

**Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонська філія**

**Енерготехнічний факультет
кафедра автоматики та електроустаткування**

Пояснювальна записка

кваліфікаційної роботи магістра

**на тему: Модернізація системи керування електроприводом
установки К6-ФМП-2-120**

Здобувач 6 курсу, групи 6377м
спеціальності 141 "Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка"

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Освітньо-професійна програма:
"Електромеханічні системи автоматизації та
електропривод"

(назва)

Здобувач Горбан І.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник Фролов О.М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Якимчук Г.С.
(прізвище та ініціали)

Херсон - 2020 рік

Міністерство освіти та науки України
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
Херсонська філія
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет, відділення _____ Енерготехнічний _____
 Кафедра, циклова комісія _____ Автоматики та електроустаткування _____
 Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ другий (магістерський) _____
 Галузь знань _____ 14 Електрична інженерія _____
 Спеціальність _____ 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" _____
 (шифр і назва)
 Освітньо-професійна програма "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод" _____
 (назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматики
та електроустаткування

_____ Михаліченко П.Є.
 “ ” _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

_____ Горбану Івану Івановичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ **Модернізація системи керування електроприводом установки К6-ФМП-2-120** _____

керівник проекту (роботи) _____ Фролов Олександр Миколайович, к.т.н., доцент, _____
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” _____ 2020 року № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 07 грудня 2020 р. _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи): _____ Електропривод установки К6-ФМП-2-120 _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Технологія виробництва продукції та аналіз конструкції установки. Розрахунок потужності та вибір типу двигуна. Розрахунок та побудова механічних характеристик електродвигуна. Структура асинхронного двигуна з регульованою напругою на статорі. Аналіз перехідних характеристик. Охорона праці та техніка безпеки. Висновки. Список використаних джерел _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Типова конструкція установки. Механічні характеристики двигуна при керуванні напругою на статорі. Функціональна схема електропривода. Структурна схема електропривода. Схема системи ТПН-АД побудована в програмі SamSim. Графіки перехідних процесів. _____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Технічна частина	Фролов О.М.		
2. Охорона праці	Фролов О.М.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз технологічних процесів виробництва	05.10.2020 р.	
2.	Аналіз конструкції установки	10.10.2020 р.	
3.	Розрахунок параметрів електродвигуна	15.10.2020 р.	
4.	Розрахунок механічних характеристик	25.10.2020 р.	
5.	Побудова механічних характеристик	31.10.2020 р.	
6.	Визначення структурної схеми для керування електроприводом установки	05.11.2020 р.	
7.	Визначення функціональної схеми для керування електроприводом установки	10.11.2020 р.	
8.	Аналіз перехідних характеристик	20.11.2020 р.	
9.	Охорона праці	30.11.2020 р.	
10.	Оформлення ПЗ та графічного матеріалу	07.12.2020 р.	

Студент

(підпис) Горбан І.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис) Фролов О.М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна магістерська робота «Модернізація системи керування електроприводом установки К6-ФМП-2-120» складається з 5 розділів та має 74 стор. та 19 посилань на джерела інформації. Рукопис.

В роботі розглянути питання розрахунку продуктивності установки, потужності електропривода, визначення типу електродвигуна, розрахунку та побудови механічних характеристик при керуванні електроприводом шляхом змінення напруги на статорі, дослідження перехідних процесів.

Наведено графіки перехідних процесів при різних умовах.

Ключові слова: електропривод, перехідні процеси, тиристорний перетворювач

ABSTRACT

Qualifying master's work "Modernization of the control system of the electric drive of the K6-FMP-2-120 installation" consists of 5 sections, contains 74 pages and 19 references to information sources. Manuscript.

The paper considers the issues of calculating the productivity of the installation, the power of the electric drive, the choice of the electric motor, the calculation and construction of mechanical characteristics when controlling the electric drive by changing the voltage on the stator, the study of transient processes.

The graphs of transient processes under various conditions are given.

Key words: electric drive, transient processes, thyristor converter.

ЗМІСТ

	ВСТУП	6
1	ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦИИ	8
1.1	Технологія виробництва ковбас	9
1.2	Особливості технологічного процесу подрібнення м'яса	13
1.3	Конструкція вовчків	15
2	РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ДВИГУНА	20
2.1	Розрахунок продуктивності вовчка	21
2.2	Визначення потужності електроприводу	24
2.3	Вибір двигуна та його характеристики	27
3	РОЗРАХУНОК ТА ПОБУДОВА МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНА	28
3.1	Розрахунок параметрів визначеного АД з короткозамкненим ротором	29
3.2	Розрахунок природної механічної характеристики АД з короткозамкненим ротором	31
4	СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ТА АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ	36
4.1	Асинхронний електропривод з регулюванням напруги на статорі	37
4.2	Механічна характеристика асинхронного двигуна	39
4.3	Структурна схема асинхронного електропривода з регульованою напругою на статорі	41
4.4	Дослідження та аналіз перехідних процесів	42
4.5	Моделювання перехідних процесів в системі ТПН – АД зі зворотнім зв'язком по швидкості	48

4.6	Побудування перехідних процесів (ПП) у системі ТПН-АД за допомогою програми SamSim	51
4.7	Додаткові заходи по механізації або автоматизації лінії по виробництву варено-копчених ковбас	57
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	58
5.1	Вступ до розділа	59
5.2	Аналіз потенційно-небезпечних та шкідливих факторів	59
5.2.1	Електробезпечність	60
5.2.2	Пожежна безпека	61
5.2.3	Захист від статичного струму	62
5.2.4	Захист від шуму та вібрацій	62
5.3	Розрахунок захисного заземлення	63
5.4	Перша медична допомога	66
5.5	Утилізація відходів	68
	для виробництва варено-копчених ковбас	
	ВИСНОВКИ	72
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73
	ДОДАТОК А1. Презентація кваліфікаційної роботи	75

Значення м'ясної промисловості в системі народного господарства України визначається в першу чергу тим, що вона покликана забезпечувати населення країни харчовими продуктами, що є основним джерелом білкового живлення людини. М'ясо і м'ясні продукти містять крім білків і інші важливі складові частини, необхідні для нормальної життєдіяльності людського організму.

М'ясна галузь є мережею м'ясокомбінатів великої потужності, м'ясопереробних підприємств середньої і малої потужності. Тенденцією розвитку галузі в справжній період є утворення численних мобільних міні-підприємств і цехів переробної промисловості АПК.

Ковбасне виробництво є основою виробничого циклу м'ясопереробного підприємства і його ефективність визначається ступенем оснащення технологічними машинами і засобами механізації допоміжних процесів, їх технічним рівнем, надійністю, питомими техніко-економічними показниками. Різноманіття технологічних операцій процесу виробництва ковбасних виробів зумовлює необхідність застосування широкої номенклатури технологічних машин, пристроїв, агрегатів і потоково-механізованих ліній.

Операції, пов'язані з подрібненням, в м'ясній промисловості складають більше 70 %. Вони широко застосовуються при виробництві ковбасних, кулінарних, консервованих м'ясопродуктів, а також харчових тваринних жирів, кормів, технічних продуктів, клеїв, желатину і ін.

Сировину і допоміжні матеріали можна подрібнювати розчавлюванням, розколюванням ударом, розривом, розламуванням, стиранням, різанням. Вибір механічної дії залежить від фізико - механічних властивостей (міцності, пружності, пластичності, в'язкості, клейкості і так далі) і розмірів подрібнюваного продукту. У технологічному устаткуванні подрібнення досягається поєднанням декількох видів механічної дії, наприклад різання з розчавлюванням, розколювання з ударом (дробарки, силові подрібнювачі, вовчки і ін.), різанням, розчавлюванням із стиранням (куттери, колоїдні млини, подрібнювачі м'яса і так далі).

Метою даної роботи є поліпшення можливостей роботи вовчка типа К6-ФМП-2-200, за рахунок модернізації системи управління електроприводу, шляхом керування частотою обертання електродвигуна при використанні сучасного перетворювача частоти.

					141. 6377. МР ПЗ Р1		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Здобувач	Горбан І.І.				Технологія та обладнання для виробництва м'ясної продукції	Літ.	Арк.
Керівник	Фролов О.М.						8
Рецензент.						ХФ НУК	
Н. Контр.	Фролов О.М.						
Зав. каф.	Михаліченко						

1. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІИ

З м'ясної продукції, яка зв'язана з переробкою м'яса найбільш поширеною є ковбаси. Вони бувають ліверними, вареними, копченими та ін. Тому при виробництві ковбас використовуються більшість технологічних операцій та обладнання, які використовуються і при виробництві других м'ясних продуктів.

1.1. Технологія виробництва ковбас

Жіловану яловичину - свинину, грудинку, смуги шпигу заморожують в тазах або на деках шаром не більше 10 см в морозильній камері до температури мінус (1-5)°С в товщі шматка або блоку протягом 8-12 год. або на агрегаті для підморожування м'яса і шпигу з подальшим вирівнюванням температури за всім обсягом блоку до мінус (1-3)°С в камері накопичувачі. Переробку заморожених блоків жилованого м'яса проводять з попереднім утепленням до температури мінус (1-5)°С. Рекомендується їх заздалегідь подрібнювати на машинах для подрібнення м'ясних блоків на шматки завтовшки приблизно від 30 до 50 мм.

Приготування фаршу. Приготування фаршу здійснюється на куттерах, призначених для подрібнення замороженого м'яса. При подрібненні крупних шматків яловичини і нежирної свинини, приблизно через 3 мін додають сіль, прянощі, глюкозу, мальтодекстрины, часник, винно-спиртну композицію, нітрит натрію (10 г у вигляді розчину 5% концентрацій), сухе молоко, потім в мішалку додають свинину ковбасну, грудинку, шпиг і продовжують куттерувати.

Порівняно однакові по величині шматочки грудинки, свинини ковбасної або шпигу повинні бути рівномірно розподілені у фарші, розміром, відповідним кожному найменуванню ковбаси.

Наповнення оболонки фаршем. Наповнення оболонки фаршем проводять на автоматах типу (Handtmann-300, Карл-шнелл) гідравлічними шприцами. Рекомендується застосовувати цевку діаметром на 10 мм менше діаметру оболонки. Оболонку слід наповнювати щільно, особливо уплутнюю фарш при зав'язуванні вільного кінця оболонки. Батони перев'язують шпагатом, наносячи товарні відмітки. Повітря, що потрапило у фарш при шприцеванні, видаляють шляхом проколювання оболонки. За наявності спеціального устаткування і маркірованої оболонки проводиться наповнення оболонки фаршем, накладення скріпок на кінці батонів з одночасним виготовленням і введенням петлі під скріпку. Батони навішують на палиці, які розміщують на рами або укладають в горизонтальне положення на спеціальні лотки, що є каркасом з хромистої неіржавіючої сталі, на якому закріплена желобочная прокладка з неіржавіючої сітки з осередками 2х2 мм. Лотки перешкоджають в стандартні рами. При навішуванні на палиці батони не повинні стикатися один з одним щоб уникнути сліпів, після чого навантажені батонами рами направляють на осідання.

Осідання. Осідання проводять протягом 5-7 діб при температурі повітря (1) 3 і відносній вологості (84-90)%. Швидкість руху повітря в процесі осідання 0.1 м/сек. Закінчення осідання визначається по оболонці, що підсохнула, щільно облягає ковбасу, при натисненні на яку фарш не вдавлюється, стає пружним яскраво-червоного кольору.

Термічна обробка. Копчення. Після осідання ковбасу коптять в коптильних камерах димом від деревної тирси твердолистяних порід (бук, дуб, в'язнуб і ін.) протягом 2-3 діб при температурі (18-22) 3 і відносній вологості (74-80)% і швидкості руху повітря від 0,2 до 0,5 м/с. Процес копчення слід постійно контролювати щоб уникнути утворення "гартування" - ущільненого поверхневого шару.

Сушка. Після копчення ковбаси сушать 5-7 діб в сушарках при температурі (11-15)°С, відносній вологості повітря (79+85)% і швидкості руху повітря 0,1 м/с. Подальшу сушку проводять протягом 16-17 діб при температурі (10-12)°С, відносній вологості (74-78)%, при швидкості руху повітря 0,05-0,1 м/с. Загальна тривалість сушки складає 21-26 діб залежно від діаметру оболонки.

Упаковка, маркіровка. Ковбаси, зокрема фасовані, упаковують в полімерні багатооборотні ящики або тару, виготовлену з інших матеріалів, дозволених для контакту з харчовою продукцією. Тара повинна бути чистою, сухою, без цвілі і стороннього запаху. Багатооборотна тара повинна мати кришку. За відсутності кришки допускається для місцевої реалізації тару накривати обгортувальним папером, пергаментом, підпергаментом. Допускається випускати сирокочені ковбаси упакованими під вакуумом в прозорі газонепроникні плівки або пакети з неї, при сервіровці нарізці (скибочками) масою нетто по 100, 150, 200, 250 г або масою нетто від 100 до 250 г при порційній нарізці (цілим шматком), порціями або цілими батонами. Допускається виготовляти для місцевої реалізації нецілі батони сирокочених ковбас масою не менше 250 г. При цьому зрізані кінці батонів повинні бути обернуті серветкою з целюлозної плівки, пергаменту, підпергаменту або інших матеріалів, дозволених для застосування в м'ясній промисловості, і перев'язані шпагатом, нитками або гумовою обхваткой. Кількість нецілих батонів не повинна перевищувати 5% від партії. У кожен ящик або контейнер упаковують ковбаси одного найменування.

Маркіровка. Транспортна маркіровка проводиться по держстандартам з нанесенням маніпуляційного знаку "Швидкопсувний вантаж". Допускається не наносити транспортну маркіровку на багатооборотну тару з продукцією, призначеною для місцевої реалізації.

Маркіровка, що характеризує продукцію, наноситься на одну з торцевих сторін транспортної тари фарбою, що не змивається, не пахнучою, за допомогою штампу, трафарету або наклеювання ярлика з вказівкою: - найменування підприємства, його місцезнаходження і товарною знаку (при його наявності), - найменування і складу продукту. - дати виготовлення, - терміну і умов зберігання, - харчовій і енергетичній цінності 100 г продукту, - маси нетто, - позначення справжніх технічних умов. Крім того, аналогічно ярлик вкладають в кожен одиницю тари.

Допускається при відвантаженні продукції для місцевої реалізації багатооборотну тару не маркірувати, але обов'язково вкладати в кожен ящик або тару - устаткування ярлик з вище переліченими позначеннями. Крім того, в кожен одиницю транспортної тари з фасованою продукцією вкладають сумарний чек з вказівкою: на кожній пакувальній одиниці фасованої продукції етикетки у вигляді друку на плівці або наклеєною на упаковку. Маркірована оболонка повинна містити: - найменування підприємства - його місцезнаходження і товарний знак, - найменування продукції, - позначення технічних умов.

Контроль виробництва. На всіх стадіях виробництва ковбас здійснюється контроль за дотриманням технологічних режимів. Контроль температури в тушах і напівтушах здійснюється напівпровідниковим вимірником температур. Число оборотів чаші куттера і тривалість куттерования - секундоміром і тахометрами цифровими. Контроль температури в сировинному, шприцовочном цехах, в камерах садіння, сушки готової продукції здійснюється скляними рідинними (нертутними), спиртними термометрами з шкалою ділення від 0 до 100°C.

Контроль відносної вологості повітря в осадковій камері, сушарках, камерах схову готової продукції повинен здійснюватися психрометрами, аспіраційними гігрометрами і гігрографами метрологічними. Швидкість руху повітря в осадкових, термічних камерах, сушарках вимірюється анемометрами.

Зважування сировини при засолі і складання рецептур спецій проводять на вагах загального призначення або вагових дозаторах. Контрольне дозування розчину нітриту натрію при засолі сировини або приготуванні фаршу здійснюють по масовій частці його в готовому продукті. Рекомендується для дозування розчину нітриту натрію при засолі м'яса або приготуванні фаршу застосовувати мірні пластмасові або об'ємні (немірні) з неіржавіючої сталі кухлі.

Після закінчення технологічного процесу ковбасу перевіряють органолептически, отбраковывают не відповідні за якістю вимогам ТУ.

Ковбаси сирокопчені з виробничими дефектами (з сірими плямами, порожнечами і так далі) направляють на вироблення варено-копчених, напівкопчених ковбас першого сорту в кількості до 3% до маси сировини, понад рецептуру відповідно до нормативно-технічної документації, що діє.

Правила відбору проб і підготовка їх до випробування, методи випробувань, періодичність контролю якості проводяться з вимогами ТУ на дані види продуктів.

1.2. Особливості технологічного процесу подрібнення м'яса

При виробництві ковбас перед засолом піддають попередньому подрібненню. Після засолу його знов подрібнюють тонше спеціальними вовчками. Ступінь подрібнення м'яса на дзизі визначається величиною отворів ґрат і кількістю ріжучих деталей. При виробництві копчених ковбас перетирання м'яса на вовку є небажаним, тому використовують інші способи.

Вторинне подрібнення м'ясопродуктів вже із спеціями, добавками і іншими компонентами, які передбачені технологією, - це дуже важливий процес при виробництві сосисок, сардельок, варених і ліверних ковбас, а також м'ясних хлібів і паштетів.

При виробництві цих ковбасних виробів потрібний дуже високий ступінь подрібнення, який забезпечує однорідність структури, рівномірне перемішування, високу клейкість, в'язкість і влагоудерживающую здатність фаршу.

Для цього застосовують куттери і машини безперервної дії для тонкого подрібнення м'яса, тривалість куттерования залежить від ступеня подрібнення м'язових волокон.

Якщо в процесі куттерования підвищується температура, білкова зв'язуюча основа може бути денатурована і зруйнована, а збільшення незахищеної жирової дисперсії сприяє відділенню жиру в процесі копчення і варива. Тому дуже важливо тут не допустити перегрівання, щоб виключити додавання льоду.

В цьому відношенні представляє особливий інтерес куттер "Разант" фірми "Зейдельман", ножовий вал якої обертається з швидкістю до 4000 об/хв.

Багато моделей куттерів подрібнюють морожене м'ясо, в т.ч. заморожене блоками, без попереднього подрібнення на дзизі. При виробництві сирокочених ковбас на багатьох м'ясокомбінатах перешли на подрібнення мороженого м'яса в подібних куттерах, минувши дзига, скорочуючи час операції подрібнення м'яса в технологічному процесі.

Сучасні куттери високоомеханізовані, оснащені пристроями і приладами для механічного завантаження і вивантаження м'яса, дозування води і розсолу, для контролю за тривалістю і якістю подрібнення, числом оборотів ножового валу, чаші і ін.

Сьогодні знайшли широке застосування машини безперервної дії для тонкого подрібнення м'яса: емульситатори, мікрокуттери, колоїдні млини і інше устаткування.

1.3. Конструкція вовчків

Вовчки використовують для середнього і дрібного подрібнення сировини. Широке розповсюдження вовчків в м'ясній промисловості пов'язане з їх достоїнствами: високою продуктивністю, простотою конструкції основних механізмів, легкістю збірки і розбирання для санітарної обробки і подальшої роботи, постачанням передавальних механізмів запобіжними пристроями на випадок перевантаження, зручністю в обслуговуванні і експлуатації, надійністю в роботі і можливістю включення в потоково-механізовані лінії. Основні частини вовчка - механізми подачі, подрібнення і привід. Механізм подачі має завантажувальний бункер, в якому або змонтований живильник (примусова подача), або його немає (сировина завантажується самоплив). По конструкції живильники бувають одні - і двошнековими, спіральними, лопатевими, пальцевими, їх розташування відносно механізму подачі може бути верхнім паралельним або бічним паралельним, перпендикулярним, кутовим і співісним.

Механізм подрібнення вовчка буває конічним, циліндровим і плоским. Останній набув найбільшого поширення. Це викликано не тільки зручністю і швидкого обслуговування, але і можливістю виконання на ній ступінчастого

подрібнення, а також простотою виготовлення і надійністю роботи. Він є послідовним чергуванням нерухомих грат і ножів, що обертаються.

Найбільш поширеним є механізм подрібнення, що складається з приймальні, проміжних і вихідних грат, двосторонніх і односторонніх ножів. Особливість конструкції грат є форма і розміри отворів, що є кільцевими ріжучими кромками. Діаметр отворів визначає швидкість закінчення сировини і ступінь його подрібнення. Форма отворів буває круглою, квадратною, овальною, фасолевидною, з скосами і без них і так далі. Ножі для вовчка застосовують в основному два - три - і четирезубі, суцільні і складені, з одностороннім і двостороннім заточуванням, з прямолінійними і криволінійними ріжучими кромками.

Технологічне устаткування можна розділити на дві основні групи:

- *устаткування для подрібнення твердої сировини* (мясокостного, кісткового, блокового мороженого м'яса, спецій) - силові подрібнювачі, дробарки, дзиги-дробарки, агрегати і подрібнювачі для подрібнення блокового мороженого м'яса, подрібнювачі кістки і спецій;

- *устаткування для подрібнення м'якої сировини* (м'язовій, жировій і сполучній тканині) - вовчки, шпигорізки, куттеры, колоїдні млини і подрібнювачі м'яса.

Воно буває періодичної і безперервної дії, що працює при атмосферному тиску і під вакуумом. Устаткування кожної групи можна підрозділити, у свою чергу, на устаткування для крупного, середнього, дрібного і тонкого подрібнення.

Виконавський орган устаткування для подрібнення - ріжучий механізм, який виконаний або одиночною, або парною деталлю. Як одиночний ріжучий механізм використовують ножі різної конструкції, полотна або ножі в комбінації з додатковою ріжучою деталлю, виконаною у вигляді грат (плоскою, конічною або циліндровою), диска із зубами або пальцями, а також ножів, розташованих по конусу, циліндру або площині.

Для жиловки м'яса при подрібненні використовують жиловочні ножі перед вихідними гратами вовчка. Вони мають рознесені по зубах спеціальні канавки, по яких при подрібненні віддаляються із зони різання плівки і сухожилля. Відомі також і інші конструкції жиловочних ножів.

Привід вовчка електромеханічний. По конструкції він може бути загальним і роздільним для подаючого і ріжучого механізмів, одне - і

багатошвидкісним. Застосування роздільного приводу пов'язане із завданням різних режимів роботи подаючого і ріжучого механізмів залежно від властивостей подрібнюваної сировини.

Типова конструкція вовчків з основними елементами конструкції приведена на рисунку 1.1.

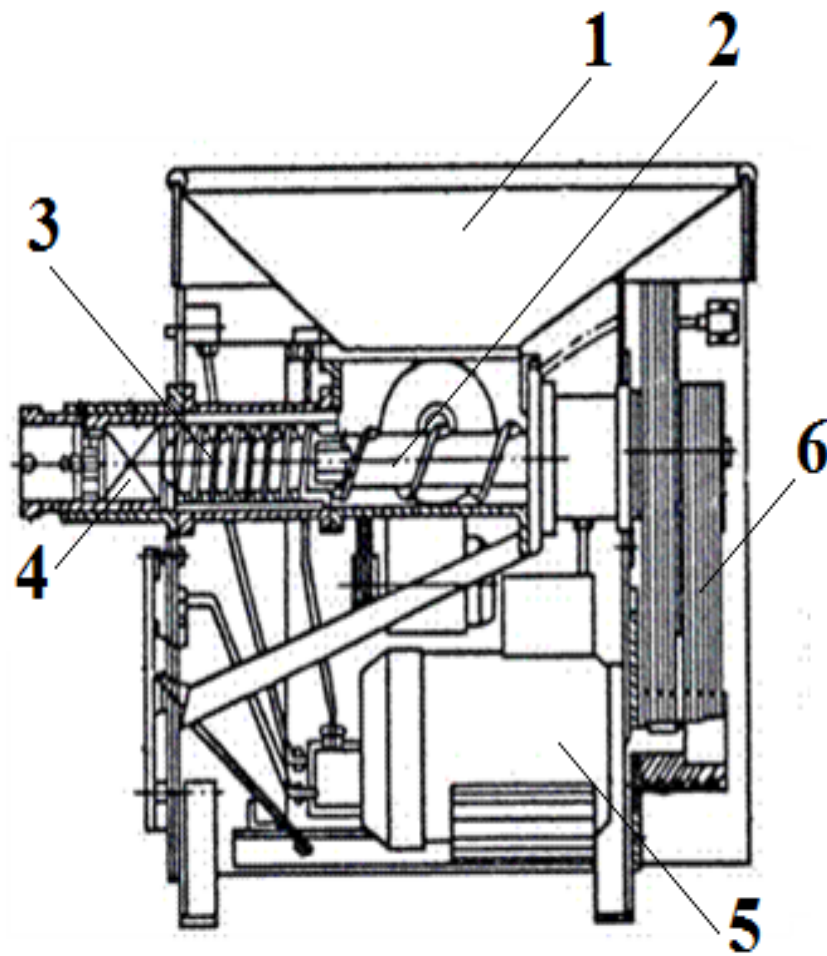


Рис.1.1. Типова конструкція вовчка

- 1 - загрузочна горловина;
- 2 - шнек;
- 3 – черв'як;
- 4 – ріжучий механізм;
- 5 – електродвигун;
- 6 – редуктор або клиноремінна передача.

За основну технічну характеристику вовчка приймають діаметр ґрат. Найбільше застосування для подрібнення м'якої м'ясної сировини знайшли вовчки з діаметрами ґрат 82, 114, 120, 160 і 200 мм.

Головними частинами вовчка є механізм подачі, ріжучий механізм та електропривод.

Механізм подачі представляє собою циліндричний корпус з загрузочним бункером. В циліндрі обертається робочий шнек з кроком витків, який зменшується в бік вивантаження продукту. В корпусі є ребра для запобігання прокручування продукту зі шнеком. Деякі конструкції вовчків обладнано живильником для більш рівномірної подачі сировини до механізму здрібнювання. Живильники бувають лопатні, пальцеві, одно- та дво- шнекові.

Найбільш розповсюджений тип ріжучого механізму представляє собою набір нерухомих ножових ґраток (приймальної, проміжної, та вихідної) з отворами круглої форми діаметром 2, 3, 5, 12, 16, 20 або 25 мм та обертаючих багатозубих ножів з прямолінійними або криволінійними лезами.

Привод вовчка складається з електродвигуна та кліноременої або цепної передачі або редуктора.

Вовчки, як правило, складаються зі станини, робочого та живильного шнеків, робочого циліндра, ріжучого механізму та електродвигуна. Ріжучий механізм укомплектований ґратками різних діаметрів (82, 114, 160, 200 або 220 мм, товщиною 7-10 мм, в яких є отвори.

Принцип дії вовчка наступний. М'ясо без костей, крупними кусками подається в приймальну чашу, а з ній захватується живильним шнеком та йде до робочого шнеку. Потім сировина поступає в зону ріжучого механізму, де роздрібнюється до завданої ступені, яка забезпечується шляхом установки ножів та відповідних ножових решіток.

В даний час набули поширення вовчки, які разом з подрібненням виконують та інші технологічно операції - змішування, жиловку, посол, наповнення фаршем.

Типова конструкція робочої камери вовчка з одночасною жиловкою показана на рисунку 1.2.

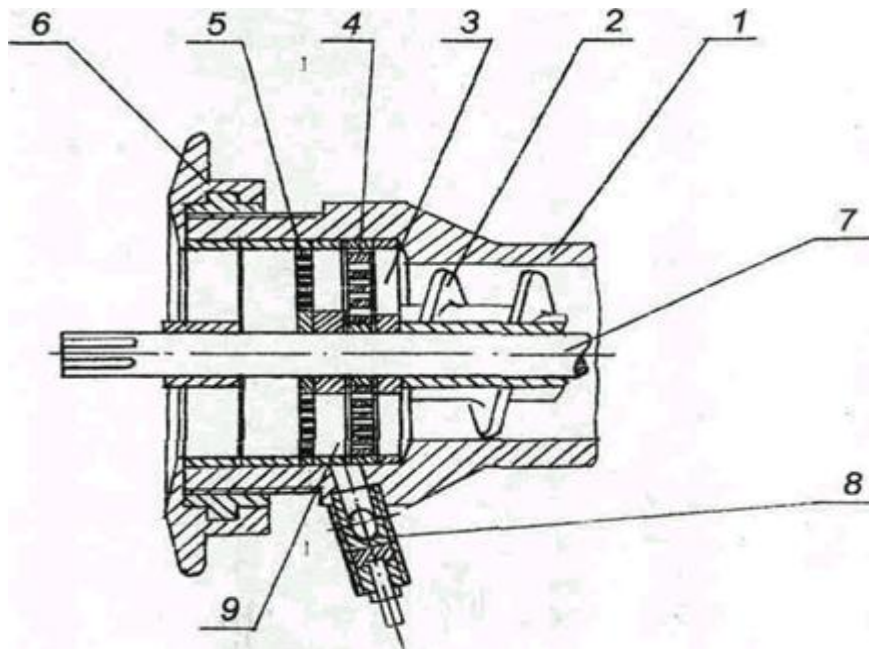


Рис.1. Камера ножова з жиловочним пристроєм

- 1 - корпус робочої камери;
- 2 – шнек, що подає;
- 3 - ножі;
- 4 - ґрати вхідні;
- 5 - ґрати вихідні;
- 6 - гайка;
- 7 - вал;
- 8 - пристрій жиловочний;
- 9 - ніж жиловочний.

					141. 6377 МР ПЗ Р2			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розрахунок потужності та вибір двигуна	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Здобувач</i>	Горбан І.І.							
<i>Керівник</i>	Фролов О.М.						20	8
<i>Рецензент.</i>						ХФ НУК		
<i>Н. Контр.</i>	Фролов О.М.							
<i>Зав. каф.</i>	Михаліченко							

2. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ДВИГУНА

2.1. Розрахунок продуктивності вовчка

Вовчки відносяться до групи машин для середнього, дрібного і тонкого подрібнення.

Вовчки використовують для середнього і дрібного подрібнення сировини. Основні частини вовчка — механізми подачі, подрібнення і привід. Механізм подачі має завантажувальний бункер, в якому або змонтований живильник (примусова подача), або його немає (сировина завантажується самоплив).

Модернізація вовчків пов'язана з пошуком кращих конструктивних рішень в способі подачі сировини в робочу зону для відходу від вільної подачі м'яса з бункера під власною вагою, як не забезпечуючої безперервної і рівномірної подачі сировини в робочу зону. Пошук йде у напрямі введення, примусової подачі за рахунок випуску вовчків з шнековою подачею з бункера. Другим актуальним завданням є поєднання в ріжучому механізмі вовчка функцій подрібнення і жиловки сировини, що виключає проведення операцій жиловки вручну та істотно підвищує ефективність виробництва. Крім того, по відношенню до електромеханіки завданням є модернізація системи управління електроприводу для більш широкого застосування даного вовчка.

Пропускна спроможність шнека визначається за формулою:

$$Q = 0,757 \cdot (D_H^2 - D_B^2) \cdot S_{ш} \cdot n_{ш} \cdot \rho_{ПР} \cdot k_{ш}; \quad (2.1)$$

де - D_H та D_B – відповідно зовнішній та внутрішній діаметри шнеків, які

дорівнюють $D_H = 0,07\text{м}$ та відповідно $D_B = 0,05\text{м}$;

- $S_{ш}$ - крок шнека, $S_{ш} = 0,2\text{м}$;

- $n_{ш}$ - частота обертання шнека, $n_{ш} = 3\text{с}^{-1}$;

- $\rho_{ПР}$ - щільність подрібнювального продукту, $\rho_{ПР} = 1000\text{кг/м}^3$;

- $k_{ш}$ – коефіцієнт використання шнека, $k_{ш} = 0,3$.

Розрахунок по ріжучій спроможності механізму подрібнення проводять за формулою:

$$Q = \frac{\alpha \cdot F}{F_{y0}}; \quad (2.2)$$

де - α – коефіцієнт використання ріжучої спроможності подрібнювального механізму $\alpha = 0,7-0,8$

- $F_{уд}$ – питома поверхня продукту після роздрібнення, прийнято $F_{уд} = 1 \text{ м}^2/\text{кг}$.

- F – ріжуча спроможність подрібнювального механізму, $\text{м}^2/\text{с}$, яка розраховується по формулі:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \cdot n \cdot \varphi \cdot k; \quad (2.3)$$

де n - частота обертання ножей, прийнято $n = 5 \text{ с}^{-1}$;

k - кількість лез на кожному ножі, прийнято $k = 16$;

φ - коефіцієнт використання площі решіток під отвори для проходження продукту який визначається за формулою:

$$\varphi = \frac{z \cdot d^2}{D^2}; \quad (2.4)$$

де D - діаметр решітки, за конструкцією $D = 0,082 \text{ м}$;

z – кількість отворів в решітці, за конструкцією $z = 140 \text{ шт.}$;

d – діаметр отворів решітці, за конструкцією $d = 0,025 \text{ м}$.

F_0 – площа отворів в першій ножовій решітці, яка ближче до шнека, м^2 , та яка визначається по формулі:

$$F_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2 \cdot z_0}{4}; \quad (2.5)$$

де d_0 – діаметр одного отвору, за конструкцією $d_0 = 0,05 \text{ м}$;

z_0 – кількість отворів в ножовій решітці, за конструкцією $z_0 = 140 \text{ шт.}$;

V_0 – швидкість проходження продукту через отвори першої ножової решітці:

Швидкість переміщення гайки відносно гвинта впродовж його осі визначається за виразом:

$$V_0 = \frac{\pi \cdot n \cdot (r_H - r_B) \cdot \operatorname{tg} \beta_H \cdot K_B}{60}; \quad (2.6)$$

де n – частота обертання шнека, $n = 300$ об/хв.;

r_H, r_B - зовнішній та внутрішній радіуси останнього витка шнека, які за конструкцією дорівнюють $r_H = 0,45$ м та $r_B = 0,28$ м;

K_B - коефіцієнт обертання продукту відносно шнека, $K_B = 0,35$ рад/с.

Розрахунок проводиться за наступним порядком:

Швидкість переміщення гайки відносно гвинта гідно формули (2.6):

$$V_0 = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot (0,45 - 0,28) \cdot \operatorname{tg} 12^\circ \cdot 0,35}{60} = 19,6 \text{ м/с}$$

Площа отворів в першій ножовій решітці згідно формули (2.5):

$$F_0 = \frac{3,14 \cdot 0,005^2 \cdot 140}{4} = 0,0027 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт використання площі решіток під отвори згідно формули (2.4):

$$\varphi = \frac{160 \cdot 0,025^2}{0,082^2} = 14,9$$

Ріжуча спроможність подрібнювального механізму згідно формули (2.3):

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,082^2}{4} \cdot 5 \cdot 14,9 \cdot 16 = 6,3 \text{ м/с}$$

Ріжуча спроможність механізму подрібнення згідно формули (2.2):

$$Q = \frac{0,8 \cdot 6,3}{1} = 302,4 \text{ кг/ч}$$

Пропускна спроможність шнека згідно формули (2.1):

$$Q = 0,757 \cdot (0,07^2 - 0,05^2) \cdot 0,2 \cdot 1000 \cdot 0,3 = 169,5 \text{ кг/ч}$$

2.2. Визначення потужності електроприводу

Загальна потужність електропривода визначається по формулі:

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta}; \quad (2.7)$$

Де N_1 – потужність різання продукту в ріжучім механізмі, яка визначається по формулі:

$$N_1 = \frac{Fp \cdot (K + 2Kp1 + Kp2) \cdot n \cdot a \cdot z}{60}; \quad (2.8)$$

де a – питома витрата енергії на перерізання продукту, приймають в діапазоні $a=2,5-3,5$ Дж/м²;

z – кількість пер'їв одного ножа, $z=140$ шт;

N_2 - потужність, яка необхідна для подолання тертя в ріжучім механізмі, Вт

$$N_2 = \frac{\pi \cdot n \cdot P_3 \cdot (r_{\max} - r_{\min}) \cdot f \cdot \psi}{60}; \quad (2.9)$$

де P_3 - зусилля для ріжучого механізму, яке визначається за виразом:

$$P_3 = P \cdot b \cdot z \cdot (r_{\max} - r_{\min}); \quad (2.10)$$

де P – усереднений тиск в поверхні стику ножів, який приймають в діапазоні від $2 \cdot 10^6$ до $3 \cdot 10^6$ Па;

b - ширина площі леза ножа та решітки, яка за конструкцією дорівнює $b=0,002$ м;

$r_{\max}$ та $r_{\min}$ - зовнішній та внутрішній радіуси обертання ножа, які за конструкцією дорівнюють $r_{\max} = 0,47$ м та $r_{\min} = 0,25$ м;

f – коефіцієнт тертя ковзання ножа о решітку в присутності продукту, прийнято $f=0,1$;

ψ - кількість плоскостей різання, за конструкцією прийнято $\psi=4$ шт.

N_3 – потужність, яка необхідна для подолання тертя шнека о продукт та на рух продукту від приладу завантаження до ріжучого інструменту, визначається по формулі:

$$N_3 = \frac{\pi \cdot P_0 \cdot (r_H - r_B) \cdot m \cdot \operatorname{tg}(\beta_{cp} + \theta) \cdot K_B}{\cos \beta_{cp} \cdot 90}; \quad (2.11)$$

де P_0 - тиск за останнім гвинтом шнека, приймається в діапазоні від $3 \cdot 10^6$ до $5 \cdot 10^6$ Па.

Чисельний розрахунок потужності визначається наступним чином.

Потужність, яка необхідна для подолання тертя шнека та на рух продукту, згідно формули (2.11) дорівнює:

$$N_3 = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot (0,45 - 0,28) \cdot 5 \cdot \operatorname{tg}(12 + 0,3) \cdot 0,35}{\cos 12 \cdot 90} = 3,75 \text{ кВт}$$

Зусилля для ріжучого механізму згідно формули (2.10) дорівнює:

$$P_3 = 3 \cdot 10^6 \cdot 0,002 \cdot 140 \cdot (0,47 - 0,25) = 60,5 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Потужність, яка необхідна для подолання тертя в ріжучім механізмі згідно формули (2.9) дорівнює:

$$N_2 = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 60,5 \cdot 10^6 (47 - 25) \cdot 0,1 \cdot 4}{60} = 6,9 \text{ кВт}$$

Потужність різання продукту в ріжучім механізмі згідно формули (2.8) дорівнює:

$$N_1 = \frac{115 \cdot (0,2 \cdot 2 + 0,45 + 0,38) \cdot 300 \cdot 2,5 \cdot 10^5 \cdot 140}{60} = 2,85 \text{ кВт}$$

Загальна потужність електропривода формули (2.7) дорівнює:

$$N = \frac{2,85 + 6,9 + 3,75}{0,9} = 15 \text{ кВт}$$

2.3. Вибір двигуна та його характеристики

На основі розрахунків визначено, що потужність електродвигуна для вовчка повинна складати величину 15 кВт. В харчовій промисловості як правило використовують найбільш прості але більш надійні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором. Розглянемо їх. В сучасних електроприводах загальнопромислового застосування рекомендовано використовувати асинхронні двигуни АИР.

Асинхронні двигуни АИР (раніше вироблялися двигуни 4А та 4АМ) з короткозамкненим ротором, завдяки простоті конструкції, відсутності рухомих контактів, високої ремонтпридатності та порівняно невисокої вартості застосовуються практично в усіх галузях промисловості та сільського господарства. Характеристики двигунів типу АИР з потужністю 15 кВт приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Электродвигатель	Потужність, кВт	Об/хв.	Струм при 380В, А	ККД, %	Коэф. мощн.	Іп/ Ін	Маса, Кг
<u>АИР 160 S2</u>	15 кВт	3000	30	88	0,86	7,5	116
<u>АИР 160 S4</u>	15 кВт	1500	29	89	0,87	7	120
<u>АИР 160 M6</u>	15 кВт	1000	31	89	0,82	7	150
<u>АИР 180 M8</u>	15 кВт	750	31,3	89	0,82	5,5	172

З даних цей таблиці визначаємо тип електродвигуна, який потрібно для удосконалення вовчка – установки К6-ФМП -2-200.

Вибраний тип двигуна - АИР 160 S4.

					141. 6377. МР ПЗ РЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розрахунок та побудова механічних характеристик двигуна	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Здобувач</i>	Горбан І.І.							
<i>Керівник</i>	Фролов О.М.						28	
<i>Рецензент.</i>						ХФ НУК		
<i>Н. Контр.</i>	Фролов О.М.							
<i>Зав. каф.</i>	Михаліченко							

3. РОЗРАХУНОК ТА ПОБУДОВА МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНА

Для розрахунку використані наступні дані асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором типу АИР 160 S4.

Початкові данні двигуна:

Потужність номінальна $P_H=15\text{кВт}$;

Номінальна частота $f_1=50\text{ Гц}$;

Число полюсів $p=4$;

Фазна напруга $U_{1\phi}=220\text{В}$;

Лінійна напруга $U_{1л}=380\text{В}$;

Синхронна частота обертання $n_1=1500\text{об./хв.}$;

Номінальна частота обертання $n_{2H}=1450\text{ об./хв.}$;

Коефіцієнт потужності $\cos\varphi=0,84$;

ККД $\eta=88\%$;

Відношення струмів (пуск./ном.) $I_{\Pi}/I_H=7,5$;

Відношення моментів (мах/ном.) $M_{\max}/M_H=2,3$;

Відношення моментів (пуск./ном.) $M_{\Pi}/M_H=2,2$;

Момент інерції $J=0,06\text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

3.3. Розрахунок параметрів визначеного АД з короткозамкненим ротором

Номінальний струм двигуна визначається по формулі:

$$I_{1ном} = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{1\phi} \cdot \eta \cdot \cos\varphi}; \quad (3.1)$$

$$I_{1ном} = \frac{15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,84 \cdot 0,88} = 53\text{А}$$

Кратність пускового струму дорівнює $k_i=7,5$ та визначається як:

$$k_i = \frac{I_{\Pi}}{I_{ном}}; \quad (3.2)$$

Тоді пускової струм буде визначатися за виразом:

$$\begin{aligned} I_{\Pi} &= k_i \cdot I_{ном}; \\ I_{\Pi} &= 7,5 \cdot 53 = 397 \text{ A} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Визначення моментів.

Синхронна швидкість двигуна визначається по формулі:

$$\begin{aligned} \omega_c &= \frac{\pi \cdot n_c}{30}; \\ \omega_c &= \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад / с} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Номінальна швидкість двигуна визначається по формулі:

$$\begin{aligned} \omega_c &= \frac{\pi \cdot n_2}{30}; \\ \omega_c &= \frac{3,14 \cdot 1450}{30} = 151,7 \text{ рад / с} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Номінальний момент двигуна визначається по формулі:

$$\begin{aligned} M_H &= \frac{P_H \cdot 10^3}{\omega_n}; \\ M_H &= \frac{15 \cdot 10^3}{151,7} = 98,9 \text{ Н} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Максимальний або критичний момент визначається через відношення:

$$k_{M \max} = \frac{M_{\max}}{M_{ном}}; \quad (3.8)$$

Тому максимальний момент (при $K_{M \max}=2,3$):

$$\begin{aligned} M_{\max} &= k_{M \max} \cdot M_{ном} \\ M_{\Pi} &= 2,3 \cdot 98,9 = 227 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

Пусковий момент визначається через відношення:

$$k_{M.пуск} = \frac{M_{\Pi}}{M_{ном}}; \quad (3.9)$$

Тому пусковий момент (при $K_{M \max}=2,2$):

$$M_{\Pi} = k_{\text{Мнук}} \cdot M_{\text{ном}}$$

$$M_{\Pi} = 2,2 \cdot 98,9 = 217 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3.2. Розрахунок природної механічної характеристики АД з короткозамкненим ротором

Номінальна величина ковзання визначається за формулою:

$$S_H = \frac{\omega_c - \omega_H}{\omega_c}; \quad (3.10)$$

$$S_H = \frac{157 - 151,7}{157} = 0,033$$

А величина критичного ковзання визначається по виразу:

$$S_{кр} = \frac{S_H \left(k_{M \max} + \sqrt{k_{M \max}^2 + 2 \cdot S_H (k_{M \max} - 1) - 1} \right)}{1 - 2 \cdot S_H (k_{M \max} - 1)}, \quad (3.11)$$

де S_H – номінальне ковзання двигуна.

Тому:

$$S_{кр} = \frac{0,033 \left(2,3 + \sqrt{2,3^2 + 2 \cdot 0,033 \cdot (2,3 - 1) - 1} \right)}{1 - 2 \cdot 0,033 \cdot (2,3 - 1)} = 0,1585$$

Механічну характеристику асинхронних двигунів часто виражають у вигляді залежності між моментом і ковзанням, тобто $M=f(S)$, що є більш зручною при виконанні багатьох розрахунків.

Природну механічну характеристику будують по формулі Клосса:

$$M = \frac{2M_{кр} (1 + aS_{кр})}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S} + 2aS_{кр}}, \quad (3.12)$$

де - M та S – поточні значення моменту та ковзання;

- $S_{кр}$ – критичне ковзання, що відповідає критичному моменту $M_{кр}$;
- $(a = r_1 / r_2)$ – коефіцієнт, що виражає відношення активного опору фази – статора r_1 до наведеного значення активного опору фази ротора r_2

У багатьох інженерних розрахунках, до результатів яких не пред'являють підвищених вимог відносно точності зневажають значенням

активного опору обмотки статора ($r_1 \approx 0$), і одержують спрощену формулу

Клосса:

$$M = \frac{2M_{кр}}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S}}, \quad (3.13)$$

Використовуючи формули (3.1)-(3.12), визначимо дані для побудови механічної характеристики параметри, які заносімо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. Дані розрахунку для побудови механічної характеристики асинхронного двигуна АИР160S4

Кількість полюсов, $2p$	Синхронна частота, об/хв., n_1	Номінальне ковзання, S_H	Критичне ковзання, $S_{кр}$	Максимальний момент, Н·м, $M_{кр}$
4	1500	0,033	0,1585	227

Формула Клосса дозволяє з достатньою точністю побудувати механічну характеристику асинхронного двигуна в межах ковзання від 0 до $S_{кр}$ (робітничу ділянку характеристики), а при ковзаннях $S_{кр} < S < 1$ формула дає неприпустимі похибки.

Для розрахунку та побудови пускової ділянки механічної характеристики асинхронного двигуна використаємо формулу:

$$M = \sqrt{M_n^2 + \frac{0,93M_{кр}^2 - M_n^2}{(1 - 1,3S_{кр})^2}(1 - S)^2}} \quad (3.14)$$

де M_n - пусковий момент двигуна.

Номінальний момент використовується для самої жорсткої сировини, а для більш м'якої момент складає 80%, 70% та 60% від номінального. Це дозволяє використовувати керування двигуном шляхом зміни напруги без зміни частоти обертання.

При такому способі керування електромагнітний момент, а також максимальний та пусковий моменти змінюються пропорційно квадрату напруги на статорі, а величина критичного ковзання не змінюється. Тобто:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{U_1^2}{U_2^2}, \quad (3.15)$$

Розглянемо механічні характеристики двигуна при напрузі на статорі 220В; 200В; 185В та 170В. Для побудови механічних характеристики використаємо формули (3.15) и формулу Клосса (3.13), а дані розрахунків занесемо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2. Дані розрахунку механічних характеристик

Величина ковзання,	Значення моменту Н·м при величині напрузі на статорі				Частота обертання, об/хв.	
S	$U_1=220$ В	$U_1=200$ В	$U_1=185$ В	$U_1=175$ В	двигуна	вовчка
0,01	28,5	23,5	20,1	17,1	1485	307
0,02	56,4	46,4	40	33,7	1470	304
0,033	90	72,5	63,1	54	1450	300
0,05	130	107	92	78	1425	295
0,07	168	139	119	101	1395	289
0,10	205	168	145	123	1350	279
0,16	227	187	160,5	136	1230	254
0,20	221	182	157	133	1200	248
0,40	205	172	141	123	900	186
0,60	200	168	136	119	600	124
0,80	206	172	142	124	300	62
1,0	217	179	153	130	0	0

За даними таблиці 3.2 побудовані механічні характеристики двигуна, які приведено на рисунках 3.1 та 3.2.

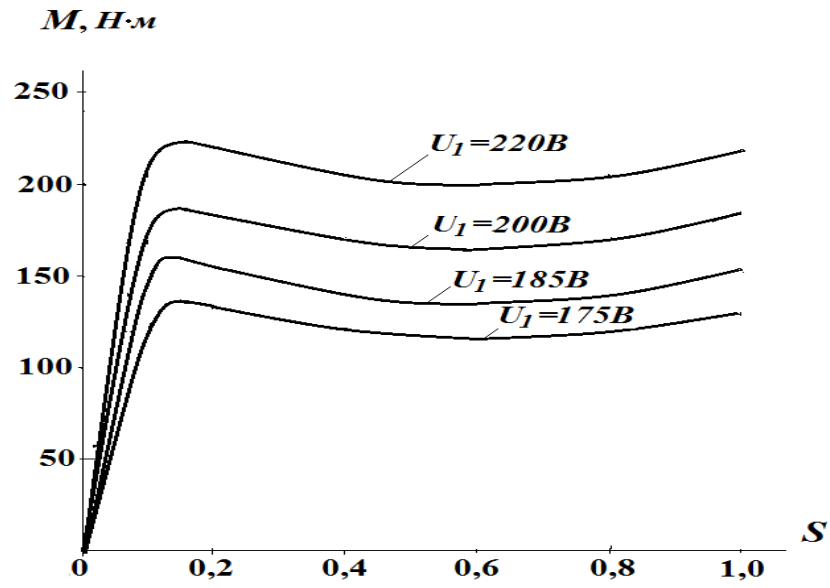


Рис.3.1. Механічні характеристики двигуна при різних значеннях напруги на статорі

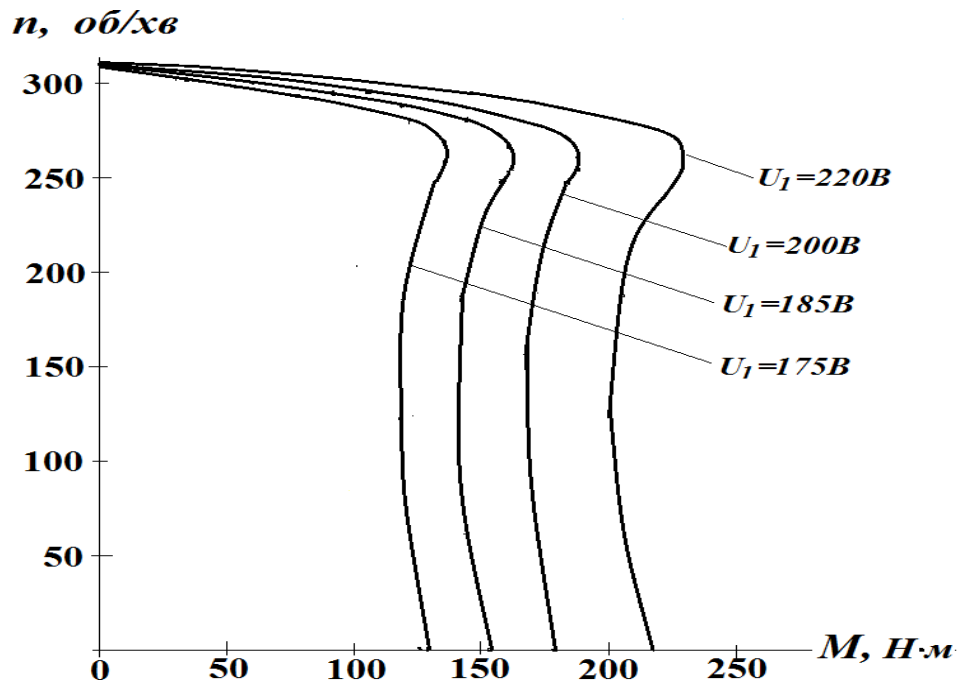
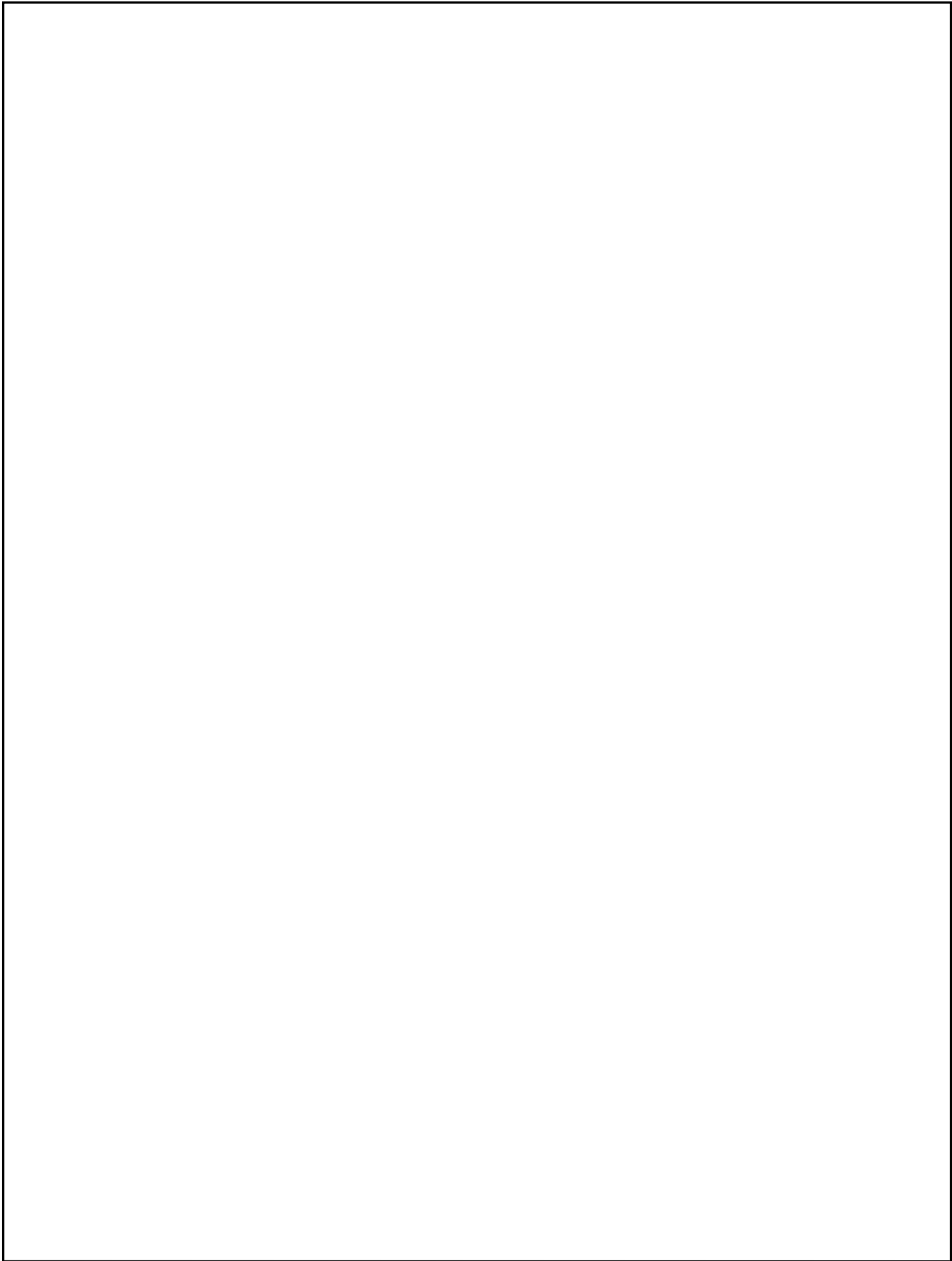


Рис.3.2. Механічні характеристики двигуна приведені до моменту



					141. 6377. МР ПЗ Р4			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Здобувач	Горбан І.І.				Структурна схема системи керування електроприводом та аналіз перехідних процесів	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник	Фролов О.М.						36	
Рецензент.						ХФ НУК		
Н. Контр.	Фролов О.М.							
Зав. каф.	Михаліченко							

4. СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ТА АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ

4.1 Асинхронний електропривод з регулюванням напруги на статорі

Характерною тенденцією автоматизованого ЕП є все більше широке застосування асинхронних двигунів (АД) . Ці двигуни технічно більш прості і надійні в експлуатації, можуть довго працювати при високих швидкостях и температурах, в агресивних і вибухонебезпечних середовищах, для їх виготовлення треба менше кольорових металів, вони мають меншу масу, розміри і вартість. Розширюються можливості і систем керування асинхронних ЕП за рахунок створення керуючих перетворювачів напруги і частоти, а також мікропроцесорних пристроїв з високою швидкістю і великим об'ємом пам'яті.

Тиристорний перетворювач напруги виконаний на базі тиристорів , ввімкнених по зустрічно-паралельній схемі в кожен фазу статора асинхронного двигуна та системи імпульсно-фазового керування (СІФК). На рисунку 4.1. приведена функціональна схема подібної системи регулювання швидкості АД. Тут зміна діючого значення першої гармоніки напруги U_1 на статорі АД з частотою мережі живлення f_c здійснюється зміною кута регулювання α тиристорного перетворювача напруги (ТПН) на базі тиристорів, включених по зустрічно-паралельній схемі в кожен фазу статора АД. Кут α формується в системі імпульсно – фазового управління (СІФУ) ТПН і змінюється в залежності від напруги керування U_{PC} на виході регулятора струму (РС). Напруга зсуву U_{cm} в СІФУ задає кут $\alpha = \alpha_{max}$ при якому забезпечуються мінімальна вихідна напруга ТПН і момент рушання АД в режимі його холостого ходу.

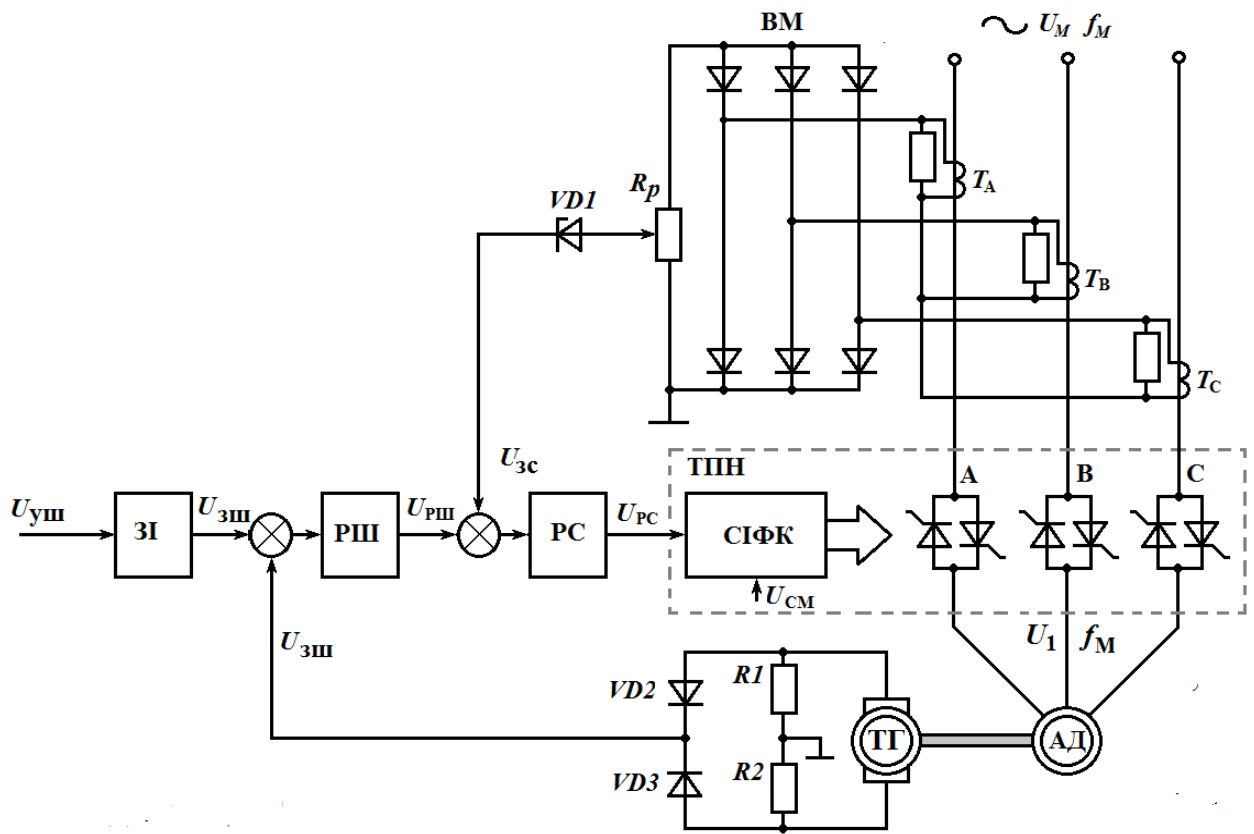


Рис. 4.1. Функціональна схема асинхронного електропривода з регульованою напругою на статорі

На вході РТ підсумовуються напруги $U_{PШ}$ регулятора швидкості (РШ) і негативного зворотного зв'язку по струму $U_{зс}$ з відсічкою, реалізованої на основі трансформаторів струму T_A, T_B, T_C , випрямляючого мосту (ВМ), потенціометра R_P та стабілітрона $VD1$. Значення струму відсічки $I_{отс}$ встановлюється потенціометром R_P . На вході РШ підсумовуються напруга завдання швидкості $U_{зш}$ і напруга негативного зворотного зв'язку по швидкості АД $U_{зш}$, що подається з тахогенератора (ТГ) на валу АД. Виділення модуля вихідного напруги ТГ забезпечується діодами $VD2, VD3$ і резисторами $R1, R2$. Формування темпу зміни швидкості АД здійснюється за допомогою задатчика інтенсивності (ЗІ), на вхід якого надходить напруга керування швидкістю АД $U_{у.с}$.

Зміна напрямку обертання валу двигуна може бути реалізована за рахунок реверсивного контактора в статорному ланцюгу двигуна. Гальмування та зупинення двигуна можливі в режимі динамічного гальмування, коли за рахунок спеціального блоку логіки керування тиристорами ТПН здійснюється протікання випрямленого струму по обмоткам статора.

4.2. Механічна характеристика асинхронного двигуна

Механічна характеристика АД (рисунок 3.2) при напрузі живлення U_{11} точка сталого режиму характеризується координатами $U_{1y}=U_{11}$, ω_y , M_y . Якщо додати прирощення ΔU_1 напрузі живлення АД в околиці цієї точки, то виникнуть прирощення моменту ΔM і швидкості $\Delta\omega$. Тоді результуючий момент АД в центрі розкладання механічної характеристики АД в ряд Тейлора:

$$M = M_y + \Delta M = M_y + \frac{\partial M}{\partial \omega} \bigg|_{U_1 = U_{y1}} \Delta\omega + \frac{\partial M}{\partial U_1} \bigg|_{U_1 = U_{y1}} \Delta U_1 =$$

$$= M_y + k_\omega \Delta\omega + k_U \Delta U_1 = \Delta M_\omega + \Delta M_U$$

де - $\Delta M_\omega = k_\omega \Delta\omega$ та $\Delta M_U = k_U \Delta U_1$ - збільшення моменту двигуна, викликані відповідно збільшенням його швидкості і напруги живлення;

- $k_\omega = -\partial M / \partial \omega$ - коефіцієнт зміни моменту двигуна при відхиленні його швидкості при $U_1 = \text{const}$, $\Delta U_1 = 0$,
- $k_U = \partial M / \partial U$ - коефіцієнт чутливості моменту АД до напруги живлення статора при $\omega = \text{const}$, $\Delta\omega = 0$.

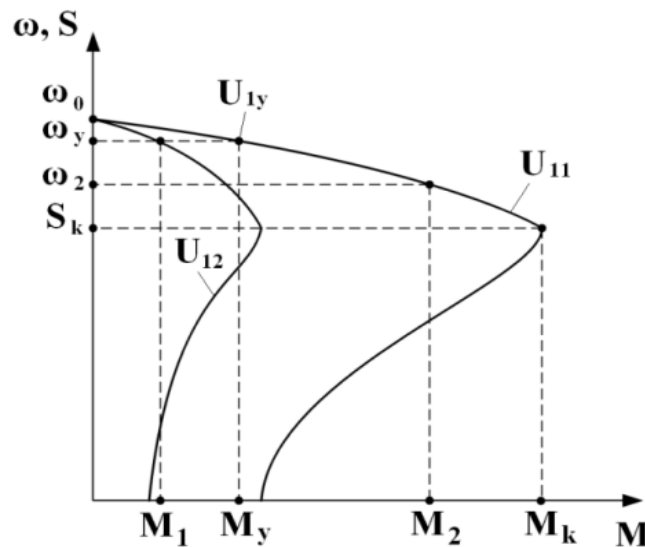


Рис. 4.2. Механічні характеристики АД

Фізичний сенс коефіцієнта k_ω можна показати на прикладі механічної характеристики АД при $U_{1y} = U_{11} = \text{const}$, що показано на рисунку 4.2. Тут при зміні швидкості $\Delta\omega = \omega_y - \omega_2$ має місце зміни моменту:

$$\Delta M_\omega = M_y - M_2$$

відповідно $k_{\omega} = \frac{dM}{d\omega} \approx \frac{\Delta M}{\Delta \omega} = \frac{M_1 - M_2}{\Delta \omega - \omega_2}$ визначає жорсткість β механічної характеристики АД в області встановленої швидкості. При $0 < S < S_k$ коефіцієнт $k_{\omega} < 0$, зворотній зв'язок по швидкості АД в даному діапазоні ковзання є від'ємним. При $S_k < S$ коефіцієнт $k_{\omega} > 0$ і режим роботи АД стає нестійким. Зі зменшенням жорсткості механічної характеристики АД по мірі зменшення напруги живлення статора зменшується k_{ω} . При роботі двигуна на його стійкій ділянці природної характеристики k_{ω} найбільший і визначається модулем жорсткості цієї характеристики:

$$k_{\omega} = \beta = \frac{2M_k}{\omega_{\text{ном}} S_k}.$$

4.3. Структурна схема асинхронного електропривода з регульованою напругою на статорі

Відповідно до структурної схеми на рисунку 4.3. при ПІ-регуляторі швидкості регульовальна характеристика системи ТПН-АД визначиться як $\omega = u_{\text{с.в.}} / k_{i.\text{н.}}$, а механічні характеристики електроприводу для всього діапазону зміни сигналу керування швидкістю при струмі статора $I/I_{\text{ном}}$ повинні мати абсолютну жорсткість. Однак реально, за рахунок обмеження вихідної напруги ТРН на рівні номінального значення напруги АД, а також зниження коефіцієнта передачі k_U до нуля при малих навантаженнях і коефіцієнта k_{ω} в області навантажень, близьких до критичного моменту АД, жорсткість механічних характеристик поблизу граничних характеристик буде помітно менше.

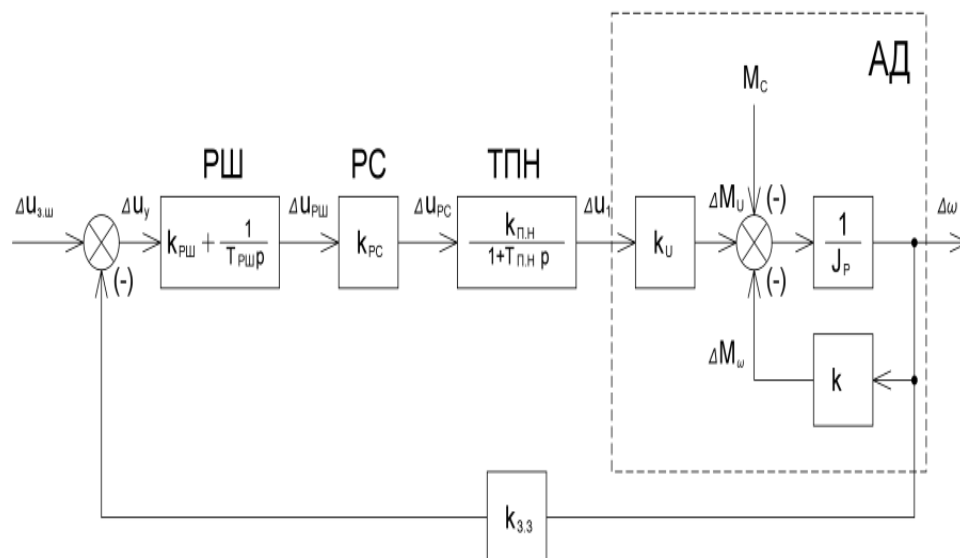


Рис.4.3. Структурна схема асинхронного електропривода з регульованою напругою на статорі

Оскільки зменшення швидкості АД пов'язано зі зменшенням напруги на обмотках його статора, а допустимий за умовами нагрівання двигуна момент $M_{дон}$ при цьому зменшується в зворотню – пропорційній залежності від ковзання, то область застосування замкнутих систем асинхронного електроприводу з впливом лише на напругу статора обмежена механізмами, у яких момент навантаження при зниженні швидкості помітно зменшується, наприклад, механізмами з вентиляторної навантаженням.

На рисунку 4.4. показані регулювальні характеристики елементів системи керування електроприводом

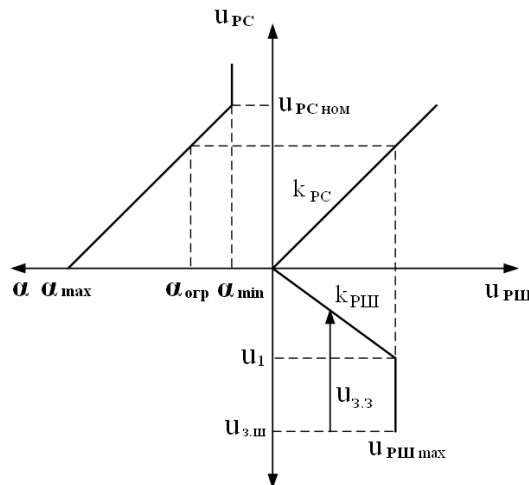


Рис. 4.4. Регулювальні характеристики елементів системи керування електроприводом

α – кут керування,
 $\alpha_{огр}$ – відхилення струму статора від заданого значення струму відсічки $I_{омс}$,
 $u_{3.3}$ – напруга зворотного зв'язку

4.4. Дослідження та аналіз перехідних процесів

Розрахунок силової частини системи ТПН-АД. Для розрахунку приймаємо величини з розділу 3 та схеми з розділу 4.

В силову частину електроприводу входять асинхронний двигун з короткозамкненим ротором і комплексний тиристорний перетворювач напруги (ТПН).

Умовою вибору перетворювача являється відношення мінімальної напруги і струму (тиристорного) перетворювача номінальним параметрам двигуна.

$$U_{ТПН\text{ ном}} > U_{1\text{ ном}}$$

$$I_{ТПН\text{ ном}} > I_{1\text{ ном}}$$

Виробники комплексних перетворювачів (ТПН) для асинхронних електроприводів радять типову потужність ТПН збільшувати на 20%.

$$P_{ТП} = 1,2 \cdot P_{ном} \quad P_{ТП} = 1,2 \cdot 15 = 18,0 \text{ кВт}$$

Розробка структурної схеми силової частини. Як динамічний об'єкт ТПН може бути представлений інерційною ланкою з коефіцієнтом передачі:

$$k_{ТПН} = \frac{dU_1}{dU_{p\omega}}$$

і постійною часу $T_{ТПН}$ пов'язаною з дискретністю фазового керування тиристорними перетворювачами .

В загальному випадку $k_{ТПН}$ є функцією кутів α , φ і ковзання двигуна s . Кут φ змінюється від ковзання лише при $s < S_k$, а в діапазоні $S_k < s < 1$ в якому в основному і виконується регулювання швидкості АД, зміни кута φ незначні.

Тоді при лінійній залежності

$$\alpha = f \cdot (u_{PI})$$

може бути повністю лінеаризована і залежність

$$U_1 = f \cdot (u_{PI})$$

з коефіцієнтом передачі $k_{ТПН}$.

Динамічні властивості тиристорного перетворювача напруги спільно з блоками вимірювання і перетворювання можуть бути спрощено враховані аперіодичною ланкою з передаточною функцією:

$$W(p) = \frac{k_{ТПН}}{T_{ТПН} \cdot p + 1}$$

де $k_{ТПН}$ - еквівалентний передаточний коефіцієнт перетворювача ;

$T_{ТПН}$ — еквівалентна постійна часу перетворювача, с.

$$k_{\text{ТПН}} = \frac{\Delta U_1}{\Delta U_{p1}} = \frac{U_{1\text{ном}}}{U_{p.I.\text{ном}}}$$

де $U_{I.\text{ном}}$ – номінальне значення першої гармоніки вихідної напруги ТПН,

$U_{p.I.\text{ном}}$ – номінальне значення напруги керування перетворювача,

$$U_{I.\text{ном}} = 230 \text{ В}$$

$$U_{p.I.\text{ном}} = 10 \text{ В}$$

Численне значення коефіцієнта передачі перетворювача частоти:

$$k_{\text{ТПН}} = \frac{U_{1\text{ном}}}{U_{p.I.\text{ном}}} \quad k_{\text{ТПН}} = \frac{230}{10} = 23$$

Постійна часу ланцюга фазового керування ТПН для наведеного варіанта його силової частини визначається максимальним часом запізнення:

$$T_z = T_{\text{ТПН}} = 0,033$$

$$W(p) = \frac{23}{0,033p + 1}$$

Асинхронний двигун навіть при його математичному описі (без врахування електромагнітних перехідних процесів у ланцюгах статора і ротора) і зміни лише напруги на статорі залишається лінійним динамічним об'єктом, оскільки його електромагнітний момент і від напруги запиту і від швидкості двигуна, тобто:

$$M = f \cdot (U_1, \omega)$$

$$M = M_y \cdot k_\omega \cdot \Delta\omega + k_U \cdot \Delta U_1$$

При роботі двигуна на стійкій ділянці його природної механічної характеристики коефіцієнт k_ω найбільший та визначається модулем жорсткості цій характеристики:

$$k_\omega = \beta_e$$

$$\beta_e = \frac{2 \cdot M_{кр}}{\omega_{0 \text{ ел.н}} \cdot S_k}$$

$$k_\omega = \beta \quad k_\omega = 38,417$$

Залежність коефіцієнта k_U від швидкості АД ясна з його механічних характеристик при різних напругах запиту. При синхронній швидкості АД зміна напруги на його статорі не призводить до зміни електромагнітного моменту АД і при $\omega_y = \omega_0$ коефіцієнт $k_U = 0$.

Максимальне значення $k_{U,max}$ має місце при номінальній напрузі на статорі $U_{l,ном}$ та критичному ковзанні двигуна s_k . Тоді для критичного ковзання АД:

$$k_U = 2 \cdot \lambda_M \cdot U_1 \cdot \left(\frac{M_{ном}}{U_{1ф.ном}^2} \right)$$

Тоді передатна функція АД між прирощенням швидкості і керуючою дією при $\Delta M_C = 0$:

$$W_U = \frac{\Delta \omega}{\Delta U_1} = \frac{k_U}{J \cdot p + k_\omega} = \frac{k_{\ddot{A}}}{T_M p + 1}$$

де $k_{\ddot{A}}$ – передатний коефіцієнт

T_M – електромеханічна постійна часу двигуна

$$T_M = \frac{J_{дв}}{\beta_e}$$

$$T_M = \frac{0.113}{38.421} = 2,924 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

Передатна функція АД між прирощенням швидкості і статичним навантаженням ΔU_1 :

$$W_U = \frac{\Delta \omega}{\Delta \dot{I}_{\tilde{N}}} = \frac{1}{J \cdot p + k_{\omega}} = \frac{1}{k_{\omega}(T_M p + 1)}$$

Передатна функція П-регулятора:

$$W_{p.I} = \frac{\Delta U_{p.I}}{\Delta U_{p.\omega}} = k_{p.I}$$

$$k_{p.I} = \frac{U_{p.I}}{U_{p.\omega}} = \frac{10}{10} = 1$$

Передатна функція ПІ-регулятора швидкості:

$$W_{p.\omega} = \frac{\Delta U_{p.\omega}}{\Delta U_y} = k_{p\omega} + \frac{1}{T_{p.\omega} \cdot p}$$

Якщо прийняти за малу постійну часу T_{μ} постійну $T_{ТПН} < T_M$; $T_{\mu} = T_{ТПН}$, то при налаштуванні електроприводу на технічний оптимум постійна інтегрування і передатний коефіцієнт пропорційної частини визначається таким чином:

$$T_{p.\omega} = k_{зз.\omega} \cdot k_{p.I} \cdot k_{ТПН} \cdot k_{д.I} \cdot a_{\mu} \cdot T_{\mu} \qquad k_{p\omega} = \frac{T_M}{T_{p.\omega}}$$

За бажанням можна привести до мінімуму вплив електромагнітних постійних часу ланцюгів статора і ротора АД, не врахованих в визначенні T_{μ} , корисно прийняти:

$$a_{\mu} = 3$$

$$T_{p.\omega 3} = k_{зз.\omega} \cdot k_{p.I} \cdot k_{ТПН} \cdot k_{д.I} \cdot a_{\mu} \cdot T_{\mu}$$

$$T_{p.\omega 3} = 0,066 \cdot 1 \cdot 23 \cdot 0,045 \cdot 3 \cdot 0,033 = 6,767 \times 10^{-3}$$

$$k_{p\omega 3} = \frac{T_M}{T_{p.\omega}}$$

$$k_{p\omega 3} = \frac{2.927 \times 10^{-3}}{6.767 \times 10^{-3}} = 0,432$$

$$a_{\mu} = 4$$

$$T_{p.\omega 4} = k_{33.\omega} \cdot k_{p.I} \cdot k_{ТПН} \cdot k_{д.I} \cdot a_{\mu} \cdot T_{\mu}$$

$$T_{p.\omega 4} = 0,066 \cdot 1 \cdot 23 \cdot 0,045 \cdot 4 \cdot 0,033 = 9,023 \times 10^{-3}$$

$$k_{p\omega 4} = \frac{T_{\mu}}{T_{p.\omega}}$$

$$k_{p\omega 4} = \frac{2,927 \times 10^{-3}}{9,023 \times 10^{-3}} = 0,324$$

$$a_{\mu} = 5$$

$$T_{p.\omega 5} = k_{33.\omega} \cdot k_{p.I} \cdot k_{ТПН} \cdot k_{д.I} \cdot a_{\mu} \cdot T_{\mu}$$

$$T_{p.\omega 5} = 0,066 \cdot 1 \cdot 23 \cdot 0,045 \cdot 5 \cdot 0,033 = 0,011$$

$$k_{p\omega 5} = \frac{T_{\mu}}{T_{p.\omega}}$$

$$k_{p\omega 5} = \frac{2,927 \times 10^{-3}}{0,011} = 0,259$$

4.5. Моделювання перехідних процесів в системі ТПН – АД зі зворотнім зв'язком по швидкості

Моделювання проводиться за допомогою програми SamSim

1. Визначаємо апараметри моделі контуру швидкості

Регулятор швидкості – паралельно з'єднані ланки

- пропорційна (без інерційна ланка)

$$k_{p\omega 3} = 0,432$$

$$a_{\mu} = 3$$

$$k_{p\omega 4} =$$

$$0,324$$

$$a_{\mu} = 4$$

$$k_{p\omega 5} = 0,259$$

$$a_{\mu} =$$

$$5$$

-інтегруюча інерційна ланка

$$T_{p.\omega 3} = 6,767 \times 10^{-3} \quad a_{\mu} = 3$$

$$T_{p.\omega 4} = 9,023 \times 10^{-3} \quad a_{\mu} = 4$$

$$T_{p.\omega 5} = 0,011 \quad a_{\mu} = 5$$

Регулятор струму – пропорційна (без інерційна ланка)

$$k_2 = k_{p.I}$$

$$k_{p.I} = 1$$

Перетворювач частоти – аперіодична ланка 1-го порядку. Приймаємо:

$$k_3 = 23$$

$$T_3 = T_{\text{ТПН}} \quad T_3 = 23$$

Передатна функція ТПН має вигляд:

$$W(p) = \frac{k_{\ddot{I} \times}}{\ddot{O}_{\ddot{I} \times} + 1} = \frac{23}{0,033 + 1}$$

Асинхронний двигун має дві пропорційні (безінерційні) ланки та інтегруючу. Для них:

- пропорційна ланка (безінерційна):

$$k_4 = k_{U.1} \quad k_4 = 1,724$$

- інтегруюча ланка:

$$J_{\text{дв}} = 0,113 \quad J_{\text{рм}} = 0,16$$

$$J_{\Sigma} = J_{\text{дв}} + J_{\text{рм}} \quad J_{\Sigma} = 0,273$$

$$T_5 = J_{\text{дв}} \quad T_5 = 0,11$$

-пропорційна (без інерційна) ланка

$$k_6 = k_{\omega} \quad k_6 = 38,471$$

- **Навантаження** – момент статичного навантаження

$$M_c = 26,504 \text{ Нм}$$

- **Канал зворотного зв'язку по швидкості** - коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості:

$$k_8 = k_{33.\omega} \quad k_8 = 0,066$$

- **Керуюча дія** – напруга завдання швидкості:

$$u_{3\omega} = 10 \quad A_9 = u_{3\omega} \quad A_9 = 10$$

Регулятор швидкості – паралельно з'єднані ланки, в тому числі:

- пропорційна (без інерційна) ланка

- інтегруюча ланка 1-го порядку

$$T_{p.\omega 42} = k_{33.\omega} \cdot k_{p.I} \cdot k_{д.2} \cdot a_\mu \cdot T_\mu \quad k_{p\omega 42} = \frac{T_M}{T_{p.\omega 42}}$$

$$T_{p.\omega 42} = 8.121 \times 10^{-3} \quad k_{p\omega 42} = 0.36$$

$$T_{p.\omega 43} = k_{33.\omega} \cdot k_{p.I} \cdot k_{д.3} \cdot a_\mu \cdot T_\mu \quad k_{p\omega 43} = \frac{T_M}{T_{p.\omega 43}}$$

$$T_{p.\omega 43} = 6.767 \times 10^{-3} \quad k_{p\omega 43} = 0.432$$

$$T_{p.\omega 44} = k_{33.\omega} \cdot k_{p.I} \cdot k_{д.4} \cdot a_\mu \cdot T_\mu \quad k_{p\omega 44} = \frac{T_M}{T_{p.\omega 44}}$$

$$T_{p.\omega 44} = 5.414 \times 10^{-3} \quad k_{p\omega 44} = 0.54$$

$$T_{p.\omega 45} = k_{33.\omega} \cdot k_{p.I} \cdot k_{д.5} \cdot a_\mu \cdot T_\mu \quad k_{p\omega 45} = \frac{T_M}{T_{p.\omega 45}}$$

$$T_{p.\omega 45} = 3.609 \times 10^{-3} \quad k_{p\omega 45} = 0.81$$

4.6. Побудування перехідних процесів (ПП) у системі ТПН-АД за допомогою програми SamSim:

Для дослідження будуємо структурну схему, яку приведено на рисунку

4.5.

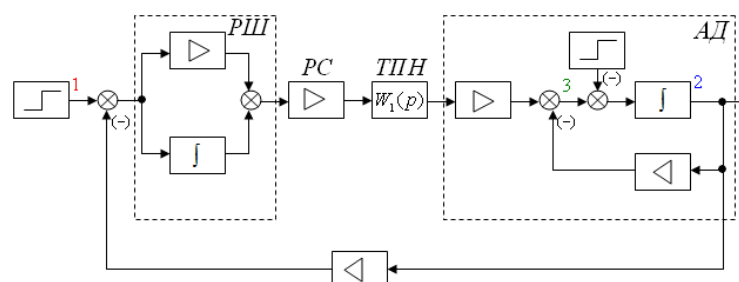


Рис. 4.5. Структурна схема системи ТПН – АД побудована в SamSim

РШ – регулятор швидкості в складі:

- пропорційна ланка;
- інтегруюча ланка;

РС – регулятор струму, це:

- пропорційна ланка;

ТПН – тиристорний перетворювач напруги:

аперіодична ланка 1-го порядку;

АД – асинхронний двигун, який має склад:

- пропорційна ланка;
- інтегруюча ланка;
- двохпозиційне реле;

1, 2, 3 – контрольні точки в яких реєструються графіки перехідних процесів (ПП).

За дослідженнями будуються графіки ПП при номінальному значенні напруги $U_{I\phi.ном}$, та сигналу завдання швидкості $u_{3,\omega} = 10V$

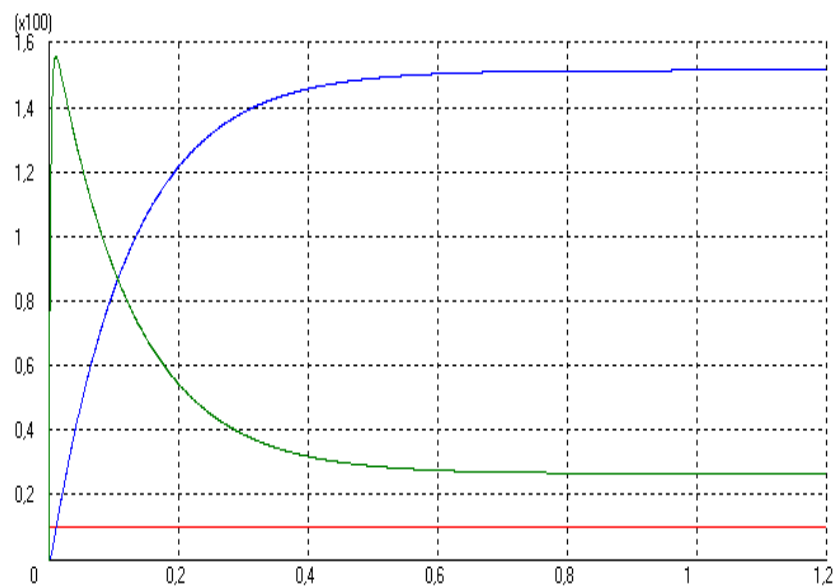


Рис. 4.6. Графік ПП ($a_\mu=3$, $K_u=1$)

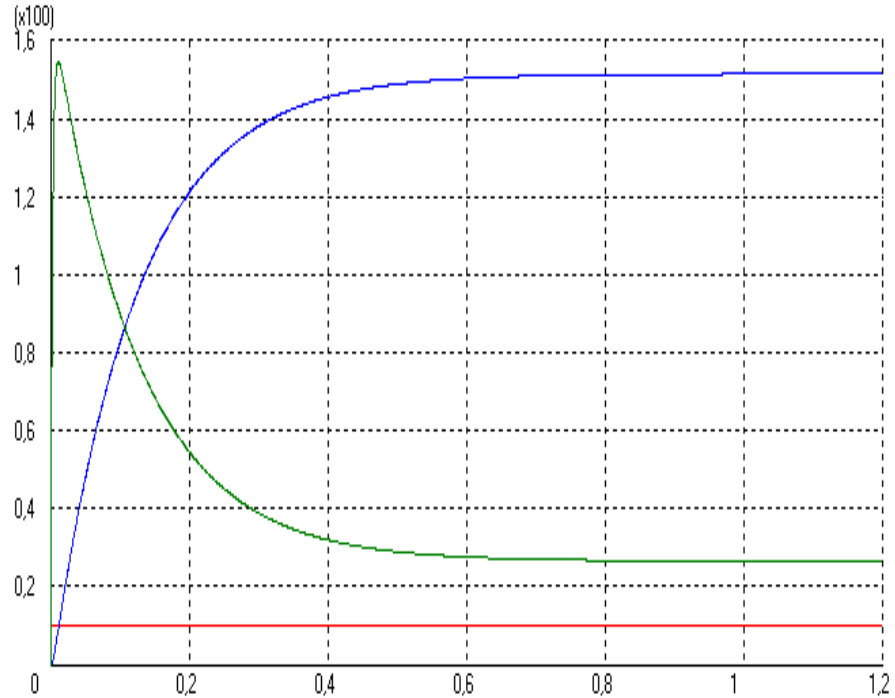


Рис. 4.7. Графік ПП ($a_\mu=4$, $K_u=1$)

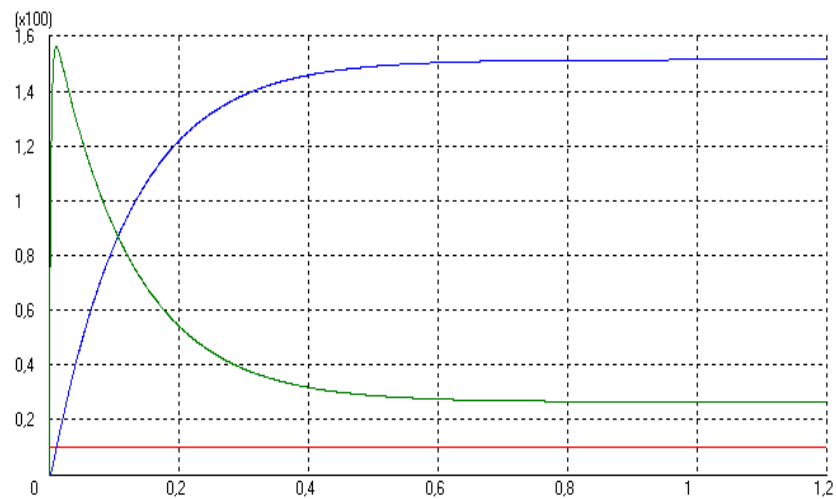


Рис. 4.8. Графік ПП ($a_\mu=5K_u=1$)

Як технічний оптимум обираємо $a_{\mu}=4$

Дослідження залежності ПП при заданні швидкості прямокутним сигналом при $a_{\mu}=4$, з номінальним режимом. Для цього використовується схема, яка показана на рисунку 4.9.

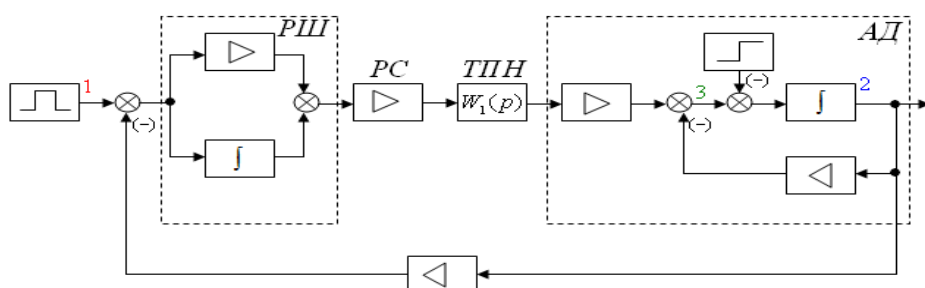


Рис.4.9. Структурна схема системи ТПН – АД побудована в SamSim (сигнал завдання швидкості - прямокутний)

Графіки ПП будуються при $0,9U_1$; $0,75U_1$; $0,6U_1$; $0,4U_1$ від номінального значення $U_{1.ном}$ та сигналу завдання швидкості $u_{3.\omega 2}$; $u_{3.\omega 3}$; $u_{3.\omega 4}$; $u_{3.\omega 5}$. Вони приведені на рисунках 4.10-4.14.

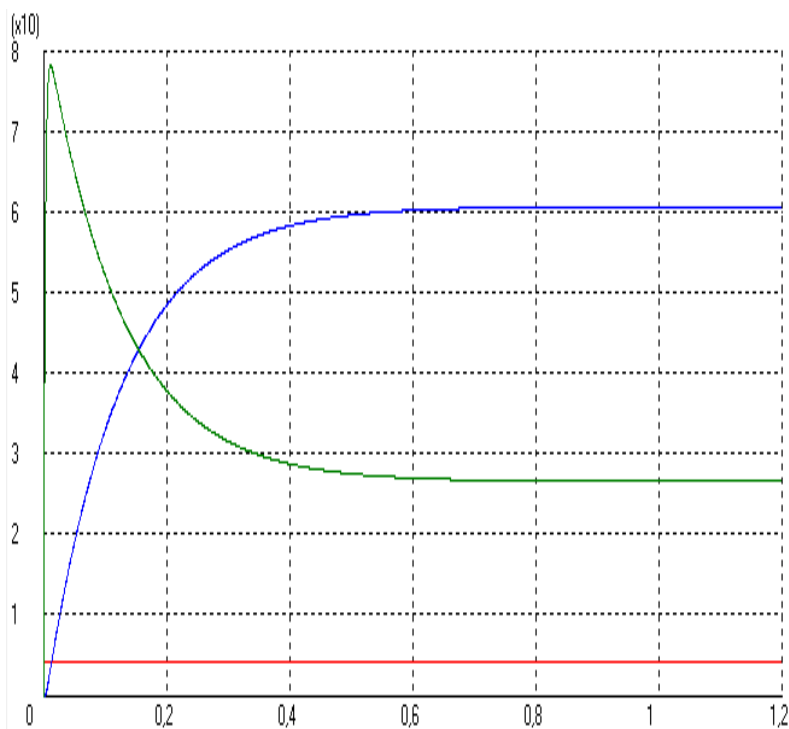


Рис.4.10. Графік ПП ($a_\mu=4$, $K_u=0.4$)
(сигнал завдання швидкості - прямокутний)

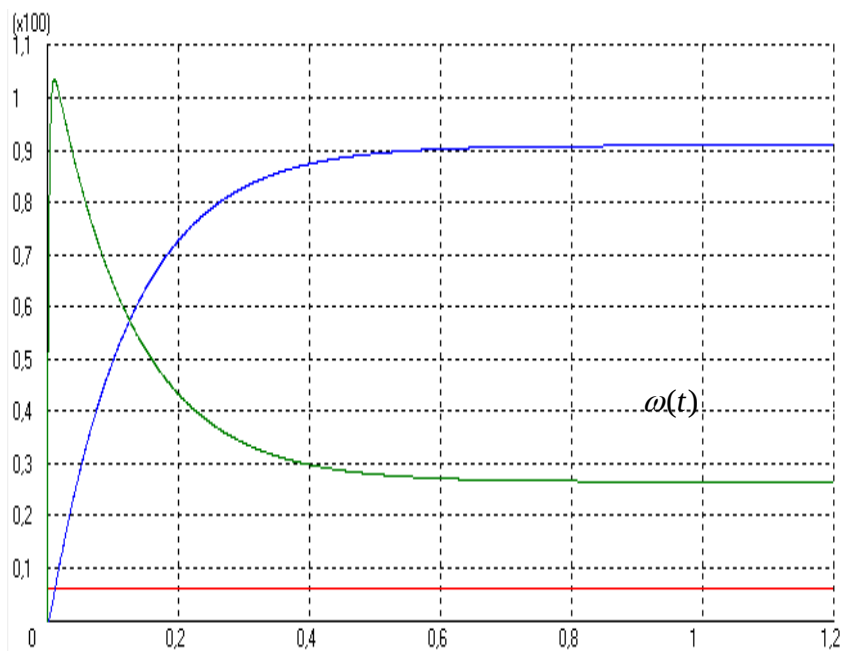


Рис. 4.11. Графік ПП ($a_\mu=4$, $K_u=0.6$)

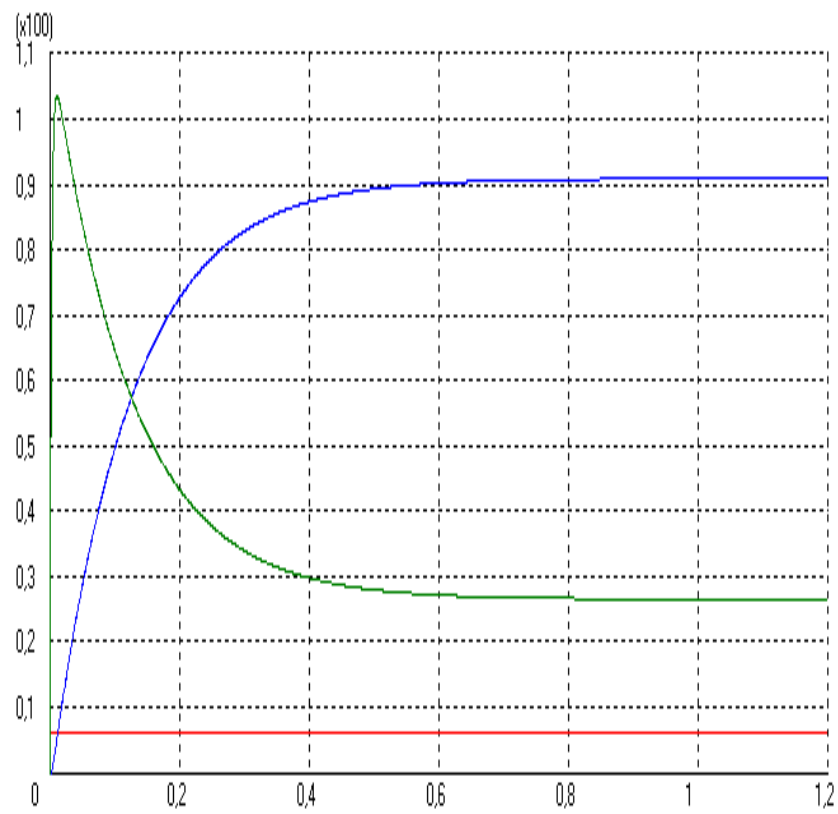


Рис. 4.12. Графік ПП ($a_\mu=4$, $K_u=0.9$)

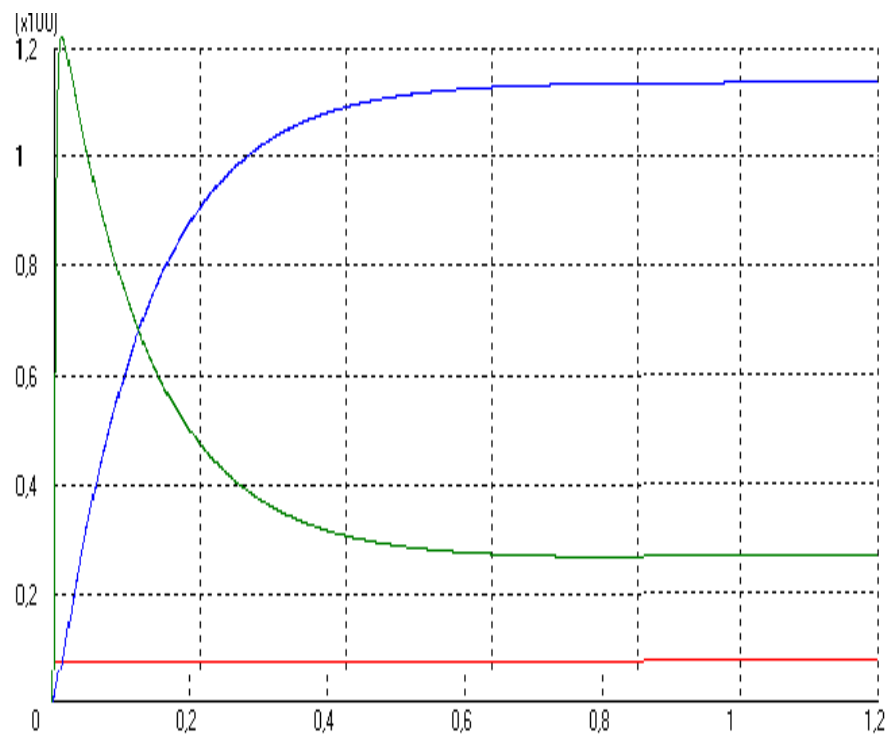


Рис. 4.13. Графік ПП ($a_\mu=4$, $K_u=0.75$)

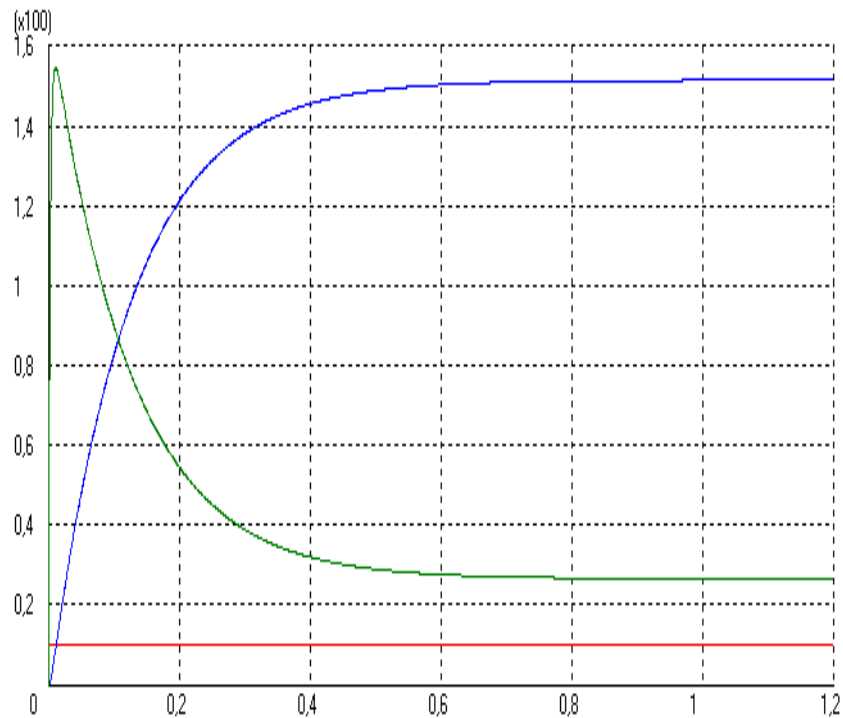


Рис. 4.14. Графік ПП ($a_\mu=4, K_u=1$)

Висновок

На графіках перехідних процесів можна помітити, що при номінальному значенні напруги живлення $U_{1ф.ном} = 220В$ та напруги завдання сигналу $U_{з.ω} = 10В$ двигун нормально розганяється до своєї номінальної швидкості це показує **синя крива – залежність кутової швидкості від часу $\omega(t)$** . При наданні прямокутного сигналу помітно, що двигун також нормально розганяється до номінальної швидкості потім швидкість падає. Як технічний оптимум бажано обрати $a_\mu = 4$, тому що при цій настройці система швидше входить в сталий режим.

На графіках перехідних процесах при регулюванні напруги на статорі помітно, що крива $\omega(t)$ низпадає при зменшенні номінальної напруги мережі, напруги сигналу керування, це показує на те що частота обертання двигуна зменшується при зменшенні напруги $U_{1ф.ном}$.

4.7. Додаткові заходи по механізації або автоматизації лінії по виробництву варено-копчених ковбас

У дефростер ставимо датчик вологості і температури ДВТ-02 виводимо його на вторинний показуючий прилад з універсальним виходом Кп1т по місцю з функцією індикації і на щит з функцією індикації і реєстрації для підтримки необхідної температури і вологості. Так само встановлюємо реле часу РВ - 01 "Темп" з сигналізацією для зручності відстежування часу.

На шприц виставляємо датчик тиску Метран - 100 з виходом на вторинний вказувальний прилад Кп1т з функцією індикації для відстежування тиску з яким подається фарш в оболонку.

Термокамеру забезпечуємо датчиком вологості і температури ДВТ-02 виводимо його на вторинний показуючий прилад з універсальним виходом Кп1т по місцю з функцією індикації і на щит з функцією індикації і реєстрації для підтримки необхідної температури і вологості.

Так само встановлюємо реле часу РВ - 01 "Темп" з сигналізацією для зручності відстежування часу.

					141. 6377. МР ПЗ Р5						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Здобувач		Горбан І.І.			Охорона праці та техніка безпеки			Літ.	Арк.	Акрушів	
Керівник		Фролов О.М.								58	11
Рецензент.								ХФ НУК			
Н. Контр.		Фролов О.М.									
Зав. каф.		Михаліченко									

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Вступ до розділу

Охорона праці це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційно-технічних, лікувально-профілактичних заходів і засобів, що

забезпечують нормальні умови праці людини, був прийнятий в Україні Законом "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 року.

Умови праці це сукупність факторів виробничого середовища і трудового процесу, які впливають на здоров'я і працездатність людини в процесі її професійної діяльності. Небезпечний виробничий фактор, дія якого за певних умов може призвести до травм або іншого раптового погіршення здоров'я працівника.

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 "Опасные и вредные производственные факторы" небезпечні та шкідливі фактори за природою дії поділяються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Безпека виробничих процесів забезпечується цілим комплексом проектних і організаційних рішень, що полягають у відповідному виборі технологічних процесів, робітників операцій і порядку обслуговування устаткування; виробничих помешкань або зовнішніх площадок; виробничого устаткування й умов його розміщення; засобів збереження і транспортування вихідних матеріалів, заготівель, готової продукції і відходів виробництва; засобів захисту працюючих. Велике значення має організація фахового добору і навчання працюючих.

5.2. Аналіз потенційно-небезпечних та шкідливих факторів при експлуатації системи водопостачання.

У даній дипломній роботі розглядається робота обладнання для переробки м'яса в фарш для виготовлення ковбасних виробів. У процесі експлуатації даного устаткування можуть мати місце такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- електричний струм, вплив якого може призвести до електротравматизму та опіків;
- виділення шкідливих речовин у випадку пожежі через можливе коротке замикання електричної мережі;
- виділення надлишкового тепла;
- електромагнітне випромінювання, що може стати причиною фахового захворювання;
- можливе накопичення статичного електричного поля, що може бути причиною поразки людини або підвищеної пожежної небезпеки;

Зазначені шкідливі і небезпечні фактори потребують проведення відповідних технічних, організаційних, протипожежних заходів щодо охорони праці.

5.2.1 Електробезпечність.

Електричні установки, із якими припадає мати справу практично всім працюючим на виробництві, становлять для людини велику потенційну небезпеку. Що є основою комплексу, живиться від бортової мережі змінного струму напругою 220В, частотою 50Гц з ізольованою нетралою. Споживана потужність складає приблизно 1 кВт. Струм, який проходить по електромережі дорівнює приблизно 2А. Вплив електричного струму з такими характеристиками на людину є смертельним, тому, використовуючи дану систему, необхідно дотримуватися правила техніки безпеки при роботі з електроустаткуванням під напругою до 1000В. Виходячи з усіх вимог ПВЕ-84 і ГОСТ 12.1.019-79 "Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.", місце розташування відноситься до класу без підвищеної електричної небезпеки. Система водопостачання відносять до I класу електротехнічних виробів: виріб має робочу ізоляцію та елемент для заземлення. Дріт для приєднання до джерела живлення має дріт заземлення і вилку з контактом, що заземлює. Існує небезпека переходу напруги на конструктивні частини теплоходу у випадку пробоя ізоляції і замикання фази на корпус.

Відповідно до ГОСТ 12.1.030-81 "Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.", існують різноманітні засоби захисту людини від вражаючої дії електричного струму: захисне заземлення, захисне занулення, захисне відключення, вирівнювання потенціалів, захист струмоведучих частин. У даному випадку, електродвигун насоса обладнаний захисним зануленням, його металева поверхня з'єднана з нульовим захисним дротом.

5.2.2 Пожежна безпека.

Під системою пожежного захисту і вибухозахисту є комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних чинників пожежі і вибуху, а також обмеження матеріального збитку.

Існуюча система, у складі якої є електроприлади, є джерелом пожежної небезпеки, тому там, де вони установлені, необхідно передбачити засоби пожежегасіння. У практиці гасіння пожеж найбільше поширення одержали такі засоби припинення горіння:

- ізоляція джерела горіння від повітря або зниження концентрації кисню в повітрі до значення, при якому горіння не може відбуватися;
- охолодження джерела горіння;
- механічний зрив полум'я в результаті впливу на нього сильної дії інертного газу або води;
- створення таких умов при яких полум'я поширюватися не може.

Для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, необхідно передбачити вогнегасники вуглекислотного ОУ-2. Відповідно до ГОСТ 12.1.04489 "Пожаробезопасность веществ и материалов".

5.2.3 Захист від статичного струму.

Можливість накопичення шкідливих електростатичних зарядів визначається як інтенсивністю появи (генерації), так і умовами стікання (розсіяння) зарядів. Допустимі рівні напруженості електростатичних полів не повинно перевищувати 20 кВ на протязі 1-ї години відповідно до ГОСТ 12.1.045-84 "Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля". Для передбачення та захисту від статичного струму, можна використовувати нейтралізатори та зволожувачі, а також працююча апаратура повинна бути заземлена.

5.2.4 Захист від шуму та вібрації.

Виробничий шум з'являється завдяки вібрації працюючого обладнання та механізмів. Шум являється шкідливим фактором, який чинить шкідливу дію на організм. Тривала дія шуму може привести до розлагодження та до захворювання органів слуху, серцево-судинної та нервової систем. Загальна класифікація засобів та методів захисту від шуму та вібрації приведені в ГОСТ 12.1.029-80 "Средства и методы защиты от шума", та ГОСТ 12.1.012-90 "Вибрационная безопасность. Общие требования".

Відповідно ГОСТ 12.1.003-83 "Шум. Общие требования безопасности." нормовою шумовою характеристикою робочого міста при постійному шумі являються рівні звукового тиску в децибелах. Еквівалентний рівень звука для

помешкань, де знаходиться персонал, не повинен перевищувати 50 дБ. Реальний рівень звуку в таких помешканнях не перевищує допустимого значення, тому немає необхідності в проведенні дій по зниженню рівня шуму. Вібрація оказує шкідливу дію на організм людини, визиваючи нейротрофічні та гемодинамічні порушення. Найбільше небезпечними являються коливання з частотами 5 - 25 Гц у наслідок резонансних явищ в внутрішніх органах людини. Небезпечними являються й коливання з частотами до 250 Гц. Радикальним напрямком боротьби як з вібрацією, так і з шумом являється виключенням шумних та вібронебезпечних технологічних процесів.

5.3. Розрахунок захисного заземлення.

Відповідно до ГОСТ 12.1.030-81 "Электробезопасность. Защитное заземление, зануление." захисне заземлення повинно забезпечити захист людей від поразки електричним струмом при дотику до металевих частин, що не проводять струм, але можуть виявитися під напругою.

Заземленням називається, це навмисне з'єднання електроустановок з пристроєм що заземлює. Заземлення називається провідник, що знаходиться в контакті з землею або її еквівалентом.

Сукупність з'єднуючих провідників і заземлювачів називається пристрій що заземлює. Для пристроїв потужністю не більш 1кВт опір заземлення не повинно перевищувати 4 Ом, для пристроїв потужністю більш 1 кВт - 0,5 Ом., відповідно до ПВЕ-84.

Розрахуємо опір одиночного заземлення (електрода). Для вертикального електрода з круглої арматури опір одиночного заземлення розраховується по формулі: [23]

$$R_z = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right),$$

де ρ - питомий опір ґрунту, Ом·м;

l - довжина електрода, м;

t - занурення електрода, м;

h - відстань від вершини електрода до поверхні землі, м;

d - діаметр одиночного вертикального заземлення, м.

Заглиблення електрода t дорівнює:

$$t = \frac{l}{2}l + h ,$$

При проектуванні пристроїв, що заземлюють, враховується коефіцієнт сезонності (f), що показує зміну питомого опору ґрунту в залежності від погодних кліматичних умов. З урахуванням довжини електрода і кліматичної зони III $f=1,3$

$$\rho = \rho_o \cdot f$$
$$\rho = 100 \cdot 1,3 = 130 \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

де $l = 3 \text{ м}$; $d = 0,03 \text{ м}$; $h = 0,5 \text{ м}$. $\rho_o = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

Підставимо значення у формулу і обчислимо значення t :

$$t = 0,5 \cdot 3 + 0,5 = 2 \text{ м},$$
$$R_3 = \frac{130}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,03} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) \approx 39,28 \text{ Ом}$$

Визначимо необхідну кількість заземлювачів виходячи з найбільшого припустимого опору пристрою, що заземлює. Прийmemo коефіцієнт використання заземлювачів рівним 0,63.

$$N_3 = \frac{R_3}{R_{np} \cdot \eta_3};$$

де N_3 - необхідна кількість заземлювачів, шт.;

R_{np} - найбільший припустимий опір заземлення, Ом;

η_3 - коефіцієнт використання заземлювачів.

Прийmemo значення $R_{np} = 10 \text{ Ом}$; $\eta_3 = 0,63$.

$$N_3 = \frac{39,28}{10 \cdot 0,63} \approx 6$$

Розрахуємо тепер опір горизонтальних з'єднаних провідників що заземлюють.

$$R_r = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \frac{2l_1^2}{b \cdot t},$$

де R_r - опір горизонтальних з'єднаних провідників, Ом;

ρ - питомий опір ґрунту з урахуванням f , Ом·м;

l_1 - довжина провідника що заземлює, м;

b - ширина сталевोї з'єднувальної смуги (горизонтального з'єднання) ;

$b = 0,02$ м;

t_1 - глибина провідника, що заземлює, м.

$h = 0,5$ м.

Довжина провідника що заземлює розраховується по формулі:

$$l_1 = 1,05 \cdot l' \cdot N_3,$$

де l' - відстань між заземленнями, м;

N_3 - необхідна кількість заземлень.

Відстань між заземленнями визначається по формулі:

$$l' = l,$$

де l - довжина електрода, м.

Знаходимо значення l :

$$l_1 = 1,05 \cdot 3 \cdot 6 = 18,9 \text{ м}$$

Знайдемо значення опору горизонтальних з'єднувальних провідників:

$$R_r = \frac{130}{2 \cdot 3,14 \cdot 18,9} \cdot \ln \frac{2 \cdot (18,9)^2}{0,02 \cdot 0,05} \approx 6,12 \text{ Ом},$$

Загальний опір групового заземлення R_r розрахуємо по формулі:

$$R_r = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B \cdot \eta_r + R_r \cdot N_B \cdot \eta_B},$$

$$R_r = \frac{39,28 \cdot 12,24}{39,28 \cdot 0,77 + 6,12 \cdot 6 \cdot 0,63} \approx 3,14 \text{ Ом},$$

Оскільки загальний опір заземлюючого пристрою менше $R_{\text{доп}} \leq 4 \text{ Ом}$, то заземлення відповідає ПВЕ - 84 при $U \leq 1000 \text{ В}$.

5.3. Перша медична допомога

Перша медична допомога включає:

Тимчасову зупинку кровотечі на 1.5-2 години за допомогою накладення джгута.

Накладення стерильних пов'язок на рани.

Фіксацію кінцівок при переломах за допомогою шин.

Введення протибольових засобів і препаратів.

Проведення штучного дихання.

При накладенні джгута необхідно вказати час накладення на одязі або прямо на шкірі потерпілого. Палять на кінцівці слід тримати не більше 1.5-2 годин щоб уникнути омертвіння нижче місця накладення джгута.

У тих випадках, коли з моменту накладення джгута пройшло 2 години, треба виконати пальцьове притиснення артерії, поволі під контролем пульсу ослабити джгут на 5-10 хвилин, і потім знову накласти джгут трохи вище за попереднє місце. Таке тимчасове зняття джгута повторюють кожну годину,

доки ураженому не буде надана хірургічна допомога, при цьому кожного разу роблять відмітку в записці.

при опіках – зняти одяг, що горить, погасити вогонь, промити шкіру та очі у разі попадання на них кислоти. У жодному разі не можна відривати одяг,

який прилипнув до опеченого місця. Обпаленим необхідно дати тепле підсолене пиття, оскільки при опіках можливі порушення в організмі процесів водно-сольового обміну. При обширних опіках, що займають велику поверхню тіла, ураженого краще всього загорнути в чисте простирадло, провести всі заходи щодо попередження шоку та терміново транспортувати до медичної установи.

Висновок:

Проведено аналіз потенційно небезпечних та шкідливих факторів при експлуатації поліграфічного верстату та розроблені заходи щодо усунення цих факторів або зниження до існуючих нормативних вимог. Виконано розрахунок захисного заземлення відповідно до вимог ПВЕ — 84.

5.4. Утилізація відходів

У м'ясному виробництві тваринні харчові жири проводяться з жирової тканини (жиросировина), що переробляється м'ясною індустрією тваринної сировини .

Жирова тканина зустрічається в організмі в різних кількостях і утворюється в тваринному організмі шляхом засвоєння жирових речовин з кормів, а також в результаті перекладу складових частин їжі - вуглеців і білків в жири. Білки, відщеплюючи сечовину, залишають безазотистий залишок, який переходить в жирову тканину не прямо, а через глікоген і глюкозу; 1000 р. засвоєних білків можуть дати 248 г жиру. Перетворення крохмалю (вуглеводів) на жирову тканину відбувається в організмі м'ясних тварин дуже легко.

Жирова тканина складається з агломерату клітин сполучної тканини, що переродилися. Клітини жирової тканини досить великі, - вони мають в діаметрі від 35 до 130 мікрон (прим. Мікрон - 0,001 міліметра.) і складаються з оболонки, що має білковий характер ядра, що примикає до оболонки вузького обідка протоплазми і нарешті маси жирової речовини.

Клітини жирової тканини мають різний склад і властивості залежно від вигляду і якості тваринної сировини, його фізіологічного стану і області організму, в якій вони знаходяться. У клітках більшості тваринних тканин жирова речовина звичайна тісно пов'язано з іншими конституційними елементами. У тваринних тканинах жир емульгований в протоплазмі; ці дуже

стійкі емульсії є типом "вода в жирі". У організмі тваринної сировини жирова тканина знаходиться в рідкому стані, а тому температура твердіння її лежить нижче за нормальну температуру організму, причому жирова тканина, розташована усередині органів, має вищу температуру твердіння, чим підшкірна.

У тваринної сировини холодного поясу жирова тканина має ще і інше призначення: вона захищає їх від холоду. Інше значення жиру полягає в тому, що жирова тканина також оберігає тваринну сировину при ударах.

Основне біологічне значення жирової тканини в організмі тварини полягає в службі його як запасної речовини на випадок голоду. Жирова тканина витрачається організмом, згорає для підтримки життя, коли не хапає для цієї мети інших елементів.

Загальна технологія виплавки тваринних жирів

У сучасній технології виплавки харчових тваринних жирів існують два головні методи:

1) мокрий і 2) сухий.

Мокрим методом називається спосіб виробництва жирів сумісним нагріванням жиросырья з водою, введеною в апарат тим або іншим способом.

Іноді для збільшення виходу жирофабрикату при виплавці додають хімічні реагенти (кислоти і луги), сприяючі руйнуванню і розчиненню оболонок жирових кліток.

Виплавлений в цьому випадку фабрикат повинен піддаватися спеціальному рафінуванню. Шквара при цьому методі виплавки не може бути використана як кормовий засіб. Застосування хімічних реагентів треба вважати застарілим і в сучасній технології непридатним методом.

Мокрий метод може здійснюватися як у відкритих, так і в герметично закритих казанах (автоклавах). Передача тепла, необхідного для виплавки жиру, в цьому випадку може відбуватися трьома способами.

1) Обігрів безпосередньо топковими газами, що омивають стінки казана: хоча при цьому ми і досягаємо максимальної концентрації теплоти в топці, але зважаючи на незначну поверхню нагріву теплота топкових газів використовується трохи і коефіцієнт корисної дії такого передавача тепла, а отже і вогняного казана, надзвичайно низький.

Крім того, швидке прогорання днища, унаслідок високої температурної напруги, що виникає при обігріві казанів, часткове пригорання жиру, тривалість процесу виплавки і нарешті низькі кількісні і якісні показники виходів фабрикату роблять цей процес нерентабельним. Ці ж недоліки властиві і вогняним автоклавам.

2) Обігрів паром, що має великі переваги перед вогняним способом, полягає в тому, що пара при своїй конденсації усередині казана і на поверхні нагріву віддає свою приховану теплоту паротворення тваринну сировину, за рахунок чого відбувається швидке нагрівання і виплавка жиру з останнього. Цей спосіб зручний тим, що він дозволяє регулювати температуру (тиск), чим запобігає пригорання жиру, вимагає меншої кількості обслуговуючого персоналу і процес цей може вестися в дерев'яних казанах (чанах) з мішалками і без них, в металевих відкритих казанах з мішалками і без мішалок, а також в автоклавах.

3) Виплавка гарячим повітрям. Цей спосіб не представляє ніяких технічних вигод унаслідок складності конструкції повітряних форсунок і самої апаратури, низького коефіцієнта теплопередачі повітря, а також унаслідок окислення і згіркнення жиросировина при зіткненні його з повітрям.

Сухий метод виплавки жиру з жиросировина полягає в тому, що жир виплавляється без безпосереднього зіткнення з водою або паром; волога, що міститься в жиросировина, випаровується в атмосферу або відсисається з апаратів насосами, що створюють розрідження, протягом процесу виплавки жиру.

Як безпосередніх теплопередатчиків служить гаряча вода або пара.

Процес виплавки при сухому методі протікає в двостінних відкритих або в герметично закритих казанах з подвійною сорочкою і мішалками, розташованими горизонтально або вертикально осям казанів.

Тепло, необхідне для виплавки жиру-сирцю, або підводиться безпосередньо у вигляді гарячої води, заздалегідь нагрітої в бойлері і підготовленої в змішувачах, або у вигляді пари, що вводиться в сорочку, або нарешті підігрівом води в сорочці димовими газами.

Мокро-сухий метод виплавки полягає в тому, що жиросировина заздалегідь піддається розварюванню під тиском протягом декількох годинників, які підтримуються парою, що утворюється з вологи, що знаходиться в жиросировині, і потім в подальшій сушці і виплавці під розрідженням. Приведеними методами не вичерпуються способи виплавки харчових жирів, оскільки існують ще хімічні методи: екстрагування летючими розчинниками, отримання жиру за допомогою процесу бродіння, тобто бактерійно-біохімічним методом у присутності стійких анаеробних і термофільних бактерій, і нарешті механічні методи: пресування на гарячих гідравлічних пресах і центрофуговання.

Все жиросировині, яка б не була технологія виплавки, повинно не тільки очищатися від сторонньої домішки, але і сортуватися по групах залежно від змісту жиру: при змішенні різних груп жиросировини зменшується вихід готового фабрикату унаслідок того, що жиросировина, що містить малу кількість жиру, вбирає його з багатого жиром.

Технологія харчового кісткового жиру.

У практиці м'ясної промисловості знайшли застосування методи виробництва кісткового харчового жиру без застосування летючих розчинників:

1) виварювання кістки водою у відкритих казанах без доведення води до кипіння (застосовується для цевочної і трубчастих кісток);

2) виварювання кістки в тих же казанах, але з киплячою водою (для рядовий кістки);

3) виварювання кістки водою під тиском (для кістки, що йде на виробництво кормової кістяної муки).

ВИСНОВКИ

1. В процесі магістерської роботи розглянуто технологія та обладнання харчової промисловості. Одной з основних установок для переробки м'ясної продукції – є подрібнювач м'яса, який має назву вовчок - це установка К6-ФМП-2-120.
2. Проведений розрахунок продуктивності вовчка та його потужності дозволяє визначити тип сучасного електродвигуна –АІР160S4.
3. Проведений розрахунок механічних характеристик вибраного двигуна та побудовані його механічні характеристики при різної напрузі на статорі.
4. Розглянута структурна схема керування електроприводом, на основі якої вибрано схему силової частини електропривода.
5. Проведено дослідження перехідних процесів та визначені оптимальні умови для керування електроприводом.
6. Розглянути питання охорони праці та техніки безпеки, проведений розрахунок заземлювача та приведені питання першої медичної допомоги.

Список використаних джерел

1. Дуда А.И. Технологическое оборудование мясоперерабатывающей отрасли. - Саратов: Изд-во СГАУ, 2000. - 360с.
2. Зеленков П.И. Технология производства, хранения и переработки говядины. - Ростов н/Д: Феникс, 2002. - 352с.
3. Корнюшко Л.М. Оборудование для производства колбасных изделий. - М.: Колос, 1993. - 304 с.
4. Технология мяса и м'ясопродуктів. /А.А. Соколов, Д.В. Павлов, А.С. Большаков и др. - М.: Пищевая промышленность, 1970. - 740 с.
5. Корнюшко, Л.М. Оборудование для производства колбасных изделий / Справочник. - М.: Колос, 2002. - 236 с.
6. Наместникова А.Ф. Хранение и переработка мяса. - М.: Высшая школа, 1972. - 312 с.;
7. Рогов, И.А. Справочник технолога колбасного производства. - М.: ПрофиКС; 2003. - 478 с.;
8. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн.1: Учеб. для вузов / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. - М.: "Высшая школа", 2001. - 703 с.
9. Яцун М.А. Електричні машини: Навчальний посібник.—2-ге вид., стереот.— Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2004.—440с.
10. Вольдек А.И. Электрические машины: Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. Изд. 2-е, перераб. и доп. —Л.: «Энергия», 1974.—840 с.
11. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. — Л.: Энергоиздат, 1982-392 с.
12. Иванченко Ф.К. и др. - Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин. — К.: издательское объединение "Вища школа" 1978 — 576 с.

13. Копылов И.П., Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общ. Редакцией И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т. 1.-М.: Энергоатомиздат, 1988 – 456 с.
14. Ключев В.И. Электроприводы. Автоматизація загальнопромислових механізмів: Підручник для вузів. - М.: Енергія, 1980.- 360с., ил.
15. Бєлов М.П. Автоматизований ЕП типових промислових механізмів і технологічних комплексів.: підручник для студ. вищих навч. закладів-3-тє видавн. – 576 с.
16. Онищенко Г.Б. Автоматизованный электропривод промислових установок.- М.:РАСХН-2001.-520 с.
17. Конституція України. Закон “Про охороні праці”, статті: 43, 45, 46.
18. Гаджиев Р.А., Долин П.А., Симочатов Н.П. Техника безопасности в электроэнергетических установках.
19. Жидецкий В.Ц. та ін. Основы охраны труда. Підручник. — Вид. 5-те, доповнене. - Львів: Афіша, 2000. - 350 с.