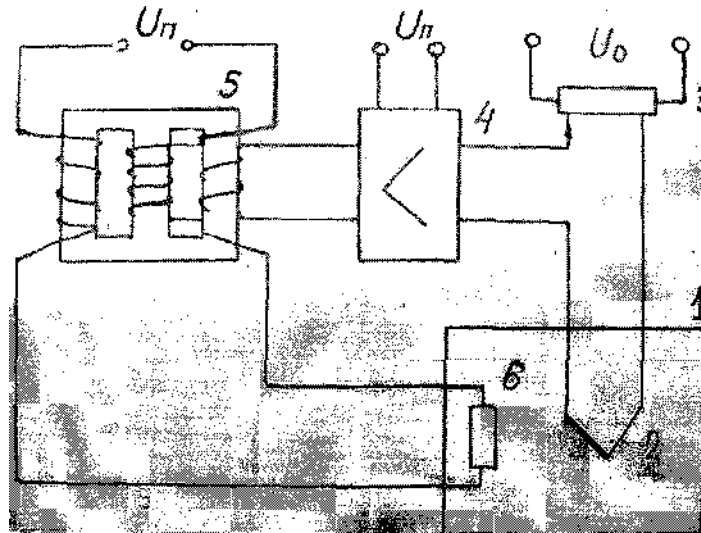


Рис 4.1 – Електрична піч.

Відповідно до технічних умов у внутрішньому обсязі електричної печі 1 потрібно підтримувати постійну температуру. Температура вимірюється термопарой 2. Термо - е. д. з термопарі порівнюється з напругою задає потенціометра 3 і різницевий сигнал посилюється електронним підсилювачем 4, а потім вихідним магнітним усилителем 5. Нагрівальний елемент 6, що живиться вихідним струмом магнітного підсилювача обігріває піч.

Рівняння елементів системи мають такий вигляд:

Електрична піч з нагрівальним елементом $d\theta/dt + \theta = k_0 i$;

Магнітний підсилювач $T_1 di/dt + i = k_1 U_y$;

Електронний підсилювач $U_y = k_2 U$;

Елемент порівняння $U = -U_0 - U_T$;

ТЕРМОПАРА $T_2 dU_T/dt + U_T = k_T \theta$;

де:

k_0 - коефіцієнт передачі сушильного шафи;

k_1 - коефіцієнт посилення магнітного підсилювача;

k_2 - коефіцієнт посилення електронного підсилювача;

k_t - коефіцієнт передачі термопарі;
 T_o - постійна часу об'єкта управління (електричної печі);
 T_1 - постійна часу магнітного підсилювача
 T_2 - постійна часу термопарі

4.2 Функціональна схема САУ

Функціональна схема системи автоматичного управління температурою печі наведена на рисунку

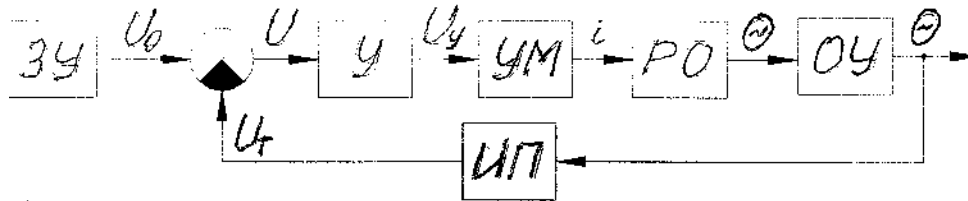


Рис. 4.2 – функціональна схема САУ

Функціональна схема системи автоматичного управління температурою печі реалізується наступними функціональними блоками:

ЗУ - задає пристрій. Реалізується на принциповій схемі задаю-щим потенціометром В. Задає напругу U_0 ; яке буде порівнюватися з термо-ЕРС термопарі.

4.3 Аналіз устойчивости САУ

Для аналізу стійкості розглянутої системи скористаємося балки-ріфміческім критерієм стійкості.

Це дозволить не тільки відповісти на питання про стійкість системи, але і оцінити її запаси стійкості по фазі і амплітуді. Надалі ми будемо використовувати наведеними в цьому розділі логаріфмі-ческімі характеристиками для синтезу коригувального пристрою в тому випадку, якщо виявиться, що система не відповідає висунутим до неї вимогам.

Якості процесу регулювання:



Рис.4.3 – ЛАЧХ і ЛФЧХ вихідної САУ

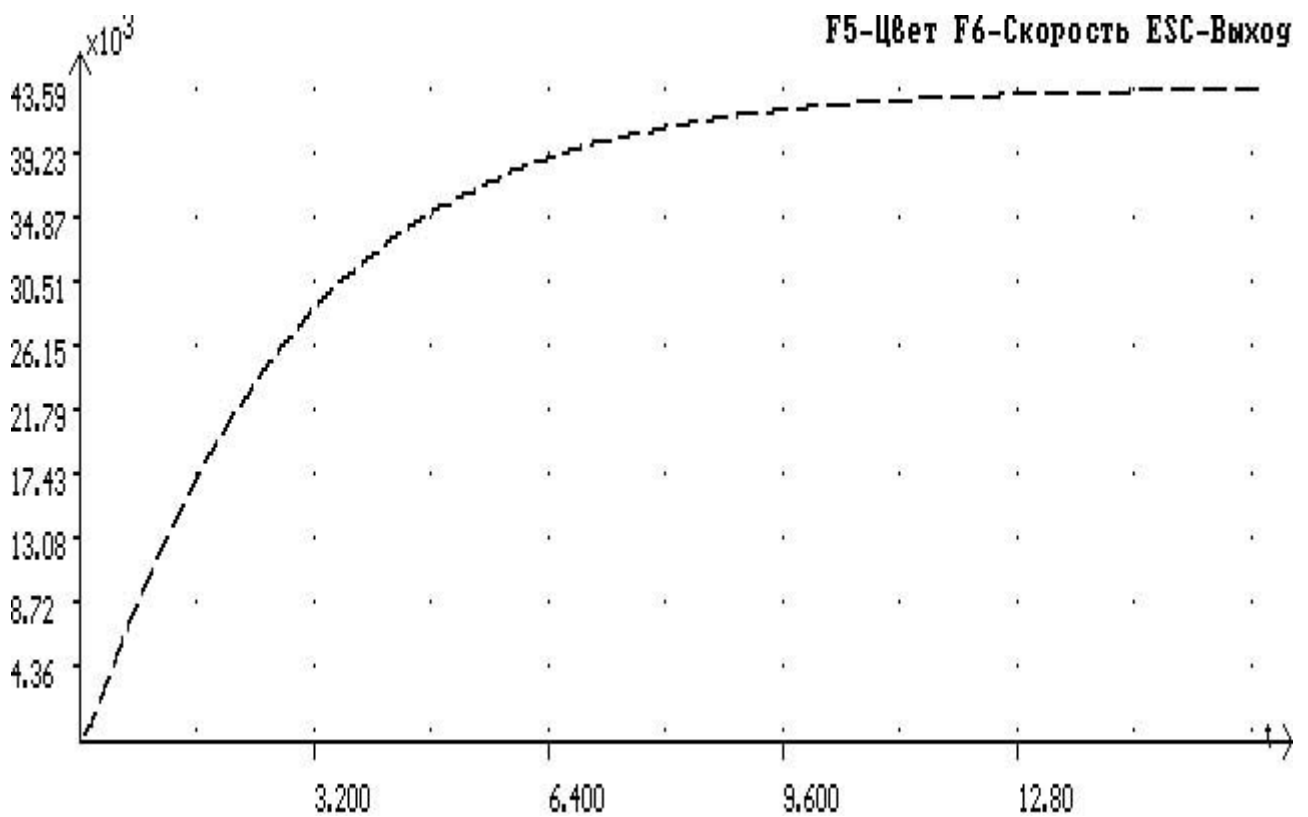


Рис.4.4 – перехідна характеристика, вихідної, САУ

Вихідна система в розімкнутому стані стійка, так як ЛАЧХ перетинає вісь абсцис раніше, ніж ЛФЧХ перетинає лінію, відповідну фа-зовому зрушення -π. Система знаходиться в стійкому стані, але не задовольняється заданим перерегулювання і часу перехідного процесу.

4.4 Синтез корегувальних пристроїв САУ

Виходячи з даних показників якості перехідного процесу, побудуємо "бажану" ЛАЧХ. Якість процесів регулювання в основному визначається ОСЧ, де знаходиться частота зрізу юср. озер вибирається залежно від потрібного швидкодії системи (tr) і перерегулювання (σ)

$$\omega_{cp} = \beta\pi / tr$$

β залежить від σ і вибирається з довідника по номограммам. Для даної системи σ = 20%, tr = 1 с; β з довідника беремо рівним 1,7. отже,

$$\omega_{cp} = 1,7 * 3,14 / 1 = 5,341 \text{ (с}^{-1}\text{)}$$

$$\omega_{k2} = 2 \dots 4 \omega_{cp} = 10,682 \dots 21,363 \text{ (с}^{-1}\text{)} \text{ приймаємо } 10$$

$$\omega_{k1} = \omega_{cp}^2 / \omega_{k2} = 1,902 \text{ (с}^{-1}\text{)} \text{ приймаємо } 0,8$$

В результаті досліджень встановлено, що нахил бажаної ЛАЧХ поблизу ω_{cp} повинен бути рівним - 20дБ / дек. В області низьких частот у «бажаної» ЛАЧХ залишаємо нахил -20дБ / дек. В області високих частот «бажана» ЛАЧХ повторює вихідну ЛАЧХ, тому що ДВЧ не робить істотного впливу на характеристики системи.

Побудова «бажаної» ЛАЧХ наведено на малюнку виконаному на міліметрової папері. За цими даними визначаємо, що коректує ланкою є два інтегро-диференціюють ланки. Передавальна функція отриманого ланки має вигляд:

$$W_k(p) = \frac{(25p+1) * (0,2p+1)}{(1,25p+1) * (0,1p+1)}$$

										Арк.
										22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

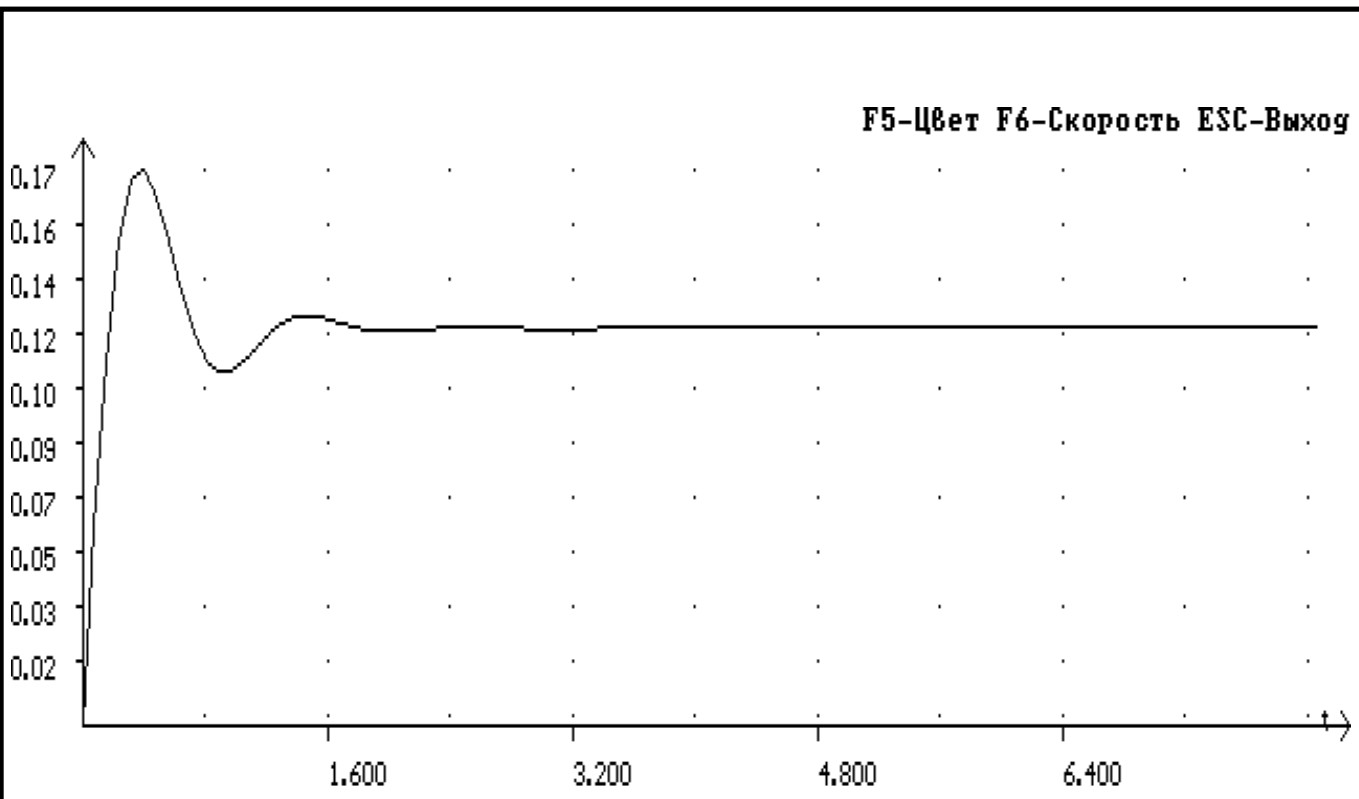


Рис.4.5 – перехідний процес скоригованої

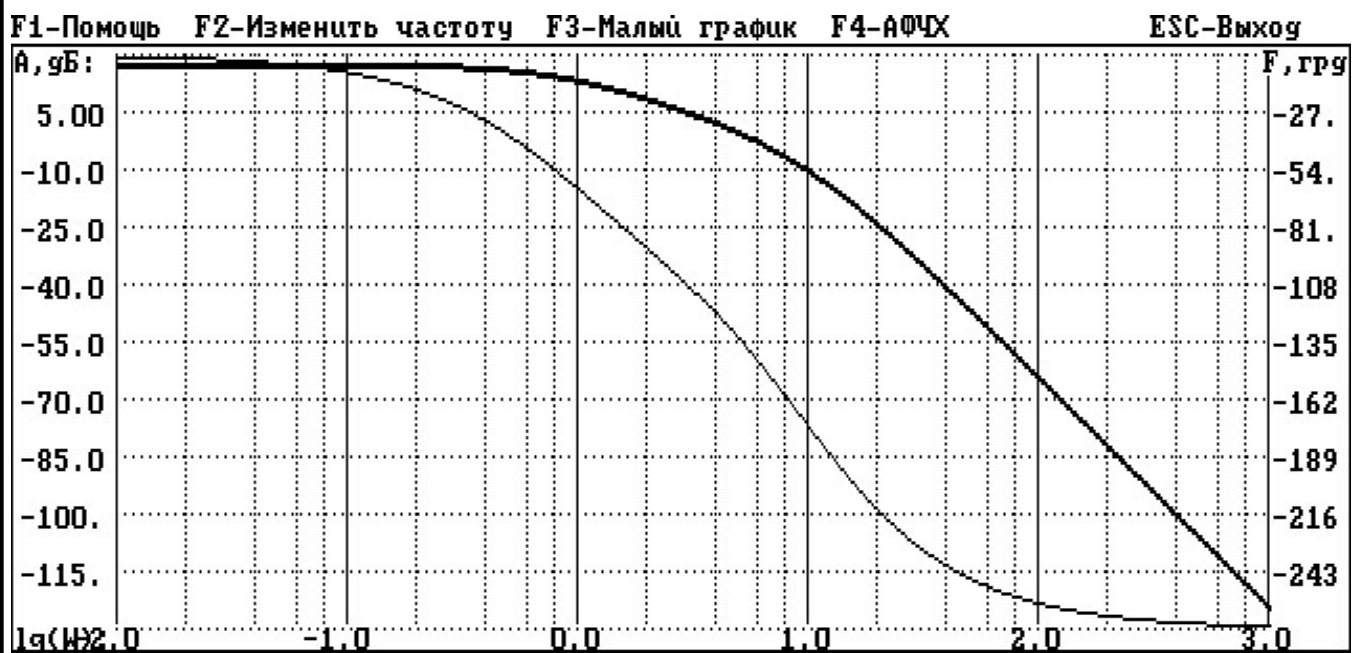
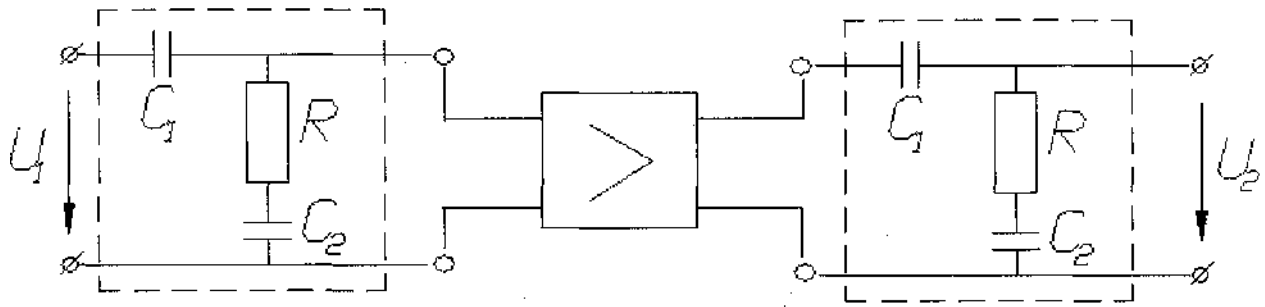


Рис.4.6 – ЛАЧХ і ЛФЧХ скоригованої САУ

В якості ланки будемо використовувати пасивні чотириполіусники постійного струму:



Рассчитаем параметры элементов. Для первого четырехполіусника:

$$T_1=25 ; T_2= 1,25;$$

$$W(p) = k_1(T_1p+1) / (T_2p+1) ; k_1 = C_1 / (C_1 + C_2) ; T_2 = k_1 * T_1 ; T_1 = R * C_2 * \\ * K_f = T_2 / T_1 = 1,25 / 25 = 0,05.$$

Пусть $C_1 = 1$ (мкф), тогда

$$C_2 = C_1 * (1 - k_1) / k_1 = 1 * (0,95 / 0,5) = 20 \text{ {мкф}};$$

$$R = T_1 / C_2 = 25 / (20 * 10^{-6}) = 1,25 \text{ (МОм)}.$$

Для другого чотириполіусника:

$$T_3 = 0,2 ; T_4 = 0,1;$$

$$W(p) = k_2(T_3+1) / (T_4p+1) ; k_2 = C_3 / (C_3 + C_4) ; T_4 = k_2 T_3 ; T_3 = R * C_4 ;$$

$$K_2 = T_4 / T_3 = 0,1 / 0,2 = 0,5 ;$$

$$\text{Пусть } C_3 = 10 \text{ (мкф) тогда } C_4 = C_3 * (1 - k_1) / k_1 = 10 * (0,5 / 0,5) = 10 \text{ (мкФ)}$$

$$R = 0,2 / 10 * 10^{-6} = 20 \text{ (мкФ)}.$$

Для реалізації коефіцієнта посилення як у коригуючої ланки, необхідно змінити сумарний коефіцієнт посилення. Це можна зробити шляхом зміни коефіцієнта посилення у будь-якої іншої ланки. Все залежить від фізичної можливості його зміни.

									Арк.
									24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

4.5 Аналіз характеристик скорегованої системи

Скорегована система вийшла стійкою. Запас стійкості по фазі і по амплітуді майже задовольняє необхідним. По перехідній характеристиці системи визначимо основні показники якості САУ. Після корекції час регулювання t_p майже задовольняє пропонуваним до системи вимогам, т. Е. $T_p = 1,2c$ (необхідне $t_p = 1c$). Перерегулювання становить 17%. Таким чином, можна зробити висновок, що корекція системи вдалася.

4.6 Система автоматичного регулювання вологості

Якість хліба значною мірою залежить від режиму протікання кожної технологічної стадії, але найважливішою операцією, від якої залежать смакові якості хліба є операція випікання.

В результаті інтенсивного нагрівання, випічка проходить при температурі 200-280°C, тісто поступово перетворюється в хліб. Режими випікання хліба встановлюються в залежності від сорту борошна, вологості тіста, маси і форми виробу, способу випікання, параметрів газового середовища в камері та інших факторів. Тривалість випічки є меншою для виробів з пшеничного борошна, більш високої вологості тіста і меншої маси.

Висока температура і висока вологість газового середовища в пекарній камері теж прискорюють випічку. Тепло виробам передається термовипромінюванням, конвенцією і кондукцією, при цьому кількість тепла, яка передається випромінюванням, приблизно в 5-6 разів перевищує конвективний теплопідвід.

При випіканні проходять різні взаємопов'язані процеси, причиною яких є нагрівання тіста і пов'язаний з цим теплообмін. Спочатку проходить порівняно швидкий приріст об'єму тістової заготовки. В середині виробу утворюється три різних шари: зовнішній «коринка»; середній, який лежить під коринкою і внутрішній, з пористою структурою. На поверхні куска тіста в початковій стадії конденсується пара з навколишнього середовища, прискорюючи прогрів тіста. Через деякий час температура поверхневого шару досягає температури точки роси, яка відповідає початку випаровування вологи, яка проходить при атмосферному тиску, шар прогрівається до температури 100°C, і при цих умовах залишається до кінця випаровування. В подальшому температура виробу зростає до кінця випікання.

За рахунок різних температур коринки і внутрішніх шарів, виникає градієнт температури, який в свою чергу, викликає тепловий потік, який направлений від зовнішніх шарів до центральних. За рахунок вологообміну, маса тіста до кінця випікання зменшується.

Одночасно з тепловими процесами при випіканні проходять мікробіологічні і біохімічні процеси.

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мікробіологічні процеси змінюються по мірі нагрівання. Дріжджі викликають інтенсивне спиртове бродіння при температурі 35°C і тривають до температури 40°C. Далі бродіння поступово запинає, при 45°C його інтенсивність різко спадає. При 60°C дріжджі відмирають.

Біохімічний процес пов'язаний з бродінням, яке викликається дріжджами та молочнокислими бактеріями. Під їх дією проходить накопичення спирту, молочної кислоти та інших ферментів, які забезпечують смак та аромат виробу. Ферменти борошна продовжують до кінця випікання гідролітичне розщеплення її компонентів, яке доповнюється кислотним гідролізом.

В результаті ферментативних процесів в тісті збільшується кількість водорозчинних вуглеводів. Одночасно проходить денатурація білків. Тому кількість водорозчинних азотистих речовин в хлібі значно менше, ніж в тістових заготовках. Подальший прогрів призводить до закріплення структури м'якушки та додає їй еластичності і пружності.

Тривалість і інтенсивність розглянутих процесів в значній мірі залежать від режиму випічки. Еластичність, стискуваність та пружність м'якушу, також залежить від гідротермічного і теплового режимів робочої камери печі.

Режим випікання залежить від багатьох факторів:

- 1) від якості сировини;
- 2) від виду виробу;
- 3) від маси і форми тістових заготовок;
- 4) від конструкції печі та інших факторів.

Крім того, сам режим випікання визначається такими параметрами:

- 1) температурою газового середовища;
- 2) вологістю в печі;
- 3) часом випікання.
- 4) Для печі, на базі якої розробляється АСКТП випікання хліба, а саме хліба пшеничного в/с, застосовують наступний режим випікання, який поділяють на температурні зони.
- 5) I зона – 275°C;
- 6) II зона – 245°C;
- 7) III зона – 205°C;
- 8) IV зона – 185°C.
- 9) Час випікання хліба – 40 хвилин.
- 10) За час випікання виріб втрачає 10÷30% вологи на 10÷15% маси.
- 11) При цьому вологість в пекарній камері підтримується в межах 75÷80%.

										Арк.
										26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

СУ-61 6.151.16.ПЗ

Параметр	Од. вим- ння	Номін. значення	Допустиме відхилення
Температура I зони печі	°C	275	±5
Температура II зони печі	°C	245	±5
Температура III зони печі	°C	205	±5
Температура IV зони печі	°C	185	±5
Температура на виході з камери згорання 1-го купола	°C	380	±2,5
Температура на виході з камери згорання 2-го купола	°C	220	±2,5
Температура димових газів в рециркуляційних каналах 1-го купола	°C	350	±5
Температура димових газів в рециркуляційних каналах 2-го купола	°C	210	±5
Тиск в трубопроводі подачі газу до 1, 2 куполів	Па	2200	±100
Витрата газу до 1, 2 куполів при максимально відкритому клапану	м ³ /год	50	±2
Витрата газу при мінімальному відкритті клапану	м ³ /год	70	±2
Витрата вторинного повітря	м ³ /год	10900	±100
Вологість в пекарній камері	%	80	±5

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. - М.: Наука, 2004.
2. Макаров И.М., Менский Б.М. Линейные автоматические системы. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1982. -504
3. Dong W, et al. Comparative evaluation of the volatile profiles and taste properties of roasted coffee beans as affected by drying method and detected by electronic nose, electronic tongue, and HS-SPME-GC-MS. Food Chem. 2019;272:723–731. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.08.068.
4. P. K. Pathak, Y. C. Agrawal and B. P. N. Singh, Effect of elevated drying temperature on rapeseed oil quality, Journal of the American Oil Chemists' Society, 68, 8, (580-582), (1991)
5. J. A. Robertson, B. G. Lyon, W. H. Morrison and J. F. Miller, Sensory and chemical evaluation of stored oil-roasted, high oleic nonoil sunflower kernels, Journal of the American Oil Chemists' Society, 65, 6, (985-989), (1988).
6. Werner Mühlbauer and Joachim Müller, Sunflower (*Helianthus annuus* L.), Drying Atlas, 10.1016/B978-0-12-818162-1.00020-1, (169-174), (2020).
7. Техника проектирования систем автоматизации технологических процессов / Под ред. Шипетина А.И. – М.: Машиностроение, 1976. – 495 с.
8. Пшенин А.С. Современное хлебопекарное производство. – М.: Энергия, 2013. – 192 с.
9. Вершене В. Хлебопечение. Теория и практика приготовления хлеба и хлебных изделий. – М.: Машиностроение, 2017. – 348 с.
10. Лисовенко А.Т. Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования. – К.: Техника, 2015 – 208 с.
11. Соломенко М.М. Автоматические методы контроля и управления некоторыми технологическими параметрами хлебопекарного производства. – М.: Машиностроение, 2019. – 2000 с.
12. Володарский А.В. Совершенные тепельные печи в хлебопекарной промышленности. – М.: Машиностроение, 2018. – 135 с.

					СУ-61 6.151.16.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28