

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



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
на тему «Модернізація електроприводу сушарки овочів за системою  
електричного валу »**

Здобувача . Фелонюк Дмитро  
Анатолійович

Гр. АЕМ<sub>м</sub>-20 групи

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

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 9.10. 2023 р., протокол №12.

Завідувач(ка) кафедри Осадчук П.І. \_\_\_\_\_

Одеса - 2023 рік

## ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Автоматизації та робототехніки

Кафедра: Електромеханіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: магістр

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Електромеханічні системи з інтелектуальним керуванням

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри ЕтаМ

\_\_\_\_\_ Осадчук П.І.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

## НА КВАЛІФІЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

здобувач СВО «бакалавр»

. Фелонюк Дмитро Анатолійович

1. Тема роботи: «Дослідження та вдосконалення електроприводу конвеєра сушарки овочів та фруктів»

Керівник роботи: Штепа Є.П., к.т.н., доцент.

затверджено наказом ОНТУ № 841-03 від 15-11-22

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: « 5 » \_\_\_\_\_ 12 \_\_\_\_\_ 2023 р.

3. Вхідні дані до проекту: Сушарка СПК-4Г-90 : продуктивність 450 кг / год; кількість електродвигунів конвеєрів 2; робоча площа конвеєрів 90м<sup>2</sup>; число транспортерів 5.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: Електропривод за системою електричного валу; дослідження на електронній моделі.

5. Перелік демонстраційного матеріалу. Слайди презентації: 1. Загальний вигляд сушарки. Технічні характеристики сушарки

2. Конструкція стрічкової сушарки

3. Розрахунок навантажень і вибір потужності двигунів

4. Схема електричного вала

5. Електричний вал з перетворювачем частоти

6. Вибір перетворювача частоти для електричного валу

7. Дослідження системи управління на електронній моделі.

6. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. Опис конструкції сушарки і особливостей експлуатації

Розділ 2. Розрахунок навантажень і вибір потужності двигунів

Розділ 3. Обґрунтування вибору системи електроприводу.

Розділ 4. Вибір перетворювача частоти для електричного валу.

Розділ 5. Розробка електронної моделі електроприводу.

Розділ 6. Дослідження електроприводу на електронній моделі.

7. Перелік демонстраційного матеріалу (слайдів) :

Консультанти розділів проекту (роботи)

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

Дата видачі завдання 10.10.2022 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Розділ 1. Аналіз літературних джерел	05.11.2023	
2.	Розділ 2. Опис конструкції сушарки і особливостей експлуатації	10.11.2023	
3.	Розділ 3. Розрахунок навантажень і вибір потужності двигунів	15.11.2023	
4.	Розділ 4. Обґрунтування вибору системи електроприводу	25.11.2023	
	Розділ 5. Вибір перетворювача частоти для електричного валу	30.11.2023	
5.	Розділ 6. Розробка електронної моделі електроприводу	5.12.2023	
6.	Розділ 7. Дослідження електроприводу на електронній моделі	10.12.2023	
7.	Розділ 8. Економічна частина	12.12.2023	
8.	Перевірка роботи на добротність	17.12.23	
9.	Попередній захист дипломного проекту	18.12.23	
10.	Захист кваліфікаційної роботи магістра	25.12.2023	

Студент Фелонюк Д.А. \_\_\_\_\_

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 веб-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності. Здобувач СВО \_\_\_\_\_ Фелонюк Д. А.*

## РЕФЕРАТ

Фелонюк Д. А. Дослідження та вдосконалення електроприводу конвеєра сушарки овочів та фруктів. Кваліфіційна робота магістра. – Одеса: ОНТУ, 2023. – 67 с. Бібліогр.: 4. Іл.: 21. Табл.: 3.

В кваліфіційній роботі магістра зроблено опис конструкції сушарки і особливості її експлуатації; обґрунтовано вибір системи електроприводу у вигляді електричного вала; розраховано і вибрано потужності двигунів; приведена схема електричного валу; вибрано перетворювач частоти; розроблена електронна модель електроприводу і проведено дослідження системи управління електроприводом на електронній моделі. Також приведена економічна частина та техніка безпеки при експлуатації електроприводу.

**Ключові слова:** сушарка; електричний вал; перетворювач частоти; електронна модель; дослідження

## ABSTRACT

Felonyuk D. A. Research and improvement of the electric drive vegetable and fruit dryer conveyor. Master's qualification thesis. – Odesa: ONTU, 2023. – 67 p. Bibliography: 4. Illustration: 21. Table: 3.

In the master's qualification work, a description of the design of the dryer and the features of its operation is made; the choice of an electric drive system in the form of an electric shaft is justified; engine power is calculated and selected; the diagram of the electric shaft is given; the frequency converter is selected; an electronic model of the electric drive was developed and research was carried out on the control system of the electric drive based on the electronic model. Also, the economic part and safety techniques for the operation of the electric drive are given.

**Keywords:** dryer; electric shaft; frequency converter; electronic model; research

star\_border

## Зміст

Вступ.....	7
<b>Розділ 1. Аналіз літературних джерел.....</b>	<b>9</b>
1.1. Огляд різних типів сушарок.....	9
1.2 .Опис сушарки СПК-4Г-90.....	14
<b>Розділ 2. Опис конструкції сушарки і особливостей експлуатації.....</b>	<b>27</b>
<b>Розділ 3. Розрахунок навантажень і вибір потужності двигунів.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1. Розрахунок навантаження конвеєра.....</b>	<b>32</b>
<b>Розділ 4. Обґрунтування вибору системи електроприводу.....</b>	<b>40</b>
4.1. Принцип роботи електричного валу.....	40
4.2.Опис роботи електричного вала.....	42
<b>Розділ 5.Вибір перетворювача частоти для електричного валу.....</b>	<b>44</b>
5.1 Принцип роботи перетворювача.....	44
5.2. Вибір перетворювача частоти.....	47
<b>Розділ 6. Розробка електронної моделі електроприводу.....</b>	<b>53</b>
<b>Розділ 7.Дослідження електроприводу на електронній моделі.....</b>	<b>55</b>
<b>Розділ 8. Економічна частина.....</b>	<b>58</b>
<b>Список літератури.....</b>	<b>66</b>

					КРМ.ЕМ та М.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Вступ

Стрічки п'яти конвеєрів сушарки повинні рухатися синхронно. В існуючій конструкції синхронізація здійснюється за допомогою механічних варіаторів, які не завжди забезпечують надійну синхронізацію.

Задача надійної синхронізації може бути здійснена заміною механічних варіаторів електричним валом з частотним перетворювачем, який дозволить установлювати швидкість синхронного руху стрічок в залежності від продуктів, які треба сушити.

Стрічкові конвективні сушарки використовують у харчовій промисловості для сушіння матеріалів, нарізаних на куски сухарів, фруктів, овочів, харчових концентратів, чаю, макаронів та інших продуктів. Стрічкові сушарки - пристрої безперервної дії, що складаються з декількох стрічкових транспортерів, які розташовані один під іншим у прямокутному корпусі.

Висушуваний матеріал в стрічкової сушарці надходить на верхню стрічку і, слідуючи за конвеєром, проходить до нижнього розвантажувального люка.

Стрічки виготовлені з металевих сит з великим живим перетином. Між двома гілками транспортних стрічок розташовані ребристі парові підігрівачі. Повітря надходить знизу і проходить перехресним по відношенню до матеріалу потоком через все стрічки сушарки. Відпрацьоване повітря видаляється за допомогою труби або вентилятора. Швидкість руху стрічок змінюється від 0,1 до 1 м / хв за допомогою варіатора швидкості.

Стрічкові конвективні сушарки працюють за спрощеним варіантом з проміжним підігрівом повітря. Це дозволяє здійснювати м'які режими сушіння, так як проміжні температури нагрівання і ступеня насичення повітря вологою можуть бути обрані відповідно до швидкості випаровування вологи з матеріалу. Завдяки поступового наростання вмісту вологи, в таких сушарках можна висушувати харчові продукти, для яких потрібні рівномірні умови сушки і не висока температура. На макаронних і овочесушительних

					КРМ.ЕМ та М.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

підприємствах встановлені в основному парові конвеєрні (стрічкові) сушарки.

**Актуальність теми:** У галузях харчової промисловості електричний привід є визначальний. Тому розробка економічно ефективного електроприводу є актуальним.

**Завдання дослідження:** Дослідити режими роботи електроприводу сушарки з електричним валом

**Об'єкт дослідження:** Електропривід за системою електричним валом

					КРМ.ЕМ та М.841-03.15.11.22;1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Розділ 1. Аналіз літературних джерел.

### 1.2. Огляд різних типів сушарок.

Сушарки бувають барабанні і стрічкові, одноярусні і багатоярусні. Барабанна сушарка "Ромет" Сушарки цього типу встановлені в автоматизованій лінії італійської фірми "Брайбанті". Барабанна сушарка (Рис. 1.1,а) являє собою два сітчасті циліндри діаметром 1600 і 2400 мм, вставлених один в інший. Кріплення циліндрів між собою здійснюється за допомогою ободів та 24 поперечних стяжок. Для надання конструкції необхідної жорсткості по зовнішньому периметру барабана встановлено шість обручів із спеціальними затискними пристроями.

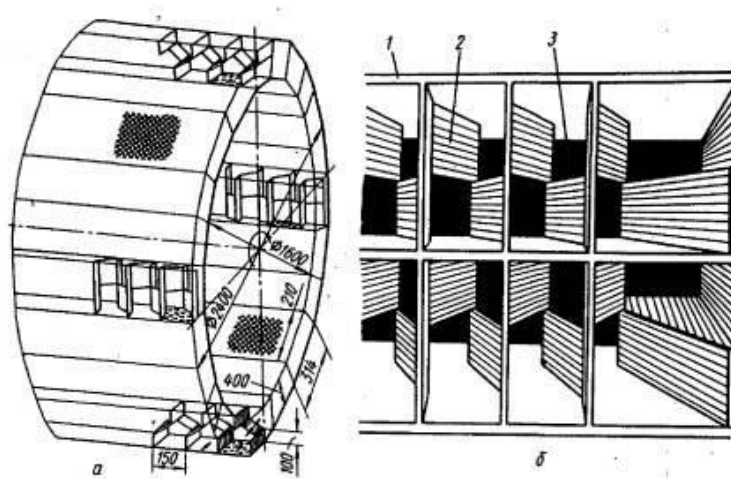


Рис.1.1-Барабанна сушарка фірми "Ромет": а – схема; б - осередки; 1 – перегородка; 2 – профіль; 3 – вікно.

Внутрішній простір між циліндрами розділено металевими перегородками (Рис. 1.1,б) 1, а кожна секція по всій довжині – спеціальними вигнутими профілями 2 на окремі осередки з вікнами 3 (50 осередків). Така конструкція забезпечує при обертанні барабана пересипання продукту в осередках і поступовий рух по секції. За один оборот барабана вироби пересипаються з одного осередку до іншого, за 50 оборотів барабана виробу проходять послідовно всі осередки однієї секції.

					КРМ.ЕМ та М.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



помогою перевантажувального пристрою, який має збірні вертикальний та похилий лотки. Сушильний барабан встановлений на чотирьох роликах (рис.4.10), з яких два приводні 3. Ролики розташовані на різній висоті та на спеціальних опорах. Для виключення осьового зміщення барабана 8 опори 5 мають по напрямному ролику 4. Привід барабана здійснюється від електродвигуна 6 потужністю 0,55 кВт, клинопасової передачі 7, одноступінчастого циліндричного редуктора 1 і чотиришвидкісної коробки передач 2. Частота обертання барабанів регулюється в чотирьох діапазонах 0, ; 1,0; 1,5 та 2,0 об/хв. Мінімальна тривалість сушіння барабанної сушарці 25 хв, максимальна –100 хв. В автоматизованій лінії послідовно встановлюється 3-4 барабанні сушарки.

Стрічкові багатоярусні конвеєрні сушарки застосовують для сушіння макаронних виробів, сухарів, фруктів, овочів, крохмалю та ін. Вологий матеріал завантажується через верхній бункер завантаження, як показано на рис. 1.3, або бічний і надходить на верхній перфорований стрічковий конвеєр, на якому переміщається вздовж сушильної камери, і потім пересипається на нижчий конвеєр. З нижнього конвеєра висушений матеріал надходить у розвантажувальний бункер або приймальний конвеєр. Пересипання матеріалу зі стрічки на стрічку сприяє його перемішування, що, своєю чергою, збільшує швидкість сушіння. Повітря нагнітається вентилятором, проходить через калорифер і прямує в сушильну камеру, де пронизує шар матеріалу на кожній перфорованій стрічці. Стрічкові сушарки бувають прямоточними та протиточними. У таких сушарках може бути передбачена рециркуляція повітря. Завдяки проміжному підігріву та рециркуляції повітря у стрічкових сушарках досягаються м'які умови сушіння.

					КРМ.ЕМ та М.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

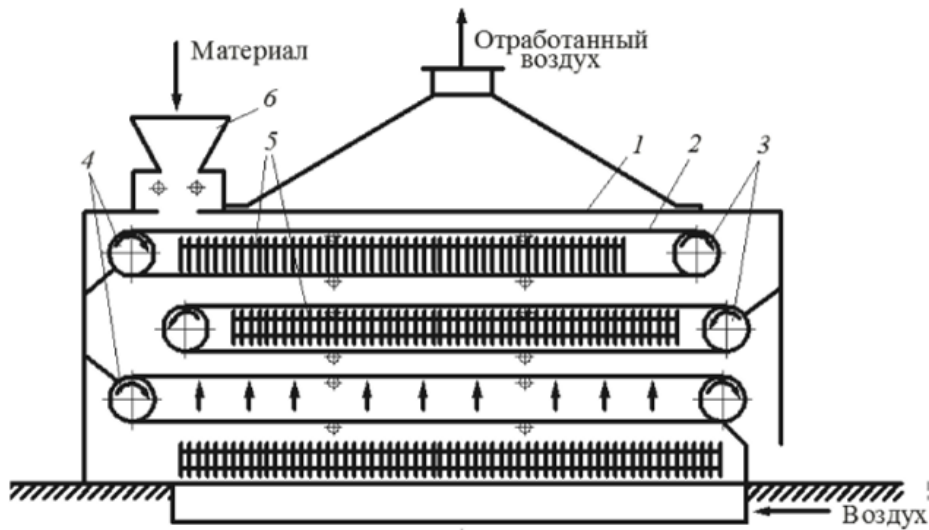


Рис.1.3-Стрічкова сушарка: • 1 корпус; 2-стрічковий конвеєр; 3 - провідні барабани; 4 - ведені барабани; • 5 – калорифери; 6 - бункер із завантажувальним пристроєм.



Рис. 1.4-Сушарка моделі SP12

Сушарка моделі SP12 (Рис. 1.4) призначена для сушіння: хміль, коноплі, сіно люцерни (і інші види сіно/соломи), крупи і подібні матеріали рослинного походження, тріска/стружка/опилка дерева.

					КРМ.ЕМ та М.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Продуктивність по вхідній сировини, вологістю 50-85%: 3000 кг/год.

Производительность по выходящему сырью, влажностью 10-20%: 1500 кг/час.

Размер подаваемого в сушилку материала: 5-500 мм.

Влажность входящего материала: 50-85 %.

Влажность выходящего материала: 10-20 %.

Напряжение: 400В/50Гц /480В/60Гц .

Установленная электрическая мощность: 43 кВт.

Номинальная тепловая мощность(мощность теплогенератора): 500 кВт.

Топливо для теплогенератора: легкий мазут, природный газ, твердое топливо(щепа, пеллеты).

Расход топлива (легкий мазут): 38 л/час.

Минимум перемещение ремня =720 мм / мин: максимальное время сушки 46 мин.

Максимум переміщення ремня = 5700 мм / хв.: мінімальний час сушіння 6,15 хв.

Максимум обсяг матеріалу на ремнях (в коробці): 6,2м3.

Питома вага агроматеріалу приблизно 280-320 кг / м3: В коробці = 1740 - 1980 кг.

Кількість випаровується води: 870 – 1480 кг / 46 хв.

Кількість готового висушеного матеріалу: 490 – 870 кг / 46 хв.

Кількість робочих:2.

Габаритні розміри (Довжина x Ширина x Висота): 19,05 x 4,45 x 5,22 м

**Вузол стрічкової сушіння включає в себе:**

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- \* Джерело тепла - 2х обігрівач, дизельне паливо, газ, тверде паливо(тирса, пеллети).
- \* Транспортний вентилятор - 2х вентилятор 7,5 кВт.
- \* Подаючий конвеєр стрічковий конвеєр з бункером.
- \* Поворотний дозатор - дозатор матеріалу для ременя, турнікета.
- \* Сушильна камера - закрита теплоізольована сушильна камера з трьома ременями,  
повітроводи для розподілу і циркуляції осушаючого повітря.
- \* Витяжний вентилятор - транспортний вентилятор 15 кВт.
- \* Відцентровий сепаратор, циклон - сепаратор частинок.
- \* Поворотний клапан - поворотний сепаратор, турнікет.
- \* Вытяжной воздуховод - воздуховод для вытяжки воздуха из коробки.
- \* Разгрузочный конвейер - ленточный конвейер для удаления высушенного материала.
- \* Электрический щит с системой управления.
- \* Все детали и узлы изготовлены только из высококачественного материала ЕС.

## 1.2 . Опис сушарки СПК-4Г-90.

Елементи стрічкового конвеєра сушарки показано на рис. 1.5. Кожен конвеєр має приводний та натяжний барабани діаметром по 86 мм з натягнутою на них сітчастою стрічкою 4 із синтетичного матеріалу. Барабани 5 мають дві подовжні канавки. Полотно сітчастої стрічки через кожні 135 мм (довжина півкола барабана) затиснуто алюмінієвими стрижнями 7 спеціальні профілі 8, аналогічні профілям канавок на барабанах. Стрижні мають дещо більшу, ніж барабани, довжину і на кінцях встановлені поліамідні ролики 1. При обертанні барабанів профілі входять до канавки барабанів, забезпечуючи жорстке зачеплення стрічки з барабанами. Ро-

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

лики при русі стрічки котяться по напрямних куточках 2, прикріпленим до внутрішніх бокових стін каркасу сушарки. Така конструкція забезпечує стрічці достатню жорсткість від провисання в поперечному перерізі та мінімальний опір від тертя під час руху. Для запобігання пробудженню виробів по краях стрічки встановлені щитки 3.

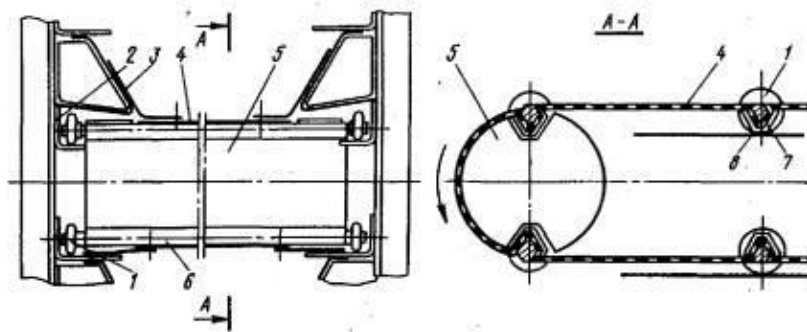


Рис. 1.5- Елементи стрічкового конвеєра попередньої сушарки "Брайбанті": 1 – ролик; 2 – куточок; 3 – щиток; 4 – стрічка; 5 – барабан; 6 - неодружена гілка; 7 – стрижень; 8 – профіль

Привід стрічкових конвеєрів (Рис. 1.5) здійснюється від електродвигуна 4 потужністю 0,6 кВт, з частотою обертання 960 об/хв через клинопасову передачу 3, планетарний редуктор 5 і систему ланцюгових передач. За один оберт барабан переміщає стрічки 1 на два кроки, тобто на дві відстані між суміжними профілями (270 мм). Всі стрічкові конвеєри мають однакову швидкість, яку за допомогою клинопасової передачі можна встановлювати рівною 0,0126; 0,0154; 0,0173 та 0,0195 м/с. Це забезпечує тривалість знаходження виробів у сушарці: максимальну – 84 хв, мінімальну – 55 хв. Натяг кожної стрічки забезпечується вантажем 7, що ковзає по напрямній, підвішеним на тросі 6 через систему роликів. Вага вантажу постійно діє на барабан, що має можливість переміщатися на штангах 2. З нижнього ярусу стрічкового конвеєра виробу надходять у вібраційний лоток. Він є сталевий каркас, обшитий листовим алюмінієм; підвішений до каркасу сушарки на дерев'яними дошками. Привід лотка 12 здійснюється від електродвигуна 10 потужністю 0,4 кВт, з частотою обертання 910 об/хв через клинопасову переда-

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

чу 11 і ексцентрик 9 приводного валу на шатун 8, з'єднаний шарнірно за допомогою спеціального кронштейна з лотком. Лоток вивантажує вироби із сушарки із протилежного від завантаження торця. Система блокування захищає стрічки від перевантаження у разі накопичення виробів. Вона є перед кожним приводним барабаном у місцях, де продукт пересипається зверху до низу з однієї стрічки на іншу. Схема блокування включає шторки 1, що вільно гойдаються в кронштейнах 5, штангу 4 із закріпленими на ній втулками верхньої 2 і нижньої 7, встановленими на пружину 9, і кінцевий вимикач 3. При збільшенні шару виробів на стрічці 10 штор закріплений на ній важіль 6 через нижню втулку відхиляється вниз штангу та верхню втулку, яка діє на кінцевий вимикач, та стрічкові конвеєри зупиняються. Конструкція системи блокування дозволяє регулювати спрацювання кінцевого вимикача при різних відхиленнях шторки. Регулювання проводиться зміною положення кільця 5, що знаходиться на штанзі над пружиною. Переміщенням цього кільця регулюється ступінь попереднього підтиснення пружини. Одночасно шторки забезпечують обмеження надходження повітря, що проходить над шарами виробів, що висушуються, що знаходяться на стрічках.

Елементи стрічкового конвеєра сушарки показано на рис. 4.3. Кожен конвеєр має приводний та натяжний барабани діаметром по 86 мм з натягнутою на них сітчастою стрічкою 4 із синтетичного матеріалу.

Елементи стрічкового конвеєра сушарки показано на рис. 4.3. Кожен конвеєр має приводний та натяжний барабани діаметром по 86 мм з натягнутою на них сітчастою стрічкою 4 із синтетичного матеріалу. Барабани 5 мають дві подовжні канавки. Полотно сітчастої стрічки через кожні 135 мм (довжина півкола барабана) затиснуто алюмінієвими стрижнями 7 спеціальні профілі 8, аналогічні профілям канавок на барабанах. Стрижні мають дещо більшу, ніж барабани, довжину і на кінцях встановлені поліамідні ролики 1. При обертанні барабанів профілі входять до канавки барабанів, забезпечуючи жорстке зачеплення стрічки з барабанами. Ролики при русі стрічки котяться по напрямних куточках 2, прикріпленим до внутрішніх бокових стін каркасу сушарки. Така конструкція забезпечує стрічці достатню жорсткість від провисання в поперечному перерізі та мінімальний опір від тертя під час руху.

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для запобігання пробудженню виробів по краях стрічки встановлені щитки 3. Мал. 4.3. Елементи стрічкового конвеєра попередньої сушарки "Брайбанті": 1 – ролик; 2 – куточок; 3 – щиток; 4 – стрічка; 5 – барабан; 6 - неодружена гілка; 7 – стрижень; 8 – профіль Привід стрічкових конвеєрів (рис. 4.4) здійснюється від електродвигуна 4 потужністю 0,6 кВт, з частотою обертання 960 об/хв через клинопасову передачу 3, планетарний редуктор 5 і систему ланцюгових передач. За один оберт барабан переміщає стрічки 1 на два кроки, тобто на дві відстані між суміжними профілями (270 мм). Всі стрічкові конвеєри мають однакову швидкість, яку за допомогою клинопасової передачі можна встановлювати рівною 0,0126; 0,0154; 0,0173 та 0,0195 м/с. Це забезпечує тривалість знаходження виробів у сушарці: максимальну – 84 хв, мінімальну – 55 хв. Натяг кожної стрічки забезпечується вантажем 7, що ковзає по напрямній, підвішеним на тросі 6 через систему роликів. Вага вантажу (ЮН) постійно діє на барабан, що має можливість переміщатися на штангах 2. З нижнього ярусу стрічкового конвеєра вироби надходять у вібраційний лоток. Він є сталевий каркас, обшитий листовим алюмінієм; підвішений до каркасу сушарки на дерев'яними дошками. Привід лотка 12 здійснюється від електродвигуна 10 потужністю 0,4 кВт, з частотою обертання 910 об/хв через клинопасову передачу 11 і ексцентрик 9 приводного валу на шатун 8, з'єднаний шарнірно за допомогою спеціального кронштейна з лотком. Лоток вивантажує вироби із сушарки із протилежного від завантаження торця. Система блокування захищає стрічки від перевантаження у разі накопичення виробів. Вона є перед кожним приводним барабаном у місцях, де продукт пересипається зверху донизу з однієї стрічки на іншу.

Барабани 5 мають дві подовжні канавки. Полотно сітчастої стрічки через кожні 135 мм (довжина півкола барабана) затиснуто алюмінієвими стрижнями 7 спеціальні профілі 8, аналогічні профілям канавок на барабанах. Стрижні мають дещо більшу, ніж барабани, довжину і на кінцях встановлені поліамідні ролики 1. При обертанні барабанів профілі входять до канавки барабанів, забезпечуючи жорстке зачеплення стрічки з барабанами. Ролики при русі стрічки котяться по напрямних куточках 2, прикріпленим до внутрішніх бокових стін каркасу сушарки. Така конструкція забезпечує стрічці достатню жорсткість від провисання в поперечному перерізі та мінімальний опір від тертя під час руху. Для запобігання пробудженню виробів по краях стрічки встановлені щитки 3.

Привод ленточных конвейеров (рис. 4.4) осуществляется от электродвигателя 4 мощностью 0,6 кВт, с частотой вращения 960 об/мин через клиноременную передачу 3, планетарный редуктор 5 и систему цепных передач. За один обо-

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рот барабан перемещает ленты 1 на два шага, т. е. на два расстояния между смежными профилями (270 мм). Все ленточные конвейеры имеют одинаковую скорость, которую с помощью клиноременной передачи можно устанавливать равной 0,0126; 0,0154; 0,0173 и 0,0195 м/с. Это обеспечивает продолжительность нахождения изделий в сушилке: максимальную – 84 мин, минимальную – 55 мин.

Натяжение каждой ленты обеспечивается грузом 7, скользящим по направляющей, подвешенным на тросе 6 через систему роликов. Вес груза (ЮН) постоянно действует на натяжной барабан, имеющий возможность перемещаться на штангах 2.

С нижнего яруса ленточного конвейера изделия поступают в вибрационный лоток. Он представляет собой стальной каркас, обшитый листовым алюминием; подвешен к каркасу сушилки на деревянных планках. Привод лотка 12 осуществляется от электродвигателя 10 мощностью 0,4 кВт, с частотой вращения 910 об/мин через клиноременную передачу 11 и эксцентрик 9 приводного вала на шатун 8, шарнирно соединенный с помощью специального кронштейна с лотком. Лоток выгружает изделия из сушилки с противоположного от загрузки торца.

Система блокировки предохраняет ленты от перегрузки в случае скопления изделий. Она имеется перед каждым приводным барабаном в местах, где продукт пересыпается сверху вниз с одной ленты на другую.

Схема блокировки (рис. 4.5) включает шторки 1, свободно качающиеся в кронштейнах 5, штангу 4 с закрепленными на ней втулками верхней 2 и нижней 7, установленными на пружину 9, и конечный выключатель 3. При увеличении слоя изделий на ленте 10 шторка отклоняется и закрепленный на ней рычаг 6 через нижнюю втулку отклоняется вниз штангу и верхнюю втулку, которая действует на конечный выключатель, и ленточные конвейеры останавливаются. Конструкция системы блокировки позволяет регулировать срабатывание конечного выключателя при различных отклонениях шторки. Регулирование производится изменением положения кольца 5, находящегося на штанге, над пружиной. Перемещением этого кольца регулируется степень предварительного поджатия пружины. Одновременно шторки обеспечивают ограничение поступления воздуха, проходящего над слоями высушиваемых изделий, находящихся на лентах.

					KPM.EM та M.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



внутрішньої - твердою деревноволокнистою плитою. Простір між щитами заповнений пінопластом. По периметру щити окантовані полівінілхлоридним профілем. Безкаркасний щит заповнений пінополіуретаном і має відмінний по перерізу окантувальний профіль. У щитах обшивки передбачені двері, люки та вікна, що дозволяють забезпечити вільний доступ до механізмів сушарки для їх обслуговування у процесі експлуатації. Для контролю за процесом сушіння в обшивці встановлені прилади автоматичного регулювання сушильних параметрів, а також сухий та мокрий термометри. Остаточна сушарка фірми "Брайбанті". Призначена для остаточного досушування макаронних коротких виробів до стандартної вологості. Сушар має такі ж основні вузли, як і камера попередньої сушіння. Відмінні риси конструкції сушарки такі: сушіння виробів проводиться на 11 стрічкових конвеєрах, які мають різну швидкість руху. Це досягається за рахунок різного числа зубів на зірочках провідних барабанів і ступінчастого регулювання приводу за допомогою клинопасової передачі на чотири діапазони. Змінюючи передатне відношення приводу, можна встановлювати такі швидкості руху стрічок конвеєрів: першого – 0,0046–0,007 м/с; другого та третього – 0,004–0,0061 м/с; четвертого та п'ятого – 0,0038–0,0058 м/с; шостого, сьомого та восьмого – 0,0036–0,0054 м/с; дев'ятого, десятого та одинадцятого – 0,0034–0,0052 м/с. Такі швидкості руху стрічок забезпечують максимальну тривалість остаточного сушіння 10,5 год, мінімальну – 6,8 год. Внаслідок зменшення лінійних швидкостей конвеєрів від верхньої до нижньої стрічки поступово збільшується товщина шару виробів на стрічках сушарки. Це сприяє зниженню інтенсивності видалення вологи з матеріалу на останньому етапі сушіння і проводиться при більш м'яких технологічних режимах.

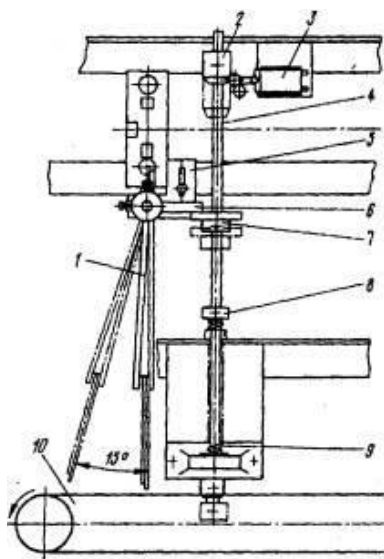


Рис.1.7- Схема блокування від перевантаження стрічкових конвеєрів сушарок "Брайбанті": 1 – шторка; 2, 7 – втулки; 3 – кінцевий вимикач; 4 – штанзі; 5 – кронштейн; 6 – важіль; 8 – кільце; 9 – пружина; 10 – стрічка.

Система вентиляції та обігріву сушарки складається із зведеного вентилятора, калорифера, витяжного вентилятора з жалюзі та труб обігріву підлоги. Зведений вентилятор являє собою два осьові вентилятори, що нагнітають, з індивідуальними електродвигунами потужністю по 1,5 кВт, з частотою

обертання 1430 об/хв, змонтованими в одному корпусі. У середній довжині частини сушарки конвеєри відокремлені від вентиляційної зони стельовими щитами. Підсмоктування повітря регулюється вручну заслінкою у вікні щита. Між каркасом та зовнішньою обшивкою встановлені щити внутрішньої обшивки, яка служить для перекриття потоку повітря, що виходить за межі ширини каркасу. Повітря нагнітається вентиляторами через трубчасті калорифери в торцеву частину сушарки зони завантаження, проходить над шаром виробів і виходить в торцеву частину зони вивантаження, звідки частково надходить на рециркуляцію, а відтягується частково витяжним вентилятором через жалюзі в цех. Жалюзі пов'язані тягою з виконавчим механізмом автоматичного регулювання процесу сушіння. Сушіння виробів здійснюється при температурі 33-47 ° С і відносній вологості повітря 60-70%. Теплоносієм для підігріву повітря є гаряча вода температурою 90°С. Зовнішня обшивка призначена для зменшення теплових втрат та декоративного оформлення. Вона виконана з окремих щитів, скріплених між собою та з каркасом. Стельові щити складаються з дерев'яного каркаса, обшитого з обох боків твердою деревноволокнистою плитою. Простір між плитами заповнений пінопластом заливки ФРП-1. Торцеві та бічні сторони сушарок облицьовані щитами двох типів: каркасними та безкаркасними. Каркасні щити мають дерев'яну раму. З лицьового боку вони обшиті декоративним паперово-шаровим пластиком, з внутрішньої - твердою деревноволокнистою плитою. Простір між щитами заповнений пінопластом. По периметру щити окантовані полівінілхлоридним профілем. Безкаркасний щит заповнений пінополіуретаном і має відмінний по перерізу окантувальний профіль. У щитах обшивки передбачені двері, люки та вікна, що дозволяють забезпечити вільний доступ до механізмів сушарки для їх обслуговування у процесі експлуатації. Для контролю за процесом сушіння в обшивці встановлені прилади автоматичного регулювання сушильних параметрів, а також сухий та мокрий термометри. Остаточна сушарка фірми "Брайбанті". Призначена для остаточного досушування макаронних коротких виробів до стандартної вологості. Сушар має такі ж основні вузли, як і камера попередньої сушіння. Відмінні риси конструкції сушарки такі: сушіння виробів проводиться на 11 стрічкових конвеєрах, які мають різну швидкість руху. Це досягається за рахунок різного числа зубів на зірочках провідних барабанів і ступінчастого регулювання приводу за допомогою клинопасової передачі на чотири діапазони. Змінюючи передатне відношення приводу, можна встановлювати такі швидкості руху стрічок конвеєрів: першого – 0,0046–0,007 м/с; другого та третього – 0,004–0,0061 м/с; четвертого та п'ятого – 0,0038–0,0058 м/с; шостого, сьомого та восьмого – 0,0036–0,0054 м/с; дев'ятого, десятого та одинадцятого – 0,0034–0,0052 м/с. Такі швидкості

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

руху стрічок забезпечують максимальну тривалість остаточного сушіння 10,5 год, мінімальну – 6,8 год. Внаслідок зменшення лінійних швидкостей конвеєрів від верхньої до нижньої стрічки поступово збільшується товщина шару виробів на стрічках сушарки. Це сприяє зниженню інтенсивності видалення вологи з матеріалу на останньому етапі сушіння і проводиться при більш м'яких технологічних режимах. Система вентиляції та підігріву повітря в остаточній сушарці фірми "Брайбанті" (рис. 4.6) складається з чотирьох груп осьових вентиляторів 4 з індивідуальними електродвигунами, 1 калориферів з ребристих труб, що знаходяться перед вентиляторами, і труб обігріву підлоги. Кожна група має чотири вентилятори, розташовані один над одним по вертикальній осі. Групи вентиляторів встановлені симетрично по дві з правої та з лівої сторони сушарки між каркасом тунелю та зовнішньою обшивкою. Вентилятори подають повітря через калорифери двома потоками, спрямованими назустріч один одному правою і лівою сторонами сушарки. Далі підігріте повітря надходить під робочі стрічки всіх конвеєрів 3, проходить через сітчасту стрічку кожного конвеєра і шар виробів, потім проходить між шаром виробів і холостою гілкою сусіднього верхнього конвеєра до обох торцевих стінок сушарки, обдуючи вироби зверху. З торцевих частин сушарки повітря засмоктується тими самими вентиляторами на рециркуляцію. Така схема руху сушильного повітря забезпечується наявністю бічних 5 і 6 стельових щитків. Бічні щитки забезпечують вхід сушильного повітря тільки під робочі гілки стрічок, а стельові – рух його вздовж торцевих сторін сушарки.

Система вентиляції та підігріву повітря в остаточній сушарці фірми "Брайбанті" (рис. 4.6) складається з чотирьох груп осьових вентиляторів 4 з індивідуальними електродвигунами, 1 калориферів з ребристих труб, що знаходяться перед вентиляторами, і труб обігріву підлоги. Кожна група має чотири вентилятори, розташовані один над одним по вертикальній осі. Групи вентиляторів встановлені симетрично по дві з правої та з лівої сторони сушарки між каркасом тунелю та зовнішньою обшивкою. Вентилятори подають повітря через калорифери двома потоками, спрямованими назустріч один одному правою і лівою сторонами сушарки. Далі підігріте повітря надходить під робочі стрічки всіх конвеєрів 3, проходить через сітчасту стрічку кожного конвеєра і шар виробів, потім проходить між шаром виробів і холостою гілкою сусіднього верхнього конвеєра до обох торцевих стінок сушарки, обдуючи вироби зверху. З торцевих частин сушарки повітря засмоктується тими самими вентиляторами на рециркуляцію. Така схема руху сушильного повітря забезпечується наявністю бічних 5 і 6 стельових щитків. Бічні

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

щитки забезпечують вхід сушильного повітря лише під робочі гілки стрічок, а стельові – рух його вздовж торцевих сторін сушарки між напівфабрикатом та холостою гілкою стрічки верхнього конвеєра. Робочі гілки конвеєра відокремлені одна від одної, в результаті сушильне повітря проходить через шар виробів, що лежать на стрічках.

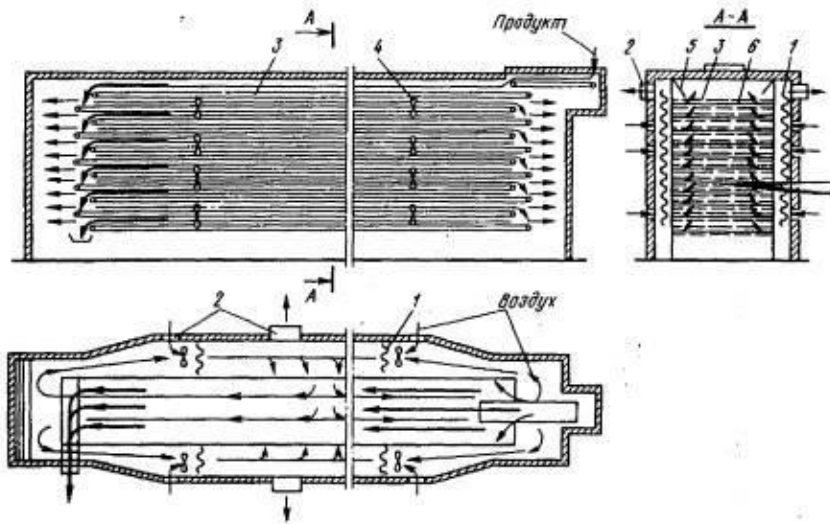


Рис.1.8- Схема остаточної сушарки "Брайбанті": 1 – калорифер; 2 – шибери; 3 – конвеєри; 4 – вентилятор; 5 – бічний щиток; 6 – стельовий щиток.

Підсмоктування свіжого повітря в сушарку з приміщення і викид вологого повітря з сушарки в приміщення проводять через отвори в бічних стінках сушарки за допомогою шиберів 2 і заслінок. Шибери та заслінки для підсмоктування та викиду повітря відкриваються та закриваються одночасно за допомогою САР, забезпечуючи підтримку температури та відносної вологості сушильного повітря на заданих рівнях. Температура сушильного повітря в сушарці 40-45 ° С, відносна вологість 70-80%. Товщина шару виробів на стрічках трохи більше 45 мм, ширина – 1660–1820 мм. Сушарка СПК-4Г-45 (Рис. 1.9). Складається із наступних основних частин; п'яти стрічкових конвеєрів 4, двох приводних колонок 12 парових калориферів 2 вентиляційної системи 9 і пульта управління сушаркою. Каркас 1 сушарки збірний металевий, виконаний з профільного та листового прокату, зовні фанерований металевими щитами, має двері. Товщина шару термоізоляційного матеріалу 42 мм. Для спостереження за процесом сушіння продукту, відбору проб, очищення сіток та ремонту з боків сушарки встановлені знімні щити з вікнами 7, а з торцевих сторін – двері.

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

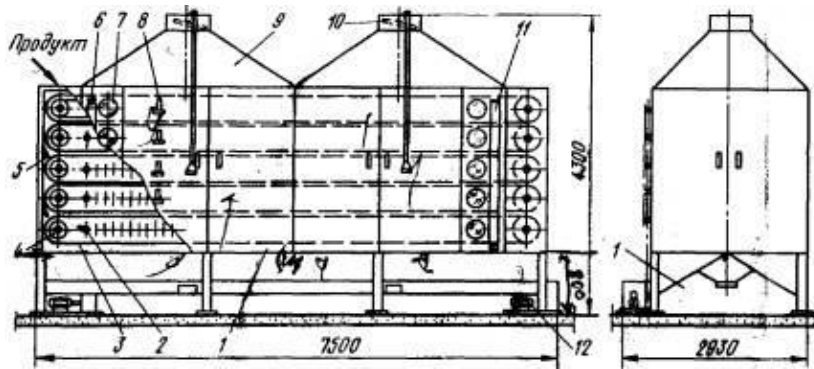


Рис.1.9- Сушарка СПК-4Г-45: 1 – каркас; 2 – калорифер; 3 – сітчаста стрічка; 4 – стрічковий конвеєр; 5 – шибери; 6, 11 – колектор; 7 – вікно; 8 – кутовий термометр; 9 – вентиляційна система; 10 - шибери; 12 - приводна колонка

Усередині сушарки один під одним розташовані п'ять пар барабанів, діаметр кожного 340 мм, на які натягнута металева сітчаста стрічка шириною 3000 мм 2000 мм з нержавіючої сталі, при цьому загальна сушильна поверхня стрічок 45 м<sup>2</sup>. Кожна пара барабанів щодо іншої зміщена по довжині, що дозволяє продукту пересипатися зі стрічки на стрічку. Для очищення поверхні барабанів від продукту, що налипас, на всіх п'яти натяжних барабанах встановлені скребки. У місцях висипання продукту з верхньої стрічки на нижню встановлені поворотні напрямні шибера 5. Сушарка, обігривається паровими ребристими калориферами розташованими між провідною та веденою гілками сітчастих стрічок всіх п'яти конвеєрів. Калорифер 2 кожного конвеєра і двох послідовно з'єднаних батарей. Кожна батарея являє собою дві поздовжні труби діаметром 44,5/39,5 мм з отворами, які вставлено 16 поперечних труб діаметром 38/33 мм. На поперечних трубах навиті металеві смужки шириною 30 мм та товщин 1 мм так, що утворюються ребра у кількості 100 на 1 м довжини труби. Поверхня нагрівання кожного калорифера 140 м<sup>2</sup>, загальна поверхня калориферів сушарки 700 м<sup>2</sup>. Джерелом тепла для калориферів служить пара, яка надходить від паросилової установки під тиском 0,3-0,8 МПа трубопроводом через регулюючий клапан, впускний колектор 6, а від нього через впускні вентиляти до кожного ярусу калориферів. Контроль за тиском пари, що надходить у сушарку, здійснюється манометрами ОБМ-160, встановленими на впускному та випускному 11 колекторах. Сушарка обладнана вентиляційною системою, яка є двома витяжними камерами, виготовленими з листової сталі товщиною 1,5 мм і встановленими над верхньою стрічкою сушарки. У кожній камері знаходиться по одному осьовому вентилятору 06-320 №7, які приводяться в дію від електродвигуна потужністю 2,2 кВт, з частотою обертання 1500об/хв через клинопасову передачу. Усередині витяжних камер перед осьовими вентиляторами встановлені

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

поворотні шибери 10, за допомогою яких можна змінювати кількість проходить відпрацьованого повітря. Рух стрічки.

Рух стрічкових конвеєрів сушарки здійснюється від двох приводних колонок (Рис.1.10). Від першої рухаються перший 3, третій 2 і п'ятий 1 стрічкові конвеєри. Обертання приводних барабанів здійснюється від електродвигуна 15 через клинопасову передачу 17, ланцюговий варіатор 16, ланцюгову передачу 18, черв'ячний редуктор 19 і систему ланцюгових передач. Від електродвигуна першої колонки через клинопасову передачу 14, черв'ячний редуктор 13 і ланцюгову передачу здійснюється обертання одного валу 4 зі щітками, встановленими в кінці другого стрічкового конвеєра. Друга привідна колонка (на схемі не показана) має аналогічну конструкцію, від неї здійснюється привід другого 7 і четвертого провідних 8 барабанів конвеєрних стрічок, а також обертання двох валів зі щітками, встановленими в кінці першої і третьої стрічок. Над трьома верхніми стрічками є ворушники 5, які є вал із закріпленими на ньому прутками. Він розташований поперек стрічки, і при обертанні прутки перемішують вироби, що висушуються, запобігаючи утворенню злитків. Привід ворушників здійснюється від електродвигуна через 12 черв'ячний редуктор 11 і ланцюгову передачу 10. Сирі вироби за допомогою розкладника надходять на верхню стрічку сушарки, де досить швидко переміщуються над калориферами верхнього ярусу. При цьому випаровується понад третина вологи, що підлягає видаленню. Далі продукт надходить на другу стрічку, яка дещо повільніше переміщується над калориферами другого ярусу. Сушіння продовжується тут також досить інтенсивно, видаляється приблизно ще одна третина вологи. Потім вироби надходять на третю стрічку, яка повільніше переміщується над калориферами третього ярусу, на цій стрічці видаляється близько 4% вологи. Четверта та п'ята стрічки мають ще менші швидкості, і за час знаходження на них продукт остаточно висихає до стандартної вологості. У процесі пересипання видань на стрічках утворюється дрібна борошняна крихта, яка проходить крізь осередки стрічок і збирається в нижній частині сушарки на піддонах. Сушильне повітря проходить через сушарку знизу, вгору, підігрівається в калориферах та охолоджується, проходячи через конвеєрні стрічки з продуктом. Вологість, що видаляється з виробів, за допомогою витяжних вентиляторів виводиться в атмосферу.

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

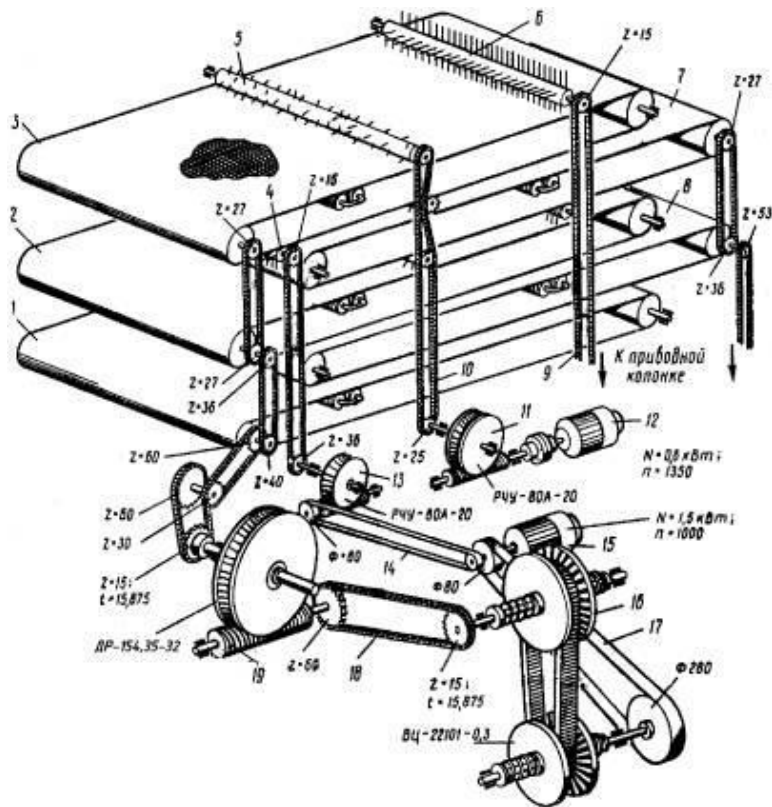


Рис.1.10- Кінематична схема сушарки СПК-4Г-45: 1, 3, 7, 8 – стрічкові конвеєри; 4, 6 – вали; 5 – воружник; 9, 10, 18 – ланцюгові передачі; 11, 13, 19 – редуктори; 12, 15 – електродвигун; 14, 17 - клинопасова передача; 16 – варіатор.

Візуальний контроль параметрів повітря над кожною стрічкою сушарки здійснюється за допомогою кутових термометрів 8 (рис. 4.7), встановлених над кожною стрічкою. Над верхньою стрічкою є психрометр. Електроустаткування сушарки складається з електродвигунів вентиляторів, приводів та пульта управління. У пульті управління встановлені пускова та сигнальна апаратура, а також електронний потенціометр. Завод-виробник комплектує сушарки з похилим стрічковим конвеєром, який встановлюється при горизонтальному розташуванні технологічного обладнання; при вертикальному та інших розташуваннях технологічного потоку ця стрічка забирається. Сушарка СПК-4Г-90. Сушарка цієї марки відрізняється від СПК-4Г-45 тим, що має великі робочі площі конвеєрних стрічок та продуктивність. Сушарка СПК-4Г-90 при такій же ширині стрічок (2000 мм), але за рахунок більшої довжини має сумарну робочу поверхню 90 м<sup>2</sup>. Рух стрічок сушарок здійснюється також від двох індивідуальних приводів, Перший рухає другу і четверту стрічки похилий конвеєр, другий - першу, третю і п'яту стрічки. Кожен привід має ланцюговий варіатор з діапазоном регулювання, рівним 6 який забезпечує безступінчасте регулювання швидкості руху стрічок. Для

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



Усередині сушарки один під іншим розташовані п'ять пар барабанів, діаметр кожного 340 мм, на які натягнута металева сітчаста стрічка 3 шириною 2000 мм з нержавіючої сталі, при цьому загальна сушильна поверхня стрічок 90 м<sup>2</sup>. Кожна пара барабанів щодо іншої зміщена по довжині, що дозволяє продукту пересипатися з стрічки на стрічку.

Для очищення поверхні барабанів від налипає продукту на всіх п'яти натяжних барабанах встановлені скребки. У місцях сипкі продукту з верхньої стрічки на нижню встановлені поворотні направляючі шибера 5.

Сушарка обігривається паровими ребристими калориферами, раскладеними між провідною і відомою гілками сітчастих стрічок усіх п'яти конвеєрів. Калорифер 2 кожного конвеєра складається з двох послідовно з'єднаних батарей. Кожна батарея являє собою дві поздовжні труби діаметром 44,5 / 39,5 мм з отворами, в котрих вставлено 16 поперечних труб діаметром 38/33 мм.

На поперечних трубах навито металеві смужки шириною 30 мм і товщиною 1 мм так, що утворюються ребра в кількості 100 на 1 м довжини труби. Поверхність нагріву кожного калорифера 140 м<sup>2</sup>, загальна поверхня калориферов сушарки 700 м<sup>2</sup>. Джерелом тепла для калориферів служить пар, який надходить від паросилова установки під тиском 0,3-0,8 МПа по трубопроводу через регулюючий клапан, впускний колектор 6, а від нього через впускні клапани до кожного ярусу калориферов.

Контроль за тиском пари, що надходить в сушарку, здійснюється манометрами ОБМ-160, встановленими на впускному і випускному 11 колекторах.

Сушарка обладнана вентиляційною системою, яка представляє собою дві витяжні камери, виготовлені з листової сталі товщиною 1,5 мм і встановлені над верхньою стрічкою сушарки.

У кожній камері знаходиться по одному осьовому вентилятору. Усередині витяжних камер перед осьовими вентиляторами встановлені поворотні шибери 10, за допомогою яких можна змінювати кількість що проходить від-

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

працьованого повітря.

Рух стрічкових конвеєрів сушарки здійснюється від двох приводних колонок 12. Від першої приводяться в рух перший, третій і п'ятий стрічкові конвеєри. Обертання приводних барабанів здійснюється від електродвигуна через клиноремінну передачу, ланцюгової варіатор, ланцюгову передачу, черв'ячний редуктор і систему ланцюгових передач. Від електродвигуна першої колонки через клиноремінну передачу, черв'ячний редуктор і ланцюгову передачу здійснюється обертання одного вала зі щітками, встановленими в кінці другого стрічкового конвеєра.

Друга приводна колонка має аналогічну конструкцію, від неї здійснюється привід другого і четвертого провідних барабанів конвеєрних стрічок, а також обертання двох валів із щітками, встановленими в кінці першої і третьої стрічок.

Над трьома верхніми стрічками є ворошителя, які представляють собою вал з закріпленими на ньому прутами. Він розташований поперек стрічки, і при обертанні прутки перемішують висушувані вироби, запобігаючи утворенню злитків.

Сирі вироби за допомогою розкладника надходять на верхню ленту сушарки, де досить швидко переміщуються над калориферами верхнього ярусу. При цьому випаровується більше третини вологи, що підлягає видаленню.

Далі продукт надходить на другу стрічку, яка дещо повільніше переміщується над калориферами другого ярусу. Сушка продовжується тут також досить інтенсивно, видаляється приблизно ще одна третина вологи. Потім вироби надходять на третю стрічку, яка ще повільніше переміщується над калориферами третього ярусу, на цій стрічці видаляється близько 4% вологи.

Четверта і п'ята стрічки мають ще менші швидкості, і за час перебування на них продукт остаточно висихає до стандартної вологості. В процесі пересипання виробів на стрічках утворюється дрібна мучна крихта, яка проходить крізь осередки стрічок і збирається в нижній частини сушарки на під-

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

донах. Сушильний повітря проходить через сушарку від низу до верху, підігрівається в калорифери і охолоджується, проходячи через конвеєрні стрічки з продуктом. Видаляється з виробів волога за допомогою витяжних вентиляторів виводиться в атмосферу.

Сушарка СПК-4Г-90. Сушарка даної марки відрізняється від СПК- 4Г-45 тем, що має великі робочі площі конвеєрних стрічок і продуктивність. Сушарка СПК-4Г-90 при такій же ширині стрічок (2000 мм), але за рахунок більшої довжини має сумарну робочу поверхню 90 м<sup>2</sup>.

Таблиця 2.1-Технічні характеристики сушарки СПК – 4Г – 90

Продуктивність по испаренной вологи, кг / год	450
Число сітчастих транспортерів, шт.	5
Число витяжних пристроїв, шт.	3
Робоча площа конвеєрів, м <sup>2</sup>	90
Ширина конвеєра, мм	2000
Площа нагріву калориферів, м <sup>2</sup>	1400
Кількість електродвигунів вентилятора	3
Потужність електродвигуніввентилятора кВт	6.6
Кількість електродвигунів конвеєрів	2
Потужність електродвигунів конвеєрів кВт	3
Температура над кожною стрічкою, °С	
Θ1	70
Θ2	75
Θ3	60
Θ4	50
Θ5	40
Габарити, мм	
Довжина	11980
Ширина	2800
Висота	4600
Маса, кг	11000
Сушка фруктів, овочів, короткорезаних макаронів і ін. продуктів	

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тиск в калорифери 1, 2 і 3 стрічок; 4 і 5 стрічок	0,8 Мпа 0,6 Мпа
Число стрічок	4...5

Рух стрічкових конвеєрів сушарки здійснюється від двох приводних двигунів через клиноремінну передачу, ланцюговий варіатор, ланцюгову передачу, черв'ячний редуктор і систему ланцюгових передач. Рух стрічкових конвеєрів сушарки здійснюється від двох приводних колонок (рис.2.2).

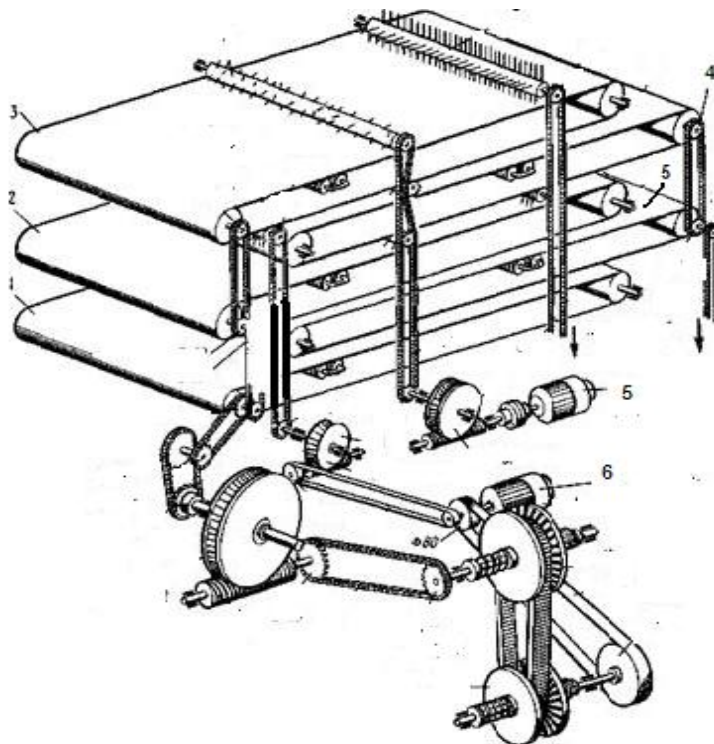


Рис.2.2-Конструкція стрічкової сушарки.

Від першої колонки приводяться в рух перший 3, третій 2 і п'ятий 1 стрічкові конвеєри, а від другої колонки: другий 4 і четвертий 5. Обертання приводних барабанів здійснюється від електродвигуна 5 і 6.

Усі п'ять стрічок конвеєрів повинні рухатися і регулюватися синхронно.

									Лист
КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12									
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата					

### Розділ 3. Розрахунок навантажень і вибір потужності двигунів

#### 3.1. Розрахунок навантаження конвеєра

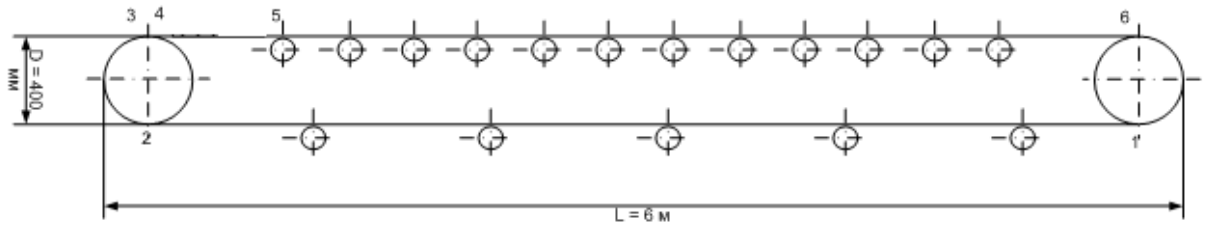


Рис.3.1. – Конвеєр

За годину потрібно перемістити  $Q_{CM}=5(4,4)$  кН очищених яблук, об'ємна вага якого  $\gamma=5,39$  кН/м<sup>3</sup>. Коефіцієнт нерівномірності поступання матеріалу  $k=1,2$ . Коефіцієнт використання конвеєра в часі  $k=0,9$ . Конвеєр має довжиною  $L=9$  м.

Розрахункову годинну продуктивність конвеєра знайдемо за формулою:

$$Q = \frac{Q_{CM}}{gT_{CM}} \cdot \frac{k}{k_{BP}}, \quad (3.1)$$

$$Q = \frac{4,4 \cdot 1,2}{9,81 \cdot 1 \cdot 0,9} = 0,6 \text{ т}$$

Приймаємо ширину стрічки рівною (2000) 800 мм. Обчислимо величину  $b$ :

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \quad (3.2)$$

$$b = 0,9 \cdot 2 - 0,05 = 1,75 \text{ м}$$

Площу поперечного перерізу насипного вантажу:

$$S = C_0 b^2, \quad (3.3)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

де  $C_0$ -коефіцієнт, що береться з довідника. Для прямої, роликової опори  $C_0=0,11$ ,

$$S = 0,11 \cdot 0,535^2 = 0,031 \text{ м}^2.$$

Знайдемо вагу вантажу, що припадає на один метр довжини конвеєра:

$$q=q_B = \gamma S, \quad (3.4)$$

де  $\gamma$ - об'ємна вага,

$S$ -площа поперечного перерізу вантажу.

$$q_B = 5,39 \cdot 10^3 \cdot 0,031 = 167,09 \text{ Н/м}.$$

Тоді швидкість руху стрічки:

$$v = \frac{Q \cdot g}{3600q}, \quad (3.5)$$

де  $Q$ - продуктивність конвеєра,

$q$ - вага вантажу, що припадає на один метр довжини конвеєра.

$$v = \frac{0,6 \cdot 9,81}{3600 \cdot 167,09} = 0,97 \text{ м/с}$$

З довідника вибираємо стрічку з тканини товщиною 6,25 мм і погонною масою  $q_L = 45 \text{ Н/м}$ . Для стрічки шириною (2000) 800 мм вибираємо ролики з діаметром 90 мм і вагою 108 Н. Відстань між роликами на навантаженій ділянці конвеєра приймаємо 0,4 м, а на холостій 1,5 м. Тоді погонна вага частин роликів, що обертаються і підтримують навантажену ділянку:

$$q'_P = \frac{q_P}{l'}, \quad (3.6)$$

де  $q_P$ - вага ролика,

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$l'$  - довжина навантаженої ділянки.

$$q'_P = \frac{108}{0,4} = 270 \text{ Н/м.}$$

Відповідно на холостій ділянці:

$$q''_P = \frac{q_P}{l''} \quad (3.7)$$

$$q''_P = \frac{108}{1,5} = 72 \text{ Н/м.}$$

Для визначення опорів позначимо натяг стрічки (по ходу стрічки)  $S_{НАБ}$  (набігаючи) перед пунктом опору,  $S_{СБ}$  (збігаючи) після пункту. В загальному випадку:

$$S_{ЗБ} = S_{НАБ} + W, \quad (3.8)$$

де  $W$  - величина опору руху стрічки, що в загальному випадку буде рівна на навантаженій ділянці:

$$W_{НАБ} = q_B + q_L \zeta \cos \alpha + q'_P \bar{L}' \omega' \pm q_B + q_L H_3, \quad (3.9)$$

де  $q_B$  - погонна вага вантажу на ділянці, Н/м;

$q_L$  - вага одного погонного метра довжини стрічки, Н/м;

$\alpha$  - кут нахилу до горизонту відповідної ділянки конвеєра, град;

$q'_P$  - погонна вага частин роликів, що обертаються і підтримують навантажену ділянку стрічки;

$L'$  - довжина прямолінійної навантаженої ділянки;

$H_3$  - висота підйому вантажу на даній ділянці;

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$\omega'$  - коефіцієнт опору руху стрічки по роликоопорам, що включає опір тертя в підшипниках і ущільненнях та опір перекочуванню стрічки по роликам.

А на порожній ділянці:

$$W_{ПОР} = (q_L + q_P'' L'' \omega' \pm q_L H, \quad (3.10)$$

де  $q_P''$  - погонна вага частин роликів, що обертаються і підтримують холосту ділянку стрічки;

$L''$  - довжина прямолінійної навантаженої ділянки.

В іншому випадку, коли присутні натяжні, направляючі чи інші барабани:

$$S_{ЗБ} = K \cdot S_{НАБ}, \quad (3.11)$$

де  $K$  - коефіцієнт збільшення натягу стрічки.

Розрахунок почнемо з точки 1, в якій натяг стрічки позначимо  $S_1$ . Тоді натяг в точці 2:

$$S_2 = S_1 + W_{1-2}, \quad (3.12)$$

де  $W_{1-2}$  – величина опору руху стрічки на ділянці 1-2 і обчислюється за формулою:

$$W_{1-2} = (q_L + q_P'' L'' \omega' - q_L H_3, \quad (3.13)$$

де  $H_3 = 0$  м.

$$W_{1-2} = (45 + 72) \cdot 6 \cdot 0,04 - 45 \cdot 0 = 28,08 \text{ Н}.$$

Тоді натяг в точці 2:

$$S_2 = S_1 + 28,8 \text{ Н}.$$

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Натяг в точці 3:

$$S_3 = K \cdot S_2, \quad (3.14)$$

де  $K = 1,055$  для кута  $180^\circ$ .

$$S_3 = 1,055 \cdot (S_1 + 28,08) = 1,055 \cdot S_1 + 29,62 \text{ Н.}$$

Натяг в точці 4 обчислюється за формулою для місцевого навантаження, оскільки це місце завантаження:

$$S_4 = S_3 + \frac{5}{18} C Q V', \quad (3.15)$$

де  $C$  – коефіцієнт, що враховує тертя вантажу об борти ( $C = 1,35$ );

$Q$  – продуктивність конвеєра;

$V'$  – швидкість стрічки,

$$S_4 = 1,055 \cdot S_1 + 29,62 + \frac{5}{18} 1,35 \cdot 0,68 \cdot 0,41 = 1,055 S_1 + 29,72 \text{ Н.}$$

Натяг в точці 5:

$$S_5 = S_4 + W_{4-5}, \quad (3.16)$$

Де

$$W_{4-5} = \left( \frac{q_B}{g} + q_L \right) \bar{L}' \cos \alpha + q'_P \bar{L}' \omega' \pm \left( \frac{q_B}{g} + q_L \right) H, \quad (3.17)$$

$L' = 4 \text{ м}$ ,  $H_3 = 0 \text{ м}$ ,  $\alpha = 0^\circ$ .

$$W_{4-5} = \left( \frac{440,78}{9,81} + 45 \right) \cos 0 + 270 \cdot 4 \cdot 0,04 + \left( \frac{440,78}{9,81} + 45 \right) \cdot 0 = 84,92 \text{ Н,}$$

$$S_5 = 1,055 S_1 + 29,72 + 84,92 = 1,055 S_1 + 114,64 \text{ Н.}$$

Окружне зусилля на приводному барабані визначимо за формулою:

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$F = S_5 - S_1, \quad (3.18)$$

$$F = 1,055S_1 + 114,64 - S_1 = 0,055 S_1 = 114,64 \text{ Н.}$$

За формулою Ейлера маємо:

$$S_{НАБ} \leq S_{Сб} (e^{\mu\alpha'} - 1), \quad (3.19)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт зчеплення стрічки з барабаном  $\mu = 0,7$ ;

$\alpha'$  – кут обхвату барабану стрічкою.

Тоді

$$F = S_1 (e^{0,7\pi} - 1) = S_1 (9,016 - 1) = 8,016S_1.$$

Отже, маємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} F = 0,055 S_1 + 114,64, \\ F = 8,016 S_1. \end{cases}$$

Розв'язавши її маємо  $S_1 = 14,4 \text{ Н}$

Тоді

$$F = 8,016 \cdot 14,4 = 115,43 \text{ Н.}$$

Знайдемо необхідну потужність для привода конвеєра за формулою:

$$P = 2 \frac{Fv}{1000\eta}, \quad (3.20)$$

$$P = 2 \frac{Fv}{1000\eta} = 2 \frac{115,43 \cdot 0,97}{1000 \cdot 0,92} = 0,24 \text{ кВт.}$$

Припускаючи ККД привода  $\eta = 0,92$  знайдемо потужність по формулі:

$$P_{ДВ} = \frac{P}{\eta}, \quad (3.21)$$

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{дв} = \frac{0,24}{0,92} = 0,26 \text{ кВт.}$$

Для подолання інерції навантаженого конвеєра при початку руху потужність двигуна повинна бути на 25% більше ніж розрахована.

Отже, остаточна потужність двигуна

$$P_{дв2} = 1,25 \cdot P_{дв} = 1,25 \cdot 0,26 = 0,325 \text{ кВт.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо за потужність двигуна для трьох конвеєрів  $P_{ном} = 3 \cdot 0,325 = 0,975 \text{ кВт.}$

Розрахуємо обертові моменти на валу приводного барабану:

$$M_{бар} = F_0 \frac{D_B}{2}, \quad (3.22)$$

де  $D_B = 340 \text{ мм}$  – діаметр приводного барабану.

$F_0$  – тягове зусилля на приводному валу конвеєра, яке дорівнює  $F = 115,43 \text{ Нм}$

Значить

$$M_{бар} = 115,43 \frac{0,4}{2} = 23 \text{ Н·м.}$$

Це зусилля створюється за допомогою електродвигуна та передається до барабана через редуктор. Редуктор вибираємо з передаточним числом  $i = 42$ . Момент статичних сил опору при встановленому режимі конвеєра приведений до валу електродвигуна дорівнює:

$$M_{см} = \frac{M_{бар}}{i \cdot \eta_{мех}}, \quad (3.23)$$

$$M_{см} = \frac{23}{42 \cdot 0,8} = 0,69 \text{ Н·м.}$$

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Динамічний момент визначається за формулою:

Кутове прискорення при  $\omega_1 = 0$ ,  $\omega_2 = \omega_{ном} = 300,49$  рад/с,  $t_1=0$ ,  $t_2=2,5$  с:

$$\varepsilon = \frac{300,49 - 0}{2,5 - 0} = 120 \text{ рад/с.}$$

$$J_{дв} = 0,004 \text{ кг/м}^2;$$

$$J_{мех} = 0,031 \text{ кг/м}^2.$$

$$J_{пр} = 0,004 + 0,031 = 0,0314 \text{ кг/м}^2.$$

$$M_{дин} = 0,0314 \cdot 120 = 3,77 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$M_{дв} = M_{дин} + M_{ст}.$$

$$M_{дв} = 3,77 + 0,69 = 4,46 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Технічні дані двигуна наведені в таблиці 3.1.

Тип	$P_n$ , кВт	$n_n$ , об/мин	$\eta$	$\cos \varphi$	$I_s$ , А	$I_r$ , А	$E_r$ , В	$K_{Mmax}$	$J$ , кг·м <sup>2</sup>
МТ-11-6	1.4	885	78,5%	0,72	7,2	9,3	135	2,3	0,05

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Розділ 4. Обґрунтування вибору системи електроприводу.

### 1.1. Принцип роботи електричного валу.

При використанні двох приводних колонок з ланцюговими варіаторами забезпечити їх синхронну роботу не цілком можливо, бо механічні пристрої регулювання частоти обертання не завжди можуть це забезпечити.

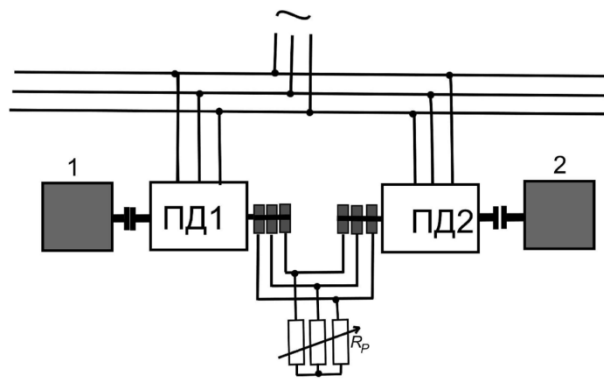


Рис. 4.1-Схема електричного валу.

Пропонується замінити механічні пристрої з варіаторами електричним валом, який повністю забезпечує синхронне регулювання швидкості усіх п'яти стрічок.

Електричний вал складається з двох асинхронних приводних двигунів з фазним ротором ПД1 і ПД2 (рис.4.1), кола роторів яких з'єднанні синфазне між собою. Синхронне регулювання частоти обертання двигунів здійснюється регулюванням опорів реостатів  $R_p$  приєднаних до кола роторів. Стрічкові конвеєри 1 і 2 приводяться в дію приводними двигунами ПД1 і ПД2.

Регулювання частоти обертання двигунів здійснюється ступінчатим регулюванням величини опорів реостатів  $R_p$  приєднаних до кола роторів.

Недоліками такого способу регулювання є втрати енергії в резисторах складають 20-30% від загальної споживаної потужності; поштовхи моменту двигуна, що негативно позначаються на механічному устаткуванні і, відповідно, швидкість пересування також носить нерівномірний характер

						Лист
КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

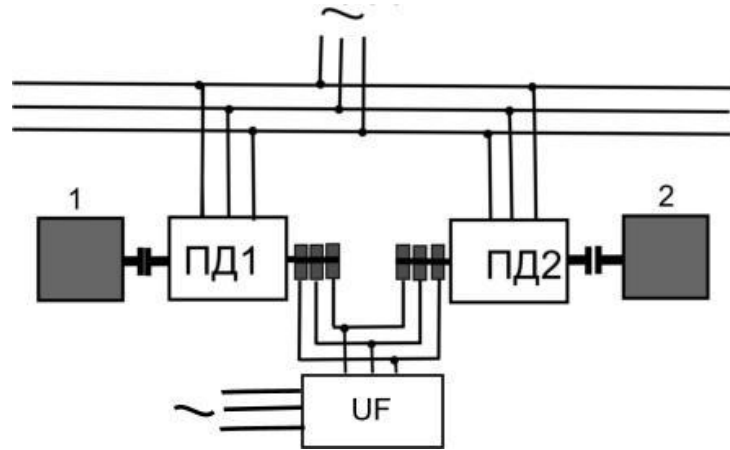


Рис.4.2 – Електричний вал з перетворювачем частоти.

При відключенні установки ротори, як правило, не зупиняються в узгодженому положенні, а зміщуються відносно один одного на деякий кут. Однією з основних причин виникнення неузгодженості є неодноразовість накладення механічних гальм. Тому прагнуть схему компоувати таким чином, щоб гальма накладалися після повної зупинки двигунів, а відключення відбувалося після накладення гальм. Однак при зупинці завжди неминуче деяка неузгодженість в положенні роторів. Якщо кут неузгодженості невеликий, то після ряду коливань ротори займуть узгоджене становище. При великому початковому куті неузгодженості і незначних статичних моментах двигуни можуть прийти в обертання.

При великому куті неузгодженості обидві машини створюють моменти одного знака. У зв'язку з цим після включення вони почнуть обертатися в одну сторону, причому ротор першої машини, обертаючий момент якої більше, буде наздоганяти ротор другої. Кут неузгодженості  $\theta$  буде зменшуватися, і друга машина потім перейде в гальмівний режим. Однак ротор першої машини маючи деякий запас кінетичної енергії, пройде узгоджене положення ( $\theta = 0$ ) і знову виникає неузгодженість, але вже іншого знака. Тоді знак моменту другої машини зміниться на позитивний, і вона почне збільшувати швидкість, обертаючись в тому ж напрямку.

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

#### 4.2.Опис роботи електричного вала

Електричний вал може бути виконаний з допоміжними машинами або без них. При не великих потужностях двигунів доцільно використовувати електричний вал без допоміжних машин (див. рис.4.2).

Обертові моменти кожного двигуна визначаються формулами:

$$M_1 = M_{\max} \left[ \frac{1 - \cos \theta + \frac{s}{s_k} \sin \theta}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}} + \frac{1 + \cos \theta - \sin \frac{s}{s_k^*} \theta}{\frac{s}{s_k^*} + \frac{s_k}{s}} \right]$$

$$M_2 = M_{\max} \left[ \frac{1 - \cos \theta - \frac{s}{s_k} \sin \theta}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}} + \frac{1 + \cos \theta + \sin \frac{s}{s_k^*} \theta}{\frac{s}{s_k^*} + \frac{s_k}{s}} \right]$$

В цих формулах:  $s_k^* = r_2' + 2r_p'$   $x$  -критичне ковзання з урахуванням додаткових опорів в колі роторів.

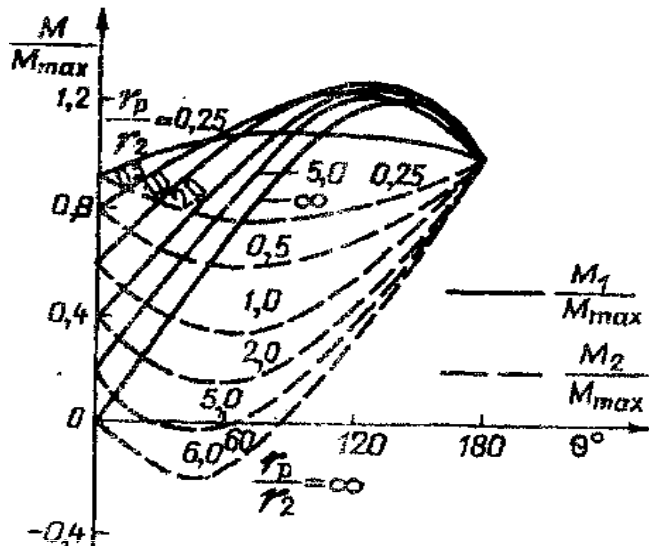
Як видно з формул моменти асинхронних машин в системі електричного вала із загальним реостатом в колі роторів залежать від кута неузгодженості і опору реостата. Залежності моментів асинхронних машин від кута неузгодженості при різних значеннях опору ДЛЯ  $s/s_k=1$  представлені кривими на рис.4.1. З кривих випливає, що для досягнення бажаних результатів у відношенні величини моментів двигунів необхідно підбирати опір реостата. При малих значеннях занадто мала гранична різниця моментів, при якій ще можлива синхронна робота системи. Повне скидання навантаження на одному з механізмів неприпустимий. при великих  $r_p$  момент однієї машини (другий) стає негативним, тобто система може працювати тільки при підводі механічної

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

енергії до валу другої машини, коли остання знаходиться в генераторному режимі.

Таким чином, система синхронного обертання асинхронних машин із загальним реостатом в ланцюзі роторів може знайти застосування лише тоді, коли можлива відносна різниця моментів на валах двигунів невелика.

Слід зазначити, що підключення роторів головних двигунів до загального реостата може бути доцільним в системі з допоміжними машинами. У цьому випадку має місце збільшення моментів, що утримують систему в



режимі синхронного обертання при малих швидкостях в процесі пуску, що вельми, суттєво, тому що саме в перехідних процесах можна чекати найбільшої нерівномірності моментів на осях механізмів.

Рис. 4.3-Залежність моментів асинхронних двигунів від кута неузгодженості при  $s/s_k=1$ .

На рисунку 4.3 представлені криві моментів *асинхронних двигунів* при  $S/S_k=1$ . Як видно, при великому куті неузгодженості  $\theta$ нач обидві машини створюють моменти одного знака. У зв'язку з цим після включення вони почнуть обертатися в одну сторону, причому ротор перший допоміжної машини, обертаючий момент якої більше, буде наздоганяти ротор другою. Кут неузгодженості  $\theta$  буде зменшуватися, і друга машина потім перейде в гальмівний режим. Однак ротор першої машини маючи деякий запас кінетичної енергії, пройде узгоджене положення ( $\theta = 0$ ) і знову виникає неузгодженість, але вже іншого знака. Тоді знак моменту другої машини зміниться на позитивний, і вона почне збільшувати швидкість, обертаючись в тому ж напрямку.

## Розділ 5. Вибір перетворювача частоти для електричного валу.

### 5.1 Принцип роботи перетворювача

В даний час більшість перетворювачів виготовляють за схемою авто автономних інвертора напруги. Це пов'язано з появою повністю керованих силових напівпровідникових приладів: IGBT-транзисторів і замикаються тиристорів. Типова схема електроприводу з інвертором напруги на повністю керованих приладах дана на рис.5.1. схемних особливості інвертора напруги є наявність зворотних діодів VD1 ... VD6 і фільтрового конденсатора С.

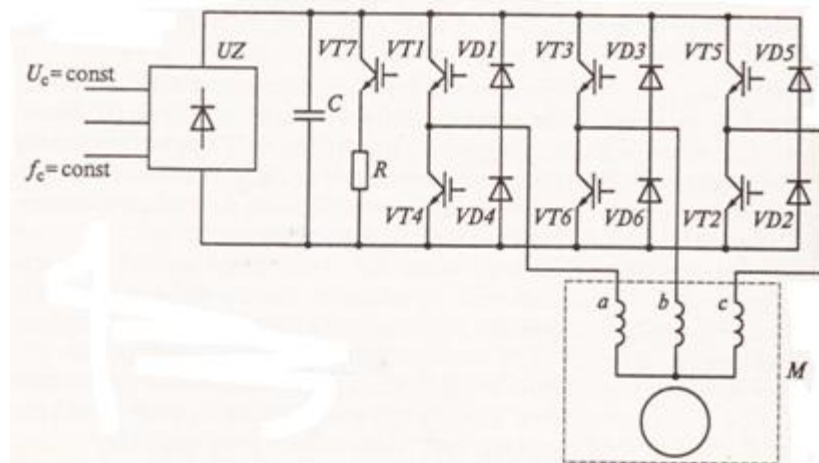


Рис.5.1. Схема частотного асинхронного електроприводу з транзисторним інвертором напруги

На відміну від інверторів струму, для яких характерним є робота в кожен момент часу по одному вентилю в анодному і катодному групах, в інверторах напруги більш доцільна одночасна робота двох вентилів в одній групі і, одного вентилю в іншій групі. При цьому тривалість роботи кожного вентилю становить  $\pi$ . Припустимо, що в деякий момент часу працюють транзисторні ключі VT1, VT2 і VT6. Тоді струм протікає по всіх трьох фазним обмоткам двигуна, причому  $2/3$  напруги  $U_d$  прикладається до фази а й до двох паралельно увімкнених фазам і з (рис. 5.2). При замиканні транзисторного ключа

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

VT6 (див. Рис.5.1) і включенні транзисторного ключа VT3 струм в фазі не може миттєво змінитися і замикається через діод VD3 на конденсатор С, чим забезпечується циркуляція реактивної потужності між обмотками двигуна і конденсатором С. Після включення транзисторного ключа VT4 струм буде протікати по паралельно включеними фазам.

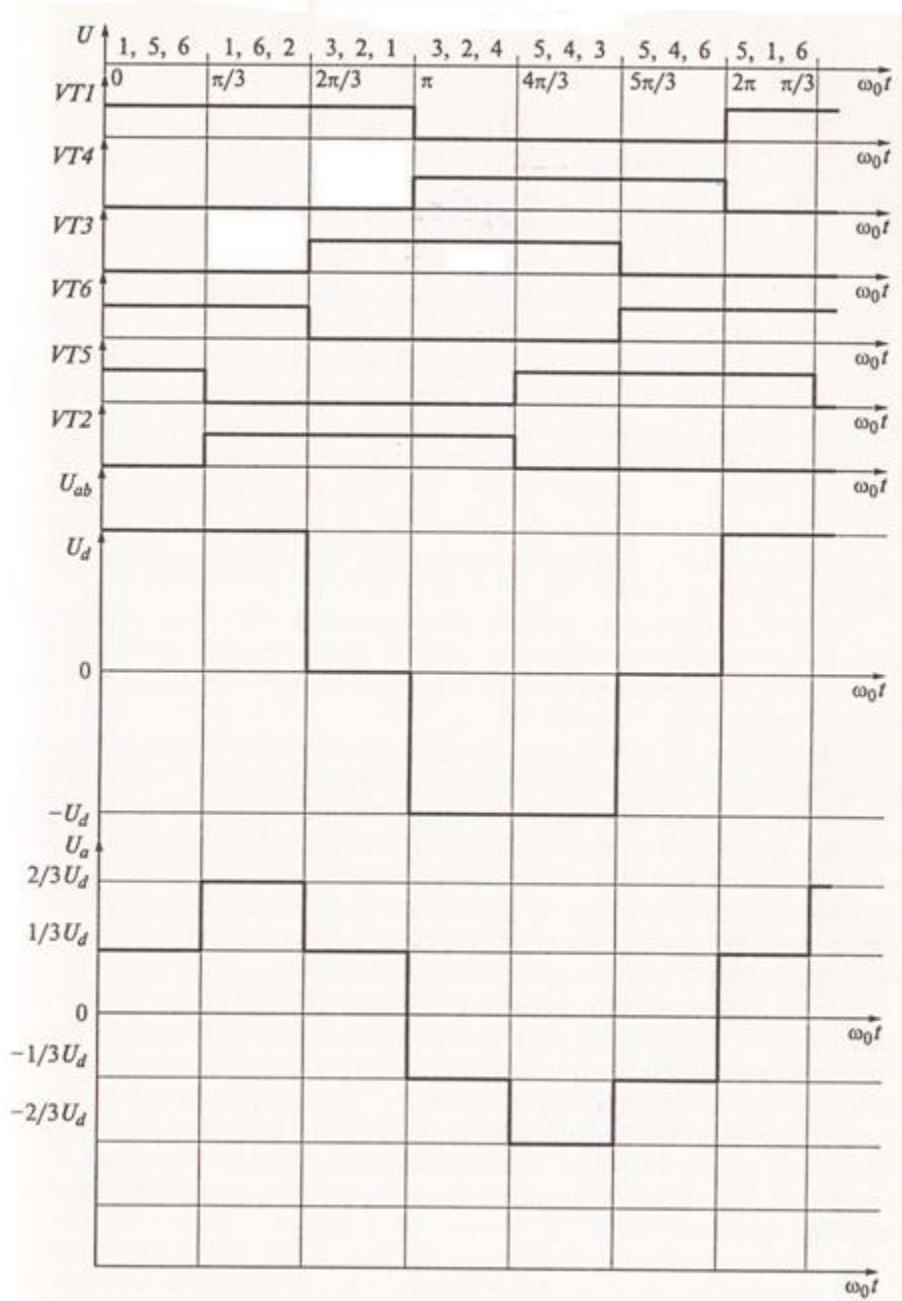


Рис.5.2.-Діаграма роботи ключів VT1 ... VT6э

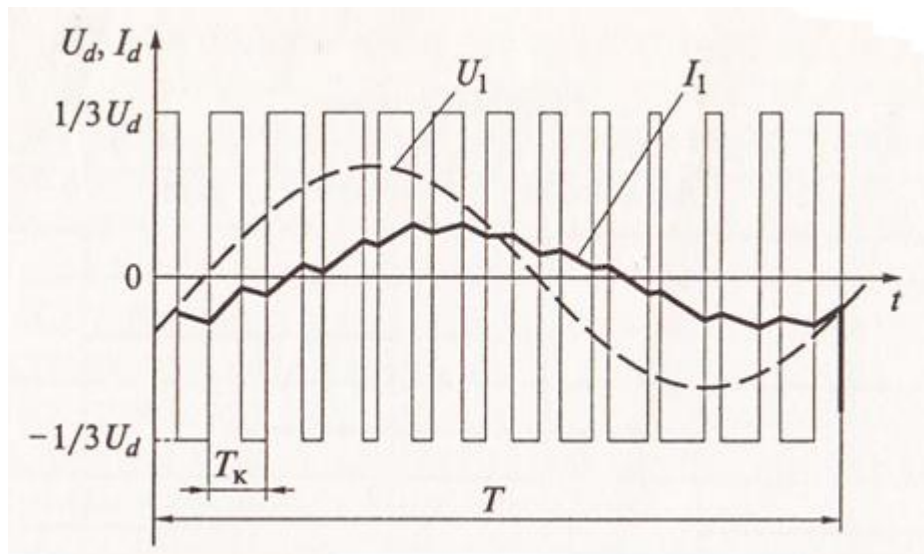


Рис.5.3. Графік, що пояснює принцип широтно-імпульсної модуляції напруги і струму фази автономного інвертора напруги

$U_1$ ,  $I_1$  - фазні відповідно напруга і струм статора;  $U_d$  - напруга живлення;  $T_k$  - період ШІМ;  $T$  - період частоти вихідної напруги. Необхідна вихідна частота визначається частотою перемикання вентилів інвертора і задається каналом регулювання частоти. Регулювання вихідної напруги може виконуватися двома способами:

- 1) за допомогою керованого випрямляча на вході інвертора, за допомогою якого регулюється  $U_d$ ;
- 2) використанням способу широтно-імпульсного регулювання, здійснюваного вентилями інвертора, в цьому випадку вхідний випрямляч може бути некерованим.

Перший спосіб характеризується двома недоліками: ступінчастою формою вихідної напруги (див.Рис. 5.3) і низьким коефіцієнтом потужності перетворювача.

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Більш ефективним є другий спосіб. При широтноімпульсній способі регулювання (рис. 5.3) можливо не тільки регулювання середньої напруги за період, а й корекція форми вихідної напруги  $U_1$ . таке регулювання називають широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ). Вона заснована на принципі широтно-імпульсного регулювання.

Так як при двухполярній комутації вихідна напруга перетворювача:

$$U_{\Pi} = \frac{U_d}{2} (2\gamma - 1)$$

Регулюючи безперервно шпаруватість  $\gamma$  за синусоїдальним законом можна отримати середню фазна напруга, також змінюється по синусоїді.

Змінюючи за допомогою системи управління амплітуду  $U_1$  можна регулювати вихідну напругу перетворювача.

При використанні інверторів напруги для реалізації режиму рекуперативного гальмування асинхронного двигуна необхідно на вході встановлювати реверсивний перетворювач з двома групами вентилів, що ускладнює схему перетворювача і знижує її надійність. Тому в інверторах напруги зазвичай передбачають розрядний резистор  $R$  (див. Рис. 5.1), який підключається в режимі гальмування транзисторним ключем  $VT7$  і в якому розсіюється енергія гальмування.

Існує велика кількість різновидів схем перетворювачів частоти з автономними інверторами струму і напруги, які описані у відповідній літературі.

## 5.2. Вибір перетворювача частоти

Перетворювач частоти слід вибирати виходячи з параметрів приводних двигунів, враховуючи те, що його потужність повинна складати не більше третини сумарної потужності двигунів.

Технічні дані двигунів наведені в табл.5.1

		$P_{н,квт}$	$n_n$ , об/мин	$\eta$	$\vartheta_{os}$	$I_s$ ,	$I_r$ ,	$E_r, В$	$K_{Mmax}$	$J, кг \cdot м^2$
КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Тип				$\varphi$	A	A			
MT-11-6	1,4	885	78,5%	0,72	5,3	9,3	135	3,3	0,05

Вибираємо частотний перетворювач російської корпорації Тріол.

Ці перетворювачі частоти (ПЧ) виконуються з проміжною ланкою постійного струму на базі IGBT або GTO-інверторів напруги з ШІМ і оснащені багатофункціональної мікропроцесорної системою управління. В якості елементної бази використовуються напівпровідникові прилади фірми Semikron, можливе застосування модулів фірм Toshiba, Fuji та ін. Як виробник (формірує) керуючих сигналів для транзисторів IGBT - модулів в різних виконаннях АТ застосовані спеціальні інтегральні драйвери різних фірм - Toshiba, Mitsubishi, Motorola, IR, Semikron. В електроприводах АТ можуть використовуватися практично всі види і типи асинхронних електродвигунів (АД) загальнопромислових і спеціальних серій: з короткозамкненим та фазним ротором; з різною кратністю пускового і максимального моменту; широкого спектра потужностей (від одиниць до сотень кіловат) і частот обертання, в тому числі багатошвидкісні, високочастотні; низьковольтні класу напруги 0,4 кВ та високовольтні класу напруги 3; 6; 10 кВ; різного конструктивного виконання, ступені захисту і призначення.

В електроприводах серії АТ в основному реалізовані принципи побудови силової частини електроприводу і системи управління, їх функції, система захисту та сигналізації.

Серія електроприводів АТ включає в себе кілька рядів типових виконань електроприводів різного призначення, що характеризуються різними технічними характеристиками, шкалою потужностей, режимами роботи і функціональними можливостями.

До складу серії входять: низьковольтні (0,4 кВ) електроприводи рядів АТ04, АТ05, АТ06; електроприводи підвищеної напруги (0,66 кВ) рядів АТ08, АТ12; високовольтні класу 6 (10) кВ трансформаторні електропри-

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

води рядів АТ03, АТ09; високовольтні класу 6 (10) кВ електроприводи прямого перетворення (без трансформаторні) ряду АТ07.

Тріол АТ04 - універсальний електропривод потужністю від 5 до 315 кВт для управління широким спектром робочих машин і механізмів з різними режимами роботи і високими вимогами до статичних і динамічних характеристик. Елементна база (IGB-транзистори), схематичні і конструктивні рішення силової частини, мікроконтролер на основі цифрового сигнального процесора (DSP), інтерфейс є базовими для більшості електроприводів серії АТ.

Тріол АТ05 - призначений для управління робочими машинами і механізмами, що працюють в режимах пуску, гальмування, реверсування з високими значеннями прискорення (уповільнення), а також з широким діапазоном зміни навантаження. Володіє широкими функціональними можливостями, забезпечує широкий діапазон регулювання швидкості і моменту з високою точністю і швидкодією. Реалізує 4-квадрантне управління АТ, у тому числі режим рекуперації енергії гальмування в мережу. Ряд містить 1 квітня типовиконань електроприводів потужністю від 7,5 до 31,5 кВт.

Тріол АТ06 - об'єктно-орієнтована електропривод насосів, в порівнянні з АТ04 має обмежені функціональні можливості і характеризується простотою в налагодженні та експлуатації. Призначений для автоматичного управління продуктивністю насосних агрегатів і легко адаптується в існуючі системи автоматичного управління та АСУ ТП. Має вбудований ПІД-регулятор. Шкала потужностей від 5 до 37 кВт.

Тріол АТ08 - електропривод робочих машин і механізмів з приводними АТ на напругу 0,66 кВ. Відрізняються від АТ04 елементної базою силового каналу ПЧ (діод-тиристорні і транзисторні IGBT-модулі з більш високою напругою 1700, 1800 В). Режими роботи, алгоритми управління і мікроконтролер, що і у АТ04. Конструкція АТ08 має більш високу ступінь захисту щодо пило- та

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

вологонепроникності, а також механічної міцності. Шкала потужностей від 160 до 450 кВт.

Тріол АТ03 - високовольтний 6 (10) кВ трансформаторний електропривод на основі низьковольтних (0,4 кВ) IGBT-транзисторних ПЧ з вхідним (мережевим) знижуючим і вихідним підвищує силовими трансформаторами. Нарощування потужності АТ03 здійснюється паралельним з'єднанням груп низьковольтних ПЧ. Призначений для регулювання швидкості насосів і вентиляторів, що приводяться АД з напругою 3, 6 і 10 кВ. В електроприводі реалізовано частотне управління АТ, що полягає у взаємопов'язаному регулюванні частоти й напруги. Закон зміни напруги і частоти програмується. Функціональна схема електроприводу Тріол АТ03 зображена на рис.5.4.

Силові трансформатори можуть поставлятися: сухі, масляні (герметизовані з розширювальним бачком), заповнені негорючою екологічно чистою рідиною, що мають різну ступінь захисту, що забезпечується оболонками.

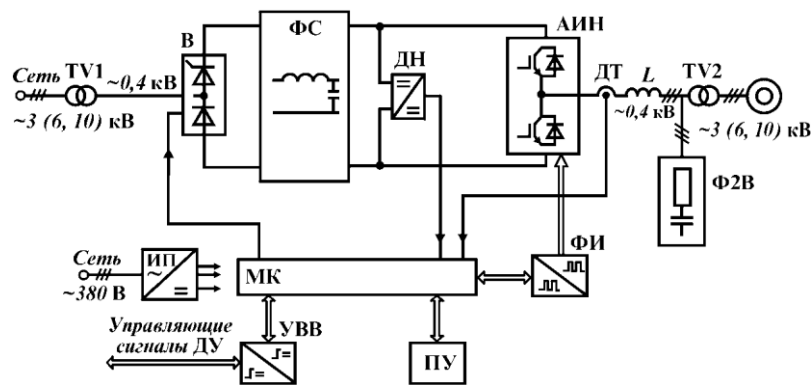


Рис.5.4-Структурна схема перетворювача частоти

В - силовий напівкерований (тиристорно-діодний) випрямляч; ФС - силовий LC-фільтр ланки постійної напруги; АИН - транзисторний (IGBT) автономний інвертор напруги; ДН - датчик напруги; Дт - датчик струму; П - джерело живлення; МК - мікропроцесорний контролер; ФМ - формувач керуючих сигналів транзисторів (драйвер); ПУ - пульт управління; УВВ -

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12					



(IGBT) автономного інвертора напруги з ШІМ-керуванням. Використання високовольтних на напругу до 3,3 кВ силових діод-тиристорних і IGBT-модулів забезпечило можливість створення ряду виконань ПЧ електроприводу АТ12 з широкою шкалою вихідної напруги від 600 до 2000.

В Залежном від поєднання значенню напруги мережі і АТ з урахуванням напруги ПЧ до складу АТ12 входять вхідний чи вихідний або обидва узгоджувальних трансформатора.

Номінальні параметри, склад і конструктивне виконання електроприводу АТ12 визначаються вимогами конкретного механізму та об'єкта експлуатації.

Тріол СТ10 - високовольтний синхронний електропривід з проміжним низьковольтним ПЧ і согласующими мережевим знижуючим і вихідним підвищує трансформаторами. ПЧ електроприводу СТ10 виконаний на базі транзисторного (IGBT) інвертора і оснащений мікропроцесорною системою управління. Напруга ПЧ - 380, 660 або 1140 В залежно від типу електроприводу. Нарощування потужності електроприводу здійснюється паралельним з'єднанням ряду однотипних низьковольтних модулів. Для управління збудженням синхронного двигуна СТ10 містить низьковольтний тиристорний випрямляч з системою автоматичного регулювання струму збудження.

Призначені для регулювання швидкості і автоматичного управління режимами роботи насосів і вентиляторів, що приводяться синхронними двигунами на напругу 6 (1 0) кВ потужністю від 320 до 1 600 кВт.

Перетворювач частоти тріол АТ05 призначений для управління механізмами, що працюють в динамічних режимах з високими темпами зміни швидкості і широким діапазоном зміни навантаження, у складі яких - асинхронні трифазні електродвигуни потужністю від 5,5 до 132 кВт, на 0,4 кВ.

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рис.5.5-Перетворювач частоти тріол АТ05 .

## Розділ 6. Розробка електронної моделі електроприводу.

Для розробки електронної моделі треба знати параметри схем заміщення двигунів (Рис.6.1).

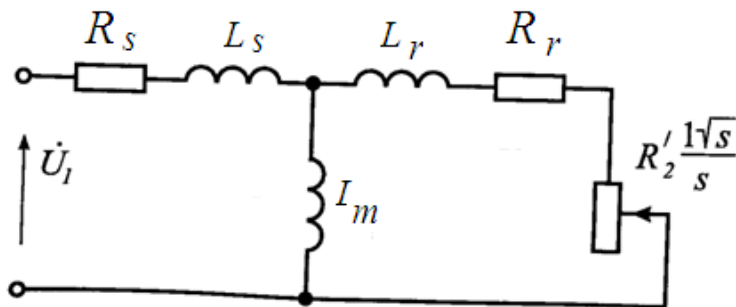


Рис.6.1-Схема заміщення двигуна.

Визначення параметрів схеми заміщення для моделювання здійснюється за формулами:

$$R_s = \frac{U \cos \varphi \cdot (1 - \eta)}{I_H} - C^2 R_r - \frac{\Pi_{\text{мех}}}{3I_H^2} = 3,26 \text{ Ом}$$

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- активний опір фази обмотки статора:

$R_s, \text{ Ом}$	$L_s, \text{ Гн}$	$R_r, \text{ Ом}$	$L_r, \text{ Гн}$	$L_m, \text{ Гн}$
3,26	0,1107	0,0015	0,0024	0,176

$$L_s = \frac{U}{2\pi f_1 I_H \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2\pi f_1 M_{\text{макс}} \cdot S_H}{pU S_{\text{кр}}}} = 0,1107 \text{ Гн}$$

- індуктивність фази обмотки статора:

$$R_r = \frac{1}{3} \frac{P_H + \Pi_{\text{мех}}}{I_H^2 \frac{1-S_H}{S_H}} = 0,0015 \text{ Ом}$$

- активний опір фази обмотки ротора:

$$L_{sp} = L_{rp} = \frac{U}{4\pi f_1 \sqrt{1 + C^2} k_I I_H} = 0,0024 \text{ Гн}$$

- індуктивність фази обмотки ротора:

$$L_m = L - L_{sp} = 0,176 \text{ Гн}$$

- індуктивність контури намагнічування.

Результати розрахунків для кожного двигуна наведені в табл.4

Таблиця 4- Параметри схем заміщення двигунів:

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розділ 7. Дослідження електроприводу на електронній моделі.

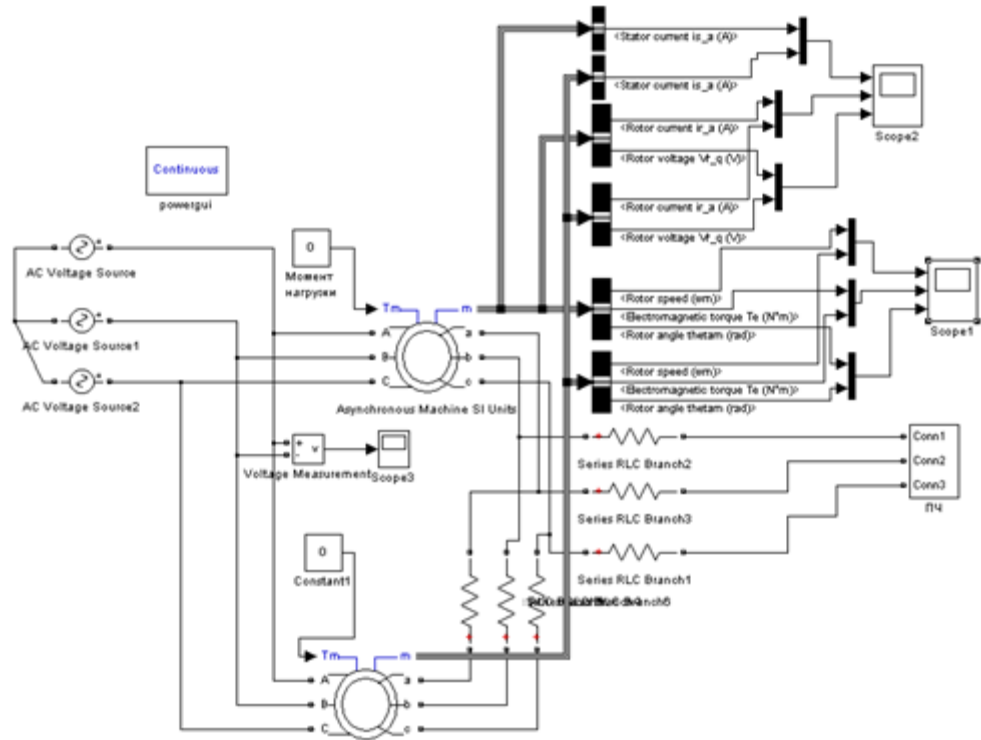
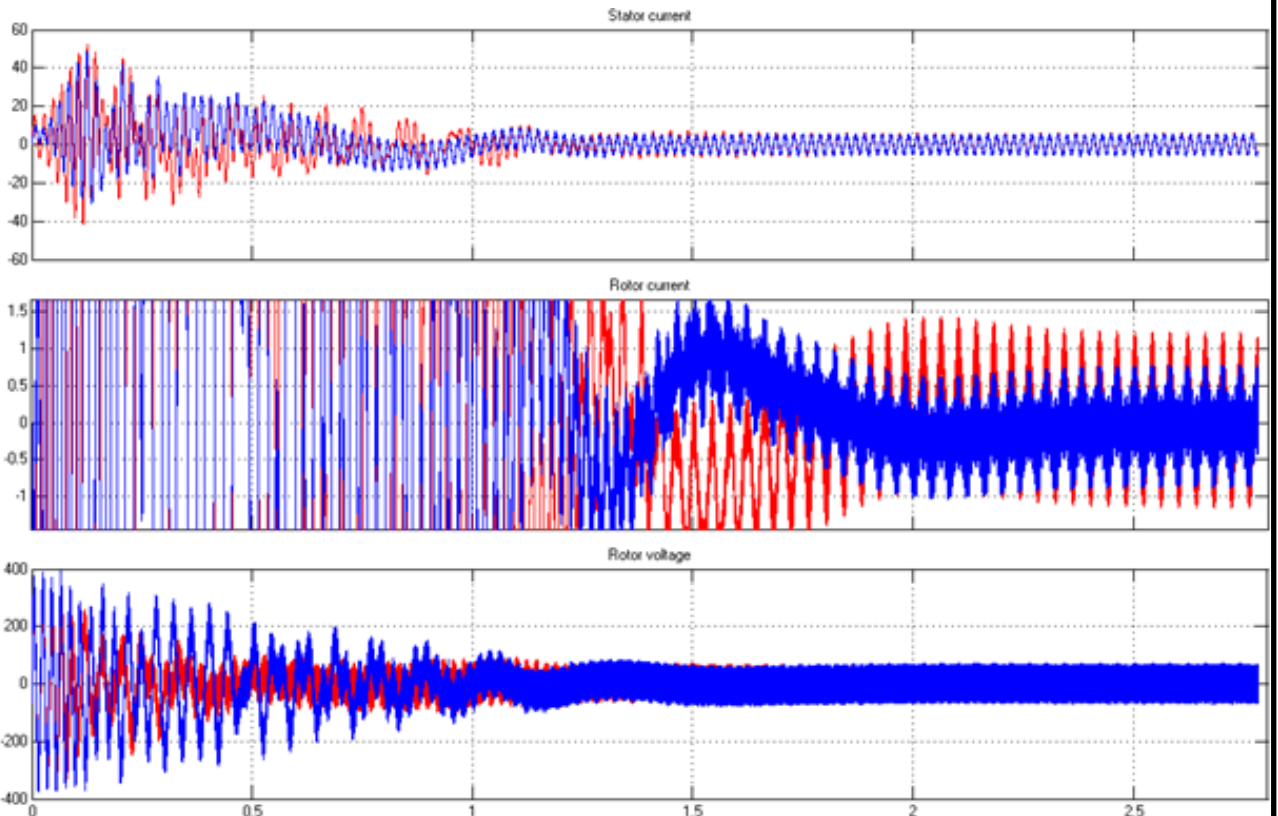


Рис.7.1- Електронна модель.



					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

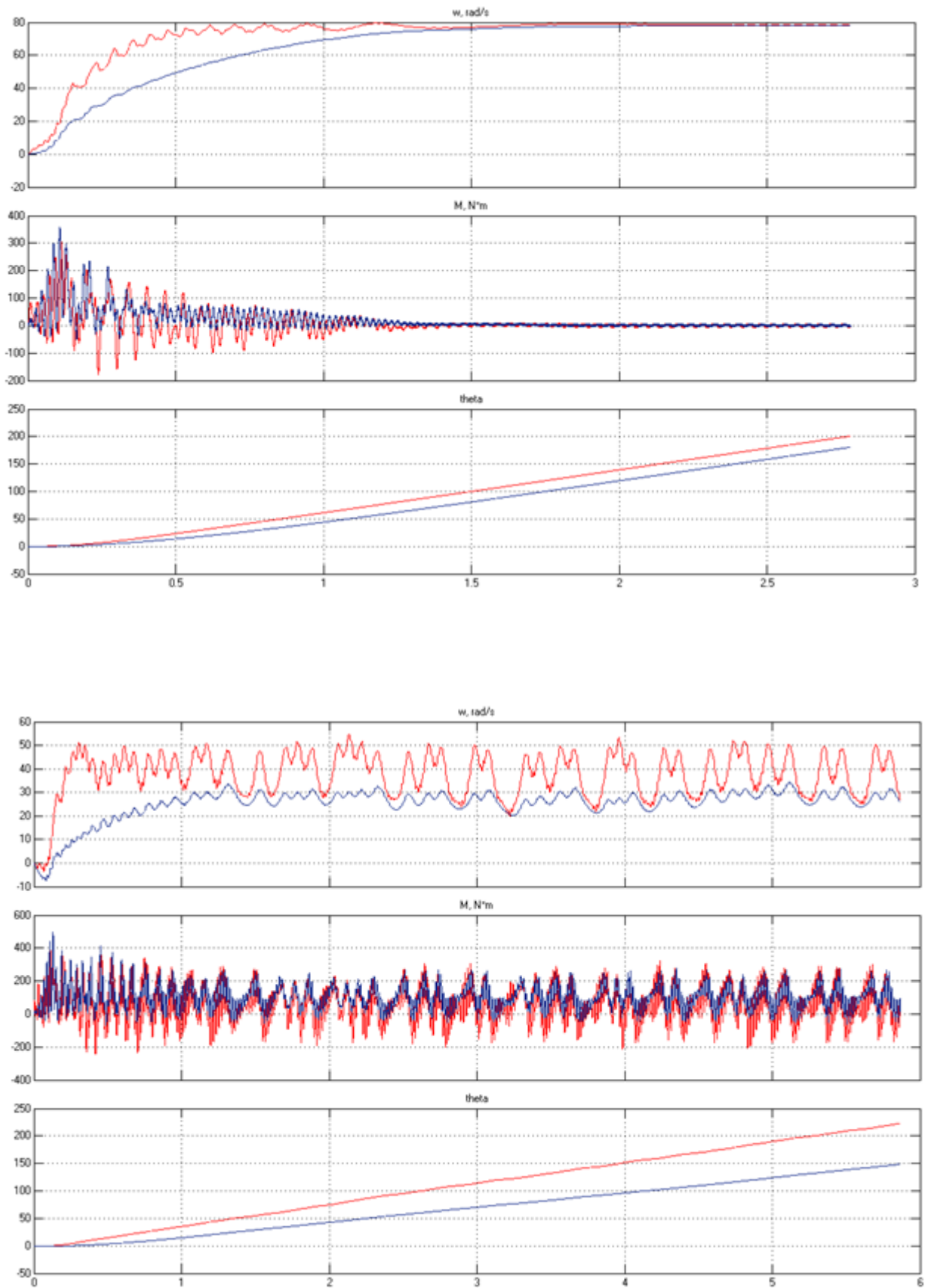


Рис.7.2- Результати моделювання 25 Гц

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12

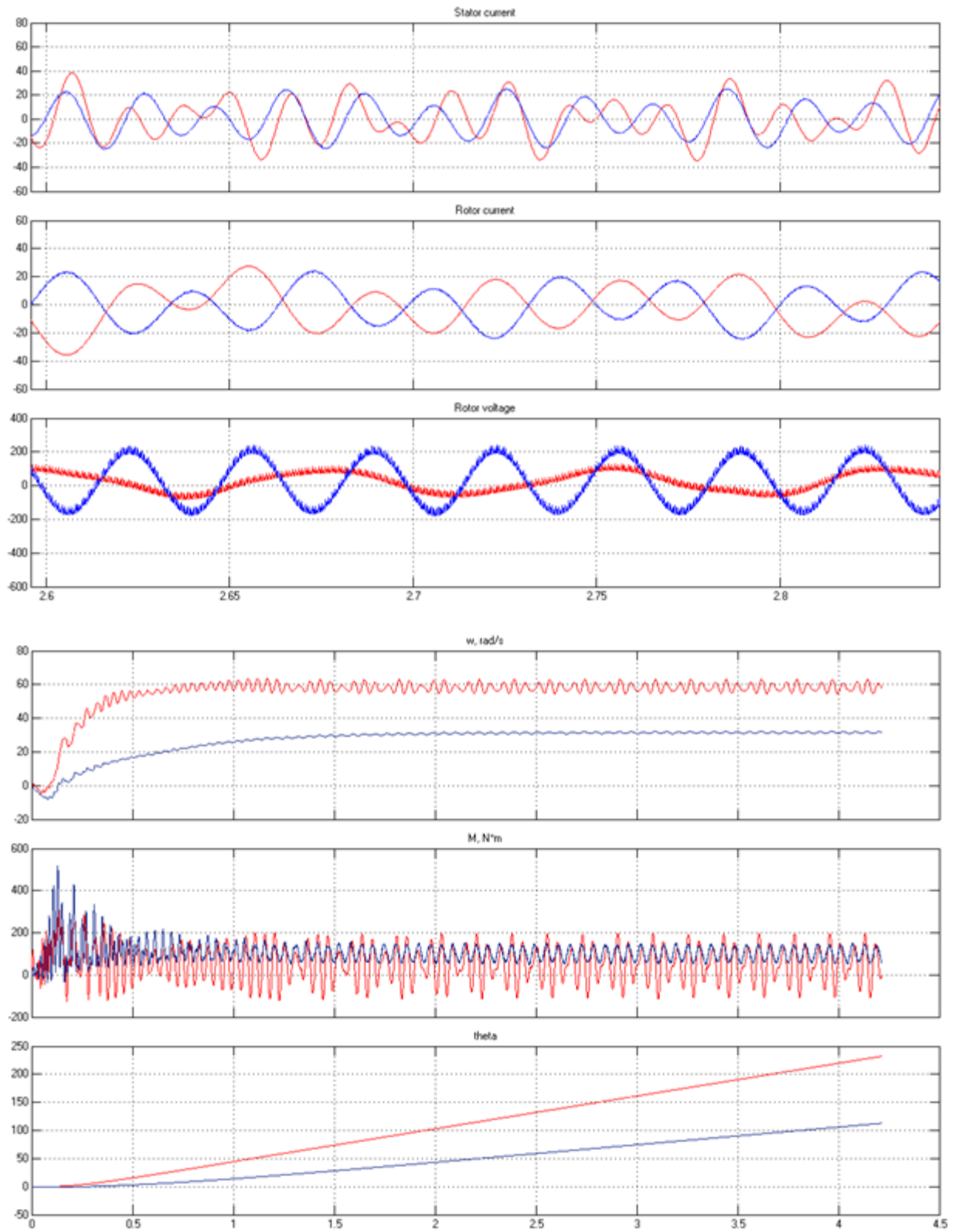


Рис.7.3- Результати моделювання 10 Гц

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## Висновок

З графіків при частоті 10 Гц видно суттєве коливання усіх вличин. При цьому вони діють в протифіа, що напрувлено на синхронізацію обертання валів роторів. Синхронізація відбувається на швидкостях дещо вдрізнаючихся одна від другої. Це дозволяє зробити висновок про те, що двигути повинні бути одинигової потужності.

## Розділ 8. Економічна частина

### 8.1 Загальні положення

У данному дипломному проекті виконується модернізація електропривода конвеєрної сушарки, варіатор замінюється електричним валом з перетворювачем частоти.

Головний шлях до якісного зсуву у виробничих силах – перехід до якісного інтенсивного розвитку, для реалізації якого необхідна велика сила по створенню машин, механізмів і технологій по впровадженні в практику досягнень науки та техніки. При цьому особливого значення набувають: вибір найбільш надійних шляхів підвищення ефективності виробництва, якості продукції, принципи наукового обґрунтованого ціноутворення.

Визначимо ефективність застосування нової системи керування електроприводу шляхом співставленням показників базового і нового варіантів.

При співставленні варіантів технічних рішень по впровадженню нових видів обладнання і технологічних процесів використовують метод порівняльної економічної ефективності. При цьому методі основними показниками є мінімум приведених затрат  $Z$ , який є сумою річних експлуатаційних затрат  $C$  і капітальних вкладень  $K$ , приведених до однієї розмірності в відповідальності з нормативним коефіцієнтом ефективності  $E_n$ . Капітальні вкладення включають в себе всі одноразові витрати: відпускну ціну нової техніки, затрати на її транспортування, монтаж і наладку, затрати на демонтаж старого обладнання та інше.

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Z = C + E_n K \quad (8.1)$$

де  $E_n = 0,08 \div 0,4$  (для нової техніки  $E_n = 0,2$ ).

Повні економічні витрати:

$$Z_e = Z_{en} + Z_{br} + Z_{ab} + Z_{mb}, \quad (8.2)$$

де індекси **б** і **н** відносяться до базового і нового варіантів.

Термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{I}{Z_b - Z_n}, \quad (8.3)$$

де  $T_{ок}$  – строк окупності додаткових капітальних затрат;

$I$  - обсяг інвестицій.

## 8.2 Визначення величини витрат запропонованого варіанту

Кошторис на обладнання для базового і нового варіантів приведений в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Визначення кошторису витрат для нового і старого варіантів

Найменування електрообладнання	N	Кошторисна вартість			
		Базова		Нова	
		за шт., грн	Всього, грн	за шт.,грн	Всього, грн
Перетворювач частоти	1	-	-	8000	8000
Двигун	2	2500	5000	2500	5000

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
------	------	----------	---------	------	--	------

Редуктор	3	1300	3900	1300	3900
Всього			8900		16900
Транспортні витрати (13%)			8755,5		9795,5
Всього ціна обладнання			8900		16900
Монтажні роботи (10%)			6735		7535
Капітальні вкладення всього			24390,5		34230,5

### 8.3. Розрахунок фонду заробітної плати

Розрахуємо оплату праці по існуючому тарифу. Так як установка є установкою з напругою до 1000В, де напруга живлення  $U=0,4$  кВ, то згідно ПУЕ обслуговувати може дану установку 2 робітника, у яких розряд не нижче четвертого, а група допуску не нижче ніж третя по електробезпеці. Тарифна ставка 1-го розряду ТС1 складає 6,8 грн/год.

$$TC4 = 1,27 \cdot TC1 \quad (8.4)$$

$$TC4 = 1,27 \cdot 6,8 = 8,63 \text{ (грн/год)}$$

Розраховуємо заробітну плату по існуючому тарифу:

$$Z_m = TC4 \cdot m = 8,636 \cdot 21 \cdot 8 = 1520 \text{ (грн.)},$$

де  $TC4$  – це тарифна ставка робітника IV розряду;

$m$  – кількість робочих днів в місяці.

Оплата праці за професійну та майстерну діяльність:

$$P_{\text{пм}} = \frac{Z_{\text{т}} \cdot H_{\text{пм}}}{100}, \quad (8.5)$$

де  $H_{\text{пм}}$  – надбавка за професійну діяльність (для працівників з четвертим розрядом складає 10%).

					Лист
КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

$$P_{nm} = \frac{1520 \cdot 10}{100} = 152 \text{ (грн.)}$$

Оплата праці за шкідливі умови праці:

$$P_{yn} = \frac{(Z_m + P_{nm}) \cdot H_{yn}}{100}, \quad (8.6)$$

$$P_{yn} = \frac{(1520 + 152) \cdot 17}{100} = 284,24 \text{ (грн.)}$$

де  $H_{yn}$  - надбавка за умови праці, що для четвертого розряду складає 17%.

Всього постійна заробітна плата складає:

$$Z_{пост} = Z_r + P_{nm} + P_{yn}, \quad (8.7)$$

$$Z_{пост} = 1520 + 152 + 284,24 = 1956,24 \text{ (грн.)}$$

Оплата премій  $K = 15 - 20\%$ .

$$P_{пр} = \frac{Z_{пост} \cdot K}{100}, \quad (8.8)$$

$$P_{пр} = \frac{1956,24 \cdot 20}{100} = 391,30 \text{ (грн.)}$$

Всього основна заробітна плата:

$$Z_{осн} = Z_{пост} + P_{пр}, \quad (8.9)$$

$$Z_{осн} = 1956 + 391,30 = 2397,3 \text{ (грн.)}$$

Розрахуємо додаткову заробітну плату:

$$Z_{дод} = Z_{пост} \cdot 0,1, \quad (8.10)$$

$$Z_{дод} = 1956,24 \cdot 0,1 = 195,6 \text{ (грн.)}$$

Знайдемо суму відрахування в фонд соціального страхування, що складає 37,18% від суми додаткової та основної заробітної плати.

$$Z_{нф} = 37,18 \cdot (Z_{осн} + Z_{дод}) / 100, \quad (8.11)$$

$$Z_{нф} = 37,18 \cdot (2397,3 + 195,6) \div 100 = 964 \text{ (грн.)}$$

Загальний фонд оплати праці за рік складає:

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Phi = (Z_{осн} + Z_{доод} + Z_{нф}) \cdot 2 \cdot 12, \quad (8.12)$$

$$\Phi = (2397,3 + 195,6 + 964) \cdot 2 \cdot 12 = 85365,6 \text{ (грн.)}$$

### 8.3 Розрахунок експлуатаційних витрат для базового і нового варіантів

Величина капіталов вкладень для базового і нового варіантів:

$$K_{б} = 24390,5 \text{ грн,}$$

$$K_{н} = 34230,5 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію при встановленні перетворювача частоти зменшується на 30%:

$$Z_{ен} = P \cdot \Phi \cdot m_o \cdot K, \quad (8.13)$$

де  $P$  – потужність двигуна;

$\Phi$  – кількість робочих годин в день;

$m_o$  - кількість робочих днів в році;

$K$  – вартість електроенергії 1,13 грн/кВт.

Для привода конвеєра:

$$Z_{енб} = 2200 \cdot 8 \cdot 251 \cdot 1,13 = 4991888 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{енн} = Z_{енб} - 0,2 \cdot Z_{енб}, \quad (8.14)$$

$$Z_{енн} = 4991888 - 0,2 \cdot 4991888 = 3993510,4 \text{ (грн.)}$$

Для базової:

$$Z_{енб} = 4991888 \text{ (грн)}$$

Для нової:

$$Z_{енн} = 3993510,4 \text{ (грн.)}$$

Витрати на поточний ремонт обладнання. При використанні ПЧ зменшуються пускові струми, втрати в кабелях, підвищується точність дозування, отримуємо можливість завдання необхідної продуктивності, збільшується надійність всієї установки, тобто кількість поломок зменшується, а отже надійність системи електроприводу зростає. Заплановані витрати на пото-

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

чний ремонт і обслуговування при базовому варіанті становлять 6%, а при новому 3%.

$$Z_{бр} = 0,05 \cdot K_b, \quad (8.15)$$

$$Z_{бр} = 0,05 \cdot 24390,5 = 1219,525 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{нр} = 0,03 \cdot K_n \quad (8.16)$$

$$Z_{нр} = 0,03 \cdot 34230,5 = 1026,915 \text{ (грн.)}$$

Витрати на амортизаційні відрахування:

$$Z_a = \sum N_{ai} \cdot K_i. \quad (8.17)$$

де  $N_a$  - норма амортизаційних відрахувань. (0,2)

$$Z_{аб} = 0,2 \cdot 24390,5 = 4878,1 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{ан} = 0,2 \cdot 34230,5 = 6846,1 \text{ (грн.)}$$

Витрати на допоміжні матеріали для ремонту та обслуговування при базовому варіанті складають 20%, а при новому 5% від фонду оплати праці:

$$Z_m = 0,2 \cdot \Phi, \quad (8.18)$$

$$Z_{мб} = 0,2 \cdot 85365,6 = 17073,12 \text{ (грн.)},$$

$$Z_{мн} = 0,05 \cdot 85365,6 = 4268,28 \text{ (грн.)}.$$

Повні експлуатаційні витрати:

$$Z_e = Z_{ен} + Z_{бр} + Z_{аб} + Z_{мб}, \quad (8.19)$$

$$Z_{еб} = 4991888 + 1219,525 + 4878,1 + 17073,12 = 5015058,745 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{ен} = 3993510,4 + \mathbf{1026,915} + \mathbf{6846,1} + \mathbf{4268,28} = 4005651,695 \text{ (грн.)}$$

#### 7.4 Розрахунок економічної ефективності

Розрахуємо річний економічний ефект за експлуатаційними витратами згідно формули (8.19):

$$Z_{эф} = 5015058,745 - 4005651,695 = 1009407,05 \text{ (грн.)}$$

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Термін окупності потребує обсяг інвестицій  $I$ :

$$I = K_H + D \cdot K_B + T + M \quad (8.20)$$

де  $D$  – демонтаж обладнання, 10 % від капітальних вкладань;

$T$  – транспортні витрати;

$M$  – монтажні роботи.

$$I = 34230,5 + 0,1 \cdot 24390,5 + 9795,5 + 7535 = 54000,05 \text{ (грн.)};$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{Z_{\text{еф}}} \quad T_{\text{ок}} = \frac{54000,05}{1009407,05} > 1 \text{ року}$$

Отже, модернізація для данного типу обладнання є економічно доцільною. Малий термін окупності пояснюється зменшенням витрат на допоміжні матеріали.

У таблиці 8.2 наведено порівняння економічних показників базової та нової системи керування електроприводом конв'єрної сушарки.

Таблиця 7.

Показники	Тип системи	
	базова	нова
Потужність двигуна $P_H$ , кВт	2,2	
Вартість двигуна ( $D$ ), грн.	5000	5000
Вартість системи керування (СК), грн.	500	8000
Капіталовкладення $K = D + СК$ , грн	24390,5	34230,5
$E_a$	0,05	
Амортизаційні відрахування		
$C_a = E_a \cdot K$ , грн.	1219,525	1711,525

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$E_0$	0,015	
Витрати на обслуговування і ремонт $C_0 = E_0 \cdot K$ , грн.	365,8575	513,4575
Вартість електроенергії $m_0$ , грн/кВт год	1,13	
Витрати на електроенергію, грн	4991888	3993510,4

## Висоавок

Термін окупності

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{Z_{\text{еф}}} \quad T_{\text{ок}} = \frac{54000,05}{1009407,05} > 1 \text{ року}$$

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### Список літератури

1. <https://abyhom.com/search/s-Сушилка+СПК-4Г-45+конвейерная+ленточная>
2. <http://lidia.com.ua/Library/002/index.htm> Книга:Оборудование предприятий макаронной промышленности
3. Загірняк М. В., Невзлін Б. І. Електричні машини: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Київ: Знання, 2009. — 400 с. — ISBN 978-966-346-644-6.
4. Півняк Г. Г. Електричні машини: навч. посіб. / Г. Г. Півняк та ін. — Д.: НГУ, 2003. — 328 с. — ISBN 966-8271-36-X.
4. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник /А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. - М.: Энергоиздат, 1982. — 324 с.
- 5 Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовий О.В.— Кременчук, 2001. — 410 с.
6. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. — Київ: НТУУ «КПІ», 2016. — 150 с.
7. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів СВО «Бакалавр» спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», галузі знань 14 – «Електрична інженерія» / Укладачі: П.І. Осадчук, В.Ф. Бабіч, А.А. Галіулін, Є.П. Штепа. – Одеса: ОНТУ, 2021. – 55 с.

					КРМ.ЕМ та М.1.841-03.15.11.22.1.12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		