

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра електромеханіки та мехатроніки



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

**на тему «Модернізація електроприводу барабанної сушилки соняшникового
насіння»**

Здобувач СВО «Бакалавр»:.

Кедік Олександр Іванович

Студент групи АЕМт-20

Керівник :

Штепа Євген Павлович , к.т.н., доцент

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 12.06. 2024 р., протокол №12.

Завідувач(ка) кафедри Осадчук П.І. _____

Одеса - 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Автоматизації та робототехніки

Кафедра: Електромеханіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Електромеханічні системи з інтелектуальним керуванням

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри ЕтаМ

_____Осадчук П.І.

«___»_____2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ здобувача СВО «Бакалавр» Кедік Олександр Іванович

1. Тема роботи: «Модернізація електроприводу барабанної сушилки соняшникового насіння»

Керівник роботи: Штепа Євген Павлович к.т.н., доцент

Затверджено наказом ОНАХТ № 797-03 від 19.12.23 р.

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 10.6.24

3. Вихідні дані роботи: тип сушилки СЗСБ-8; діаметр барабана $D_6=1600$ мм; довжина барабана $L=8$ м; маса сонячника в барабані $G_3=1,9$ т; маса барабана $G_6=9$ т; номінальна частота обертання барабана $n=8$ об/хв..

4. Перелік питань, які потрібно розробити :

1. Опис технологічного процесу сушіння сонячника.
2. Вибір електроприводу і розрахунок потужності двигуна
3. Вибір перетворювача частоти.
4. Моделювання електропривода
5. Економічна частина
6. Техніка безпеки

5. Перелік демонстраційного матеріалу. Слайди презентації:

1. Титульний слайд.
2. Актуальність теми, об'єкт проектування, мета і завдання роботи.
3. Конструкція сушарки;
4. Розрахунок потужності і вибір двигуна..
5. Перетворювач частоти.
6. Механічні характеристики двигуна при частотному регулюванні.
7. Результати досліджень на електронній моделі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 21.12.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів	Прим
1. Опис технологічного процесу сушіння сонячника.	15.03.2024	
2. Вибір і розрахунок потужності двигуна	10.04.2024	
3. Вибір перетворювача частоти.	25.05.24	
4. Моделювання динамічних електроприводу	10.05.2024	
Економічна частина Техніка електробезпеки	15.05.2024	
Попередній захист кваліфікаційної роботи.	25.05.2024	
Перевірка роботи на добротність. Рецензування роботи.	10.06.2024	
Захист кваліфікаційної роботи бакалавра.	25.06.2024	

Здобувач: Кедік О. І. _____

Керівник проекту доцент Штепа Є.П. _____

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач: Кедік О. І. _____

РЕФЕРАТ

Кедік О. І. «Модернізація електроприводу барабанної сушилки соняшникового насіння». Кваліфікаційна робота бакалавра. – Одеса: ОНТУ, 2024. – 66 с. Бібліогр.: 10. Іл.: 18. Табл.: 4.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблена система управління електроприводом барабанного сушильного агрегату, за схемою перетворювач частоти-асинхронний двигун. Розрахований і обраний двигун для механізму сушильного агрегату, побудовані механічні характеристики електроприводу при різних режимах його роботи. Розроблено математичну і віртуальну моделі електроприводу. Дослідження віртуальної моделі в середовищі Matlab показало хороше якість перехідних процесів, які задовольняють вимогам технологічного процесу.

У розділі «Техніка електробезпеки » наведено методику по експлуатації барабанної сушарки, розглянуті заходи щодо зменшення шкідливих викидів в атмосферу. Проведено техніко-економічне обґрунтування проекту.

Ключові слова: електропривод, перетворююча частоти, барабанна сушила

ABSTRACT

Kedik O. I. "Modernization of the electric drive of the sunflower seed drum dryer." Bachelor's qualifying work. – Odesa: ONTU, 2024. – 66 p. Bibliography: 10. Illustration: 18. Table: 4.

In the qualification work of the bachelor, the control system of the electric drive of the drum drying unit was developed, according to the frequency converter-asynchronous motor scheme. The engine for the mechanism of the drying unit was calculated and selected, the mechanical characteristics of the electric drive were built in different modes of its operation. Mathematical and virtual models of the electric drive have been developed. The study of the virtual model in the Matlab environment showed a good quality of transient processes that meet the requirements of the technological process.

In the section "Electro-safety technology" the method of operation of the drum dryer is given, measures to reduce harmful emissions into the atmosphere are considered. The technical and economic justification of the project was carried out.

Keywords: electric drive, frequency converter, drum dryer

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1. Опис технологічного процесу сушіння соняшника.....	12
1.1. Фізико-механічні властивості сировини.....	16
1.2. Технологія сушіння насіння соняшника.....	17
2. Вибір електроприводу і розрахунок потужності двигуна.....	21
2.1. Розрахунок потужності двигуна.....	22
2.2. Визначення моментів на валу приводу.....	29
2.3. Кінематичний розрахунок редуктора.....	30
2.4. Визначення окружної швидкості барабану.....	32
2.5. Розрахунок статичного режиму електроприводу.....	33
2.6. Розрахунок динамічного режиму електроприводу.....	41
3. Вибір перетворювача частоти.	47
3.1. Функціональна схема перетворювача частоти.....	50
4. Моделювання динамічних режимів електроприводу.....	51
4.1 Прямий пуск електроприводу.....	51
4.2 Пуск електроприводу з частотним регулюванням.....	53
5. Економічна частина.....	53
6. Техніка безпеки.....	56
Список літератури.....	66

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2		
<i>Изм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив.</i>		Кедик О.І.			<i>Арк</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевішив.</i>		Штепа Є. П.			6	59	
<i>Реценз.</i>					Модернізація електроприводу барабанної сушарки ОНТУ, гр. АЕМТ-20		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							

ВСТУП

Основний напрямок виробничої діяльності аналізованого цеху-виробництво рослинних масел. Добування масла включає наступні стадії: підготовка сировини; форпрессование; фільтрація сирої олії; екстракцію олії з макухи; роздільна рафінації форпрессового і екстракційного масел - відбілювання і вінтеризації; дезодорація олії. Спочатку потужності підприємства створювалися для переробки насіння бавовнику по безвідходної технології. Проектна потужність підприємства становила 280 тонн переробки насіння бавовнику в день. В даний час потужність підприємства дозволяють переробляти до 350 тисяч тонн бавовнику і 200 тисяч тонн соняшнику на рік.

Об'єктом розгляду в даній роботі є сушильна установка для сушіння рослинної сировини. Предмет дослідження електропривод даної сушарки. Розглянемо обрану сушилку барабанного типу. У барабанних сушарках основним робочим органом є обертовий пустотіла сталевий циліндр, званий барабаном. У середині по колу укріплені вигнуті лопаті, які при обертанні барабана захоплюють насіння, що знаходиться внизу, і піднімають його. У міру підйому лопатей насіння зсипається з них і розподіляється по розташованим всередині барабана поличках, які можуть мати різну форму. При обертанні барабана насіння пересипається з полички на поличку і таким чином рівномірно розподіляється по всьому перетину його; при цьому воно пронизує агентом сушіння, що рухається уздовж барабана. Для переміщення насіння вздовж барабана його встановлюють з невеликим нахилом. Рух агента сушіння зазвичай відбувається в напрямку руху насіння, що сприяє прискоренню його виходу з барабана. Барабан спирається на ролики; при невеликих розмірах його цапфи, укріплені з обох торців, спираються на підшипники.

Барабанні сушарки працюють під розрідження щоб уникнути витoku агента сушіння через нещільності назовні. З боку надходження насіння в барабан і з боку виходу з нього передбачають ковзаючі лабіринтові ущільнення, які, а не заважаючи обертання, в той же час перешкоджають проходження повітря всередину. При багаторазових пересипання насіння з полиці на полицю під час обертання бараба

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

на воно добре перемішується і рівномірно просушується. Насіння знаходиться в барабані в розпушеному стані, тому сушка його значно прискорюється (в 2-3 рази) у порівнянні з сушінням насіння, лежачого щільним шаром в шахтних сушарках; зниження вологості його за один пропуск через барабан за умови збереження якості складає 4-5%. Заповнення обсягу барабана становить (20- 25%), кількість випаровується в ньому вологи (вологоднавантаження) при температурі агента сушіння 150-200 ° перебуває в межах 20- 40 кг / м³ на годину.

Актуальність теми. Сучасний електропривод являє собою конструктивну єдність електромеханічного перетворювача енергії (двигуна), силового перетворювача і пристрої управління. Він забезпечує перетворення електричної енергії в механічну відповідно до алгоритму роботи технологічної установки. Сфера застосування електричного приводу в промисловості, на транспорті і в побуті постійно розширюється. В даний час вже понад 60% усієї вироблюваної в світі електричної енергії споживається електричними двигунами. Отже, ефективність енергозберігаючих технологій в значній мірі визначається ефективністю електроприводу. Розробка високопродуктивних, компактних і економічних систем приводу є пріоритетним напрямком розвитку сучасної техніки.

Перспективи удосконалення електричного приводу сушильного агрегату полягає в наступному:

- обґрунтовано доцільність розробки індивідуального частотно-керованого асинхронного електроприводу для сушильної установки;
- обґрунтований вибір раціонального закону частотного керування електроприводом сушильної установки;
- отримані основні аналітичні співвідношення для частотно-керованого електроприводу сушильної установки;

Практична значимість. Сушильні установки служать для термічного процесу видалення з матеріалу вологи, що міститься в них, за рахунок її випаровування або випаровювання. У масложирової промисловості сушилки, є невід'ємною ланкою, так як якість масла безпосередньо залежить від вологості насіння, що надходять на форпресування. Так само вологість насіння визначає терміни зберіг

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

ання сировини на складах підприємства. Впровадження регульованого електроприводу сушильної установки дозволить знизити витрату електроенергії. Досвід експлуатації електрообладнання регульованого електроприводу на сушильних установках показав доцільність їх застосування, як з точки зору економічності роботи сушильної установки, так і з точки зору налаштування сушильної установки на заданий режим роботи.

У завдання входить розгляд конструктивних особливостей механізму, вибір двигуна і частотного перетворювача для нього і розрахунок потужності, система управління і т.п.

Актуальність теми:

Ефективність енергозберігаючих технологій в значній мірі визначається ефективністю електроприводу. Розробка високопродуктивних, компактних і економічних систем приводу є пріоритетним напрямком розвитку сучасної техніки.

Об'єкт дослідження:

Сушильна установка для сушіння соняшникового насіння. Предмет дослідження - електропривод даної сушарки.

Мета роботи:

Розгляд конструктивних особливостей механізму, вибір двигуна і частотного перетворювача для нього і розрахунок потужності, система управління для підвищення ефективності сушки соняшника .

1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШІННЯ СОНЯШНИКА

На підприємстві добування масла включає наступні стадії: підготовка сировини; форпресування; фільтрація сирової олії; екстракцію олії з макухи; роздільна рафінація форпресованого і екстракційного масел.

На етапі підготовки насіння до вилучення олії виконується їх очищення від забруднень і сміття, калібрування за розмірами. Далі слід обрушення насіння, дроблення рушанки, роздрібнення ядра.

Наступний етап це форпресування. Форпресування—це отримання рослинного масла з очищених і подрібнених насінин, шляхом віджиму (пресування). На даному етапі можна витягти від 60% до 85% масла. Таке віджимання називається «холодним віджиманням», а отримане масло називається сирим. Далі масло відстоюють і виконують фільтрацію для звільнення масла від суспендованих в ньому частинок.

Сутність фільтрації полягає в продавлюванні масла через пори напівпроникної перегородки, через яку проходить рідке середовище (масло) і не проходить (або майже не проходить) суспендовані частинки.

Отриману макуху після форпресування відправляють на екстракцію. В основі процесу екстракції лежить здатність рослинних масел розчинятися в органічних розчинниках. Як розчинники для вилучення олії з рослинної сировини застосовують екстракційний бензин марки «А» і нефракс.

Рафінація складається з наступних стадій: гідратація, нейтралізація, відбілювання, виморожування, дезодорація.

Основна мета гідратації –витяг з нерафінованої олії фосфатидів і деяких гідрофільних речовин. Масло обробляють розчином лимонної або фосфорної кислоти, а потім проводять поділ фаз з використанням сепараторів або ємнісних апаратів із пристроєм, - нейтралізаторів.

Нейтралізація включає процес обробки масла лугом для видалення жирних кислот.

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

Відбілювання використовується для проведення адсорбційної очищення від різних пігментів і залишків фосфатидів і мила після лужної нейтралізації. Як адсорбенту, як правило, використовують кислотно активовану відбільну землю (глину) - природний мінерал монтморилоніт.

Виморожування (вінтеризації) використовується для видалення з масел воскоподібних речовин. Проводиться в спеціальних апаратах - кристалізаторах і експозиторах. В процесі виморожування олію змішують з кізельгуром, або перлітом і повільно охолоджують до температури 5-8 °С, потім витримують кілька годин і відправляють на фільтрацію.

Дезодорація є завершальною стадією. Масло, яке знаходиться в дезодораторі, обробляється гострим паром при температурах 225 - 260 °С, і залишковим тиском 1-3 мм.рт. ст. В результаті відбувається видалення одоріруючих речовин, пестицидів, гербіцидів і жирних кислот.

Сушіння насіння дозволяє помітно поліпшити якість олії, а так само збільшує терміни зберігання на складах, так як насіння з вологістю більше 7 відсотків швидко псується. Виходячи з цього, я вважаю за необхідне запровадити в процес виробництва спеціальну установку для сушки сировини.

Розглянемо обрану сушилку барабанного типу. У барабанних сушарках основним робочим органом є обертаючийся пустотілий сталевий циліндр, званий барабаном. Усередині по колу укріплені вигнуті лопаті, які при обертанні барабана захоплюють насіння, що знаходиться внизу, і піднімають його. У міру підйому лопатей насіння зсипається з них і розподіляється по розташованим всередині барабана поличках, які можуть мати різну форму. При обертанні барабана насіння пересипається з полички на поличку і таким чином рівномірно розподіляється по всьому його перетину; при цьому воно пронизується агентом сушіння, що рухається уздовж барабана. Для переміщення насіння вздовж барабана його встановлюють з невеликим нахилом. Рух агента сушіння зазвичай відбувається в напрямку руху насіння, що сприяє прискоренню його виходу з барабана. Барабан спирається на ролики; при невеликих розмірах його цапфи, укріплені з обох торців, спираються на підшипники. Барабанні сушилки працюють під розрідженням, щоб

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

уникнути витоку агента сушіння через нещільності назовні. З боку надходження насіння в барабан і з боку виходу з нього передбачають ковзаючі лабіринтові ущільнення, які, не заважаючи обертанню, в той же час перешкоджають проходженню повітря всередину. При багаторазовому пересипанні насіння з полиці на полицю під час обертання барабана воно добре перемішується і рівномірно просушується. Насіння знаходиться в барабані в розпушеному стані, тому сушка його значно прискорюється (в 2-3 рази) в порівнянні з сушінням насіння, лежачого щільним шаром в шахтних сушарках; зниження вологості його за один пропуск через барабан за умови збереження якості складає 4-5%. Заповнення обсягу барабана становить (20- 25%), кількість випаровується в ньому вологи (влагонепряженіє) при температурі агента сушіння 150-200° перебуває в межах 20- 40 кг/м³ на годину.

Вибираємо стаціонарну зернову сушилку барабанного типу, яка приведена на рисунку 1.1, де 1 - скребковий транспортер сирого зерна; 2 - самопливна труба; 3 - барабан; 4 - вентилятор; 5 - відвідна камера; 6 - скребковий транспортер для сухого зерна; 7 - шнек; 8 - вентилятор холодного повітря; 9 - охолоджувальна колонка; 10 -шлюзовий затвор. СЗСБ-8. Сирі насіння з приймального бункера, що піднімає скребковий транспортер, по самопливної трубі потрапляє в барабан діаметром 1600 мм і довжиною 8000 мм, який спирається на чотири пари роликів і робить 8 об / хв. Насіння, яке надійшло під час обертання, розподіляється рівномірно по секторам і поличках усередині барабана.

Агент сушіння відсмоктується з камери змішувача топки, проходить через барабан, продуваючи насіння, що пересипається по поличках, і вентилятором (на одній осі з електродвигуном) викидається назовні. Насіння з барабана надходить в камеру відведення, з якої через шлюзовий затвор зсипається на скребковий транспортер і подається ним на шнек, слугуючий для завантаження охолоджувальної колонки. Надлишок насіння з шнека зсипається по самопливній трубі під охолоджувач.

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

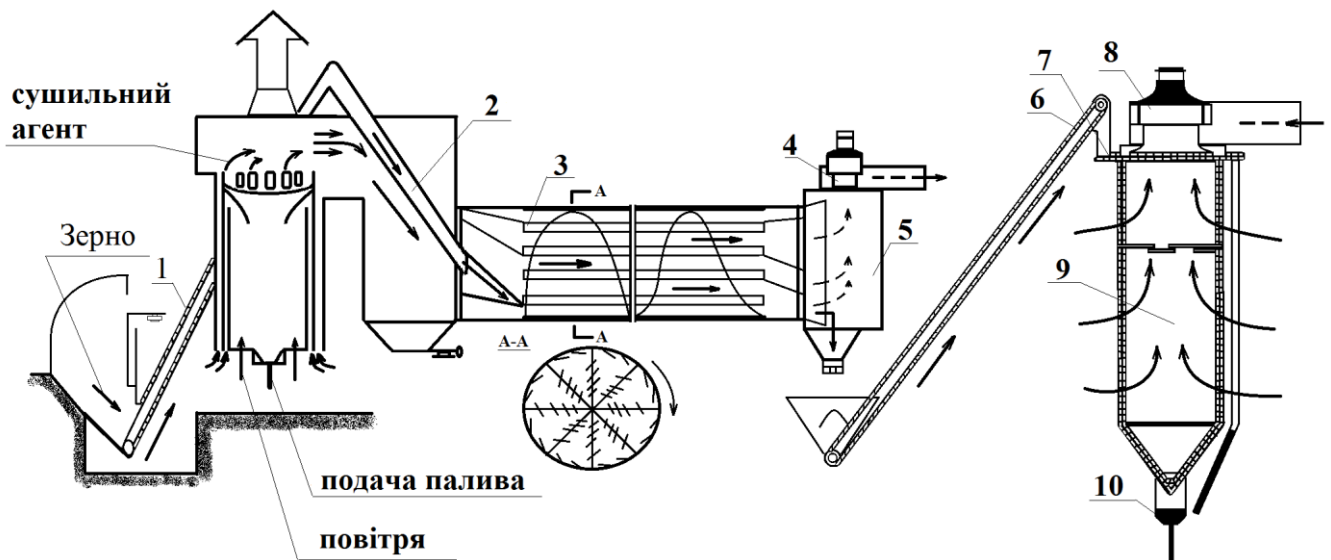


Рисунок 1.1 - Барабанна зерносушарка СЗСБ-8

Охолоджувальна колонка складається з двох вертикальних циліндрів з перфорованими стінками. Діаметр внутрішнього циліндра колонки 760 мм, зовнішнього 1260 мм, висота колонки 2750 мм. Простір між стінками циліндрів заповнюється просушеними насінням. Атмосферне повітря входить через отвори в стінці зовнішнього циліндра, продуває шар насіння і надходить у внутрішній циліндр, звідки відсмоктується вентилятором (також на одній осі з електродвигуном) і викидається назовні. Насіння з охолоджувальної колонки випускають через шлюзовий затвор.

Топка сушарки на рідкому паливі складається з двох вертикальних циліндрів, з яких внутрішній слугує камерою згоряння. У нижній частині її встановлюють форсунку голчастого типу. Паливо подається до форсунки насосом і розпошується повітрям, що нагнітається вентилятором високого тиску з приводом від електродвигуна. У верхній частині камери згоряння встановлений відбивач. Повітря для охолодження стінок камери згоряння надходить знизу в кільцевий простір між циліндрами. Це повітря змішується з топковими газами при виході їх з камери згоряння. Для зниження температури агента сушіння зовнішнє повітря підводиться через вікна.

Для зменшення втрат тепла в навколишнє середовище і щоб уникнути опіків обслуговуючого персоналу топку огорожують циліндричним кожухом. Над

топкою встановлена змішувальна коробка, на якій змонтована розпалювальна труба. У коробці є дверцята для регулювання впуску повітря. Заслінка для перемикання агента в сушарку, а також заслінка розпалювальної труби заблоковані так, що при відкриванні однієї з них інша закривається.

1.1. Фізико-механічні властивості сировини

Важливим фізико-механічних властивістю рослинної сировини як об'єкта сушіння є сипучість, що характеризується кутом природного відкосу. Визначальне значення на сипкість насіння соняшнику надають вологість насіння, вміст сторонніх домішок і їх характер, а також поверхню, по якій переміщаються насіння. Кут природного відкосу сухого насіння соняшнику коливається від 27 до 35 °, вологих - до 42 °, що значно вище, ніж у злакових культур. Ці особливості насіння соняшнику викликають певні труднощі при їх потокової обробці. Легковагі(легковагові) насіння, маючи підвищений коефіцієнт внутрішнього тертя, на деяких ділянках технологічної схеми пересуваються повільніше, ніж зерно колосових культур або кукурудзи. Тому при роботі з насінням соняшнику труби зерносушилок повинні мати більший діаметр і їх встановлюють під великим кутом нахилу.

Наявність повітряного прошарку між ядром і плодовою оболонкою насіння, а також значний вміст жиру є причиною більш низькій швидкості витання насіння соняшнику, ніж для зерна. Тому щоб уникнути винесення повноцінного насіння з коробів шахти і камери нагріву сушилки швидкість агента сушіння повинна бути нижче, ніж при сушінні зернових культур.

Подовжена форма семянок соняшнику і порівняно шорстка поверхня обумовлюють велику скважність. Так, скважність соняшнику коливається в межах 60-80%, а рису 50-65, пшениці 35-45 і кукурудзи 35-55%. Отже, насіння соняшнику, маючи велику скважність, роблять менший опір при проходженні агента сушіння в сушарках і сушаться швидше, ніж насіння інших культур.

Гігроскопічність - одне з найважливіших властивостей зерна, що визначають режими його зберігання і сушки. Для насіння соняшнику як капілярно-

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

пористих колоїдних тіл характерні всі форми зв'язку, які, за класифікацією академіка Л.А. Ребиндера, підрозділяються на хімічну, фізико-хімічну і механічну. У процесі сушіння насіння їх основні фізичні і хімічні властивості повинні зберегтися, отже, хімічно пов'язану вологу не треба видаляти.

Вологість насіння соняшнику, при якій залишається хімічно і адсорбційно зв'язана волога, часто називають критичною. Ця волога не бере участі в життєвих процесах, не може бути використана більшістю мікроорганізмів для підтримки своєї життєдіяльності і тому не впливає на стійкість насіння соняшнику в процесі зберігання. Отже, сушити насіння необхідно до такої вологості, щоб в них залишалася переважно адсорбційно зв'язана вода.

Рівноважна вологість насіння соняшнику, тобто вологість, при якій насіння не віддають і не поглинають вологу, залежить від температури, відносної вологості атмосферного повітря, олійності.

При всіх рівних умовах рівноважна вологість олійних культур в 2 рази менше, чим зернових. Це пояснюється меншим вмістом в насінні олійних культур гідрофільних колоїдів і наявністю великої кількості жиру. Зі збільшенням вмісту олійності в насінні рівноважна вологість соняшнику зменшується, так як з підвищенням олійності зменшуються зміст гідрофільних речовин і відповідно збільшується вміст гідрофобних.

1.2. Технологія сушіння насіння соняшника

Специфічні властивості насіння соняшнику як об'єкта сушіння, неоднорідність насінини (наявність ядра, плодової і насінної оболонки), природна неоднорідність насіння за розмірами, масою і вологістю, низька міцність плодової оболонки, волого інерційність, низька теплопровідність, термолабільність білкової і ліпідної частин системи, підвищена пожежна небезпека пред'являють особливі вимоги до способу сушіння і до конструкції сушильних пристроїв. При сушінні не повинен погіршуватися якість і зменшуватися вихід масла, не повинно відбуватися розтріскування лузги і збільшення олійних домішок. Не допускається збільшення

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

в процесі сушіння кислотного і йодного чисел жиру, зміна смакових і харчових достоїнств соняшникової олії.

Одним з найбільш раціональних методів поліпшення технологічних властивостей, збереження якості і підвищення стійкості насіння соняшнику в процесі зберігання є теплова сушка.

При сушінні насіння соняшнику велике значення має не тільки температура нагрівання насіння, але і тривалість її впливу. Значення коефіцієнтів теплопровідності, температуропровідності для одиначної насінини значно відрізняються від тих же показників для щільного шару. Для швидкого нагрівання насіння необхідна така конструкція сушильного апарату, в якому б забезпечувався нагрів кожної одиначної насінини окремо. В цьому випадку можна значно підняти температуру агента сушіння при зниженні тривалості нагріву до декількох секунд. Короткочасне висушування насіння соняшнику при більш високій температурі краще, ніж повільне висушування при низькій.

При сушінні насіння соняшнику необхідний обґрунтований вибір температурних режимів. Сушка повинна протікати з мінімальними витратами тепла і електроенергії, з максимальною швидкістю видалення вологи при найкращих технологічних властивостях висушеного матеріалу.

Сушка представляє собою комплексом одночасно протікаючих і впливаючих один на одного явищ. Це - перенесення тепла від агента сушіння до висушуючого матеріалу через його поверхню, випаровування вологи, переміщення вологи всередині матеріалу, перенесення вологи з поверхні матеріалу в сушильну зону.

Застосування того чи іншого способу сушіння може сприяти в одному випадку збігу напрямку переміщення вологи, як і в результаті вологопровідності, так і термовологопровідності, а в іншому випадку процес випаровування вологи в результаті вологопровідності гальмує процес випаровування вологи в результаті термовологопровідності. У першому випадку процес випаровування вологи буде протікати значно інтенсивніше, ніж у другому. Для того щоб ці процеси випаровування вологи збігалися у напрямку, необхідно, щоб температура поверхні сім'я-

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

нки соняшнику була нижча за температуру всередині ядра. Сушка буде значно гальмуватися, коли температура поверхні сім'янки вище температури всередині ядра.

При сушінні насіння соняшнику в шахтних прямоточних сушарках явище термовологопровідності перешкоджає переміщенню вологи зсередини до поверхні і інтенсивність потоку вологи дорівнює різниці між інтенсивністю потоку вологи в результаті вологопровідності і інтенсивністю потоку вологи в результаті термовологопровідності. При рециркуляційнім сушінні волога випаровується як під впливом процесу вологопровідності, так і під впливом термовологопровідності.

Температура матеріалу в процесі сушіння не дорівнює температурі агента сушіння. У першому періоді сушіння температура матеріалу дорівнює температурі самочинного термометра, тому можна застосовувати високі температури агента сушіння. Наприклад, при температурі повітря 200 ° С і вологомісткість його 0,008 кг / кг температура змоченого термометра, а отже, і температура матеріалу дорівнює 47 ° С. При підвищенні температури повітря до 350 ° С при даному вологомісткості температура змоченого термометра збільшується до 60 ° С.

При сушінні насіння соняшнику в шахтних сушильних апаратах необхідна їх первісна очищення від бур'янів домішок, оскільки вони можуть привести до застудження сушарки і її загоряння. Насіння, що мають високу вологість, в такому сушильному апараті можуть підвергатися дво-, а, нерідко, і трикратній сушці. Потоківність обробки при цьому порушується, що викликає труднощі в роботі з насінням, яке надходить. В результаті нерівномірного руху по шахтним перетинах при їх обробці гарячим повітрям, насіння прогриваються нерівномірно, температурна різниця може складати до 10 градусів. Це пов'язано з тим, що під стінами шахт насіння переміщаються повільніше, ніж в центрі. Крім того, недостатня пропускна здатність сушарки може привести до перегріву частини насіння.

Рециркуляційні сушильні апарати, на відміну від прямоточних, дозволяють висушувати насіння з різною вологістю за один цикл. Технологія сушіння насіння в рециркуляційних сушильних апаратах з камерами нагрівання в падаючому слої

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

полягає в чергуванні короткострокового нагрівання насіння в висхідному потоці гарячого повітря при температурі 250-350 ° С, отлежки нагрітого насіння, їх охолодженні і рециркуляції. При даному способі одночасно з сушінням насіння відбувається і їх очищення від забруднюючих домішок.

При висушуванні насіння соняшнику в сушарках рециркуляційного типу дуже важливо рівномірно розподіляти насіння по всьому перетину камери, а також не допускати скупчення олійного пилу в камері нагрівання й запобігати потраплянню іскор з топки в камеру нагрівання, оскільки сушарки даного типу є пожежонебезпечними.

Перевагою вентилязованих бункерів є їх простота і тривалий термін експлуатації. М'які режими сушіння не допускають травмування насіння соняшнику. Однак такий спосіб сушіння набагато триваліше інших за часом, і характеризується нерівномірністю просушування насіння. Щоб цього уникнути, вентилятор періодично необхідно відключати, а насінна технологія - ретельно перемішувати.

Найчастіше на підприємствах застосовуються барабанні сушильні апарати з різними режимами сушіння, залежними від вологості сирого насіння. Температура сушильного агента (нагрітого повітря) при цьому повинна бути настільки вище, наскільки вище вологість насіння соняшнику. Висушування насіння в сушарках барабанного типу відбувається в слої, де пересипається насіння, при його продуві гарячим повітрям.

В началі сушки температура сушильного агента, в залежності від вологості насіння, утримується на рівні 250-350 ° С, на виході з сушарки - 50-80 ° С. В середньому, сушка насіння соняшнику в барабанних сушарках триває 15-20 хвилин.

У порівнянні з іншими типами сушилок барабанні мають ряд переваг: можливість повної автоматизації процесу; універсальність; висока якість сушіння за рахунок інтенсивного перемішування матеріалу; можливість сушити високовологий, засмічений матеріал; простота монтажу (для запуску в роботу не потрібно капітальних споруд); надійність роботи (виключається утворення застійних зон); прийнятна ціна; низьке споживання електроенергії.

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

Виходячи з цього, вибираємо сушилку барабанного типу, яка характеризується якісною і рівномірною просушкою сировини при оптимальних параметрах сушильного агрегату.

2. Вибір електроприводу і розрахунок потужності двигуна

Просушуюча сировина розташовується не симетрично щодо вертикалі, що проходить через центр перетину печі, тому він викликає постійно діючий і спрямований у бік, протилежний обертанню барабана, момент сили G_M веса матеріалу (рисунок 1.2). Плечем, що проходить через центр перетину барабана. Відповідно, потужність, необхідна для підйому матеріалу, буде розрахована з урахуванням цих особливостей.

Щоб можна було визначити корисно витрачену потужність, необхідно знати кількість матеріалу, що знаходиться в барабані, або його середню площу перетину, об'ємну вагу матеріалу і його кут природного відсікання при русі.

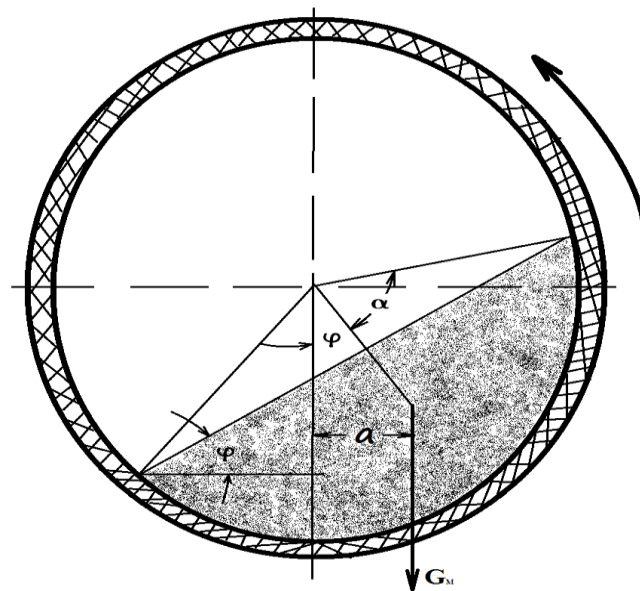


Рисунок 1.2 - Схема розташування сировини в барабані

У міру переміщення матеріалу уздовж барабана його фізичні властивості безперервно змінюються і у теплообмінників, а також у порога, якщо корпус барабана складений з частин різного діаметру, відбувається накопичення матеріалу,

визначення середньої швидкості його руху і площі перетину теоретичним шляхом пов'язано з дуже великими труднощами. Запропонування для цієї мети рівління, відрізняючись складністю, не відрізняються до того ж потрібною точністю по результатам проведених по ним обчислень. Тому при излагаємому нижче виводі рівняння, що визначає потужність, необхідну для підйому матеріалу, приймаємо, виходячи з практичних даних.

Визначається загальна потужність, потрібна для обертання барабана з корпусом одного діаметру по всій довжині. Якщо корпус складається із зон різного діаметру, то потрібна потужність обчислюється для кожної зони окремо і потім підсумовується.

Для подшипников опорных роликов картерного типа с бронзовыми вкладышами и непрерывной подачей масла на цапфы рекомендуется коэффициент трения выбирать равным 0,02—0,04. С учетом трения качения бандажей по роликам приведенные значения необходимо повысить до 0,03—0,06.

Витрата потужності на подолання тертя в приводному механізмі і ущільнюючих пристроях враховується ККД установки. Величина його залежить від конструкції приводного механізму, правильності його монтажу та експлуатації і в середньому дорівнює 0,9 - для механізму закритого типу, 0,85 - для змішаного і 0,8 - для відкритого.

При визначенні необхідної потужності для обертання барабана в розрахункове рівняння підставляють нормальне число обертів. Але при експлуатації барабан часто обертається з підвищеним числом оборотів, на що потрібно і підвищена потужність. У момент пуску барабана також необхідна потужність вище нормальної на подолання сили інерції обертового барабана. З огляду на це, потужність електродвигуна барабана слід вибрати на 20-25% вища за ту, яка визначається за рівнянням.

Застосовуючи формули, виробляємо розрахунок потужності електродвигуна.

Потужність необхідна для пуску електродвигуна враховується без маси насіння.

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

З огляду на інерційну потужність барабана, яка повинна бути на 20- 25% вище робочої потужності, остаточно отримаємо потужність двигуна.

Вибираємо трифазний асинхронний двигун серії АІР 160S6 потужність - 11 кВт, синхронна швидкість обертання - 1000 об / хв, ковзання - 3%. З урахуванням ковзання номінальна частота обертання $n_{ном} = 970$ об / хв. Зміною числа пар полюсів і за допомогою редуктора ми змінюємо частоту обертання двигуна.

Модернізація полягає в застосуванні сучасного частотно-регульованого електроприводу (ЧРП) сушильного агрегату (ВО) складається з асинхронного або синхронного електричного двигуна (М) і перетворювача частоти (ПЧ) (рисунок 1.3).

Електричний двигун перетворює електричну енергію в механічну енергію і приводить в рух виконавчий орган технологічного механізму.

Перетворювач частоти управляє електричним двигуном і являє собою електронний статичну пристрій. На виході перетворювача формується електрична напруга зі змінними амплітудою і частотою.

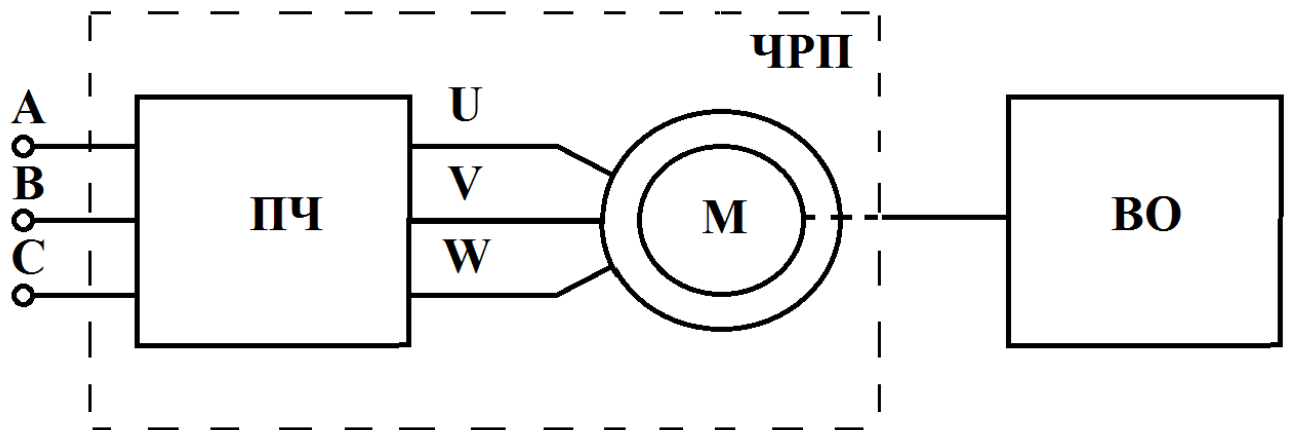


Рисунок 1.3 - Структурна схема пропонованого частотно-регульованого приводу

2.1. Розрахунок потужності двигуна.

При обертанні правильно зібраного і нормально працюючого барабана потужність його приводного електродвигуна витрачається в більшій міру на корисну роботу: підйом матеріалу на певну висоту,

сповзаючи з якою, він переміщується і поступово переміщається до розвантажувального кінця, і в меншій мірі - на подолання шкідливих опорів.

До шкідливих опорів відноситься тертя ковзання між поверхнями цапф опорних роликів і вкладишів підшипників, тертя кочення бандажів по опорним роликам, тертя в приводному механізмі і тертя решт корпусу барабана про поверхні деталей ущільнюючих пристроїв.

Потрібна потужність на обертання барабана можна визначити за формулою:

$$N_n = \frac{1}{\eta} \cdot (N_1 + N_2) \quad \text{кВт}, \quad (1.1)$$

де N_1 —потужність, що витрачається на підйом матеріалу;

N_2 —потужність, що витрачається на подолання тертя в підшипниках опорних роликів і тертя бандажів по опорним роликам;

η —коефіцієнт, що враховує потужність, яка витрачається на подолання тертя в приводному механізмі і в ущільнюючих пристроях.

Просушувана сировина розташовується не симетрично щодо вертикалі, що проходить через центр перетину печі, тому він викликає постійно діючий і спрямований у бік, протилежний обертання барабана, момент сили G_M ваги матеріалу. Плечем цієї сили a є відстань від центру ваги матеріалу до вертикалі, що проходить через центр перетину барабана. Отже, потужність, необхідна для підйому матеріалу, дорівнює:

$$N_1 = \frac{1000 \cdot G_M \cdot v_0}{102}, \quad (1.2)$$

або

$$N_1 = \frac{1000 \cdot F_M \cdot L \cdot Y_M \cdot v_0}{102},$$

де F_M —площа перерізу матеріалу (кругового сегмента) в м^2 ;

L —довжина корпусу в м;

Y_M —об'ємна вага матеріалу в т/м^3 ,

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

V_0 —кружним швидкість центра ваги площі перетину матеріалу в м/с.

Щоб за наведеним рівнянням можна було визначити корисно витрачену потужність, необхідно знати кількість, що знаходиться в барабані, матеріалу або його середню площу перетину, об'ємна вага матеріалу і його кут природного укусу при русі.

Так як у міру переміщення матеріалу уздовж барабана його фізичні властивості безперервно змінюються і у теплообмінників, а також у порога, якщо корпус барабана складений з частин різного діаметру, відбувається накопичення матеріалу, визначення середньої швидкості його руху і площі перетину теоретичним шляхом пов'язано з дуже великими труднощами. Запропоновані для цієї мети рівняння, відрізняючись складністю, не відрізняються до того ж потрібною точністю за результатами проведених за ним обчислень.

Тому при ізлагаємому нижче виведенні рівняння, що визначає потужність, необхідну для підйому матеріалу, приймаємо, виходячи з практичних даних, що: коефіцієнт заповнення барабана матеріалом $\kappa_3=0.25$; середній об'ємна вага матеріалу $\gamma_M=0.47 \text{ т/м}^3$; кут природного відсікання матеріалу (насіння соняшнику) при русі $\phi = 42^\circ$.

Так як площа перетину матеріалу в барабані за формою є круговим сегментом, окружна швидкість його центра ваги при обертанні дорівнює

$$v_0 = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{R_{\text{св}}^3 \cdot \sin \alpha}{\kappa_3 \cdot \pi \cdot R_{\text{св}}^2} \cdot \sin \phi \quad (1.3)$$

Невідомою величиною в наведеному рівнянні є лише кут α , рівний половині центрального кута, що спирається на хорду кругового сегмента, його можна знайти з рівняння

$$F_M = \frac{R_{\text{св}}^2}{2} \cdot \left(\frac{\pi \cdot 2\alpha}{180} - \sin 2\alpha \right) \quad (1.4)$$

ця величина виражає площу кругового сегмента.

Підставляючи в це рівняння замість F_M прийняту для неї числову величину, відповідну коефіцієнту заповнення = 0,25, отримуємо вираз

$$0.25 \cdot \pi \cdot R_{\text{св}}^2 = \frac{R_{\text{св}}^2}{2} \cdot \left(\frac{\pi \cdot 2\alpha}{180} - \sin 2\alpha \right), \quad (1.5)$$

$$0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.8^2 = \frac{0.8^2}{2} \cdot \left(\frac{3.14 \cdot 2\alpha}{180} - \sin 2\alpha \right),$$

Звідки при $\alpha = 65^\circ$

$$v_0 = \frac{3.14 \cdot 8}{30} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{0.8^2 \cdot \sin 65}{2 \cdot 3.14 \cdot 0.8^2} \cdot \sin 42,$$

при $v_0 = 0,283$

$$N_1 = \frac{1000 \cdot 0,502 \cdot 8 \cdot 0,47 \cdot 0,283}{102} = 5,24 \text{ кВт.}$$

Тертя кочення бандажа по роликам незначно в порівнянні з тертям ковзання цапф роликів про вкладиші підшипників, тому немає необхідності його обчислювати окремо, а доцільніше враховувати підвищенням коефіцієнта тертя ковзання.

Тоді потужність, необхідна на подолання тертя в підшипниках роликів і бандажів про ролики, може бути знайдена з рівняння

$$N_2 = \frac{P_{\text{тр}} v_{\text{ц}}}{102} \text{ кВт.} \quad (1.6)$$

Сила тертя і окружна швидкість цапф відповідно рівні

$$P_{\text{тр}} = \frac{1000 f G}{\cos 30^\circ} = 1155, \quad (1.7)$$

$$v_{\text{ц}} = \frac{\pi r_{\text{ц}} n}{30} \cdot \frac{D_{\text{б}}}{D_{\text{р}}}. \quad (1.8)$$

Підставивши в рівняння (1.6) наведені значення для сили тертя $P_{\text{тр}}$ окружної швидкості цапфи $v_{\text{ц}}$ і зробивши скорочення, маємо:

$$N_2 = 1.19 \cdot f \cdot r_{\text{ц}} \cdot G_n \cdot \frac{D_{\text{б}}}{D_{\text{р}}}, \quad (1.9)$$

де f - коефіцієнт ковзання між цапфами роликів і вкладишами підшипників;
 $r_{\text{ц}}$ - радіус цапф роликів в м;
 n - число оборотів барабана за хвилину;
 $D_{\text{б}}$ - діаметр бандажів в м;

D_p - діаметр опорних роликів в м;

$G = (G_1 + G_2)$ - загальна вага обертається барабана в т.

$G_1 = 9$ тонн - вага барабана

$G_2 = 1,9$ тонн - вага сировини в барабані.

З цього рівняння визначається загальна потужність, потрібна для обертання барабана з корпусом одного діаметру по всій довжині. Якщо корпус складається із зон різного діаметру, то потрібна потужність обчислюється для кожної зони окремо і потім підсумовується.

Для підшипників опорних роликів картерного типу з бронзовими вкладишами і безперервною подачею масла на цапфи рекомендується коефіцієнт тертя вибирати рівним 0,02-0,04. З урахуванням тертя кочення бандажів по роликам наведені значення необхідно підвищити до 0,03-0,06.

Витрата потужності на подолання тертя в приводному механізмі і ущільнюючих пристроях враховується ККД установки. Величина його залежить від конструкції приводного механізму, правильності його монтажу та експлуатації і в середньому дорівнює 0,9 - для механізму закритого типу, 0,85 - для змішаного і 0,8 - для відкритого.

При визначенні необхідної потужності для обертання барабана в розрахункове рівняння підставляють нормальне число обертів. Але при експлуатації барабан часто обертається з підвищеним числом оборотів, на що потрібно і підвищена потужність.

У момент пуску барабана також необхідна потужність вище нормальної на подолання сили інерції обертового барабана. З огляду на це, потужність електродвигуна барабана слід вибирати на 20-25% вища за ту, яка визначається за рівнянням.

Застосовуючи формули, виробляємо розрахунок потужності електродвигуна.

Потужність, що витрачається на підйом матеріалу визначається за такою формулою

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$N_1 = \frac{1000 \cdot 0,5024 \text{ м}^2 \cdot 8 \text{ м} \cdot 0,47 \text{ т/м}^3 \cdot 0,283 \text{ м/с}}{102} = 5,24 \text{ кВт.}$$

Далі визначаємо потужність тертя барабана на роликах і бандажах.

Потужність тертя барабана на роликах і бандажах відповідно буде дорівнює

$$N_2 = 1.19 \cdot 0.03 \cdot 0.1 \text{ м} \cdot 10.9 \text{ т} \cdot 8 \text{ м} \cdot 5.7 \text{ м} = 1.774 \text{ кВт.}$$

Загальна потужність

$$N_n = \frac{1}{0.845} (5.24 \text{ кВт} + 1.774 \text{ кВт}) = 8.3 \text{ кВт.}$$

Потужність необхідна для пуску електродвигуна враховується без маси насіння $N_{\text{п}}$ - потужність порожнього барабана дорівнює

$$N_{\text{п}} = \frac{1}{0.845} \cdot 5.24 = 6.2$$

З огляду на інерційну потужність барабана, яка повинна бути на 20- 25% вище робочої потужності, кінцево отримуємо

$$N_{\text{двигуна}} = 8.3 \cdot 1.2 = 9.96 \text{ кВт.}$$

Вибираємо трифазний асинхронний двигун серії АІР 160S6 потужність – 11 кВт, синхронна швидкість обертання - 1000 об/хв, ковзання - 3%. З урахуванням ковзання номінальна частота обертання $n_{\text{ном}} = 970$ об/хв

Технічні характеристики двигуна АІР 160S6 представлені в таблиці 2.1. а параметри схеми заміщення електродвигуна - в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1-Технічні характеристики двигуна АІР 160S6

Електродвигун	Потужність, кВт	Ном.Частота обертання, об/хв	Струм при 380В, А	ККД,%	Коеф. потужності
АІР160S6	11	970	24,5	87,5	0,78

Кінець таблиці 1.5

Іп/ Ін	Мп/Мн	Мтах/Мн	Момент інерції, кг · м ²	Маса, кг
6,5	1,7	2,1	0,0700	125

Таблиці 2.2.- Параметри схеми заміщення електродвигуна АІР 160S6

$R_1,$ Ом	$X_{1\sigma},$ Ом	$L_{1\sigma},$ Гн	$X_{\mu},$ Ом	$L_m,$ Гн	$R_2',$ Ом	$X_{2\sigma},$ Ом	$L_{2\sigma},$ Гн	$X_{кн},$ Ом
0.453	0.94	0.00299	5.995	0.019	0.272	1.171	0.00373	2.237

2.2. Визначення моментів на валу приводу.

Момент, що обертає на барабані дорівнює

$$M_B = \frac{9550 \cdot N}{n}, \quad (1.11)$$

$$M_B = \frac{9550 \cdot 8.3}{8} = 9.908 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Обертний момент на валу подвенецьової шестерні

$$M_{ш} = \frac{M_B}{\eta_1 i_{ц}}, \quad (1.12)$$

де $i_{ц}$ - передавальне число зубчастої передачі, приймаємо $i_{ц} = 10$,
 $\eta_1 = 0,94 \div 0,96$ - ККД циліндричної передачі, приймаємо $\eta_1 = 0,95$

У чисельному значенні отримуємо:

$$M_{ш} = \frac{9.908}{0.95 \cdot 10} = 1042.9 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Обертний момент на первинному валу редуктора (на валу електродвигуна)

M_{n1}

$$M_{n1} = \frac{M_{ш}}{\eta_1 i_p}, \quad (1.13)$$

$$M_{n1} = \frac{1042.9}{0.95 \cdot 12} = 91.48 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Обертний момент порожнього барабана дорівнює

$$M_{\Pi} = \frac{9550 \cdot N_{\Pi}}{n}, \quad (1.14)$$

$$M_{\Pi} = \frac{9550 \cdot 6.2}{8} = 7401.3 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Обертний момент на первинному валу редуктора (на валу електродвигуна) $M_{\Pi_{н1}}$: η_0 -коефіцієнт передачі шестерні і редуктора = 120; M_{Π} порожнього барабана дорівнює 68,35 Н / м.

2.3. Кінематичний розрахунок редуктора

Метою кінематичного розрахунку барабанної сушарки є визначення загального передавального відношення від вала електродвигуна до вала провідної ланки виконавчого механізму; розподіл загального передавального відношення всієї кінематичного ланцюга приводу між окремими передавальними механізмами, складовими ланцюг; визначення конструктивних параметрів зубчастої передачі барабанної сушарки; визначення частот обертання валів передавальних механізмів кінематичного ланцюга.

1.2.1 Визначення передавального числа приводу.

Кінематична схема приводу показана на рисунку 1.2.1, де: 1 електродвигун; 2,4- муфти; 3 редуктор; 5 -підвенцова шестерня; 6-венцова шестерня; 7- барабан.

Загальне передавальне число приводу визначаємо зі співвідношення.

$$i = \frac{n_{\text{НОМ}}}{n_{\text{Б}}}, \quad (1.15)$$

де $n_{\text{Б}} = 8 \text{ хв}^{-1}$ - частота обертання барабана.

$$i = \frac{970}{8} = 121.25.$$

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

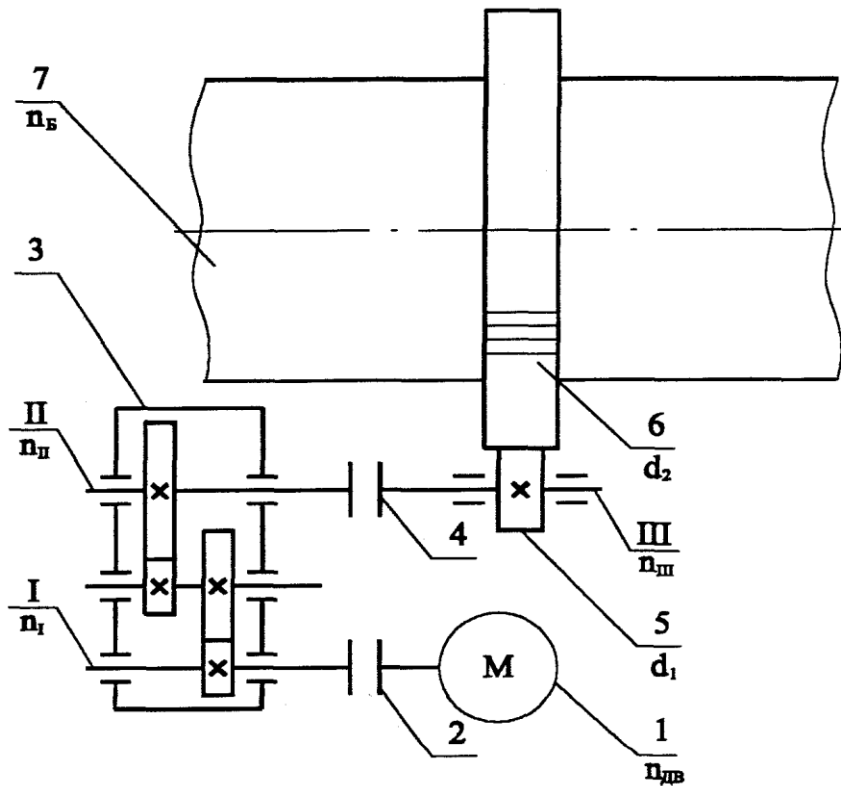


Рисунок 1.4 - Кінематична схема приводу

1.2.2 Розподіл загального передатного числа приводу.

Для багатоступневих передач:

$$i_1 \cdot i_2 \cdot i_3, \quad (1.16)$$

де i_1, i_2, i_3 - передавальні числа окремих ступенів.

Ураховуючи передбачений пристрій механізму, а також прагнучи забезпечити відповідність деталей приводу, зокрема діаметр подвеневої шестерні повинен вписуватися в розміри сторін торця редуктора.

Передавальне число редуктора дорівнюватиме

$$i_{\text{ред}} = \frac{i}{i_{\text{ц}}} \quad (1.17)$$

$$i_{\text{ред}} = \frac{121.25}{10} = 12.25.$$

Частота обертання валу електродвигуна, а, отже, і швидкохідного валу редуктора буде

$$N_{\text{ном}} = n_1 = 970 \text{ об/хв.} \quad (1.18)$$

Частота обертання тихохідного вала редуктора визначається так

$$n_2 = \frac{n_{\text{ном}}}{i_{\text{ред}}}; \quad (1.19)$$

$$n_2 = \frac{970}{12.125} = 80 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання подвеневої шестерні: $n_{\text{ш}} = n_{\text{II}} = 80 \text{ об / хв.}$

Отримані значення частот обертання зведені в таблицю 2.3.

Вал електродвигателя $n_{\text{ном}}, \text{об/мин}$	Быстроход ный вал $n_1, \text{об/мин}$	Тихоходн ый Вал $n_{\text{II}}, \text{об/мин}$	Подвенево ая шестерня $n_{\text{ш}}, \text{об/мин}$	Барабан $n_{\text{Б}}, \text{об/мин}$
970	970	80	80	8

2.4. Визначення окружної швидкості барабана.

Окружна швидкість шестерні визначається за формулою

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{60 \cdot 1000}; \quad (1.44)$$

$$v = \frac{3.14 \cdot 180 \cdot 80}{60 \cdot 1000} = 0.75 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Основні параметри шестерні і колеса:

Модуль зачеплення $m=10$;

исло зубів: подвеневої шестерні $z_1=18$;

Веневої шестерні $z_2=182$;

Нормальний вихідний контур по СТ РЕВ 308 - 76

Коефіцієнт зміщення: подвеневої шестерні $x_1=0.3$;

Веневої шестерні $x_2=-0.3$;

Дільний діаметр: подвеневої шестерні $d_1=180\text{мм}$;

Веневої шестерні $d_2=1820\text{мм}$;

Початковий діаметр: подвеневої шестерні $d_{\omega 1}=181.8\text{мм}$;

Венцової шестерні $d_{\omega 2}=1818\text{мм}$;

Діаметр вершин зубів: подвенцової шестерні $d_{a1} = 206 \text{ мм}$;

Венцової шестерні $d_{a2} = 1834\text{мм}$.;

Діаметр западин зубів: подвенцової шестерні $d_{f1} = 161\text{мм}$;

Венцової шестерні $d_{f2} = 1789\text{мм}$;

Міжосьова відстань $a_{\omega} = 1000\text{мм}$.;

Ширина зубчастого вінця $b_{\omega} = 150\text{мм}$.;

Висота зуба $h=22\text{мм}$;

Ступінь точності 9.

2.5. Розрахунок статичного режиму електроприводу

При розрахунку статичного режиму роботи електроприводу необхідно побудувати статичні характеристики елементів дозволяють визначити кількісні та якісні показники статичних режимів системи.

Механічні характеристики двигуна і виробничого механізму.

Номинальна частота обертання

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{н}}}{30} = \frac{3.14 \cdot 970}{30} = 101.53 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (1.45)$$

Синхронна частота обертання

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3.14 \cdot 1000}{30} = 104.67 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (1.46)$$

Номинальний момент

$$M_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\omega_{\text{ном}}} = \frac{11000}{101.53} = 108.34 \text{ Нм}. \quad (1.47)$$

Критичне ковзання

$$S_k = S_{\text{ном}} \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0.03 \cdot (2.1 + \sqrt{2.1^2 - 1}) = 0.1184 \quad (1.48)$$

Критичний момент асинхронного двигуна

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$M_k = \lambda \cdot M_{\text{ном}} = 2.1 \cdot 108.34 = 227.5 \text{ Нм} \quad (1.49)$$

Залежність ковзання від частоти обертання

$$S(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0}. \quad (1.50)$$

Рівняння механічної характеристики АД (формула Клосса)

$$M(\omega) = -\frac{2 \cdot M_k}{\frac{S(\omega)}{S_k} + \frac{S_k}{S(\omega)}}. \quad (1.51)$$

Різні виробничі механізми мають різними механічними характеристиками. Однак можна отримати деякі узагальнення, якщо скористатися наступною емпіричною формулою:

$$M_c = M_0 + (M_{c,\text{ном}} - M_0) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{\text{ном}}}\right)^x, \quad (1.52)$$

де M_c - момент опору виробничого механізму при швидкості ω ;

M_0 - момент тертя в рухомих частинах механізму;

$M_{c,\text{ном}}$ - момент опору при номінальній швидкості $\omega_{\text{ном}}$;

x - показник ступеня, що характеризує зміну моменту при зміні швидкості.

Барабанна сушарка відноситься до механізму не залежить від швидкості.

При цьому $x = 0$ і момент опору M_c не залежить від швидкості ω .

Пуск двигуна барабанної сушарки відбувається при не заповненому барабані тому $M_{c,\text{ном.н}} = 68.35$. Так як у міру переміщення матеріалу уздовж барабана його фізичні властивості безперервно змінюються і у теплообмінників, а також у порога, якщо корпус барабана складений з частин різного діаметру, відбувається накопичення матеріалу, визначення середньої швидкості його руху і площі перетину теоретичним шляхом пов'язано з дуже великими труднощами. Запропоновані для цієї мети рівняння, відрізняючись складністю, не відрізняються до того ж потрібною точністю за результатами проведених за ним обчислень. Тому при ізлагаємому нижче виведення рівняння, що визначає потужність, необхідну для підйому матеріалу.

Пускові моменти АД загальнопромислових серій на природній механічній характеристиці невеликі і становлять (0,3 - 2,0) M_n . А струми ротора і статора надзвичайно великі і досягають (5 - 10) I_n .

Пусковий момент двигуна:

$$M_n = K_i \cdot I_{ном} = 1.7 \cdot 108.34 = 184.178 \text{ Нм.} \quad (1.53)$$

Пусковий струм двигуна:

$$I_n = K_i \cdot I_{ном} = 6.5 \cdot 24.42 = 158.73 \text{ А.} \quad (1.54)$$

$$\text{при } w = 0, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{0 \text{ рад/сек}}{104,67 \text{ рад/сек}} = 1,$$

$$\text{при } w = 10, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{10 \text{ рад/сек}}{104,67 \text{ рад/сек}} = 0,9045,$$

$$\text{при } w = 20, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{20 \text{ рад/сек}}{104,67 \text{ рад/сек}} = 0,809,$$

$$\text{при } w = 30, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{30 \text{ рад/сек}}{104,67 \text{ рад/сек}} = 0,7134,$$

$$\text{при } w = 60, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{60 \text{ рад/сек}}{104,67 \text{ рад/сек}} = 0,427,$$

$$\text{при } w = 70, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{70 \text{ рад/сек}}{104,67 \text{ рад/сек}} = 0,331,$$

$$\text{при } w = 90, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{90 \text{ рад/сек}}{104,67} = 0,14,$$

$$\text{при } w = 100, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{100 \text{ рад/сек}}{104,67 \text{ рад/сек}} = 0,045,$$

$$\text{при } w = 104,67, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{104,67 \text{ рад/сек}}{104,67 \text{ рад/сек}} = 0.$$

Розраховані дані запишемо в таблицю 1.41

Таблиця 1.1 - расчитаем механічні характеристики

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

ω	Мд(ω)	Мс(ω)	Мм(ω)
0	184,1072	68,35	115,7572
25	168,8057	68,35	100,4557
40	165,0309	68,35	96,68094
50	166,5043	68,35	98,15425
80	182,3424	68,35	113,9924
92,32	227,5	68,35	159,15
93	227,1398	68,35	158,7898
95	220,9225	68,35	152,5725
99	173,072	68,35	104,722
100	151,2857	68,35	82,93567
101	125,2391	68,35	56,88907
102	95,23261	68,35	26,88261
103	61,92705	68,35	-6,42295
103,3	51,43504	68,35	-16,915
103,6	40,76794	68,35	-27,5821
103,9	29,96046	68,35	-38,3895
104,2	19,04891	68,35	-49,3011
104,5	8,07079	68,35	-60,2792
104,7	0	68,35	-68,35

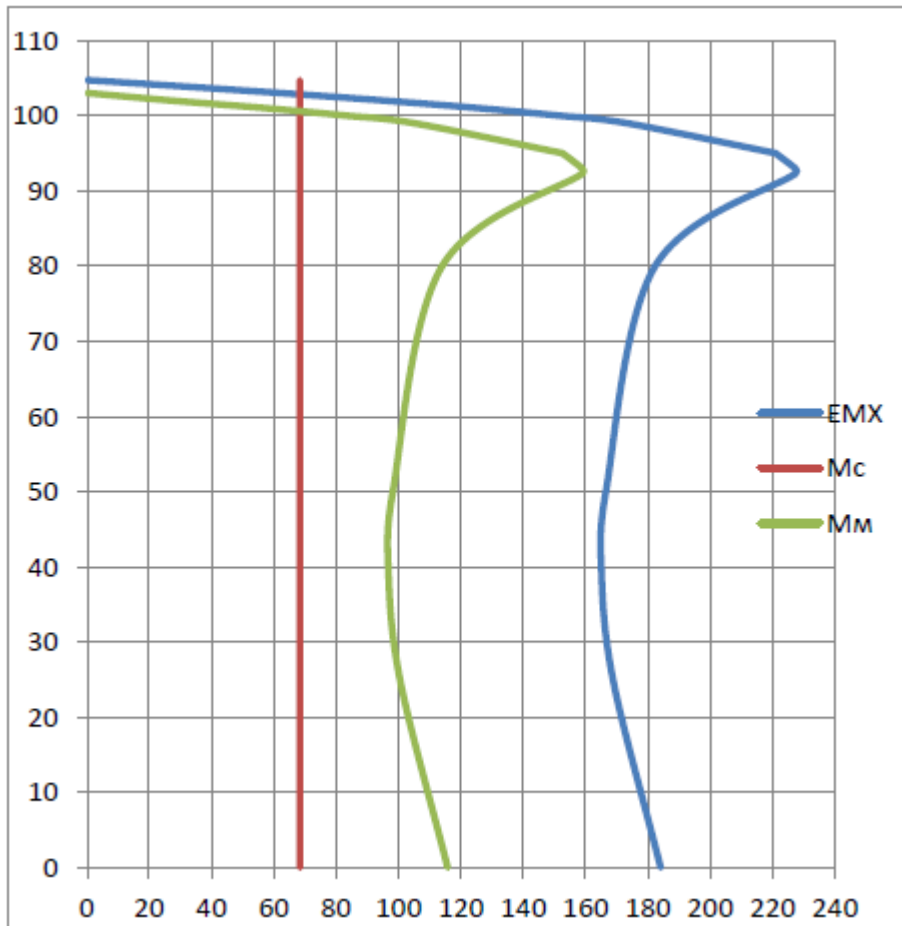


Рисунок 1.5-Механічні характеристики АД і механізму.

Номінальні втрати потужності для двигуна АР160S6

$$\Delta P_H = P_H \cdot \frac{1 - \eta_H}{\eta_H}, \quad (1.55)$$

$$\Delta P_H = 1571 \text{ Вт.}$$

Змінні втрати потужності

$$\Delta P_v = \frac{\Delta P_H}{\alpha + 1} \quad (1.56)$$

при $\alpha=0.6$

$$\Delta P_v = 982.14 \text{ Вт.}$$

$$R_1 = \frac{\Delta P_v - M_H(\omega_0 - \omega_H)}{3_{1H}^2}; \quad (1.57)$$

$$R_1 = 0.3590 \text{ Ом}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

$$X_k = \sqrt{\left(\frac{3 \cdot U_{\Phi H}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot M_H} - R_1\right) - R_1^2}; \quad (1.58)$$

$$X_k = 2.665 \text{ Ом.}$$

Номинальне ковзання

$$S_H = \frac{\omega_0 - \omega_H}{\omega_0}; \quad (1.59)$$

$$S_H = 0,03.$$

$$R_2 = \frac{M_H(\omega_0 - \omega_H) \cdot \left[\left(R_1 \frac{R_2}{S_H}\right)^2 + X_k^2\right]}{3 \cdot U_{\Phi H}^2}. \quad (1.60)$$

Втрати потужності в роторі в номінальному режимі:м

$$\Delta P_{2H} = M_H(\omega_0 - \omega_H); \quad (1.61)$$

$$\Delta P_{2H} 340,206 \text{ Вт.}$$

Після підстановки отримуємо

$$R_2' = \frac{340,206 * \left[\left(0,359 + \frac{R_2'}{0,03}\right)^2 + 2,665^2\right]}{3 * 220^2}.$$

Після спрощення отримуємо

$$2,603R_2'^2 - 0,9439R_2' + 0,0169 = 0.$$

Знаходимо корені квадратного рівняння

$$R_{2_1}' = 0.318R_{2_2}' = 0.019.$$

Приймаємо значення

$$R_2' = 0,3668.$$

Струм ротора

$$I_{2H} \sqrt{\frac{\Delta P_{2H}}{3 \cdot R_2}}; \quad (1.62)$$

$$I_{2H} = 11,95 \text{ A.}$$

Побудова ЕМХ при f рівній 10,25,50,60 Гц.

Обчислення і побудова графіків проводимо в програмі Ехсел (рисунок 2.3), використовуємо формули

$$\omega_1 = \omega_0 \cdot \frac{f}{50}, \quad (1.63)$$

$$s_K = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + \left(X_K \cdot \frac{f}{50}\right)^2}}, \quad (1.64)$$

$$\omega_K = \omega_1 \cdot (1 - s_K), \quad (1.65)$$

$$M_K = \frac{3 \cdot \left(U_{\phi H} \cdot \frac{f}{50}\right)^2}{2 \cdot \omega_1 \cdot \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + \left(X_K \cdot \frac{f}{50}\right)^2}\right]^2}, \quad (1.66)$$

$$M_{II} = \frac{3 \cdot \left(U_{\phi H} \cdot \frac{f}{50}\right)^2 \cdot R_2'}{\omega_1 \cdot \left[(R_1 + R_2')^2 + \left(X_K \cdot \frac{f}{50}\right)^2\right]^2}, \quad (1.67)$$

$$M = \frac{2 \cdot M_K \cdot (1 + s_K)}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s} + 2\alpha \cdot s_K}, \quad (1.68)$$

$$\alpha = \frac{R_1}{R_2}, \quad \alpha=0.044. \quad (1.68)$$

Розраховані дані заносимо в таблиць 2.5 і 2.6.

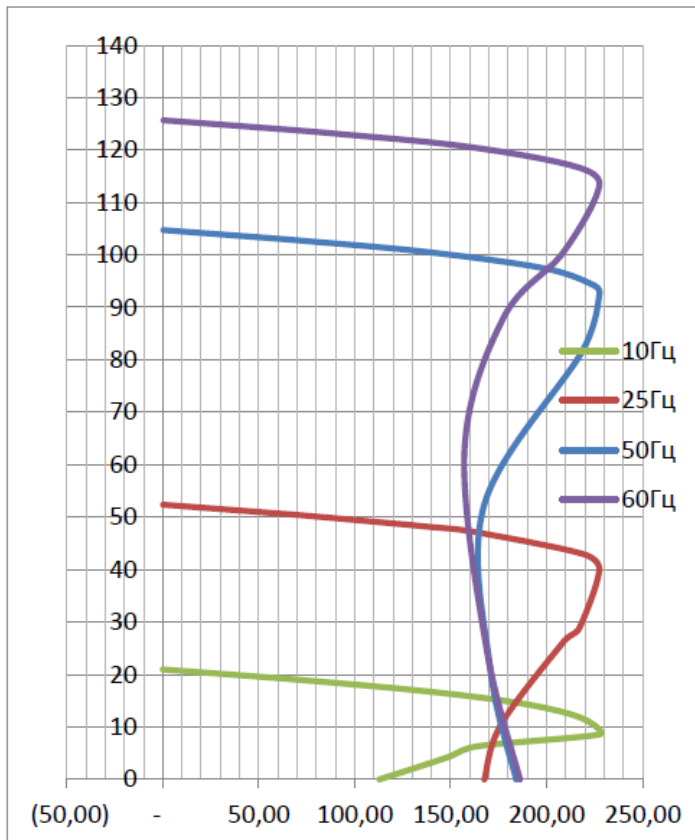


Рисунок 1.6- Механічні характеристики АД при зміні частоти за законом $U / f = \text{const}$.

Таблиця 2.4 - Розрахунок даних для побудови механічних характеристик при $f = 10, 25, 50, 60$ Гц

f	U_{ϕ}'	ω_1	S_k	ω_k	M_k	$M_{\text{п}}$
10	44	20,944	0,592	8,545152	227,4478	112,9586
25	110	52,36	0,2368	39,96115	227,4478	167,5913
50	220	104,72	0,1184	92,32115	227,4478	184,1332
60	264	125,664	0,098667	113,2652	227,4478	186,107

2.6. Розрахунок динамічного режиму електроприводу

Розраховується приведений момент інерції системи «Електродвигун - робоча машина» щодо вала електродвигуна

$$J = K_2 \cdot (J_{\text{дв}} + J_m \cdot i_{\text{передат}}); \quad (1.69)$$

$$J = 1,2 \cdot (0,123 + 3168 \cdot \frac{1}{121}) = 25,54$$

де $K_2 = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує момент інерції редуктора між електродвигуном і валом робочої машини. Знаходимо моменти інерції для електродвигуна і робочої машини. За каталожними значенням махового моменту визначаємо

$$J_{дв} = 0,123 \text{ кг*м}^2, \quad (1.70)$$

$$J_{р.м} = \frac{m \cdot R^2}{2}, = 8000 \cdot 0,8^2 / 2 = 2560 \text{ кг*м}^2$$

де m -маса барабана сушарки;

R -радіус барабана

Використовуючи побудовані механічні характеристики електродвигуна, робочої машини і динамічного (надлишкового) моменту, можна без побудови функції $\omega = f_1(t)$ аналітично розрахувати шукане час пуску приводу (t_n).

Ціна ділення

$$t = \frac{M_{с_{кр}} \cdot n_{проп}}{J} = 5,8 \text{ сек.} \quad (1.71)$$

Тривалість розгону електроприводу на кожному інтервалі частот обертання розраховують за висловом

$$\Delta t_i = J \cdot \frac{\Delta \omega_i}{M_{дин}}. \quad (1.72)$$

Повна тривалість пуску дорівнює сумі часткових тривалостей m

$$t_n = J \sum_{i=1}^m \frac{\Delta \omega_i}{M_{дин}}; \quad (1.73)$$

$$t_n = 25.54 \cdot \frac{20}{88} + 25.54 \cdot \frac{20}{80} + 25.54 \cdot \frac{20}{79} + 25.54 \cdot \frac{20}{82} + 25.54 \cdot \frac{10}{109} = 32.26.$$

де $M_{дині}$ - середній динамічний момент на i ділянці характеристики, приймається постійним, Нм.

Розрахунок втрат енергії під час пуску і гальмуванні.

Втрати енергії при пуску асинхронного електродвигуна визначаються електричними втратами енергії в його обмотках, які прямо пропорційні квадрату сили струму.

Втрати енергії при пуску асинхронного електродвигуна з навантаженням (Дж) розраховуються за формулою (1.74)

$$\Delta W_1 = 0.81 \left(\frac{1 - \eta_H}{\eta_H \cdot (1 + \alpha)} \right) \cdot P_H \cdot K_i^2 \cdot t_n; \quad (1.74)$$

$$\Delta W_1 = 0.81 \cdot \left(\frac{1 - 0.875}{0.875 \cdot (1 + 0.6)} \right) \cdot 11000 \cdot 6.5^2 \cdot 32.26 = 1084 \text{ кДж.}$$

де $t_n=32,26$ - тривалість пуску електродвигуна, с;

K_i - кратність пускового струму асинхронного електродвигуна;

α - коефіцієнт рівний відношенню постійних втратпотужності двигуна до змінних. Прийняти $\alpha=0,6$.

Визначаємо час самоторможування двигуна і будуємо графік залежності швидкості від часу рис.2.5.

$$t_{c.m} = \frac{J \cdot \omega_0}{M_c}; \quad (1.75)$$

$$t_{c.m} = \frac{25.54 \cdot 101.53}{68.35} \text{ с.}$$

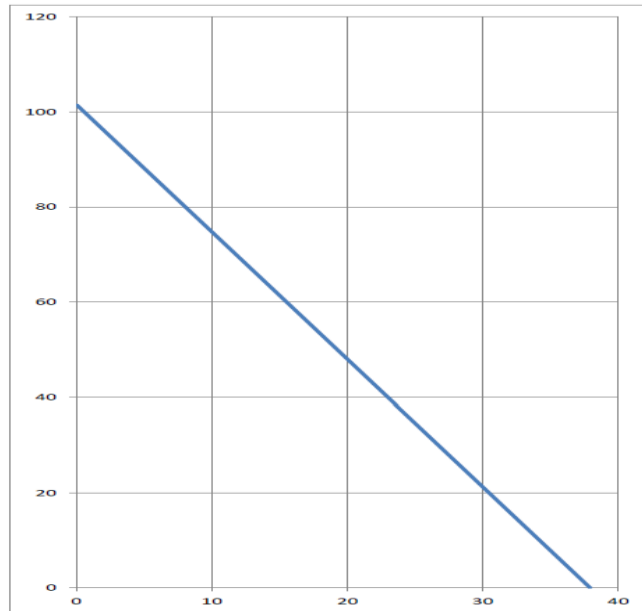


Рисунок 1.7-Залежність швидкості від часу

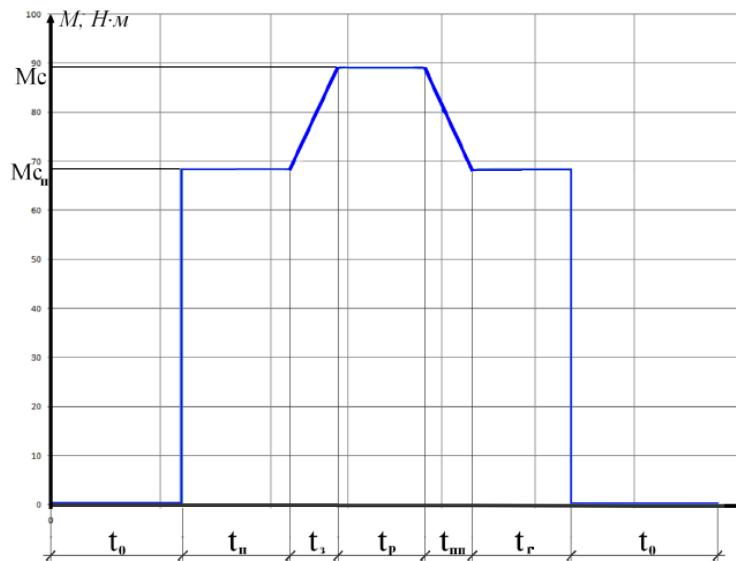


Рисунок 1.8-Навантажувальна діаграма барабанної сушарки
де t_0 - час простою барабанної сушарки, (профілактичні роботи),
 t_n - пуску порожнього барабана (32,26 с)
 t_{zn} - завантаження насіння, (згідно з технологічним процесом)
 t_p - роботи (тривалий режим),
 t_{np} - припинення подачі насіння,
 t_r - час гальмування. (37,94 с).

3. ВИБІР ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ.

Спосіб регулювання швидкості обертання двигуна вибираємо частотний, так як цей спосіб забезпечує плавне регулювання швидкості в необхідному діапазоні, а одержувані характеристики мають високу жорсткість. Визначення напруги і частоти необхідні для роботи двигуна в заданій точці, зводиться до уточненню можливості забезпечення перетворювача рівня напруги і частоти при різних навантаженнях і коливаннях напруги мережі живлення. При живленні асинхронного двигуна від перетворювача частоти в процесі перетворюється ся напруга промислової частоти. В напрузі регулювання амплітуди і регулювання частоти виникають втрати напруги і потужності перетворювача. Зазвичай перетворювач має внутрішні зворотні зв'язки, і при зміні навантаження двигуна вихідна напруга і частота практично не змінюватися. Тому в подальшому напругу і частоту на статорі електродвигуна будемо поєднувати незалежними від навантаження. Синхронна швидкість двигуна залежить від частоти живильної мережі і числа пар полюсів.

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{r} . \quad (2.1)$$

Для стійкої роботи двигуна необхідно зміню частоти підтримувати перевантажувальну здатність двигуна, що забезпечуватися регулюванням напруги на статорі за різними законами. Залежність від частоти і від характеру зміни статичного моменту. ці особливості необхідно враховувати при розрахунку частоти і амплітуди напруги. Найбільш поширений закон зміни амплітуди напруги пропорційно частоті в вигляді закону: $U / f = \text{const}$, при такому законі максимальний момент постійний і не залежить від частоти.

Також не залежить від частоти:

$$\Delta\omega_\varepsilon = \omega_0 - \omega_\varepsilon = \text{const}. \quad (2.2)$$

Це дозволяє в розрахунках використовувати прийом паралельного перенесення природної механічної характеристики. При цьому природна характеристика перемішатися уздовж осі «w» і встановлюватися в т. Wзад, Mзад.

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

З паспортних даних перетворювачів частоти слід, що:

$$I_{max.pr} = 150\%I_H. \quad (2.2)$$

Номінальний струм перетворювача частоти повинен бути не менше:

$$I_{пч} = \frac{I_{maxdv}}{1.5}; \quad (2.3)$$

$$I_{пч} = \frac{24,42}{1,5} = 16,28 \text{ А.}$$

За $I_{пч}$ вибирається перетворювач частоти з урахуванням вимоги тех. завдання потужність перетворювача частоти повинна перевищувати потужність двигуна на 20%.

Тоді

$$P_{пч} = 1,2 \cdot 11 = 13,2 \text{ кВт.} \quad (2.4)$$

Вибираємо перетворювачі частоти серії Powtran серії PI7800. Його характеристики наведені в таблиці 3.1, а зовнішній вигляд представлений на малюнку 3.1.

Таблиця 3.1 - Характеристики частотного перетворювача PI7800 015G3

Модель	Мощность, КВт	Ток, А	Масса нетто, кг	Масса брутто, кг	Габариты	Установочные размеры
					L/W/H, мм	a/b/d, мм
PI7800 015G3	15.0	32	10	12	360/235/207	340/150/Ø10

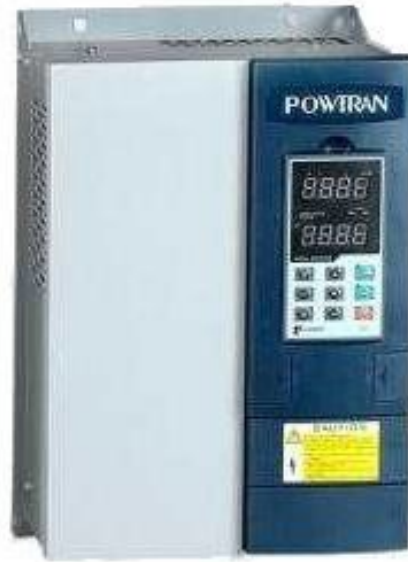


Рисунок 3.1 -Зовнішній вигляд перетворювача частоти PI7800 015G3

$$15 \text{ кВт} \geq 11 \text{ кВт} \quad (2.5)$$

Перевірочний розрахунок з умови, що перетворювач частоти забезпечує перевантажувальний пусковий момент 136% від номінального.

Мах.момент на валу двигуна AIP160S6

$$M_{136\%} = 1.36 \cdot M_{\text{НОМ}} \cdot \left(\frac{I_{\text{НОМ}}}{I_{dv}} \right); \quad (2.5)$$

$$M_{136\%} = 1.36 \cdot 108.3 \cdot \left(\frac{32}{24.42} \right) = 193 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $I_{\text{НОМ}} = 32 \text{ А}$ - номінальний струм перетворювача частоти;

$I_{\text{НОМ}dv} = 24,42 \text{ А}$ - ном.ток двигуна.

$$M_{136\%} = 193 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq 95,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

- умова виконується

Остаточно вибираємо перетворювач

PI7800 015G3, P = 15 кВт, $I_{\text{НОМ}} = 32 \text{ А}$.

3.1. Функціональна схема перетворювача частоти.

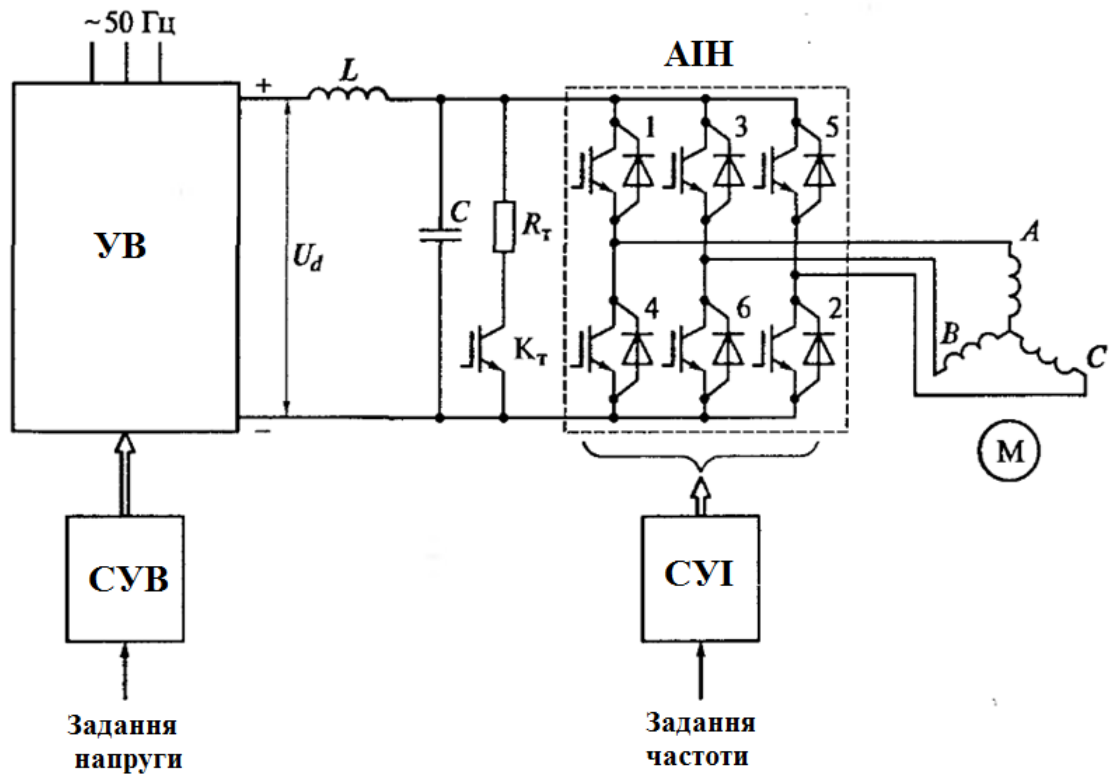


Рисунок 3.2 - Функціональна схема частотно-регульованого електропривода

4. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

4.1 Прямий пуск електроприводу

Для дослідження процесів при частотному регулюванні в самому електродвигуні й далі в системі регульованого електропривода використовуємо метод імітаційного моделювання й у якості засобу моделювання електромеханічних систем прийmemo програму *Matlab/ Simulink*.

Результати моделювання візуально спостерігаються за допомогою осцилографа (*Scope*) і двокоординатного графобудівника (*XY- Graf*).

На виході асинхронного двигуна сформована мультіплексорна шина *m*, яка поєднує всі вихідні сигнали двигуна, передбачені розроблювачами бібліотеки *SimPowerSystems*. Для їхнього використання додано блок *Bus Selector* з бібліотеки *Simulink*.

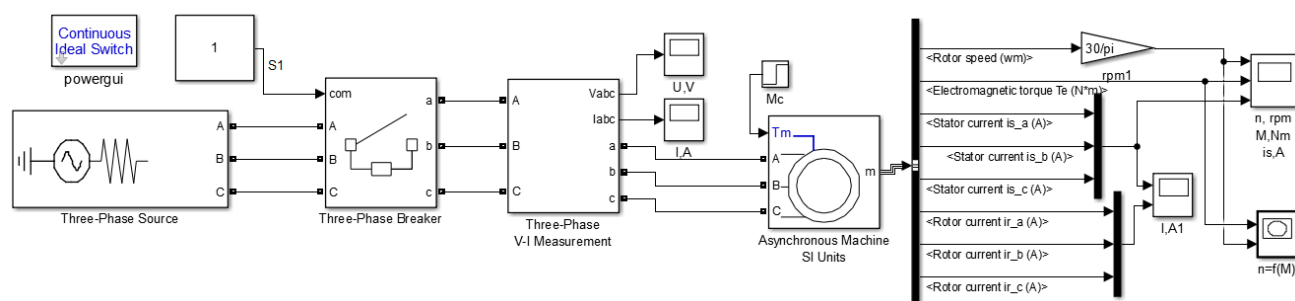


Рисунок 4.1.-Модель асинхронного двигуна для дослідження в режимі прямого пуску.

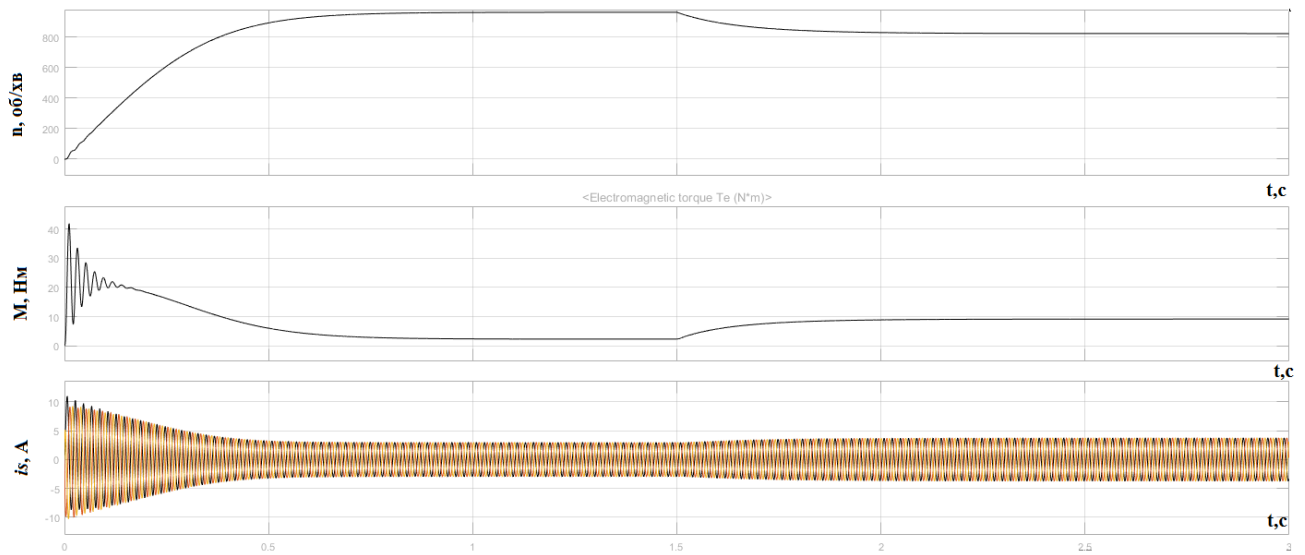


Рисунок 4.2- Динамічні характеристики при прямому пуску асинхронного двигуна: частоти обертання, електромагнітного моменту та струмів статора.

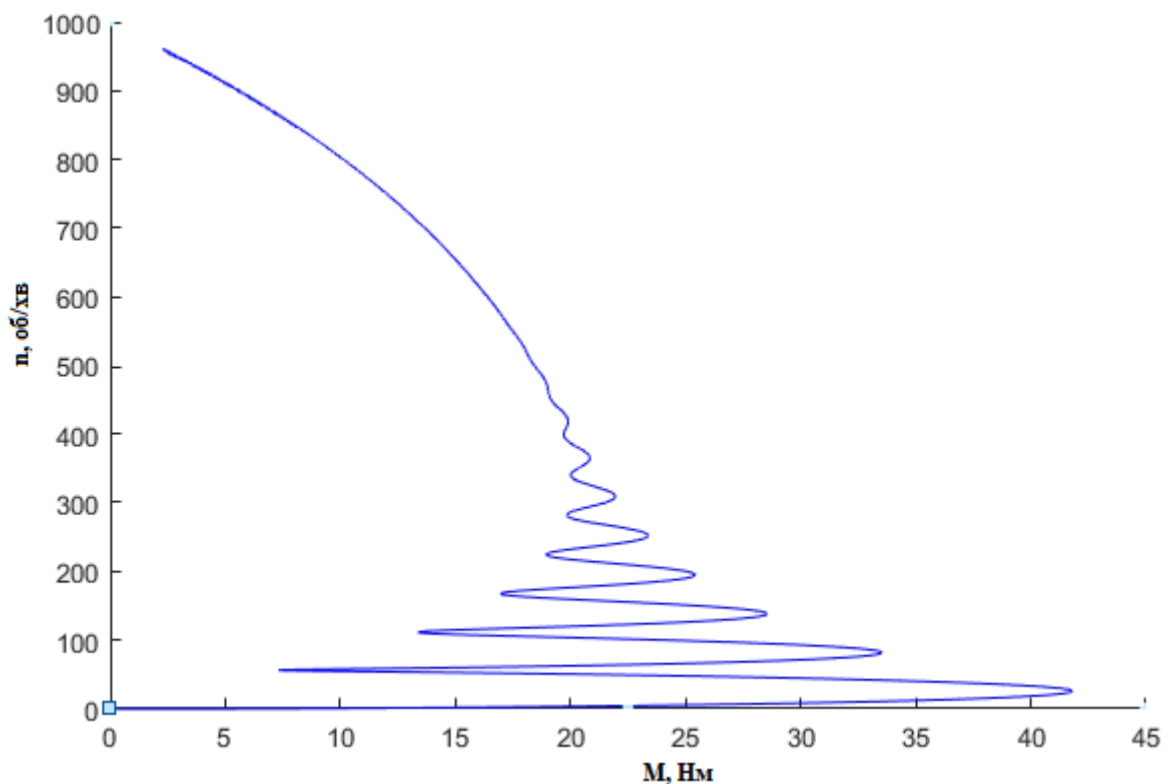


Рисунок 4.3- Динамічна механічна характеристика при прямому пуску асинхронного двигуна

4.2 Пуск електропривода з частотним регулюванням

$$U_1/f_1 = \text{const} .$$

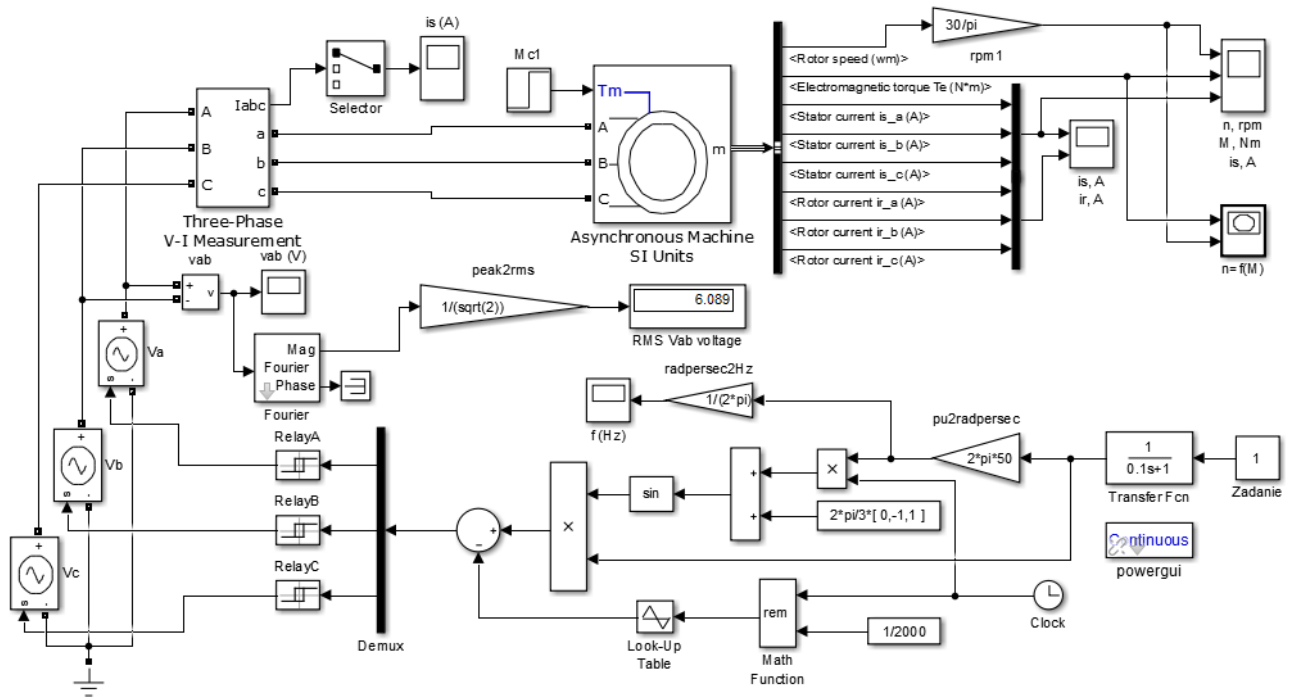


Рис. 4.4 – Модель асинхронного електропривода з частотним регулюванням

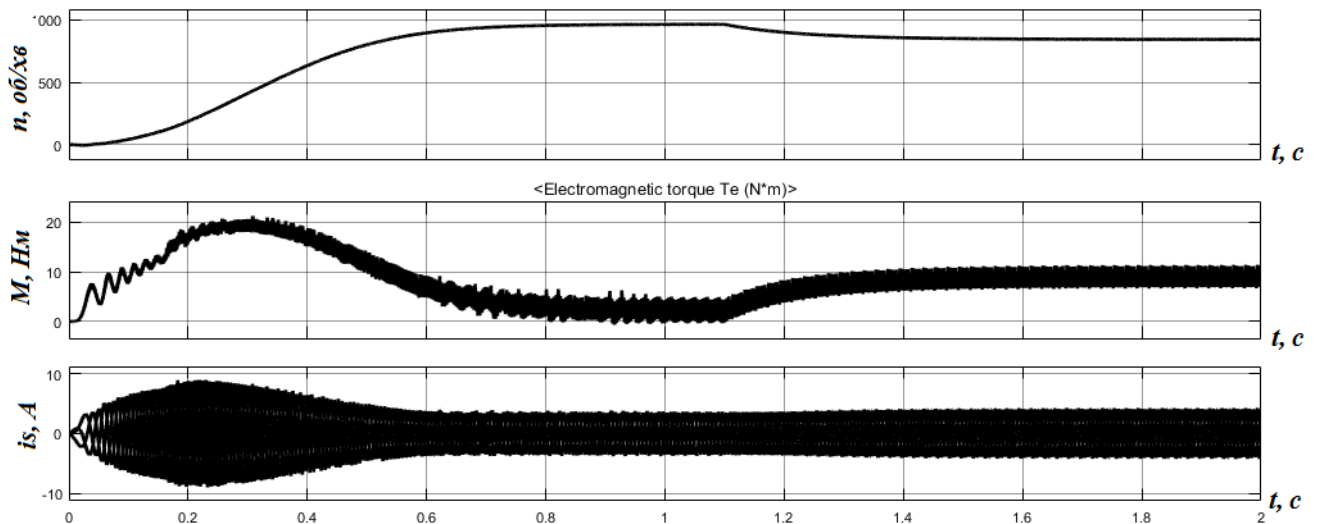


Рис. 4.5 – Динамічні характеристики асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=50$ Гц для номінального режиму роботи

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

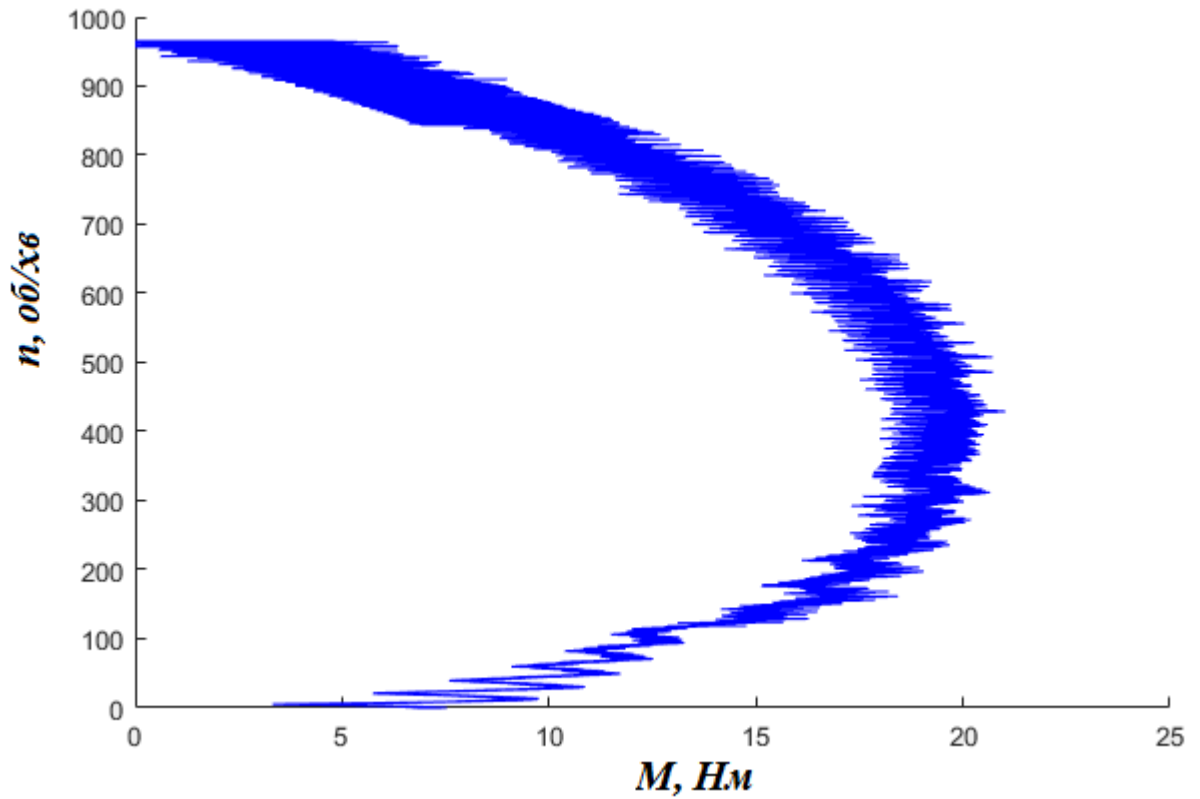


Рис. 4.6 – Динамічна механічна характеристика асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=50$ Гц для номінального режиму роботи

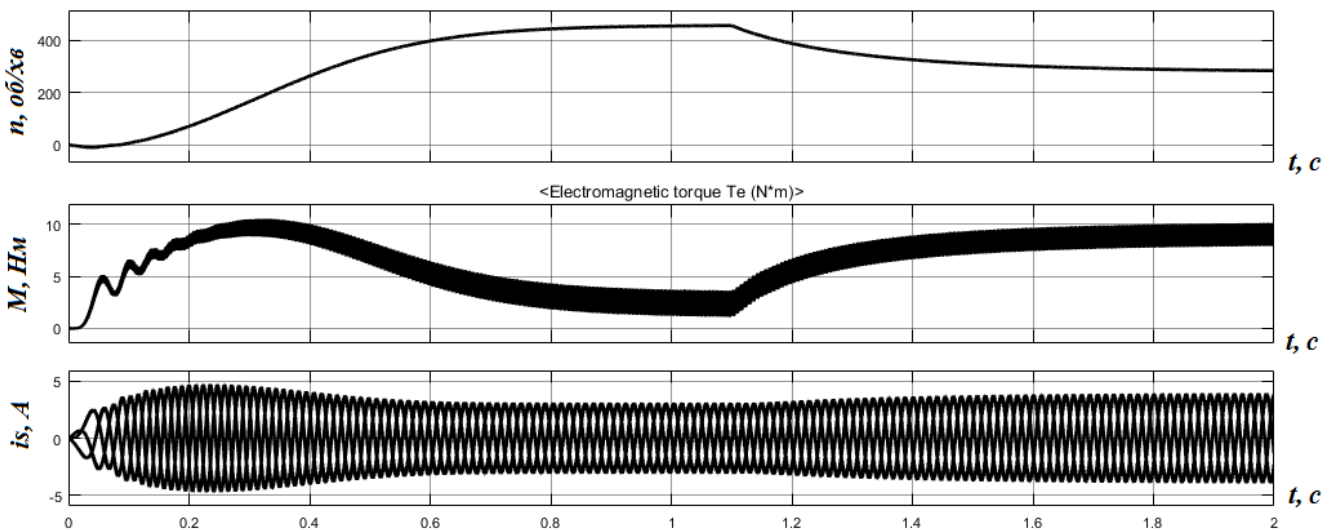


Рис.4.7 – Динамічні характеристики асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=25$ Гц для номінального режиму роботи

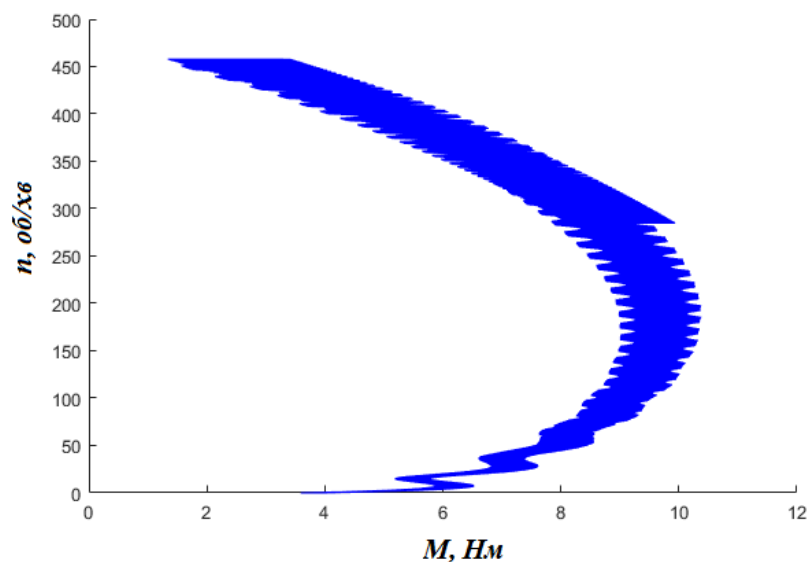


Рисунок 4.8 – Динамічна механічна характеристика асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=25$ Гц для номінального режиму роботи

Висновки

Відповідно до сучасних вимог була обрана система управління, яка побудована на базі частотного перетворювача і асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. Була розрахована потужність необхідного електродвигуна, обраний асинхронний двигун типу АР160S6 потужністю в 11 кВт, а також було побудовано його механічні характеристики.

Для асинхронного електродвигуна був обраний частотний перетворювач з програмованим управлінням типу РІ7800 015G3 потужністю 15 кВт, з номінальним напруга мережі живлення 380В при частоті 50Гц.

Дослідження математичної моделі в середовищі Simulink (Matlab 16a) показали її працездатність, а характеристики запропонованого регульованого електроприводу задовольняють технологічним процесом.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Ефективність використання системи управління частотно - регульованого асинхронного електроприводу барабанного сушильного агрегату

Використання системи управління дозволяє підвищити продуктивність сушильного агрегату, забезпечити гнучкість виробництва і створити високий техніко-економічний ефект. Підвищення продуктивності забезпечується за рахунок скорочення допоміжного і машинного часу обробки, автоматизації настановних переміщень, тобто зменшується трудомісткість просушування зерна. очність обробки зростає за рахунок усунення помилок оператора, можливих при ручному обробці.

Досвід експлуатації барабанної сушарки та дослідження по техніко економічній ефективності їх застосування показали, що при правильному підборі параметрів системи управління показники економічної ефективності істотно зростають. Витрати на підготовку виробництва знижуються в 3 разів, продуктивність праці підвищується в 2 рази, знижується трудомісткість просушування зерна при значному підвищенні якісних характеристик просушування.

У дипломному проекті розроблена система управління частотно регульованим електроприводом барабанного сушильного агрегату. Розроблена система управління ПЧ-АД має більш широкий діапазон регулювання частот обертання валу-двигуна. Це дозволяє економити електроенергію і покращувати якість просушування.

Вихідні дані для розрахунків економічного ефекту наведені в завданні дипломного проекту, а також розраховані в технологічній частині проекту.

5.2 Економічне обґрунтування проекту

Оптимізація системи керування електроприводом барабанного сушильного агрегату дозволяє знизити витрату електроенергії, збільшити ресурс роботи електродвигунів і збільшити термін служби асинхронного двигуна і зменшити вплив зовнішнього впливу на сталий режим роботи цієї сушарки.

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

Витрата енергії при просушування є суттєвою величиною, обліковується при проектуванні нових сушарок, що визначає собою потужність головного двигуна агрегату і потужність, передану усіма передавальними пристроями.

При експлуатації старих сушарок, намічений режим роботи перевіряють щодо навантаження двигуна і окремих частин приводу. Щоб визначити необхідну, для даних умов, потужність, широко використовують різні прийоми, засновані на практичних даних. Однак у багатьох випадках виправдовуються і теоретичні розрахунки.

Потужність, що витрачається при сушінні, визначається за формулою:

$$P = P_{\text{деф}} + P_{\text{подш}} + P_{\text{ш.к}} + P_{\text{ред}} + P_{\text{дв}}$$

Розрахунок виконаний відповідно до методики визначення економічної ефективності використання в народному господарстві нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій.

У виборі апаратних засобів вирішальними факторами були висока надійність елементної бази. В якості апаратних забезпечень були обрані датчики швидкості і сумуючі пристрої, і вторинні перетворювачі, що забезпечують формування вхідних електричних аналогових сигналів системи управління, а також показують прилади і органи управління. За рахунок цього досягається економічний ефект, який складається з декількох складових:

- енергозбереження до 40%
- збільшення $\cos\phi$ до 0.9-0.95
- збільшити ККД до 90%
- спільне управління регуляторами

5.3 Розрахунок капіталовкладень і економічної ефективності модернізації.

В роботі впроваджується система «перетворювач частоти – асинхронний двигун» або «ПЧ-АД»- асинхронний двигун, регулятор швидкості, тиристорний перетворювач частоти, датчики швидкості і пускорегулююча апаратура.

Актуальна ціна на даний момент:

- асинхронний двигун - АІР 160S6, ціна – 11 129 грн.;

- тиристорний перетворювач частоти - РІ7800 015G3, ціна -31 862 грн.

Проводимо розрахунок:

1. Визначаємо річне виробництво барабанної сушили зерна.

$$OB_{г} = OB_{сут.} \cdot N = 192 \cdot 250 = 48000 \frac{т}{рік}.$$

$OB_{сут.}$ —об'єм виробленого сушилкою зерна за годину;

N —кількість робочих днів.

2. Визначаємо норму затрат електроенергії на сушіння 1 т. до модернізації.

$$N_{р\text{ ел-ен }1} = \frac{P \cdot N}{8} = \frac{11000 \cdot 1}{8} = 1,375 \frac{кВт}{год}.$$

P —потужність двигуна.

3. Визначаємо річні витрати електроенергії.

$$R_{ел-ен\ 1\ р} = OB_{суш.р.} \cdot N_{р\text{ ел-ен }1} = 48000 \cdot 1,375 = 66000 \frac{кВт \cdot т}{рік}.$$

$N_{р\text{ ел-ен }1}$ —норма витрати електроенергії на 1т.

3.1 Визначаємо затрати електроенергії до модернізації.

$$Z_{ел-ен\ 1} = R_{ел-ен\ 1\ р} \cdot Ц_{од.ел-ен} = 66000 \cdot 1.79 = 118\ 140 \text{ грн.}$$

$Ц_{од.ел-ен}$ —ціна одиниці електроенергії.

3.2 Визначаємо затрати електроенергії після модернізації.

$$Z_{ел-ен\ 2} = Z_{ел-ен\ 1} \cdot \Delta N_{р\text{ ел-ен}} = 118\ 140 \cdot 0,4 = 47\ 256 \text{ грн.}$$

4. Розрахунок стартових інвестицій.

4.1 Вартість нового обладнання (з НДС).

$$Ц_{пр.о.} = Ц_{опт.} \cdot K_{НДС} = (11\ 129 + 31\ 862) \cdot 1,2 = 51\ 586 \text{ грн.}$$

$Ц_{опт.}$ —оптова вартість засобів модернізації;

$K_{НДС}$ —коефіцієнт відрахувань на податок .

Визначаємо стартові інвестиції обладнання.

$$IC_{об} = \left(Ц_{пр.об.} + Ц_{пр.об.} \cdot K_M + Ц_{пр.об.} \cdot \frac{H_{г}}{100} + Ц_{пр.об.} \cdot \frac{H_{тр}}{100} \right) + =$$

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$+ \left(C_{\text{пр.об.}} \cdot C_{\text{пр.об.}} \cdot \frac{H_T}{100} + C_{\text{пр.об.}} \cdot \frac{H_{\text{тр}}}{100} \right) \cdot \frac{H_{\text{зс}}}{100} =$$

$$= C_{\text{пр.об.}} \cdot 1,165 = 51\,589 \cdot 1,165 = 60\,101 \text{ грн.}$$

$C_{\text{пр.об}}$ —вартість обладнання;

H_T — норматив відрахувань на тару та упакування, $H_T = 0,25\%$;

$H_{\text{тр}}$ — норматив відрахувань на транспортні витрати, $H_{\text{тр}} = 5\%$;

$H_{\text{зс}}$ — норматив відрахувань на заготівельно-складські витрати,
 $H_{\text{зс}} = 1,2\%$.

5. Визначаємо зміни амортизаційних відрахувань .

$$\Delta Z_{\text{ам.}} = IC_{\text{об}} + H_{\text{ам.від.}} = 60101 \cdot 0,5 = 30050 \text{ грн.}$$

$H_{\text{ам.від.}}$ —норматив амортизаційних відрахувань.

6. Визначаємо зміни затрат електроенергії .

$$\Delta Z_{\text{ел-ен}} = Z_{\text{ел-ен2}} - Z_{\text{ел-ен1}} = 47\,256 - 118\,140 = -70\,884 \text{ грн.}$$

7. Визначаємо повну собівартість після впровадження обладнання.

$$\Delta C_{\text{п}} = \Delta Z_{\text{ел-ен}} + \Delta Z_{\text{ам.}} = -70\,884 + 30050 = -40\,834 \text{ грн.}$$

8. Визначаємо зміни прибутку за рахунок впровадження проекту .

$$\Delta \text{П} = (-\Delta C_{\text{п}}) = 40\,834 \text{ грн.}$$

9. Визначаємо зміни чистого прибутку за рахунок впровадження обладнання .

$$\Delta \text{ЧП} = (\Delta \text{П} - \Delta Z_{\text{ам.}}) \cdot (1 - H_{\text{п}}) = (40\,834 - 30050) \cdot 0,82 = 8\,843 \text{ грн.}$$

10. Визначаємо чистий грошовий потік

$$\text{ЧГП} = \Delta \text{ЧП} + \Delta Z_{\text{ам.}} = 8\,843 + 30050 = 38\,893 \text{ грн.}$$

Висновок :

В результаті проведеного розрахунку видно, що інвестиції у варіант електропривода з асинхронним двигуном з коротко замкнутим ротором і перетворювачем частоти доцільні, так як приріст чистого прибутку і чистого грошового потоку більше 0 і становлять: $\Delta \text{ЧП} = 8\,843 \text{ грн.}$, $\text{ЧГП} = 38\,893 \text{ грн.}$ та термін окупності менше нормативного.

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

6.ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

6.1 Правила технічної експлуатації

Сушильний барабан працює в безперервному автоматичному режимі. Тривала і безпечна його робота забезпечується грамотної експлуатацією при дотриманні нижче викладених правил. При прийманні і здаванні зміни обслуговуючий персонал повинен оглянути всі його вузли і деталі і виявити їх технічний стан. При огляді необхідно звертати увагу на:

- 1) стан і надійність вузлів кріплення електродвигуна, редуктора, корпусів підшипників, венцової і підвенцової шестерень, роликоопор;
- 2) ступінь зносу і наявність тріщин і поломок у зубів венцової і підвенцової шестерень, корпусу барабана, бандажів, роликів;
- 3) наявність і якість мастила зубчастої передачі, підшипників і редуктора, відсутність її підтікань.

Під час роботи сушильного барабана необхідно:

- Стежити за рівномірністю подачі матеріалу, т. К. Нерівномірна подача знижує його продуктивність.
- Стежити за тим, щоб сторонні предмети разом з матеріалом не потрапляли всередину барабана, т. К. Це може привести до аварії.
- По приладам стежити за температурою в різних зонах барабана і коригувати її за рахунок збільшення або зменшення подачі горючої суміші в пальники, а також зміною її складу (співвідношення повітря і палива). Крім того, на величину температур впливає ступінь розрядження всередині барабана, від якої залежить швидкість руху газів в барабані і їх тепловіддача (при зменшенні швидкості вона збільшується).
- Періодично, шляхом взяття контрольних проб і їх аналізу визначати вологість матеріалу на виході з барабана і при відхиленнях її понад допустимих меж - відкоригувати зміною подачі палива, його складу і розрядження всередині барабана.

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

– Стежити за нагріванням підшипників роликоопор, підвенцової шестерні, редуктора. Допускається нагрівання до 65 ° С.

– При появі стукотів і шумів, не характерних нормальній роботі сушильного барабана, його необхідно негайно зупинити, виявити і усунути причину. Зупиняють сушильний барабан тільки в аварійних ситуаціях і для проведення ремонтів і технічних обслуговувань. Для цього зупиняють живильник, виробляють весь наявний в барабані матеріал, припиняють подачу палива до пальників і, не зупиняючи електродвигун приводу і димосос, охолоджують корпус барабана до 40 ° С, після чого його вимикають. Зупинка розігрітого барабана допускається не більше, ніж на 15 хвилин. Більш тривала зупинка може викликати прогин корпусу. Пуск сушильного барабана після ремонту займає кілька годин, т. К. Його корпус попередньо необхідно розігріти на холостому ходу до робітників. Температур, після чого подачу матеріалу починають з мінімальної і збільшують до номінальної відповідно до режиму, що встановлюються заводом-виробником. Перед пуском барабан ретельно оглядається, і всі виявлені несправності усуваються.

6.2 Правила техніки безпеки персоналу

Безпека персоналу, що обслуговує сушильний барабан, забезпечується при виконанні і дотриманні викладених нижче правил:

– Система управління сушильних агрегатом повинна мати електричне блокування, що забезпечує наступний порядок пуску: димосос - стрічковий розвантажувальний конвеєр - сушильний барабан - стрічковий живильник, а при зупинці - зворотний порядок відключення. Крім того, при падінні розрядження в топці для спалювання палива нижче допустимого повинна припинити подачу палива в пальник. Чистку, мийку барабана виробляють тільки при його зупинках, використовуючи для цього ломики, металеві щітки, лопати, скребки, шланги зі стисненим повітрям і водою, ганчір'я, гас, дизельне паливо.

– Опорні й наполегливі ролики, венцових і подвенцової шестерні повинні бути огорожені суцільними металевими огорожами (кожухами), а газопроводи

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

– Тепло ізольоване для попередження можливості опіків обслуговуючого персоналу.

– Сушилка для білизни для попередження Q пуску повинен бути обладнані світловою та звуковою сигналізацією (миготливими електричними лампами червоного кольору і електричним дзвінком), які повинні забезпечувати видимість і чутність сигналів для всіх працюючих в сушильній відділенні.

– Ущільнення корпусу сушильного барабана і ступінь розрядження всередині його, а також герметичність завантажувального і розвантажувального пристроїв повинні запобігати проникненню топкових газів в робоче приміщення. При падінні розрядження в пиловий камері сушильного барабана нижче норми автоматика повинна відключати подачу палива в пальник. Ступінь загазованості робочого приміщення сушильного відділення повинна постійно контролюватися парканом і експрес-аналізом проб повітря. При загазованості, що перевищує санітарні норми, робота сушильного барабана повинна бути заборонена. Пиловловлюючі установки сушильних агрегатів повинні забезпечувати очищення газів і повітря від пилу перед викидом в атмосферу не нижче санітарних норм.

– Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом корпусу електрощитів, електродвигуна сушильного барабана повинні мати заземлення, приєднані до цехового конструкцій захисного заземлення.

– До обслуговування сушильного барабана допускаються особи, які пройшли навчання, стажування та інструктаж з техніки безпеки, які склали кваліфікаційний іспит.

– При огляді сушильного барабана необхідно оцінити технічний стан і надійність закріплення всіх огорожень і заземлюючих пристроїв. Всі виявлені несправності повинні усуватися. Робота при несправних огорожах і заземлення категорично забороняється.

– Забороняється змащувати, усувати будь-які неполадки і проводити ремонт при працюючому приводі. Для цього необхідно зупинити барабан, відключити його електродвигун з видаленням запобіжників, на пускових пристроях вивішують плакати з написом "Не вмикати - працюють люди!"

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

– Внутрішній огляд і ремонт корпусу повинен здійснюватися не менше, ніж двома робітниками, один з яких виконує роль страхуючого, за нарядом-допуском. Для освітлення повинні / використовуватися переносні лампи в закритому виконанні напругою не більше 12 В.

– Під час розпалу й експлуатації сушильного барабана забороняється відкривати двері топок, стояти проти них, спостерігати за горінням палива без захисних окулярів з затемненими стеклами, перебувати під його корпусом під час роботи.

Висновки

1. Розроблений і досліджений частотно-регульований електропривод барабанної сушарки насіння соняшника.

2. Обрана система управління, яка побудована на базі частотного перетворювача.

3. Проведено дослідження математичної моделі електроприводу (в середовищі Simulink Matlab), що показали її працездатність, а характеристики запропонованого регульованого електроприводу задовольняють технологічному процесу.

4. Приріст чистого прибутку становить: $\Delta ЧП = 8\,843$ грн. та термін окупності менше 1 року.

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Нагорнов С.А., Дворецкий Д.С., Романцова С.В., тарів В.П. Техніка і технології виробництва рослинних олій. - М.: ГОУ ВПО ТДТУ, 2010. - 90 с.
2. Щербаков В.Г. Технологія отримання рослинних масел. - М.: Колос, 2003. - 206 с.
3. Белобородов В.В. Основні процеси виробництва рослинних олій. - М.: Харчова промисловість, 2005. - 478 с.
4. Копейковскій В.М. Технологія виробництва рослинних олій. - М.: Легка харчова промисловість, 2007. - 410 с.
5. Винокуров К.В. Елеватори, склади, зерносушарки. - М.: Саратов, 2008. - 88 с.
6. Баум А.Є. Сушка зерна. - М.: Колос, 2007. - 165 с.
7. Комишнік Л.Д., Журавльов О.П. Сушка і зберігання насіння соняшнику. - М.: Агропромиздат, 2010. - 93 с.
8. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сісюк Г.Ю., Садовий О.В. – Кременчук, 2001. – 410 с.
9. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 150 с.
10. Півняк Г. Г. Електричні машини: навч. посіб. / Г. Г. Півняк та ін. Д.: НГУ, 2003. – 328 с. ISBN 966-8271-36-X.

					КРБ.ЕМ та М.797-03.2.2	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59