

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



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

**на тему «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ
ПІДВІСНОГО КОНВЕЄРА»**

Здобувача Курдоглов О.П.

IV курсу групи АЕМ-40

Керівник доцент Шейда Голбад К.А.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 17.06.2024р., протокол №: 12.

Завідувач кафедри Е та М _____ Петро ОСАДЧУК

Одеса - 2024рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Автоматизація та робототехніка

Кафедра: Електромеханіка та мехатроніка

Ступень вищої освіти: Бакалавр

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Електромеханічні системи з інтелектуальним керуванням

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри ЕтаМ

д.т.н., доц. Осадчук П.І.

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА

Курдоглов Олександр Павлович

1. Тема роботи: «Дослідження та вдосконалення електроприводу підвісного конвеєру»

Керівник роботи: Шейда Голбад Камбіз Ахмадович, доктор філософії, доцент.

Затверджено наказом ОНТУ № 797-03 від 19.12.2023р.

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 17.06. 2024р.

3. Вихідні дані роботи: Технічні характеристики підвісного просторового конвеєра .

4. Перелік питань, які потрібно розробити: розгляд конструктивних особливостей механізму, вибір двигуна, частотного перетворювача для нього, розрахунок потужності, система управління, розробка керування електроприводу підвісного конвеєра, що відповідає сучасним вимогам.

5. Перелік демонстраційного матеріалу. Слайди презентації: 1. Схема технологічної лінії. 2. Кінематична схема приводу підвісного конвеєра. 3. Механічні характеристики асинхронного двигуна. 4. Функціональна схема ПЧ та його зовнішній вигляд. 5. Схема включення ПЧ. Модель АД для дослідження в режимі прямого пуску. 6. Динамічні характеристики двигуна: частоти обертання, електромагнітного моменту та струмів ротора. 7. Модель електроприводу з частотним регулюванням. 8. Динамічні характеристики ЕП: при пуску 50 Гц без навантаження пуску 50,35,25 Гц без навантаження; при пуску під навантаженням ($M=10; 5; 0 \text{ Н}\cdot\text{м}$) каждые 2 с при $f = 50; 35; 25; \text{ Гц}$; при пуску под нагрузкой ($M=7 \text{ Н}\cdot\text{м}$) и при $f = 50; 35; 25; 15 \text{ Гц}$.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Аналіз літературних джерел	Шейда Голбад К. А., доцент		
2. Вибір електроприводу	Шейда Голбад К. А., доцент		
3. Визначення параметрів апаратури управління	Шейда Голбад К. А., доцент		
4. Економічна обґрунтованість			
5. Охорона праці			

7. Дата видачі завдання: «05» 02. 2024 р.

Керівник _____ Шейда Голбад К.А.

Завдання прийняв до виконання _____ Курдоглов О.П.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів	Прим.
1	Актуальність теми. Об'єкт та предмет дослідження. Мета роботи. Завдання дослідження. Методи дослідження.	05.04.2024	
2	Розрахунок параметрів підвісного конвеєра. Попередній розрахунок потужності і вибір електроприводу і електричного двигуна. Розрахунок механічних характеристик. Кінематична схема приводу. Розрахунок динамічного режиму електроприводу	07.05.2024	
3	Дослідження процесів при частотному регулюванні в самому електродвигуні. Прямий пуск електродвигуна. Моделювання динамічних режимів електроприводу у середовищі MATLAB Simulink. Використання методів імітаційного моделювання.	10.06.2024	
	Розрахунок економічної доцільності	11.06.2024	
	Охорона праці та безпека життєдіяльності	13.06.2024	
4	Перевірка роботи на добротність	14.06.2024	
5	Попередній перегляд кваліфікаційної роботи бакалавр	17.06.2024	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавр	24.12.2023	

Здобувач-дипломник _____ Курдоглов О.П.

Керівник _____ Шейда Голбад К.А.

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-дипломник _____ Курдоглов О.П.

РЕФЕРАТ

Курдоглов О.П. «Дослідження та вдосконалення електроприводу підвісного конвеєру». Кваліфікаційна робота бакалавра. ОНТУ, 2024. – 76 с., 25 іл., 14 табл.

Об'єктом дослідження у даній дипломній роботі є підвісної конвеєр. Предмет дослідження - електропривод підвісного конвеєра.

На підставі вивченого теоретичного матеріалу було підтверджено актуальність теми, поставлено актуальне наукове-технічне завдання.

У дипломній роботі наведено загальні відомості про призначення, типи та конструкції конвеєрів. Розглянуто режими та умови їх роботи. Проаналізовано системи електроприводів, що застосовуються у конвеєрах. Сформульовано вимоги до сучасних електроприводів конвеєрів, розроблено модернізацію електроприводу підвісного конвеєра.

Відповідно до результатів розрахунків було обрано асинхронний двигун, визначено параметри схеми заміщення двигуна та побудовано його механічні та електромеханічні характеристики, визначено енергетичні показники. Розроблено структурну схему замкнутої системи електроприводу, силову схему електроприводу, обрано частотний перетворювач та визначено параметри його елементів. Розглянуто динамічні моделі асинхронних двигунів та перетворювачів частоти та визначено їх передатні функції. Розроблена імітаційна модель перетворювача напруги.

В економічному розділі роботи дається техніко-економічне обґрунтування ефективності та доцільності використання даної розробки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: асинхронний двигун, електропривод, перетворювач частоти, імітаційна модель.

ABSTRACT

Kurdoglov O.P. "Research and improvement of the electric drive of the suspended conveyor". Bachelor's qualifying work. ONTU, 2024. – 76 p., 25 illustrations, 14 tables.

The object of research in this thesis is a suspended conveyor. The subject of research is the electric drive of a suspended conveyor.

On the basis of the studied theoretical material, the relevance of the topic was confirmed, and an actual scientific and technical task was set.

The thesis provides general information about the purpose, types and designs of conveyors. The modes and conditions of their operation are considered. Electric drive systems used in conveyors are analyzed. The requirements for modern electric drives of conveyors have been formulated, and a modernization of the electric drive of an overhead conveyor has been developed.

According to the results of the calculations, an asynchronous motor was selected, the parameters of the motor replacement scheme were determined, and its mechanical and electromechanical characteristics were constructed, and energy indicators were determined. The structural diagram of the closed system of the electric drive, the power circuit of the electric drive was developed, the frequency converter was selected and the parameters of its elements were determined. Dynamic models of asynchronous motors and frequency converters are considered and their transfer functions are determined. A simulation model of the voltage converter was developed.

The economic section of the work provides a technical and economic rationale for the effectiveness and feasibility of using this development.

KEY WORDS: asynchronous motor, electric drive, frequency converter, simulation model.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	10
1.1 Призначення та класифікація конвеєрів.....	10
1.2 Типи конвеєрів та їх конструкції	12
1.3 Пристрій та елементи підвісних конвеєрів	20
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	26
2.1 Технічні вимоги до привода	26
2.2 Вихідні дані та розрахунок параметрів траси	29
2.3 Визначення найбільшого натягу ланцюга	32
2.4 Кінематичні розрахунки редуктора.....	34
2.5 Вибір електродвигуна та розрахунок його параметрів.....	36
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АПАРАТУРИ КЕРУВАННЯ.....	39
3.1 Вибір перетворювача частоти.....	39
3.2 Динамічні характеристики електроприводу.....	42
3.3 Математична модель електроприводу.....	44
3.4 Розрахунок параметрів системи скалярного управління.....	47
3.5 Моделювання прямого пуску асинхронного двигуна без ПЧ.....	52
3.6 Математичне моделювання асинхронного двигуна з перетворювача частоти фірми Altivar Process ATV600.....	53
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	56
4.1 Розрахунок капіталовкладень.....	56
4.2 Розрахунок поточних річних експлуатаційних витрат.....	57
4.3 Розрахунок витрат на електроенергію і ремонт обладнання.....	58
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8					
Зм.	АРК.	№ документа	Підпис	Дата	Дослідження та вдосконалення електроприводу підвісного конвеєру			Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Курдоглов О.П.							у	6	68
Керівник	Шейда ГолбадК.А.							ОНТУ Гр, АЕМ-40		
Реценз.										
Консульт.										

5.1 Загальні відомості	60
5.2 Освітлення	61
5.3 Пожежна безпека	64
5.4 Виробничий шум і вібрація.....	65
5.5 Електробезпека	66
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	69

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Підвісний конвеєр - машина безперервної дії, призначена для внутрішньоцехового переміщення різних (переважно тарних та штучних) вантажів. Підвісні конвеєри застосовують у машинобудівній, хімічній, харчовій та інших галузях промисловості для переміщення напівфабрикатів та виробів з одного робочого місця до іншого. Конвеєри роблять роботу складу ефективніше, простіше та швидше. Обладнання для складу необхідно підбирати ґрунтуючись на його площі, вигляді вантажів, що транспортуються, а також необхідної траєкторії переміщення. Конвеєрна система досить міцно увійшла до промислових підприємств. Робота обладнання ґрунтується на транспортуванні вантажу по полотну. Воно замкнуте, добре закріплене. Щоб реалізувати рух, у конструкції передбачена підтримка спеціальними роликоопорами. Для збереження темпу в системі є приводний барабан, а для натягу стрічки - натяжний

До головних плюсів конвеєрів відносять: оптимізацію простору складу, зменшення часу обробки та збору вантажів, зменшення енерговитрат та трудовитрат за рахунок автоматизації процесу роботи складу, захист від деформації вантажів, безпечне переміщення, спрощення системи контролю вантажів. Якщо говорити про недоліки, то вони будуть пов'язані з витратами на встановлення та закупівлю обладнання, знос обладнання а також із витратами на електроенергію.

До найважливіших вимог, що пред'являються до привода підвісного конвеєра відносяться економічність у виготовленні та експлуатації, зручність та безвідмовність обслуговування, надійність, довговічність.

Актуальність теми: електропривод — це електромеханічна система для надання руху із заданими параметрами виконавчим механізмам робочих машин в цілях здійснення їх функцій. Сучасний електропривод — це сукупність електродвигуна, який є джерелом механічної енергії, апаратури керування і захисту, а також механічної, гідравлічної або електричної передачі.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

Електроенергія є одним з найважливіших продуктів у індустріальному суспільстві, а електроприводи є основними споживачами електричної енергії (до 60 %) і головним джерелом механічної енергії в промисловості. Ефективність електроприводу значно впливає на економію споживання електроенергії. Тому, розробка високопродуктивних і економічних систем приводу є пріоритетним напрямком сучасної науки.

Об'єктом дослідження у даній дипломній роботі є підвісної конвеєр.

Предмет дослідження - електропривод підвісного конвеєра.

Метою роботи є обґрунтування вибору та проектування частотно-регульованого електроприводу для підвісних конвеєрів заданої продуктивності.

Методи дослідження. З використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки, теорії машин і механізмів, теорії електроприводів, розроблено структурну схему замкненої системи електроприводу, силову схему електроприводу, обрано частотний перетворювач та визначено параметри його елементів, розглянуто динамічні моделі асинхронних двигунів та перетворювачів частоти та визначено їх передатні функції. Розроблена імітаційна модель перетворювача напруги в середовищі MATLAB/Simulink.

Наукова та практична новизна одержаних результатів. В результаті проведеного дослідження було доведено, що система електроприводу з асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором і перетворювачем частоти економічно доцільніше ніж асинхронний двигун без регулювання та забезпечують більшу продуктивність роботи підвісного конвеєра.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Призначення та класифікація конвеєрів

Поняття конвеєр походить зі старо-французького *convoier* «ескортувати, конвоювати», далі від англійського *convey* «перевозити, переправляти». Конвеєром називають засіб для транспортування вантажів на невеликі відстані, а також конвеєр - це система потокового виготовлення на основі об'єкта, що рухається, для складання. Конвеєрне виробництво - система потокової організації виробництва на основі конвеєра, при якій воно розділене на найпростіші короткі операції, а переміщення деталей здійснюється автоматично. Це така організація виконання операцій над об'єктами, коли весь процес впливу поділяється на послідовність стадій з метою підвищення продуктивності шляхом одночасного незалежного виконання операцій над кількома об'єктами, що проходять різні стадії. Конвеєром також називають засіб просування об'єктів між стадіями за такої організації. Подібне розчленування виробничого процесу на найпростіші операції дозволяє одному робочому виконувати якусь одну операцію, не витрачаючи час на зміну інструментів і передачу деталей іншому робочому. Така паралельність виробничого процесу дозволяє зменшити кількість робочих годин, необхідних для виробництва одного виробу. До головних плюсів конвеєрів відносять оптимізацію простору складу, зменшення часу обробки та збору вантажів, зменшення енерговитрат та трудовитрат за рахунок автоматизації процесу роботи складу, захист від деформації вантажів, безпечне переміщення, спрощення системи контролю вантажів.[1]

Перші транспортери були винайдені невдовзі після винаходу колеса. У Стародавньому Єгипті та Месопотамії були використані багатоковшеві та гвинтові безперервні водопідйомні пристрої – норії, які стали прообразами нинішніх конвеєрів . У Стародавньому Китаї та Індії – ланцюгові насоси для перекачування води в зрошувальні системи. Попередником підприємства з конвеєрною збіркою вважається венеціанський «Арсенал», який у XII столітті

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

об'єднав кілька суднобудівних верфей на островах у Венеції. Кораблі, в міру будівництва, рухалися по воді спеціально спроектованим суднобудівним каналом між складальними цехами. На піку своєї ефективності на початку XVI століття в «Арсеналі» було зайнято близько 16 000 осіб, які могли виробляти одну венеціанську галеру на добу, завдяки стандартизованим деталям на складальній лінії. Хоча «Арсенал» проіснував до початку промислової революції, можливість конвеєрного виробництва на суші з'явилася з появою парових машин [2].

Перші спроби застосування скребкових та гвинтових конвеєрів для переміщення насипних матеріалів (наприклад, у борошномельному виробництві) стосуються XVI–XVII століть. Наприкінці XVIII століття конвеєри стали систематично використовувати для транспортування легких сипких матеріалів на невеликі відстані

Наприкінці XIX століття вони використовувалися для транспортування важких вантажів. Починаючи з 1869 по 1914 років, сплеск конструкторських рішень сприяв не лише вдосконаленню, а й появі нових видів конвеєрів, які потрібні й донині.

Спосіб конвеєрного виробництва автомобілів вперше був запатентований Ренсомом Елі Олдсом на самому початку XX століття, і вже з 1901 року за його методом вироблявся "Олдсмобілі" моделі "Кевд Даш" - перший в історії автомобіль масового виробництва.

Хоча прийнято вважати, що сучасне конвеєрне виробництво з'явилося в 1914 році на виробництві Моделі-Т на заводі Генрі Форда, але інженери, які працювали на Форда, лише додали до вже запатентованих Олдсом принципів і методів конвеєрного складання стрічку, яка також була винайдена раніше, наприкінці XIX століття. Коли Генрі Форд приступив до створення другого заводу в Хайленд-Парку в Мічигані, він спочатку спроектував розташування цехів з урахуванням послідовності виробництва автомобіля і заклав спеціальні приміщення в цехах для установки трансформаторів і конвеєрних електроприводів, електрика для яких надходила зі спеціально побудованої на

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

території заводу парової електростанції [2].



Рис. 1.1., 1.2. Автомобільний конвеєр на заводі Форда.

Конвеєри – це невід’ємна частина сучасної промисловості та логістики, які використовуються для автоматизації переміщення матеріалів та виробів на виробничих підприємствах та складах. Є безліч різних типів та видів конвеєрів, кожен з яких має свої унікальні особливості та застосування.

1.2. Типи конвеєрів та їх конструкції

У сучасному серійному виробництві неможливо обійтися без конвеєра. Насамперед це складське обладнання є виробничою необхідністю в галузях, де потрібно переміщати сипучі, шматкові або штучні вантажі. Залежно від обробки вантажу, його фізичних параметрів та складу, а також розмірів конвеєра та площі приміщення залежить вибір типу контейнера. Такий пристрій використовується практично скрізь: на заводах, портах та інших побутових, промислових сферах. Ця машина значно прискорює та спрощує процеси виробництва, транспортування на будь-якому підприємстві. Сама класифікація конвеєрів дуже велика, з урахуванням вектору переміщення, типу, габаритів вантажу та з урахуванням виконання функцій – транспортні, складальні, сортувальні тощо. По типу привода конвеєри класифікуються як:

- вантажонесучі та тягові (канатні, стрічкові, ланцюгові, пластинчасті, люлечні тощо) – вантаж передається за допомогою вантажонесучих або тягнучих елементів;
- без тягового елемента (гравітаційні, інерційні, гвинтові) – вантаж

переміщається із застосуванням сили тяжіння;

- приводні (електричний чи пневматичний) – вантаж рухається окремо від робочих органів, за рахунок кругового обертання чи зворотно-поступальних рухів.

Конвеєри відрізняються за родом використання: стаціонарні встановлюються на підлозі; мобільні можна переміщати та підвішувати; за властивостями вантажу (насипні, штучні тощо).

Існує безліч типів конвеєрів, які мають свої особливості, але основні це: стрічкові, ланцюгові, інерційні, підвісні, пластинчасті, скребкові, гвинтові, роликові та інші. Проте, ефективність роботи конвеєра залежить від типу та параметрів, особливостей вантажу та умов, де відбувається технологічний процес.

Стрічкові конвеєри - це один з найбільш поширених типів конвеєрів, що використовуються для горизонтального переміщення товарів або матеріалів. Такі конвеєри забезпечують транспортування на довгі дистанції штучного та сипучого вантажу. Вони складаються з довгої стрічки, яка рухається навколо двох барабанів.

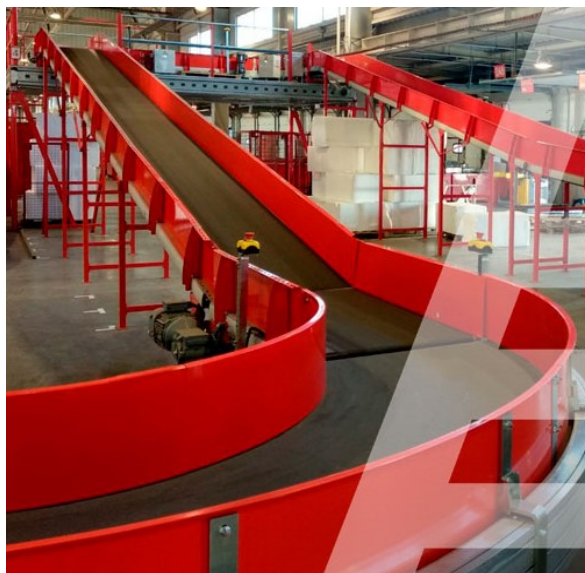


Рис. 1.3 Стрічковий поворотний похилий конвеєр

Використовуються стрічкові конвеєри для транспортування легких та важких матеріалів, включаючи упаковані товари, сипучі матеріали, а також продукцію в агропромислової галузі та можуть бути обладнані різними

механізмами сортування та завантаження. У свою чергу, стрічкові конвеєри мають кілька варіантів виконання: прямі, похилі, жолобні, поворотні і т.д.

Роликові конвеєри (рольганги) застосовуються на складах, логістичних центрах, терміналах та промислових підприємствах для транспортування різних штучних вантажів - коробок, ящиків, лотків, мішків та інших товарів. Вантаж переміщається по роликах, що обертаються за рахунок підшипників, що прикріплені на конструкцію. Ролики, встановлені на бічній рамі, забезпечують поверхню кочення. Такий конвеєр може бути секційним, при цьому з різною довгою секцією, мати кутові вставки. За рахунок цього можна створити криволінійну трасу із змінами вектора руху продукції/товару або доповнити її окремими гілками для сортування вантажу. Роликові конвеєри діляться на гравітаційні та приводні. Їхні секції можна комбінувати. Гравітаційні встановлюються під невеликим кутом на $1,5-11^\circ$ і вантаж пересувається під впливом сили тяжіння. Іноді необхідний перепад висот під час завантаження або в точці доставки. Однак, при використанні гравітаційних конвеєрів для деталей різного розміру та ваги це може бути складнішим. Потрібно буде контролювати швидкість та кут. Деталі, що входять одна в одну, можуть викликати пошкодження.



Рис. 1.4 Роликовий конвеєр (рольганг)

Ланцюговий конвеєр - різновид стрічкового конвеєра, у якого стрічка виконує тільки функції вантажонесучого органу, а тягове зусилля створюється одним (двома) ланцюгами.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

Виділяють дві основні групи стрічково-ланцюгових конвеєрів: з жорстким з'єднанням ланцюгів зі стрічкою, та з фрикційним з'єднанням, при якому тягове зусилля від ланцюгів передається стрічці силами тертя. Підлогові ланцюгові конвеєри відмінно підходять для важких предметів. Вони особливо корисні для предметів із нерівною нижньою поверхнею. Ланцюг конвеєра забезпечує дві або три точки контакту внизу вантажу. У міру того, як ланцюг рухається, він переміщує продукт уперед. Підлогові ланцюгові конвеєри використовуються для перевезення піддонів та великих промислових контейнерів. При необхідності виробу встановлюються на пристосування або санки, і пристосування переноситься по ланцюгах. Це звичайне застосування на автомобільних заводах.



Рис. 1.5 Стрічково-ланцюговий конвеєр

Стрічково-ланцюговий конвеєр може транспортувати насипні вантажі при кутах нахилу до 30-35°. Мінімальний радіус кривизни траєкторії стрічково-ланцюгових конвеєрів у плані 4-8 м, ширина стрічкового полотна 650-1000 мм, продуктивність 300-500 т/год.

У зв'язку з недоліками - складність конструкції, швидкість руху ланцюгів не вище 1-1,2 м/с, відносно невисока продуктивність і високі експлуатаційні витрати, а також у зв'язку з появою високоміцних синтетичних і гумовотросових стрічок стрічково-ланцюгові конвеєри застосовуються обмежено.

Пластинчастий конвеєр є різновидом ланцюгового конвеєра, що використовує як вантажне полотно сталеві пластини. Отже, немає потреби у транспортерній стрічці. Така конструкція транспортера дозволяє переміщати

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

вантажі з великою масою, які було б проблематично транспортувати конвеєрами іншого типу.

Ці агрегати бувають стаціонарними чи пересувними, а складаються вони з тих самих основних вузлів, як і стрічкові транспортери. Вантажонесучим органом служать металеві (іноді дерев'яні або пластмасові) настили-полотна з безлічі пластин, з'єднаних одним або двома тяговими ланцюгами (втулково-роликових). Настил має плоский, хвилястий або коробчастий переріз, може виконуватися з бортами або без. При русі тяговий ланцюг огинає приводну та натяжну зірочки, які закріплюються на краях рами. Пластинчасті транспортери бувають спеціалізованими або загального призначення (найпоширеніший вид, що переміщує важкі вантажі або піддони).



Рис. 1.6 Пластинчастий конвеєр

До спеціалізованих пластинчастих конвеєрів можна віднести: нелінійні просторові траси, пасажирські ескалатори, лінії з інтегрованим технологічним обладнанням. Як правило, пластинчасті конвеєри забезпечують малу швидкість переміщення вантажів до 1 м/с. Типова пластинчаста система має продуктивність до 2000 т на годину. Плоский настил можуть доповнювати високим нерухомим бортом для запобігання сипанню вантажу з поверхні пластинчастого транспортера. Різні конфігурації конвеєра можуть передбачати оснащення траси відкидними секціями, поворотними колами тощо. Пластинчастий конвеєр знайшов широке застосування в гірськодобувальній промисловості, крім того, однією з різновидів пластинчастого конвеєра є багажна карусель, яка встановлена в більшості сучасних аеропортів. Пластинчасті конвеєри так само застосовують на

автомобільних виробництвах, харчовій та оброблювальній промисловості, а також у багатьох інших галузях.

Гвинтовий конвеєр - він же шнековий транспортер або просто шнек, як його називають виробничники, являє собою агрегат, в якому рух матеріалу, переважно сипучого, здійснюють лопаті (витки), що обертаються вздовж своєї осі, спіралі, розташовані один за одним. Такий підхід забезпечує ефективне переміщення сировини різної насипної щільності - від борошна до піску - при відносно невеликих виробничих витратах. Так як шнековий транспортер найчастіше є агрегатом, зібраним залежно від індивідуальних завдань того чи іншого підприємства, його сфера застосування задоволена широка і не завжди обмежується тільки сипучими матеріалами. При очевидній простоті пристрою гвинтового конвеєра окремі його частини та елементи, створювані на виробничих підприємствах, можуть значно відрізнятися. Одні підприємства виробляють шнеки «натягуючи» і приварюючи на трубу-вал попередньо підготовлену спіраль, так звану цільнотягнуту. Інші послідовно приварюють до труби заздалегідь створені витки, вирізані з листа металу і зігнуті на спеціальному верстаті, таким чином, щоб у результаті вийшла єдина спіраль. При цьому зовнішній діаметр лопатей, товщина витків шнека і корпусу, залежно від майбутньої сфери застосування агрегату, також може відрізнятися.

Говорячи про влаштування гвинтового конвеєра, не можна не згадати про один із видів транспортера — гнучкий шнек. Його корпус є трубою, переважно створеною з ПВХ, усередині якої розташована безосьова цільна металева спіраль, її здатність гнутися дозволяє переміщати матеріал як по прямій, так і під кутом - до 90° на висоту до 10 метрів. Гнучкий шнек випускають довжиною до 30 метрів та діаметром труби до 133 мм. Більше того, окремі підприємства постачають агрегат не тільки з мотор-редуктором, але і з невеликим бункером, призначеним для завантаження або розвантаження сипучого матеріалу.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17



Рис. 1.7 Приклад гнучкого шнека у розрізі

Гнучкі транспортери мають свої переваги перед жорсткими конвеєрами: меншу вартість, швидкий монтаж і демонтаж, можливість прокладання труби через існуючі комунікації або інше обладнання, низьке енергоспоживання. З іншого боку, такі агрегати недовговічні, неефективні при роботі з матеріалом насипною щільністю понад 1000 кг/м³, мають обмеження щодо продуктивності через конструктивні особливості.

Інерційний конвеєр — конвеєр, що коливається, в якому переміщення вантажу здійснюється силами інерції. Інерційний конвеєр складається з жолоба, який встановлений на кульках, з можливістю рухатися як вздовж, так і впоперек осі конвеєра по нерухомій основі приводу зворотно-поступального руху, і вібратора для здійснення поперечних коливань жолоба. Вібратор оснащений пультом керування. Інерційний конвеєр працює в такий спосіб: під час руху ринви вправо за рахунок приводу, вантаж, який знаходиться на ринві, починає рухатися разом з ринвою. У момент часу, коли швидкість ринви досягне максимального значення, включається вібратор для здійснення поперечних коливань ринви. Отже матеріал за інерцією буде рухатися поверхнею жолоба, поки жолоб не почне рухатися в потрібному напрямку. У цей час вібратор відключається і цикл повторюється.

Інерційні конвеєри використовуються для транспортування сипких матеріалів на довжину до 50 метрів з продуктивністю до 400 м³/год. Інерційний конвеєр відноситься до підйомно-транспортної техніки і може бути використаний для транспортування вантажів у різних галузях промисловості та сільського господарства.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

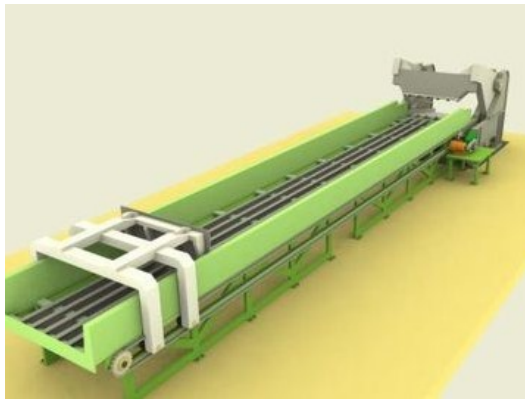


Рис.1.8 Інерційний конвеєр

Скребкові конвеєри – це поширена механічна система для транспортування різних вантажів. Конструкція переміщує продукцію по нерухомій поверхні за допомогою скребків, які з'єднуються між собою за ланцюгом транспортера. Скребкові конвеєри поширені на підприємствах, робота яких пов'язана з виробництвом комбікорму, зерна, цукру та інших сипучих продуктів.

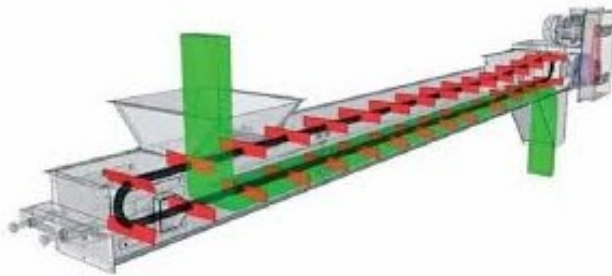


Рис. 1.9 Скребковий транспортер

Скребковий транспортер є масивним агрегатом, до складу якого входить безліч рухливих і статичних елементів:

- привідна станція - електричний двигун і привод якій складається з шестерень або клинопасової передачі, що передає обертання;
- решта - жолоб, що складається з боковин та міцного дна із встановленими амортизуючими пристроями;
- став - складова частина транспортера, яка збирається з рештаків у довший пристрій;
- ланцюг транспортера зі скребками - сполучна ланка між окремими

скребковими елементами;

- скребки, допомогою яких здійснюється рух продукту вздовж нерухомого рештака;

- натягувальний пристрій - складається з кількох окремих частин і служить натягу ланцюгового механізму.

Всі елементи виготовлені, як правило, з високоміцної нержавіючої сталі для збільшення терміну експлуатації та міцності конструкції загалом.

Скребки постійно рухаються, змушуючи сипучі продукти рухатися у потрібному напрямку. Таким чином забезпечується постійний рух вгору рештою. Далі вантаж доставляється на задану висоту, потім скидається в резервуар або відкритий простір [3].

1.3 Пристрій та елементи підвісних конвеєрів

Вперше застосування підвісних конвеєрів було відзначено у Великій Британії, в 1894 році. Основною відмінністю цього виду транспортерів було те, що вантажі, що транспортуються, не лежать, а висять на спеціальних кріпленнях механізму. Підвісний конвеєр, як правило, включає:

- замкнутий у просторі підвісний однорейковий шлях;
- ходові візки (каретки) з вантажними підвісками (гаки, траверси, етажерки, люльки, захвати, майданчики та ін.);
- натягувальний пристрій;
- тяговий орган (ланцюг, рідше сталевий канат);
- одне чи кілька приводних пристроїв.

Залежно від типу тягового елемента підвісні конвеєри поділяються на ланцюгові (найпоширеніші) та канатні.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

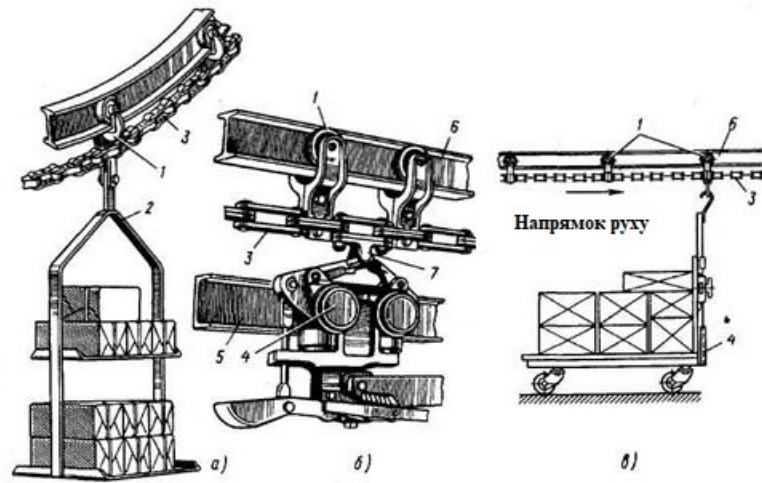


Рис. 1.10 – Підвісні конвеєри

а - вантажонесучий; б - штовхач; в – вантажопровідний; 1 – каретка; 2 – підвіска; 3 – ланцюг; 4 – візок; 5 – вантажний шлях; 6 – тяговий шлях; 7 – штовхач.

Підвісні конвеєри широко використовуються у різних галузях промисловості. Основним призначенням підвісних конвеєрів є внутрішньо-або міжцехове транспортування штучних вантажів (заготівель, деталей, ящиків тощо). Сучасні підвісні конвеєри мають досить широкий діапазон параметрів: вага вантажів, що транспортуються – від часток кілограма до 2,5 т, довжина вантажів – від декількох сантиметрів до 12 м, швидкість руху вантажів приблизно від 0,1 до 30 м/хв; конвеєри з підлоговими візками мають швидкість до 45 м/хв. Довжина конвеєрів сягає 500...600 м при однодвигательном приводі і до 2...3 км при багатодвигательном приводі [1].

Підвісні конвеєри використовують у потоковому виробництві з метою міжопераційної передачі різних виробів. У процесі переміщення вантажі можуть піддаватися різним технологічним операціям: очищенню, мийці, фарбуванню та сушінню, термообробці та ін. Вантажонесучими елементами є каретки: вантажні (одинарні та траверсні) служать для кріплення підвіски з вантажем і переміщення їх по підвісним коліям; опорні (підтримуючі) встановлюються між вантажними та служать для підтримки ланцюга та зменшення його провисання. Конструкція каретки залежить від типу напрямних шляхів, якими вона переміщується. Каретка (рис. 1.11) підвісного конвеєра складається з двох катків з консольними осями та підшипниками, кронштейнів та прокладки.

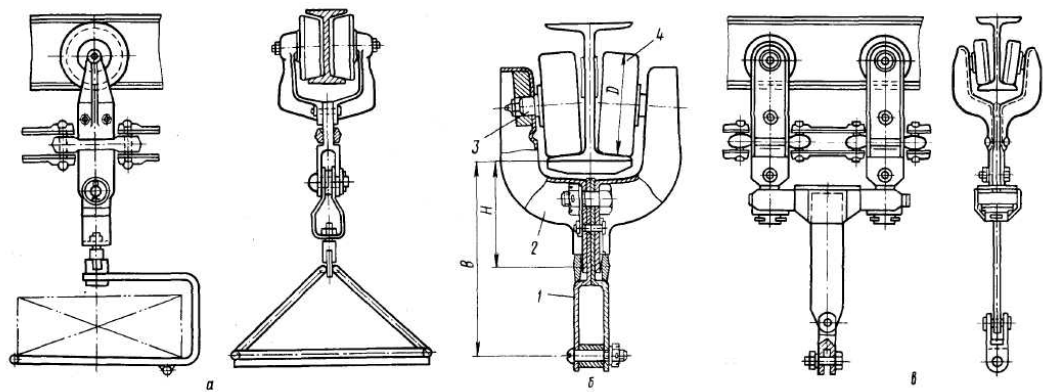


Рис. 1.11 каретка та підвіски вантажонесучого конвеєра:

а - підвіска вантажонесучого конвейєра; б - каретка однокатова: 1 вилка; 2 – кронштейн; 3 – вісь; 4- ковзанки; в - каретка двокатова

Ковзанки кареток - безребордні; профіль обода котка залежить від профілю шляху. Найбільш доцільним виконанням каретки є конструкція катка-підшипника зі сфероконічним ободом (як єдиний комплект), що забезпечує високу надійність. Кронштейни кареток повинні мати високу міцність та жорсткість за мінімальної маси. Крок кареток залежить від кроку підвісок з вантажем та необхідних радіусів вертикальних перегинів, зі зменшенням кроку кареток радіус зменшується.

За способом з'єднання тягового елемента з вантажем, що транспортується підвісні конвеєри розрізняють на вантажонесучі, штовхаючі та вантажопровідні (рис. 1.12). Ланцюг 5 пов'язана з каретками 3, що мають ходові катки, які переміщуються по тягових підвісних коліях 4. Вони зазвичай прикріплені до частин будівлі. Ланцюг рухається за допомогою зірочки або гусеничного приводу.

Вантажонесучі конвеєри призначені тільки для безперервного переміщення штучних вантажів або візків. У вантажонесучих конвеєрів як підвіски, так і тягові ланцюги, що їх з'єднують, переміщаються по тому самому підвісному шляху. При цьому швидкість переміщення всіх вантажів завжди однакова і збігається зі швидкістю ланцюга тяги.

У підвісного штовхаючого конвеєра візки з підвісками для вантажів не прикріплені до тягового ланцюга і рухаються окремим підвісним шляхом штовхачами, які закріплені на тяговому ланцюгу. Ланцюг з штовхачами

рухається тяговим шляхом, а візки з вантажами - самостійним вантажним шляхом, який може мати різні відгалуження. Не маючи жорсткого зв'язку, вантажний візок може рухатися разом з ланцюгом, але може бути зупинений або переведений на інший шлях там, де це необхідно.

Підвісний вантажопровідний або тягнучий (буксирний) конвеєр має підвісний шлях, яким рухаються каретки, з'єднані одна з одною тяговим ланцюгом (або канатом). Замість підвісок для вантажу конвеєр має підлогові візки, які переміщуються по підлозі виробничого приміщення за допомогою розташованого вгорі тягового ланцюга з каретками. З'єднується візок з тяговим ланцюгом за допомогою гака, кільця і стропа, що зачіплюються за вилку каретки, або за допомогою штовхача.

При першому виконанні візки переміщуються по трасі постійного контуру, як у вантажонесучого конвеєра. Ведучий гак кріпиться до телескопічної стійки візка, змінюючи висоту якого, можна швидко прикріплювати або відчеплювати гак від каретки на ходу конвеєра.

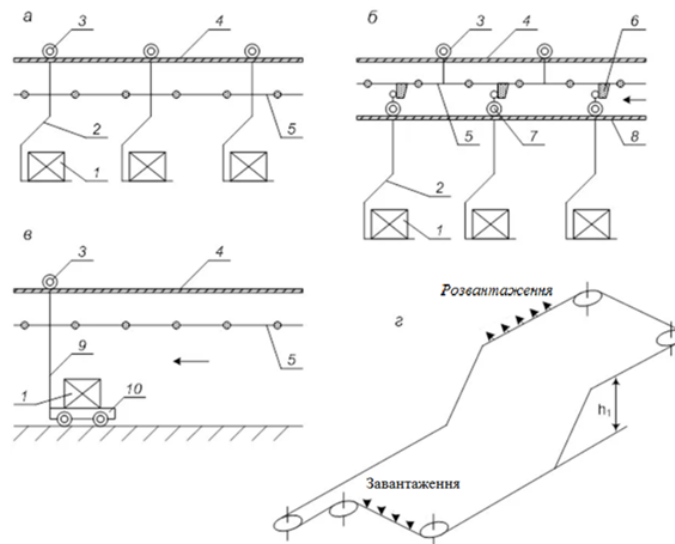


Рис. 1.12 Схема підвісних конвеєрів:

а – вантажонесучого; б - вантажопштовхуючого; в – вантажопровідного; г – схема траси просторового підвісного конвеєра; 1 – вантаж; 2 – підвіска; 3 – каретка; 4 – тяговий підвісний шлях; 5 – ланцюг; 6 – кулачок; 7 – візок; 8 – вантажний підвісний шлях; 9 – штанга; 10 – підлоговий візок

У другому виконанні візки за допомогою стрілок, автоматичного адресування та додаткових механізмів можуть виводитися з основної траси на

відгалуження для виконання тих чи інших виробничих операцій або складування та з відгалужень на основну трасу, як у конвеєрів, що штовхають.

Найбільш поширені конвеєри вантажонесучого та штовхаючого типу.

Підвісні конвеєри бувають горизонтально-замкнуті (контур траси розташовується в горизонтальній площині) та просторові. Повороти горизонтальної площини виконуються за допомогою поворотних пристроїв, а вертикальної за допомогою поворотів підвісного шляху.

За своєю функціональною ознакою підвісні конвеєри поділяються на транспортні, транспортно-технологічні, транспортно-накопичувальні, технологічні та складські. Один підвісний конвеєр має можливість обслуговувати кілька поверхів будівлі за рахунок невеликих радіусів повороту колії конвеєра (до 600 мм). На похилих ділянках шляху на конвеєрі встановлюються пристрої, що уловлюють, на випадок обриву ланцюга. Всі конвеєри обладнуються сигналізацією пуску і зупинки процесу. Розташування підвісних конвеєрів у цехах повинно виключати переміщення вантажів над робочими місцями, або передбачається встановлення захисних огорож, з метою можливості затримати вантаж, що впав.

Для конвеєрів, що розташовані в одній горизонтальній площині, тяговим елементом є ланцюг (рідше – канат).



Рис. 1.13 Підвісний конвеєр

Для просторових конвеєрів застосовують тягові розбірні ланцюги, спеціальні пластинчасті ланцюги із збільшеними зазорами в шарнірах та зварені із круглої сталі. Застосовуються також спеціальні двошарнірні ланцюги, що допускають роботу на поворотах траси з малими радіусами перегинів. Переважними є тягові розбірні ланцюги [3].

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

Для підвісних конвеєрів, особливо з просторовою трасою, рекомендується застосовувати розбірні ланцюги, конструкція яких допускає поворот ланок у площині поздовжніх осей шарнірів на кут до 13° , що дозволяє зменшити радіуси вертикальних перегинів траси. Переваги перед іншими тяговими органами: високе відношення допустимого зусилля в ланцюзі до її ваги; простота монтажу, демонтажу, ремонту та зміни довжини ланцюга (причому для останніх операцій не потрібно жодних спеціальних деталей); легкість приєднання каретки до ланцюга; простота конструкції ланцюга та його обслуговування. Крок ланцюгів зазвичай становить 80, 100, 160 мм. З інших тягових елементів підвісних вантажонесучих конвеєрів цікаві спеціальні двошарнірні ланцюги, що дозволяють отримати дуже малі радіуси вигину ланцюга в обох площинах [1].

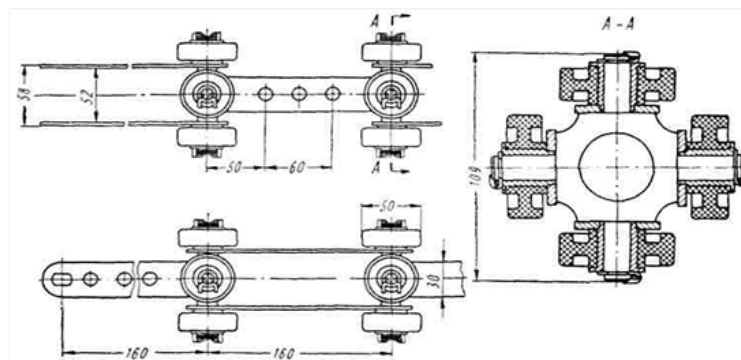


Рис. 1.12 Двошарнірний пластинчастий ланцюг Д-160

Основні параметри підвісних конвеєрів:

- продуктивність Q (т/год);
- продуктивність штучна $Q_{шт}$ (шт/год);
- швидкість ланцюга (м/с);
- вантажопідйомність каретки V_k (кг);
- крок ланцюга K_l .

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

РОЗДІЛ 2. ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

2.1. Технічні вимоги до приводу

Підвісні конвеєри ділять на однопривідні та багатопривідні. Приводи підвісних конвеєрів для всіх типів ланцюгів кутові із зірочкою (рис. 2.1, а) та прямолінійні гусеничні. Кутовий привід із зірочкою встановлюють у місцях горизонтального повороту траси конвеєра на 90 чи 180°; гусеничний привід – на горизонтальних прямолінійних ділянках траси. Механізми гусеничного приводу розміщують на рухомій рамі, яка може переміщатися всередині нерухомої рами підвісного шляху. Крутний момент зірочка 1 отримує від двигуна 5 через муфту 4 і редуктор 3. У приводі передбачено запобіжний пристрій 2 від перевантаження [4].

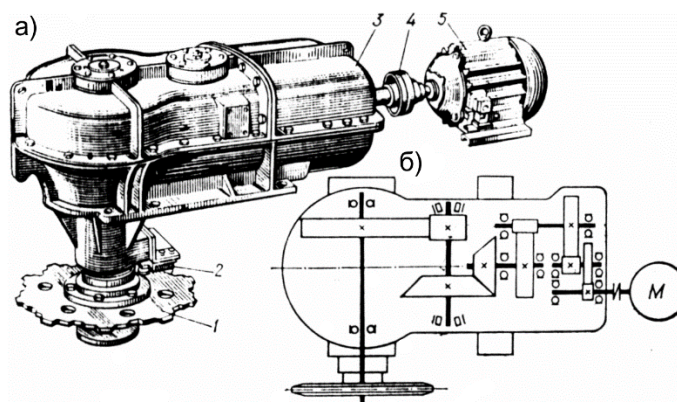


Рис. 2.1 Привод підвісних конвеєрів

Існує три основні схеми редукторів для приводу підвісних конвеєрів: черв'ячно-циліндричний, конічно-циліндричний і трьохступінчастий циліндричний. Редуктор конічно-циліндричний п'ятиступінчастий показано на кінематичній схемі привода (рис. 2.1,б). Необхідне передаточне число редуктора визначається відомими методами та підбирається редуктор. При необхідності виконуються перевірочні розрахунки редуктора. Затим вибирається пружна муфта (втулково-пальцева або гідравлічна) і проводяться її перевірочні розрахунки.

Приводи підвісних конвеєрів забезпечують постійну або змінну швидкість. Плавна зміна швидкості досягається за рахунок застосування варіатора швидкості, гідромотора або електродвигуна постійного струму. Привід встановлюється у точці максимального натягу тягового ланцюга – після довгих важко завантажених горизонтальних ділянок або великих підйомів для отримання оптимальних величин тягового зусилля та натягу ланцюга (щоб на ділянках траси, що мають велику кількість поворотів, натягу тягового елемента та величини сил опорів були мінімальними). Випадкові перевантаження приводу та ходової частини конвеєра контролюються встановленими у приводі зрізними штифтами та наполегливими пружинами.

У багатопривідному конвеєрі періодично встановлюють кілька приводні механізми. У системі спільно працюючих приводів все приводні механізми конвеєра повинні мати електродвигуни з однаковими характеристиками та однакове передатне число [3].

Вибираючи електропривод необхідно звернути увагу на умови його експлуатації:

- тривалий режим роботи, як правило, протягом значних проміжків часу (зміни або декількох змін) без пауз за час включення;
- відносно рідкісні пуски, тривалість яких не впливає на продуктивність конвеєра, і постійний напрямок обертання двигуна;
- можливість виникнення значних статичних моментів при торканні, що перевершують іноді номінальні навантаження ($M_c, T_p > M_{c,ном}$), наприклад при пуску навантажених конвеєрів після раптової (аварійної) зупинки;
- робота двигунів конвеєрів за різних умов навколишнього середовища (на відкритому повітрі, в запилених і вологих приміщеннях, при високій і низькій температурах, в цехах з агресивним середовищем).

Виходячи с цього, визначаємо наступні вимоги до електроприводу:

- підвищений пусковий момент;
- плавний пуск та гальмування (для запобігання пробуксовування стрічки або розгойдування вантажу у стрічкових та підвісних);

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

- невелике регулювання швидкості в діапазоні 1:2 (для зміни темпу роботи у потокових ліній);

- узгоджене обертання електроприводів (для кількох конвеєрів).

Перерахованим вимогам достатньо задовольняє нерегульований асинхронний електропривод змінного струму з короткозамкненим ротором. При цьому, електропривод повинен забезпечувати плавне економічне регулювання швидкості з широким діапазоном, велику частоту включень і реверсів з високою швидкістю в перехідних режимах [5].

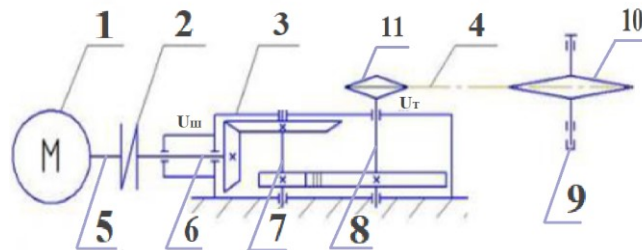


Рис. 2.2 – Кінематична схема привода

1-Електродвигун, 2-сполучна муфта, 3-Редуктор, 4-приводний ланцюг, 5-Вал електродвигуна, 6-первийний вал редуктора(швидкохідний), 7-промежний вал редуктора, 8-вторинний вал редуктора(тихохідний), 9-вал вихідний.

При пуску асинхронного електродвигуна відбуваються складні динамічні процеси. Токи в двигуні досягають сталих значень не миттєво, а тому і моменти, що розвиваються в цей перехідний період, істотно відрізняються від розрахованих по статичним характеристикам, так як електромагнітний момент асинхронного двигуна визначається векторним отвором потокозчеплення статора на струм статора.

Для досягнення необхідних технологічних параметрів конвеєрів найбільш перспективними є методи частотного керування електроприводом. Дане управління дозволяє регулювати швидкість конвеєра в залежності від параметрів технологічного процесу. Режим роботи асинхронного двигуна при заданій частоті визначається напругою або струмом (поток) статора і значенням абсолютного ковзання. Частотне-регульований асинхронний електропривод ланцюгових конвеєрів може бути задіяний в реалізації самих різних технологічних процесів, що вимагають плавного регулювання швидкості в широких межах. Також, при

переході на частотне регулювання швидкості електродвигунів з'являється можливість оптимізувати режим роботи технологічного обладнання.

Частотне управління дає максимальний ефект енергозбереження, забезпечує, ресурсозберігаючий режим експлуатації технологічного і електричного обладнання при значно знижених навантаженнях і динамічних впливах, які сприяють підвищенню в кілька разів ресурсу роботи і зниження експлуатаційних витрат на ремонт.

Застосування керованих перетворювачів частоти дозволяє створювати установки з високими динамічними властивостями і мінімальними додатковими втратами.

При великій протяжності конвеєрів застосовується багатодвигунний привід. Використання кількох приводних станцій дозволяє уникнути великих напруг у механізмах, перевантаження ділянок, зменшити габарити тягового органу та величину тягових зусиль. Тяговий орган кожної приводної станції передає зусилля, пропорційне статичному опору лише однієї ділянки, а не всього конвеєра [3].

Вибір місця встановлення приводних станцій визначається відповідно до діаграми зміни зусиль натягу. Оптимальна кількість приводних станцій визначається техніко-економічними розрахунками.

2.2. Вихідні дані та розрахунок параметрів траси

Проведемо розрахунок вантажнонесучого конвеєра, призначення для транспортування деталей зі складу у механозбірний цех. Вага однієї деталі становить 40кг, а її габарити 550x300x200мм. Завантаження та розвантаження конвеєра автоматичне. Привод конвеєра встановлений на ділянці 1, а натягу на ділянці 4 (рис 2.2.).

Довжина та висота ділянок, м:

$$L1 = 60; L2, L10 = 15; L3 = 25; L5 = 3; L7 = 80; L9 = 37; L11 = 45;$$

$$L13 = 81; h1, h2 = 7.$$

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

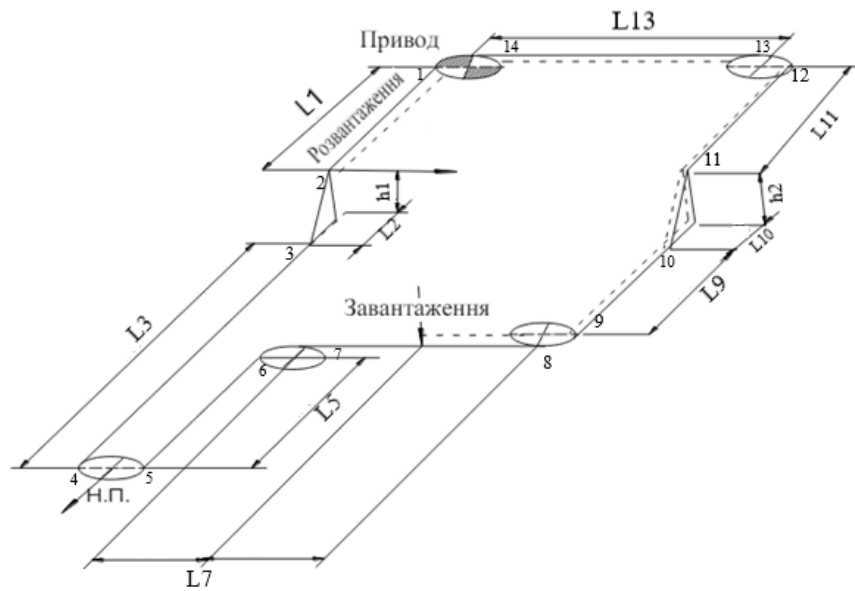


Рис. 2.3 Розрахункова траса конвеєра

Вибираймо ланцюг P2-100-220 з фіксованими валиками в якості тягового органу конвеєра (рис. 2.3; таб. 2.1).

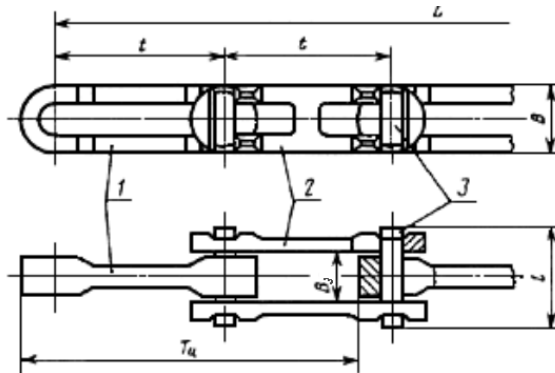


Рис. 2.4 1 - Внутрішня ланка, 2 - зовнішня ланка, 3 – валик

Найменування ланцюга	Основні параметри, мм					Руйнівне навантаження, кг	Маса 1м ланцюга, кг
	Крок ланки розрахунковий t_{pl}	Крок зачеплення t_3	Ширина ланки B_3 не більше	Відстань між зовнішніми ланками не менше	Довжина валика L не більше		
P2-100-220	100	200	37	27	60	22000	5,2

Таблиця 2.1

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

При виборі кроку ланцюга і числа зубців зірочки слід враховувати можливість проходження вантажів на поворотних зірочках. Для обраного ланцюга вибирається:

Таблиця 2.2

Крок ланки ланцюга, мм	Число зубів зірочки, Z	Діаметр ділильної окружності зірочок, мм D _o	Діаметр ділового кола зірочки, мм	Радіус горизонтального повороту колії, мм
100	16	1025,7	984	510

Найменший крок підвісок $a_{п}$ визначається виходячи із максимальних габаритних розмірів вантажів та їх вільного проходу на горизонтальних і похилих ділянках:

$$a_{п \min} \geq \frac{L_{max} + \Delta}{\cos \beta_{max}} \quad (2.1)$$

на вертикальних ділянках

$$a_{п \min} = h_{max} + \Delta \quad (2.2)$$

де β_{max} – найбільший кут нахилу шляху на вертикальному перегині;

L_{max} – найбільша довжина вантажу в площині руху конвеєра з врахуванням розмірів підвіски;

Δ – мінімальний зазор між вантажами для вантажонесучих конвеєрів.

– найбільша висота вантажу з розрахунком розміру підвіски.

Для внутрішньоцехового транспортування вантажів масою до 100 кг з автоматизованим завантаженням і розвантаженням рекомендована швидкість $V = 0,3$ м/с. Згідно ряду швидкостей, наведеним в ДСТУ 5946-79 $V = 0,32$ м/с. Необхідний крок підвісок з вантажами, кареток і візків:

$$t_{в} = T = t_{к} = 3600 \cdot \frac{V}{Z} = 3600 \cdot \frac{0,32}{1500} = 0,768\text{м} \quad (2.3)$$

Розрахунковий крок підвісок повинен бути кратним двом крокам ланцюга, відповідно, при кроці ланцюга $t_{л} = 100\text{мм}$ приймаємо:

$$T = 2 \cdot Q \cdot t = 2 \cdot 4 \cdot 100 = 800 \text{ мм} \quad (2.4)$$

Продуктивність конвеєра:

$$Q = 3600 \cdot \frac{v}{t_b} = 3600 \cdot \frac{0,32}{0,8} = 1440 \text{ шт/год} \quad (2.5)$$

2.3 Визначення найбільшого натягу ланцюга

Обираємо типову каретку з розрахунковим навантаженням 5 кН, масою $m_k = 5,5$ кг. Орієнтовна маса візка на $m_{виз} = 15$ кг, підвіски для вантажу $m_n = 7,5$ кг, комплекту штовхача $m_{кш} = 3$ кг, пристосування для кріплення каретки до ланцюга $m_{пр} = 2$ кг.

Погонна маса на тяговій гілці

$$q_T = \frac{m_k + m_{пр}/t_k + q_l m_{кш}}{T} = \frac{5,5 + \frac{2}{0,8} + 5,2 + 3}{0,8} = 18,32 \text{ кг/м} \quad (2.6)$$

На вантажній порожній гілці

$$q_x = \frac{\sum m_T + m_{виз}}{T} = \frac{1,5 + 7,5}{0,8} = 28,12 \text{ кг/м} \quad (2.7)$$

На завантаженій гілці, з вантажем розміщеним на одній підвісці

$$q_B = q_x + \frac{\sum m_B}{T \cdot z_k} = \frac{28,12 + 40}{0,8 \cdot 1} = 78,12 \text{ кг/м} \quad (2.8)$$

$$F_{max} = F_{min} \cdot \omega_c + (\omega \cdot q_T \cdot L \cdot g + \omega_1 \cdot g (q_B \cdot L_B^B + q_x \cdot L_B^x)) \cdot (1 + k_M \cdot \omega_c) + q_B \cdot H \cdot g \quad (2.9)$$

Якщо прийняти первинний натяг ланцюга $F_{min} = 1500$ Н, то для визначення натягів в тяговому органі обхід траси конвеєра з точки 3 (рис.2.2), натяг ланцюга в якій буде мінімальним: $F_3 = F_{min} = 1500$ Н. З неї і почнемо тяговий розрахунок руху ланцюга конвеєра. Для наступних точок значення коефіцієнта опору руху $\omega = 0,05$.

Навантаження на каретку

$$F_k = (m_k + m_{пр} + m_{кш} + q_l \cdot t_k) \cdot g = (5,5 + 2 + 3 + 5,2 \cdot 0,8) \cdot 9,81 = 144 \text{ Н} \quad (2.10)$$

Навантаження на візок

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$F_{\text{віз}} = (m_{\text{T}} + m_{\text{П}} + m_{\text{В}}) \cdot g = (15 + 7,5 + 40) \cdot 9,81 = 613\text{Н} \quad (2.11)$$

значення коефіцієнта опору руху дорівнює $\omega_1 = 0,025$ $\omega_{\text{П}90} = 1,02$; $\omega_{\text{П}180} = 1,03$; $\omega_{\text{В}} = 1,015$ (при куті перегину $\beta = 25^\circ$).

$$F_4 = F_{\text{min}} + (\omega \cdot q_{\text{T}} + \omega_1 \cdot q_{\text{В}}) L_4 \cdot g = 1500 + (0,05 \cdot 18,32 + 0,025 \cdot 28,12) \cdot 25 \cdot 9,81 = 1897\text{Н} \quad (2.12)$$

$$F_5 = \omega_{\text{П}180} \cdot (F_{\text{H}} + F_{\text{СК}} + F_{\text{СВіз}}) = 1,03 \cdot (1897 + 16 + 35) = 2006\text{Н} \quad (2.11)$$

Опір руху двоколісних кареток на повороті радіусом $R = 0,5\text{мм}$ дорівнює

$$D_{\text{од}} = D_o \cdot R = 1025,7 \cdot 0,5 = 512,85\text{мм} \quad (2.13)$$

$$F_{\text{СК}} = 1,1 \cdot \omega \cdot q_{\text{T}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \frac{\alpha}{360} \cdot g = 1,1 \cdot 0,05 \cdot 18,32 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot \frac{180}{360} \cdot 9,81 = 16\text{Н} \quad (2.14)$$

Сумарна маса частин, що навантажують візок, для незавантаженої гілки

$$m'_{\text{T}} = m_{\text{T}} + m_{\text{П}} = 15 + 7,5 = 22,5\text{кг}$$

Кількість візків на повороті з кутом $\alpha = 180^\circ$

$$z = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \alpha}{360 \cdot T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 180}{360 \cdot 0,8} = 1,96 \quad (2.15)$$

$$F_{\text{СВіз}} = 0,08 \cdot 2 \cdot 22,5 \cdot 9,81 = 35\text{Н}$$

$$F_6 = 2006 + (0,05 \cdot 18,32 + 0,025 \cdot 28,12) \cdot 3 \cdot 9,81 = 2054\text{Н}$$

$$F_7 = \omega_{\text{П}90} (F_6 + F_{\text{СК}} + F_{\text{СВіз}}) \quad (2.16)$$

$$F_{\text{СК}} = 1,1 \cdot 0,05 \cdot 18,32 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot \frac{90}{360} \cdot 9,81 = 8\text{Н}$$

$$F_{\text{СВіз}} = \omega_{\text{T}90} \cdot z \cdot m'_{\text{T}} \cdot g \quad (2.17)$$

$$\omega_{\text{T}90} = 0,08$$

Кількість візків на повороті з кутом $\alpha = 90^\circ$

$$z = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \alpha}{360 \cdot T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 90}{360 \cdot 0,8} = 0,98 \quad (2.18)$$

$$F_{\text{СВіз}} = 0,05 \cdot 1 \cdot 22,5 \cdot 9,81 = 11\text{Н}$$

$$F_7 = 1,02 \cdot (2054 + 8 + 11) = 2114\text{Н}$$

$$F_8 = 2114 + (0,05 \cdot 18,32 + 0,025 \cdot 78,12) \cdot 80 \cdot 9,81 = 4366\text{Н}$$

Для завантаженої гілки

$$m'_{\text{T}} = m_{\text{T}} + m_{\text{П}} + m_{\text{В}} = 15 + 7,5 + 40 = 62,5\text{кг}$$

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$F_{\text{свіз}} = \omega_{\text{т90}} \cdot z \cdot m'_T \cdot g = 0,05 \cdot 1 \cdot 62,5 \cdot 9,81 = 31\text{H} \quad (2.19)$$

$$F_9 = \omega_{\text{п90}} \cdot (F_8 + F_{\text{ск}} + F_{\text{свіз}}) = 0,05 \cdot (4367 + 8 + 31) = 4494\text{H}$$

$$F_{10} = 4494 + (0,05 \cdot 18,32 + 0,025 \cdot 72,12) \cdot 37 \cdot 9,81 = 5535\text{H}$$

$$F_{11} = \omega_B \cdot (\omega_B \cdot F_{10} + (\omega \cdot q_T + \omega_1 \cdot q_B) \cdot L_{10} \cdot g + (q_T + q_B) \cdot h_2 \cdot g = 1,015 \cdot$$

$$(1,015 \cdot 5535 + (0,05 \cdot 18,32 + 0,025 \cdot 78,12) \cdot 7 \cdot 9,81 = 12853\text{H}$$

(2.20)

$$F_{12} = 12853 + (0,05 \cdot 18,32 + 0,025 \cdot 78,12) \cdot 45 \cdot 9,81 = 14120\text{H}$$

$$F_{13} = \omega_{\text{п90}} \cdot (F_{12} + F_{\text{ск}} + F_{\text{свіз}}) = 1,02 \cdot (14120 + 8 + 31) = 14442\text{H}$$

$$F_{14} = 14442 + (0,05 \cdot 18,32 + 0,025 \cdot 78,12) \cdot 81 \cdot 9,81 = 16722\text{H}$$

Для визначення натягів в точках 1, 2 проводимо розрахунок проти ходу конвеєра, починаючи з точки 3, де $F_3 = 1500\text{H}$

Для незавантаженого вертикального перегину

$$F_i = \frac{1}{\omega_B} (F_3 - (\omega \cdot q_T + \omega_1 \cdot q_x) \cdot L_i \cdot g) \quad (2.21)$$

$$F_2 = \frac{1}{1,05} \cdot (1500 - (0,05 \cdot 18,32 + 0,025 \cdot 28,12) \cdot 15 \cdot 9,81 = 1202\text{H}$$

$$F_1 = 1202 + (0,05 \cdot 18,32 + 0,025 \cdot 78,12) \cdot 60 \cdot 9,81 = 2890\text{H}$$

Допустимі навантаження на ланцюг:

$$F_{\text{дн}} = \frac{F_p k_{\text{вм}}}{k_{\text{зм}} k_{\text{н}}} \cdot g = \frac{22000 \cdot 0,85}{3 \cdot 3} \cdot 9,81 = 20383\text{H} \quad (2.22)$$

де $F_{\text{дн}}$ – руйнівне навантаження кола;

$k_{\text{вм}}$ – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалів ланцюга (0,6...0,85)

$k_{\text{зм}}$ – розрахунковий запас міцності по несучої здатності ланцюга, для з просторовою трасою дорівнює 4...9;

$k_{\text{н}}$ – коефіцієнт напруження ланки ланцюга (1...5, на горизонтальних поворотах і вертикальних перегибах, в середньому 3)

Виходячи з розрахунків в точці $F_{14} = 16722\text{H}$, допустимі навантаження на ланцюг $F_{\text{дн}} = 20788\text{H}$, міцність ланцюга задовільна.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

2.4 Кінематичні розрахунки редуктора

Вибіраємо конічно-циліндричний прямозубатний двоступінчастий редуктор з ланцюговою передачею.

ККД окремих деталей кінематичної схеми приводу підвісного конвеєра наведений у таблиці.

Таблиця 2.3

Тип передачі	η
ККД конічної передачі: $\eta_{\text{кон.зуб}}$	0,95...0,97
ККД циліндрично зубчастої: $\eta_{\text{цил.зуб}}$	0,96...0,98
ККД ланцюгової передачі: $\eta_{\text{ЛАН}}$	0,92...0,95
ККД підшипників кочення(опор): $\eta_{\text{оп}}$	0,99
ККД муфти: $\eta_{\text{ЛАН}}$	0,98
Загальне ККД: $\eta_{\text{ЛАН}}$	0,850

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{М}} \cdot (\eta_{\text{кон.зуб}} \cdot \eta_{\text{цил.зуб}}) \cdot \eta_{\text{ЛАН}} \cdot \eta_{\text{оп}}^4 = 0,98 \cdot 0,951 \cdot 0,95 \cdot 0,961 = 0,850 \text{ або } 85\% \quad (2.23)$$

Де $\eta_{\text{заг}}$ загальне ККД кінематичної системи.

$n_{\text{В}}$ – число обертів вихідного валу(вал барабану).

Далее знаходимо число обертів вихідного валу привода(зірки)

$$n_{\text{В}} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\text{зір}}} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 0,3 \text{ м/с}}{3,14 \cdot 1025,7 \text{ мм}} \approx 6 \text{ об/хв.} \quad (2.24)$$

скористаємося рекомендаціями з довідника по деталях та машинам для знаходження передаточних відношень ступенів редуктора

$$u_{\text{заг}} = \frac{n}{n_{\text{в}}} = \frac{1450}{6} = 242, \quad (2.25)$$

$$u_{\text{ред}} = \frac{u_{\text{заг}}}{u_{\text{т}}} = \frac{242}{4} = 60.5, \quad (2.26)$$

$$u_{\text{т}} = 0.88\sqrt{u_{\text{ред}}} = 6.85, \quad (2.27)$$

$$u_{\text{ш}} = \frac{u_{\text{ред}}}{u_{\text{т}}} = \frac{60.5}{6.85} = 8.83 \quad (2.28)$$

$$u_{\text{лан}} = 4, \quad (2.29)$$

Результати розрахунків занесемо у таблицю

Таблиця 2.4

№ валу	n, об/хв	P, кВт	T, Н·м
0	1450	4,98	32.8
1	1450	4,83	31.8
2	164.2	4,69	272.8
3	24	4,5	1866
4	6	4,29	6065

2.5 Вибір електродвигуна та розрахунок його параметрів

Тягове зусилля на приводній зірочці знаходимо за формулою:

$$F_{\text{т}} = (F_{14} - F_1) \cdot \omega_{\text{п90}} = (16722 - 2890) \cdot 1,02 = 14109\text{Н} \quad (2.30)$$

Знеобхідну потужність електродвигуна обчислюємо за формулою

$$P = \frac{K \cdot S_{\text{т}} V_{\text{max}}}{10^3 \eta} = \frac{1,2 \cdot 14109 \cdot 0,3}{10^3 \cdot 0,9} = 5,64\text{кВт} \quad (2.31)$$

де K - коефіцієнт неврахованих опорів, дорівнює: 1,1-1,2

η – ККД механізму приводу конвеєру.

Вибираємо електродвигун АИР132S4. Основні технічні характеристики електродвигуна АИР132S4 наведені у таблиці 3.1.

Найменування	Значення
Потужність	7,5 кВт
Умовна/фактична частота обертання ротора	1500/ 1450 об/хв
Напруга мережі	220/380В (380/660В)
Номінальний струм при 220/380/660	28,2/16,3/9,3
Частота мережі, тип	50 Гц, трифазна
Момент, що крутить максимальний	114,4 Нм
Момент, що крутить номінальний	49,74 Нм
Відношення пускового моменту, до номінального	2,3 Нм
Число полюсів	4
Принцип дії	Асинхронний
Коефіцієнт потужності, $\cos \varphi$	0,84
ККД	87%
Ступінь захисту	IP55
Ізоляція класу нагрівостійкості	F(155°C)
Маса	80 кг

Для перевірки двигуна по перевантажувальній здатності повинна виконуватись умова:

$$M_{кр} = \lambda M_{ном} \geq M_{ор}$$

де $M_{кр}$ критичний пусковий момент двигуна, Н·м;

$M_{ном}$ - номінальний момент двигуна, Н·м;

$M_{ор}$ - момент опору руху під час пуску, Н·м.

Номінальний момент двигуна знаходиться за формулою:

$$M_{ном} = \frac{9550 \cdot P_{ном}}{N_{ном}} = \frac{9550 \cdot 7,5}{1450} = 49,4 \text{ Нм} \quad (2.32)$$

$$\lambda = \frac{M_{мах}}{M_{ном}} = 2,3 \quad (2.33)$$

Критичний пусковий момент двигуна:

$$M_{кр} = \lambda M_{ном} = 2,3 \cdot 49,4 = 113,61 \quad (2.34)$$

$$M_{ном} = \frac{9550 \cdot P}{N} = \frac{9550 \cdot 5,64}{1500} = 35,91 \text{ Нм} \quad (2.35)$$

РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АПАРАТУРИ КЕРУВАННЯ

3.1 Вибір перетворювача частоти

Перетворювач частоти — електронний пристрій для зміни частоти електричного струму (напруги). Він перетворює вхідну синусоїдну напругу фіксованої частоти та амплітуди у вихідну імпульсну напругу змінної частоти та амплітуди за допомогою ШІМ (широтно-імпульсної модуляції). Таким чином, плавно збільшуючи частоту і амплітуду напруги, що подається на статорні обмотки асинхронного електродвигуна, можна забезпечити плавне регулювання швидкості обертання валу електродвигуна [6].

При виборі перетворювача частоти необхідно керуватися наступними вимогами:

- висока надійність при будь-яких режимах роботи;
- простота системи керування;
- мінімальна вартість обладнання.

Обираємо перетворювач частоти від французького виробника Schneider Electric серії Altivar Process ATV, призначені для управління 3-фазними синхронними, асинхронними і спеціальними двигунами потужністю від 0,75 кВт до 1,5 МВт в промисловості.

Перетворювач частоти Altivar Process дозволяє більш повно використовувати можливості обладнання і знижувати експлуатаційні витрати завдяки оптимізації енергоспоживання і зручності використання.



Рис. 3.1 перетворювач частоти Altivar Process ATV

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

Програмне забезпечення перетворювачів частоти Altivar Process дозволяє налагодити велику кількість прикладних функцій, які враховують особливості технологічних процесів:

- функції безпеки і автоматичного управління відповідають вимогам, що пред'являються до більшості технологічних установок;
- місцевий і дистанційний контроль параметрів з використанням вбудованого веб-сервера;
- вбудований фільтр ЕМС;
- вбудована функція "Stop & Go" знижує споживання електроенергії в режимі очікування до 60% завдяки автоматичному відключенню ланки функцій;
- висока точність вимірювання споживаної електроенергії;
- вбудований порт Ethernet з можливістю прямого доступу до параметрів конфігурації і контролю;
- відображення вимірюваних величин в одиницях користувача (наприклад, мЗ / год, кВт / мЗ);
- програмна функція обмеження перенапруги на клеммах двигуна;
- контроль зміни споживаної енергії в функції часу для забезпечення якості роботи технологічного обладнання і підвищення його надійності;
- інтегрована функція безпеки STO і функції контролю дозволяють забезпечити захист обладнання та обслуговуючого персоналу.

Виходячи з номінальної електричної потужності і номінального струму двигуна, здійснюємо вибір моделі перетворювача частоти.

Електрична потужність двигуна:

$$P_1 = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta} = \frac{7,5}{0,87} = 8,6 \text{ кВт} \quad (3.1)$$

Номінальний струм

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{3 \cdot 380 \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{7500}{3 \cdot 380 \cdot 0,87 \cdot 0,84} = 9 \text{ А} \quad (3.2)$$

Обираємо перетворювач серії ATV630D11M3 для настінного монтажу.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

Основні характеристики перетворювача наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Частота мережі живлення	50...60 Hz - 5...5 %
Число фаз мережі	2
Номінальна напруга мережі	200...240 В - 15...10 %
Потужність двигуна	11 (15) кВт (л.с.)
Лінійний струм	39,3 А в 200 В
Безперервний вихідний струм	46,8 А в 4 кГц
Ступінь захисту	IP 21

Перетворювач забезпечує наступні режими роботи та управління приводних машин і механізмів:

- плавний пуск;
- тривалу роботу в заданому діапазоні частот обертання і навантажень;
- гальмування і зупинку;
- захист електричного і механічного обладнання в аварійних і позаштатних режимах.

Висока ефективність застосування такого електроприводу обумовлена:

- високою якістю статичних і динамічних характеристик;
- високими енергетичними показниками;
- гнучким налаштуванням робочих параметрів і режимів;
- розвиненим інтерфейсом і адаптивністю до різних зовнішніх систем керування і автоматизації;
- високою монтажньо-налагоджувальною готовністю;
- простотою і зручністю управління і обслуговування.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

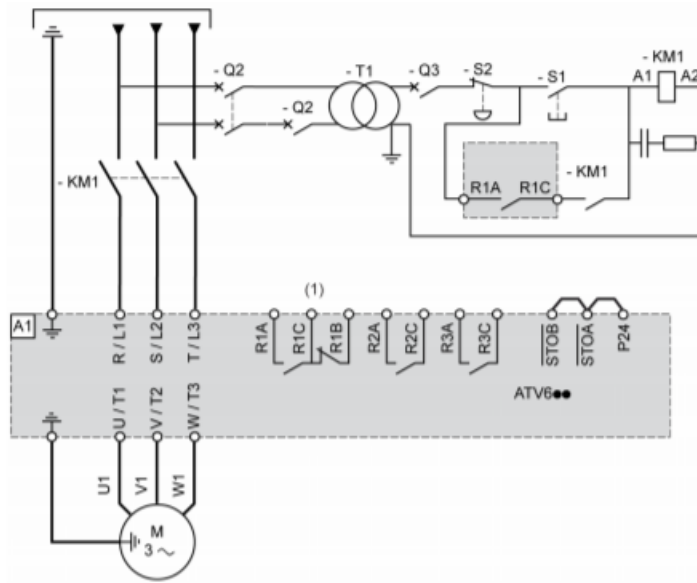


Рис. 3.2 – Схема силової частини з лінійним контактором

3.2 Динамічні характеристики електроприводу

Скалярне керування електродвигунами змінного струму являє собою альтернативу, коли немає змінного навантаження і не потрібна хороша динаміка. Для роботи скалярного управління не потрібно датчик положення ротора, а швидкість ротора може бути оцінена по частоті напруги живлення. При скалярному керуванні не потрібно високопродуктивний цифровий сигнальний процесор як у випадку з векторним управлінням.

При скалярному методі, швидкість асинхронного електродвигуна контролюється установкою величини напруги і частоти статора, таким чином, щоб магнітне поле в зазорі підтримувалося на потрібній величині. Для підтримки постійного магнітного поля в зазорі, ставлення В/Гц повинно бути постійним при різних швидкостях [6].

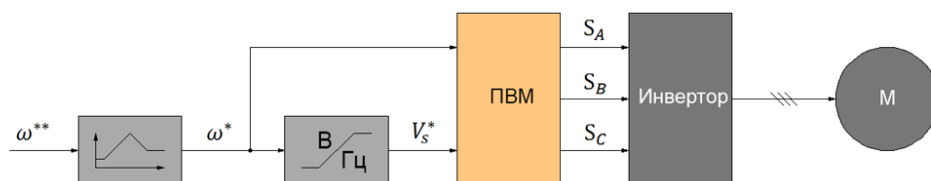


Рис. 3.3 - Скалярне управління без датчика швидкості

При збільшенні швидкості, напруга живлення статора так само має пропорційне збільшуватися. Однак синхронна частота асинхронного двигуна не дорівнює частоті обертання валу, а ковзання асинхронного двигуна залежить від навантаження. Таким чином система контролю з скалярним керуванням без зворотного зв'язку не може точно контролювати швидкість при наявності навантаження. Для вирішення цього завдання в систему може бути додана зворотна зв'язок по швидкості, а отже і компенсація ковзання.

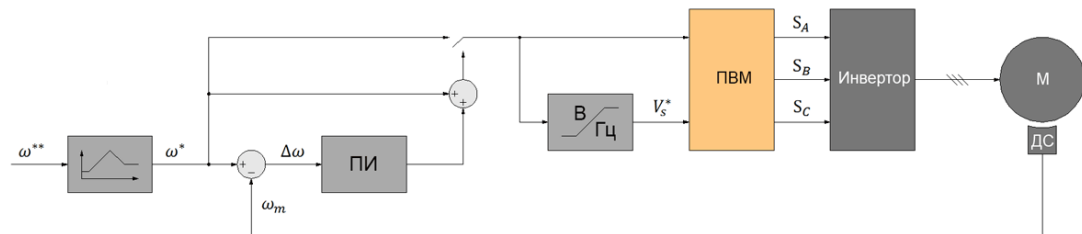


Рис. 3.4 - Скалярне управління з датчиком швидкості

Метод скалярного управління відносно простий в реалізації, однак треба підкреслити декілька суттєвих недоліків:

- якщо не встановлено датчик швидкості не можна керувати швидкістю обертання валу асинхронного двигуна, так як вона залежить від навантаження (наявність датчика швидкості вирішує цю проблему), а вразі з синхронним двигуном при зміні навантаження - можна зовсім втратити керування;

- не можна управляти моментом. Звичайно, це завдання можна вирішити за допомогою датчика моменту, але вартість його установки дуже висока, і буде швидше за все вище самого електропривода. При цьому управління моментом буде дуже інерційним;

- також не можна управляти одночасно моментом і швидкістю.

Але, для більшості завдань, у яких застосовується електропривод з діапазоном регулювання частоти обертання двигуна до 1:10, досить скалярного управління.

3.3 Математична модель електроприводу

При математичному описі асинхронного двигуна (АД) зручно оперувати не миттєвими значеннями (струмом, напругою, потокозчепленням), а їх результуючими векторами, тобто векторами, проекції яких на осі фаз чисельно дорівнюють миттєвим значенням фазних величин.

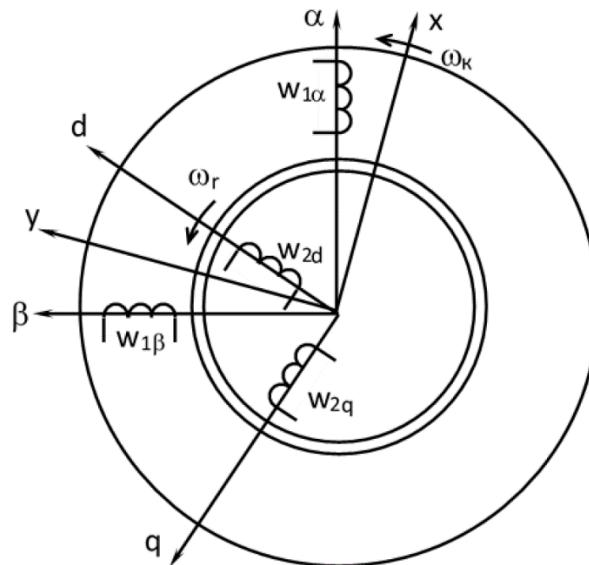


Рис. 3.5 – Узагальнена електрична машина

На рис. 2.8 показана реалізація напруг статора АД при його пуску та гальмуванні противмиканням, починаючи з часу t_1 . Зображена схема відключення АД від мережі здійснюється при зменшенні швидкості валу ротора до рівня $|\omega_r| = 1$ рад .

Для зупинки двигуна противмиканням необхідно змінити напрям обертання магнітного поля і чекати доки швидкість вала двигуна не наблизиться до нульового значення. Потім слід відключити АД від мережі, приклавши до обмоток статора нульові напруги.

$$U_{1\alpha}(u) \equiv \begin{cases} U_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot u_0 + \phi) & \text{if } u_0 < t_1 \\ \text{otherwise} \\ \begin{cases} U_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot u_0 + \phi) & \text{if } |u_5| > 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \end{cases} \quad U_{1\beta}(u) \equiv \begin{cases} U_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot u_0 + \phi) & \text{if } u_0 < t_1 \\ \text{otherwise} \\ \begin{cases} U_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot u_0 + \phi) & \text{if } |u_5| > 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \end{cases}$$

Рис. 3.6 Зміни напруг АД при гальмуванні противмиканням

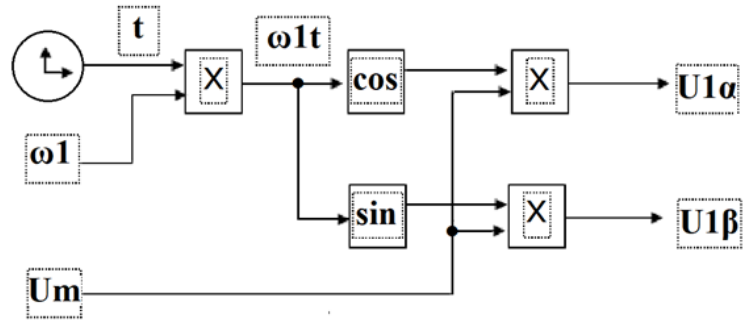


Рис. 3.7 Структурна схема джерела

При переході від трифазної системи координат a, b, c до еквівалентної двофазної « $\alpha - \beta$ » та при зворотному перетворенні величини результуючих векторів залишаються незмінними. У найбільш розповсюдженному випадку змінні трифазної машини задовольняють умові:

$$X_a + X_b + X_c = 0 \quad (3.3)$$

Тоді пряме перетворення координат $3 \rightarrow 2$ виглядає так:

$$\begin{cases} X_\alpha = X_a \\ X_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot (X_b - X_c) \end{cases} \quad (3.4)$$

а зворотне перетворення $2 \rightarrow 3$:

$$\begin{cases} X_a = X_\alpha \\ X_b = -\frac{1}{2} \cdot X_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot X_\beta \\ X_c = -\frac{1}{2} \cdot X_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot X_\beta \end{cases} \quad (3.5)$$

Якщо умова (3.3) не виконується, то у рівняннях (3.6), (3.7) з'являються змінні нульової послідовності. У приведених виразах не зберігається баланс миттєвої потужності у трифазній та двофазній машинах. Незмінність потужності АД при перетвореннях координат $3 \rightarrow 2$ та $2 \rightarrow 3$ забезпечується введенням коефіцієнта $3/2$ у рівняння для обчислення електромагнітного моменту двофазної машини. У прямокутній системі координат « $x-y$ », що обертається з довільною швидкістю $k \omega_k$, узагальнений асинхронний двигун описується рівняннями

у векторній формі:

$$\begin{cases} \bar{u}_1 = R_1 \bar{i}_1 + \frac{d\bar{\Psi}_1}{dt} + j\omega_k \bar{\Psi}_1 \\ \bar{u}_2 = R_2 \bar{i}_2 + \frac{d\bar{\Psi}_{21}}{dt} + j\bar{\Psi}_2 \cdot (\omega_k - \omega_r \cdot p_{\Pi}) \end{cases} \quad (3.8)$$

де $\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{i}_1, \bar{i}_2, \bar{\Psi}_1, \bar{\Psi}_2$ – результуючі вектори напруг, струмів, потокозчеплень відповідно;

R_1, R_2 – активні опори обмоток статора та ротора; p_{Π} – кількість пар полюсів двигуна;

ω_r – кутова швидкість ротора.

Електромагнітний момент АД визначається як векторний добуток потокозчеплення та струму:

$$M = \frac{3}{2} p_{\Pi} \cdot (\bar{\Psi}_1 \cdot \bar{i}_1) \quad (3.9)$$

Вектори потокозчеплень можна записати через результуючі вектори струмів статора і ротора:

$$\begin{cases} \bar{\Psi}_1 = L_1 \bar{i}_1 + L_m \bar{i}_2 \\ \bar{\Psi}_2 = L_2 \bar{i}_2 + L_m \bar{i}_1 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$L_1 = L_{1\sigma} + L_m \quad (3.11)$$

$$L_{12} = L_{2\sigma} + L_m \quad (3.12)$$

де L_1, L_2 - повні індуктивності обмоток статора та ротора;

L_m - максимальна взаємна індуктивність між обмотками статора та ротора;

$L_{1\sigma}, L_{2\sigma}$ - індуктивності розсіювання обмоток статора і ротора.

Беручи до уваги (3.11), для визначення електромагнітного моменту можна отримати ще кілька еквівалентних виразів, до котрих входять комбінації інших координат АД, крім рівняння (3.10).

Для повного опису перехідних процесів в АД до рівнянь напруг та моменту слід додати рівняння руху приводу:

$$M - M_c = J \frac{d\omega_r}{dt} \quad (3.13)$$

де M_c – момент опору на валу АД;

J – момент інерції електропривода, приведений до вала АД.

На практиці користуються не векторними виразами (3.8-3.9), а записують їх в проекціях на дійсну та уявну осі системи координат. Завдяки певному вибору швидкості системи координат ω_k вдається дещо спростити рівняння АД.

Найбільш доцільним при дослідженні перехідних процесів в АД, керування яким здійснюється шляхом зміни частоти та напруги обмотки статора, або «частотним керуванням», є варіанти вибору швидкості $\omega_k = \omega_0$. У системі координат «x-y», яка обертається із синхронною швидкістю поля АД ω_0 , прикладені до обмоток статора реальні змінні напруги при застосуванні формул перетворюються у постійну напругу $U_x = \text{const}$, напрям якої співпадає з напрямом дійсної вісі «x».

Також, є варіант, коли при синтезі та дослідженні систем векторного керування швидкістю електропривода з АД не встановлюють якоесь фіксоване значення ω_k , а пов'язують дійсну вісь «x» системи координат «x-y» з результуючим просторовим вектором струму, напруги, або потокозчеплення статора чи ротора. Усього можливо скласти 6 головних структурних схем АД, в залежності від того, який вектор буде використовуватись як опорний: $\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{i}_1, \bar{i}_2, \bar{\Psi}_1, \bar{\Psi}_2$. Орієнтація системи «x-y» відносно результуючого вектора потокозчеплення ротора $\bar{\Psi}_2$ забезпечує максимальне спрощення рівняння моменту двигуна і зумовлює відносно просте регулювання швидкості АД.

3.4 Розрахунок параметрів системи скалярного управління

Основні технічні данні двигуна АИР132S4

Таблиця 3.2

$P_{\text{ном}}$ кВт	$U_{\text{фн}}$ В	J , кг·м ²	$n_{\text{ном}}$ об/хв	$\eta_{\text{н}}$ %	$\cos\phi_{\text{н}}$	$S_{\text{н}}$ %	$f_{\text{н}}$ Гц	Параметри схеми заміщення				
								x_{μ}	в номінальному режимі роботи			
									R_1	x_1	R_2	x_2
7,5	220	0,028	1500	87	0,84	2,9	50	3,0	0,048	0,085	0,033	0,13

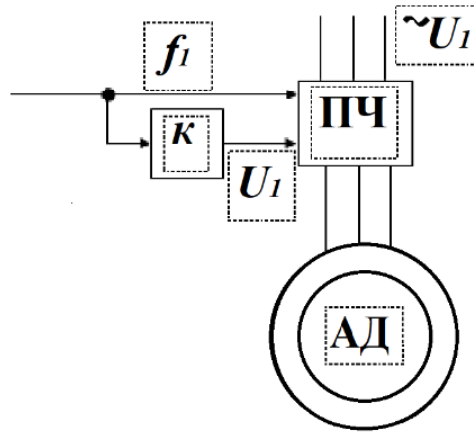


Рис. 3.8 Функціональна схема електроприводу

Номінальний струм:

$$I_{\text{фн}} = \frac{P_{\text{ном}}}{3 \cdot U_{\text{фн}} \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}}} = \frac{7500}{3 \cdot 220 \cdot 0,875 \cdot 0,86} = 15,1 \text{ А} \quad (3.14)$$

Базовий опір:

$$R^{\text{б}} = \frac{U_{\text{фн}}}{I_{\text{фн}}} = \frac{220}{15,1} = 14,57 \text{ Ом} \quad (3.15)$$

Абсолютні опори:

$$R = Z \cdot R^{\text{б}} \quad (3.16)$$

$$R_1 = 0,048 \cdot 14,57 = 0,7 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 0,033 \cdot 14,57 = 0,48 \text{ Ом}$$

$$x_1 = 0,085 \cdot 14,57 = 1,24 \text{ Ом}$$

$$x_2 = 0,13 \cdot 14,57 = 1,89 \text{ Ом}$$

$$x_{\mu} = 3 \cdot 14,57 = 47,3 \text{ Ом}$$

Номінальний момент:

$$M_{\text{ном}} = \frac{9,55 \cdot P_{\text{ном}}}{n_{\text{н}} \cdot (1 - s_{\text{н}})} = \frac{9,55 \cdot 7500}{1500 \cdot (1 - 0,029)} = 49,18 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.17)$$

Кількість пар полюсів:

$$p_{\text{п}} = \frac{3000}{n_{\text{ном}}} = \frac{3000}{1500} = 2 \quad (3.18)$$

Частота мережі:

$$\tau_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_{\text{н}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ Гц} \quad (3.19)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Номинальна кутова швидкість:

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} 157,08 \text{ c}^{-1} \quad (3.20)$$

Значення індуктивностей:

$$L_1 = \frac{x_1 + x_\mu}{\omega_H \cdot p_H} = \frac{1,24 + 3}{157,08 \cdot 2} = 0,13 \text{ Гн} \quad (3.21)$$

$$L_2 = \frac{x_{21} + x_\mu}{\omega_H \cdot p_H} = \frac{1,89 + 3}{157,08 \cdot 2} = 0,16 \text{ Гн} \quad (3.22)$$

$$L_m = \frac{x_\mu}{\omega_H \cdot p_H} = \frac{3}{157,08 \cdot 2} = 0,009 \text{ Гн} \quad (3.23)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\Psi_{1\alpha}}{dt} = u_{1\alpha} - R_1 i_{1\alpha}; \\ \frac{d\Psi_{1\beta}}{dt} = u_{1\beta} - R_1 i_{1\beta}; \\ \frac{d\Psi_{2\alpha}}{dt} = u_{2\alpha} - R_2 i_{2\alpha} - \omega_r p_H \Psi_{2\beta}; \\ \frac{d\Psi_{2\beta}}{dt} = u_{2\beta} - R_2 i_{2\beta} - \omega_r p_H \Psi_{2\alpha}; \\ \frac{d\omega_r}{dt} = \frac{M - M_c}{J} \end{array} \right.$$

Рис. 2.8 Моделювання прямого пуску АД у пакеті MathCad з реактивним моментом опору на валу $M_r = 100$ Нм та початковою фазою напруги статора $\phi = \pi/3$

Зміна напрямку обертання магнітного поля і вала двигуна здійснюється перемиканням напруг двох фаз статора двигуна. Якщо необхідно зупинити АД шляхом вільного вибігу, то слід прийняти

$$u_{1\alpha} = u_{1\beta} = 0$$

Якщо необхідно узагальнити результати досліджень перехідних процесів у АД різної потужності, а також для спрощення форми запису диференціальних рівнянь, інколи використовують рівняння АД, записані у відносних одиницях.

Для електроприводів змінного струму доцільно спиратись на номінальні параметри обмотки статора і прийняти за головні базові величини амплітудні значення фазних напруги та струму, а також номінальне значення частоти мережі живлення.

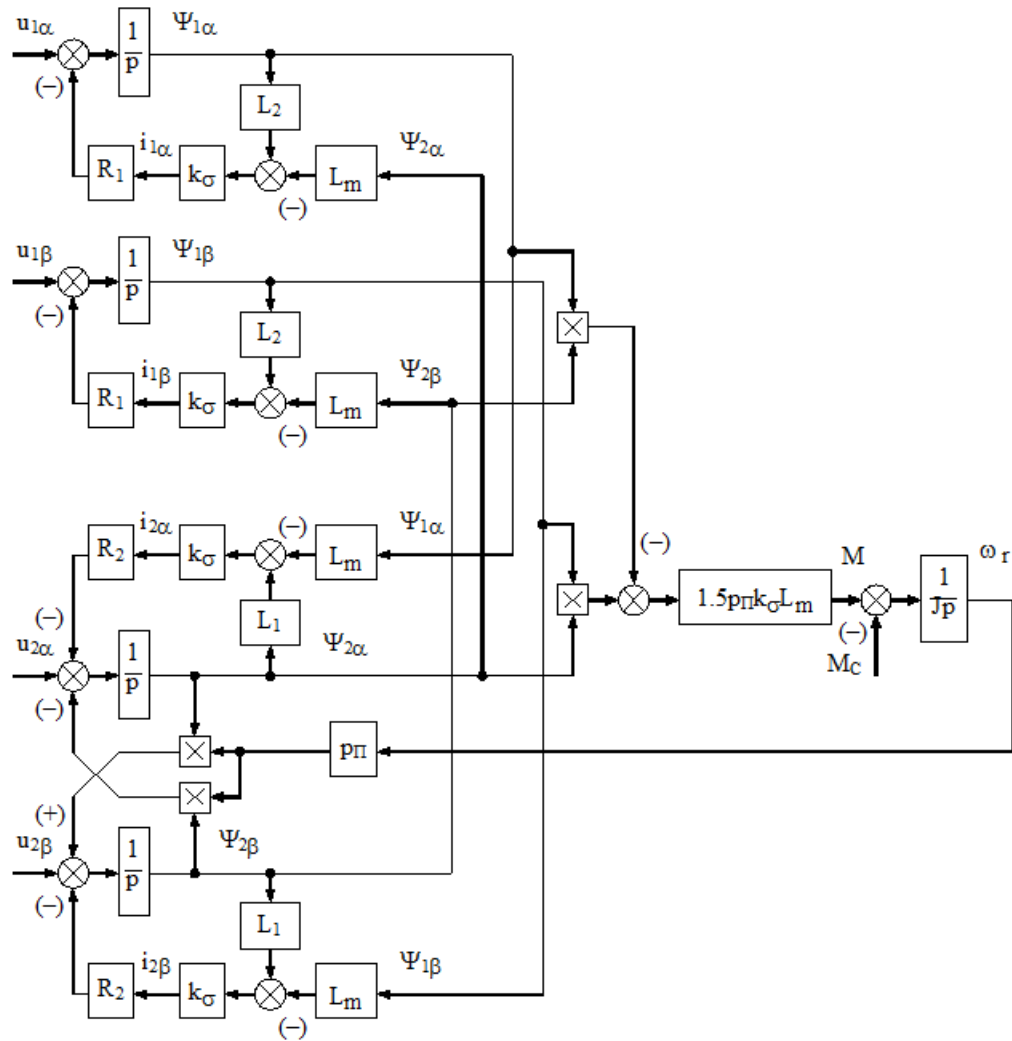


Рис. 3.9 Структурна схема динамічної моделі двигуна у нерухомій системі координат

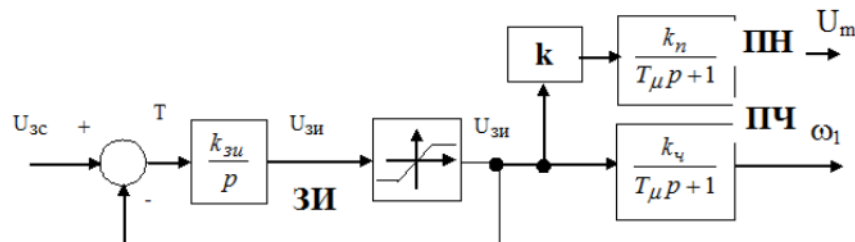


Рис. 3.10 Система керування без зворотних зв'язків

Час прискорення до номінальної швидкості при номінальному прискоренні:

$$T = J \cdot \frac{\omega_{нДП}}{M_H} = 0,028 \cdot \frac{157,08 \cdot 2}{49,18} = 0,179 \text{ с} \quad (3.24)$$

Завдання на швидкість: $U_{зш} = 10 \text{ В}$

Коефіцієнт підсилення задавача інтенсивності:

$$k_{зи} = \frac{U_{зш}}{T} = \frac{10}{0,179} = 55,86 \quad (3.25)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Розрахунок потужності комплектного електроприводу:

$$P_{ке} = \frac{P_{ном}}{\eta} = \frac{7500}{0,875} = 8571,4 \text{ Вт} \quad (3.26)$$

На рис. 2.10 показани графіки перехідних процесів $M(t)$, $\omega_r(t)$, $i_1(t)$, $\Psi_1(t)$. Зміна напрямку обертання магнітного поля і вала двигуна здійснюється перемиканням напруг двох фаз статора двигуна. Якщо необхідно зупинити АД шляхом вільного вибігу, то слід прийняти

$$u_{1\alpha} = u_{1\beta} = 0.$$

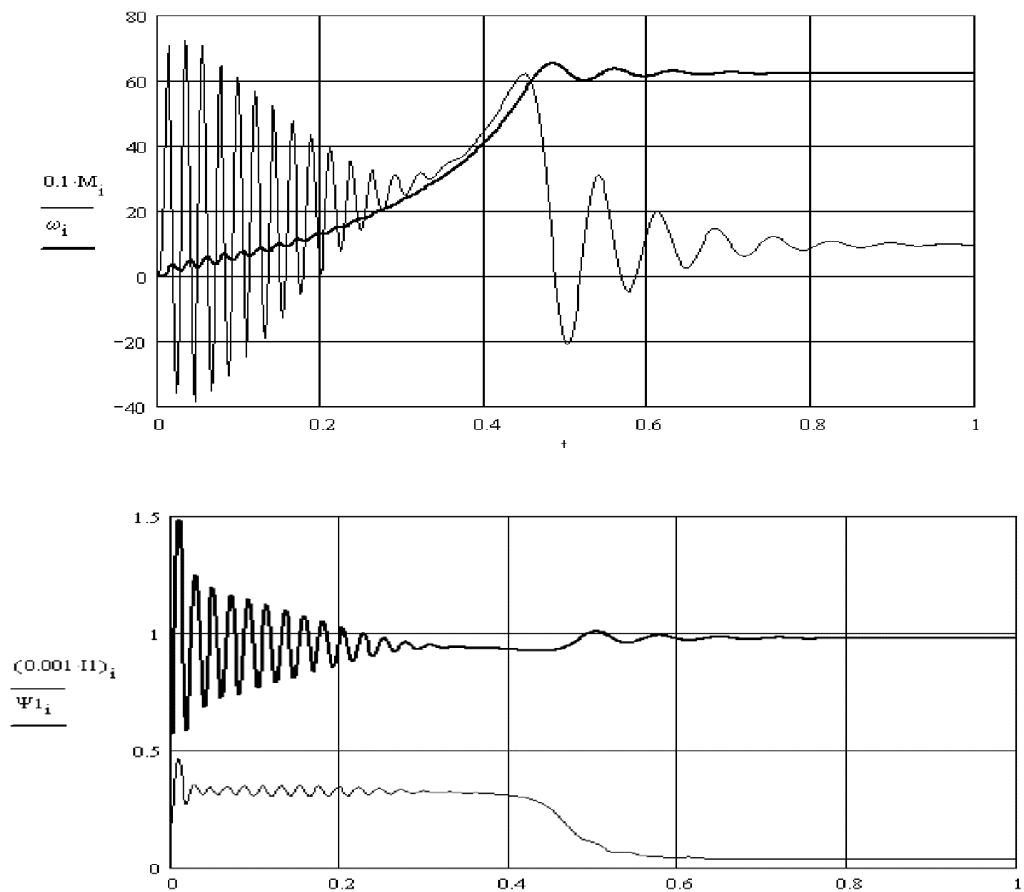


Рис. 2.11 Графіки перехідного процесу пуску АД

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

3.5 Моделювання прямого пуску асинхронного двигуна без пч

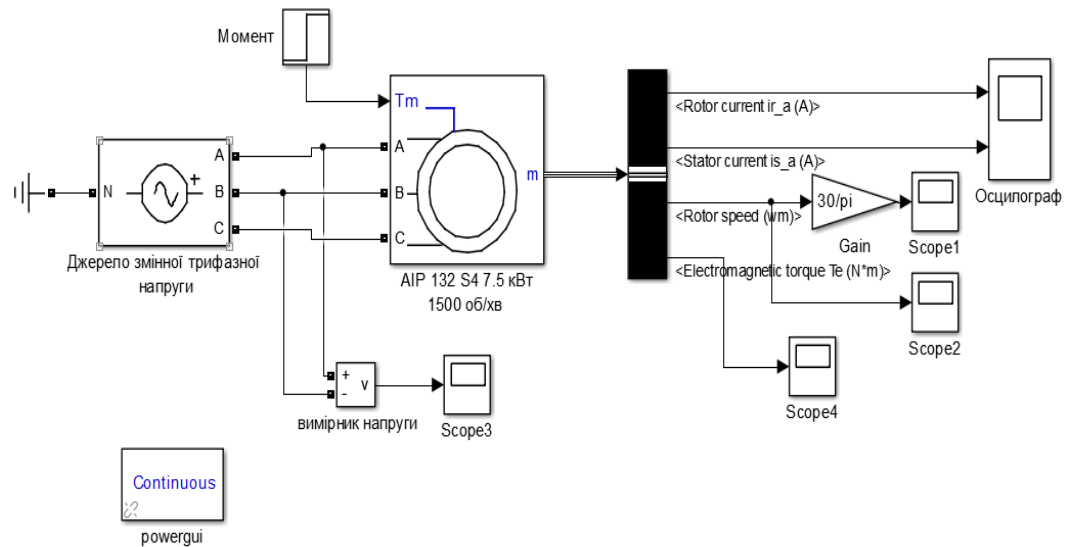


Рис. 3.12 Схема моделювання прямого пуску АД з коротко замкненням ротором в програмі MATLAB(Symulink)

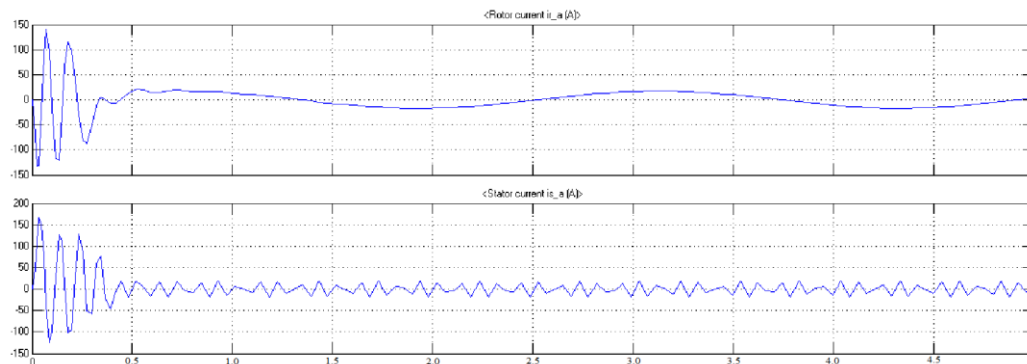


Рис. 3.13 Діаграма струму ротора (згори) та струму статора (знизу) АД

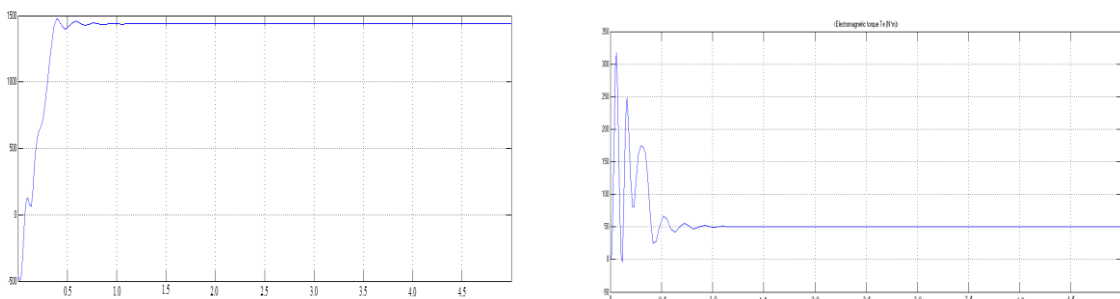


Рис. 3.14. Діаграма швидкості ротора АД(1450 об/хв) і Діаграма електромагнітного моменту АД

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

3.6 Математичне моделювання асинхронного двигуна з перетворювача частоти фірми Altivar Process ATV600

Виходячи з попередньої теоретичної проробки матеріалу побудована модель асинхронного електропривода із скалярним частотним керуванням.

Математична модель була досліджена для наступних режимів:

- пуск в холосту;
- накид навантаження;
- підвищення швидкості без зміни навантаження;
- зупинка.

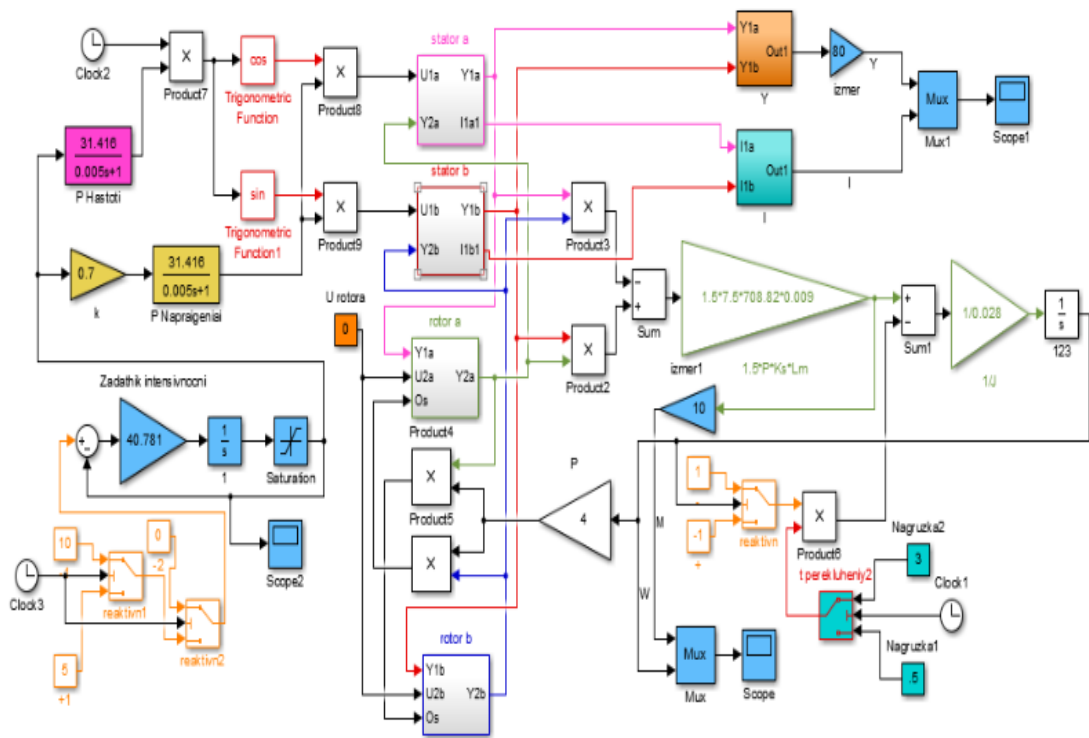


Рис. 3.11 – Математична модель

Моделюємо пуск двигуна під навантаженням при трьох різних частотах напруги живлення $f_1=50$ Гц, $f_2=30$ Гц, $f_3=15$ Гц, використовуючи закон частотного регулювання:

$$\frac{U}{f} = const$$

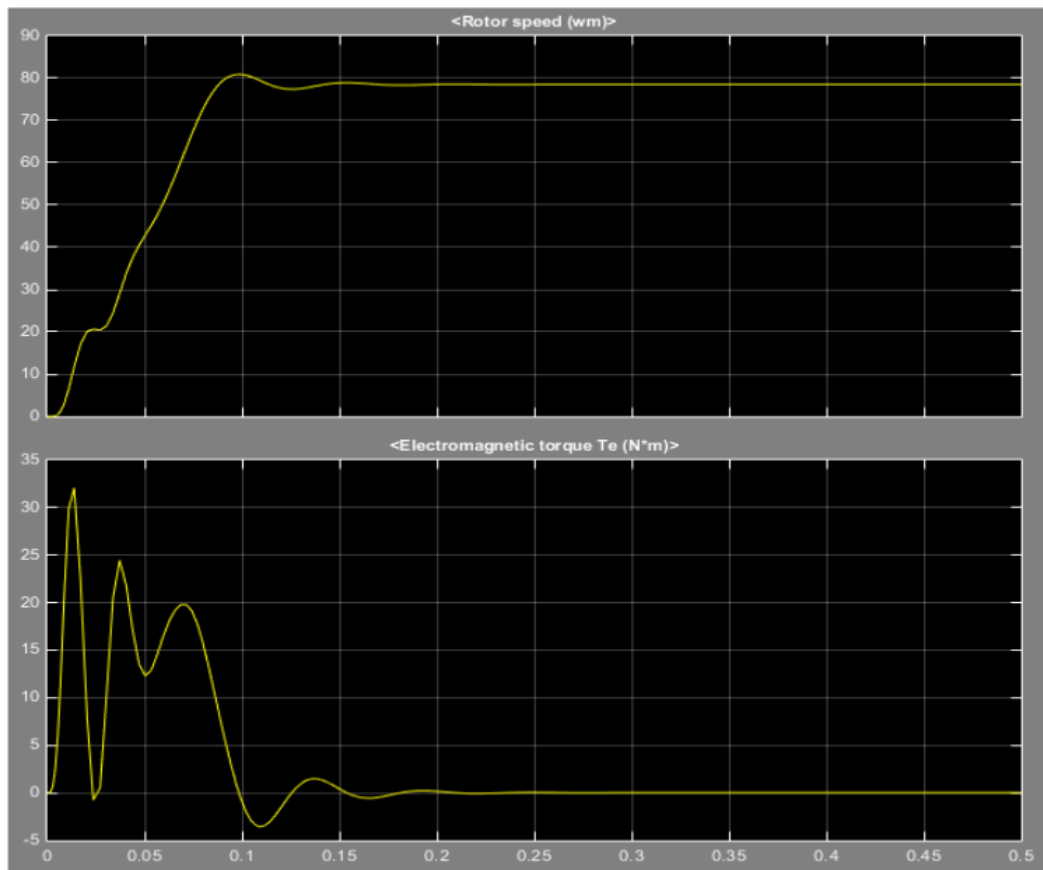


Рис. 3.12 Перехідні характеристики швидкості та моменту при пуску 50 ГЦ без навантаження

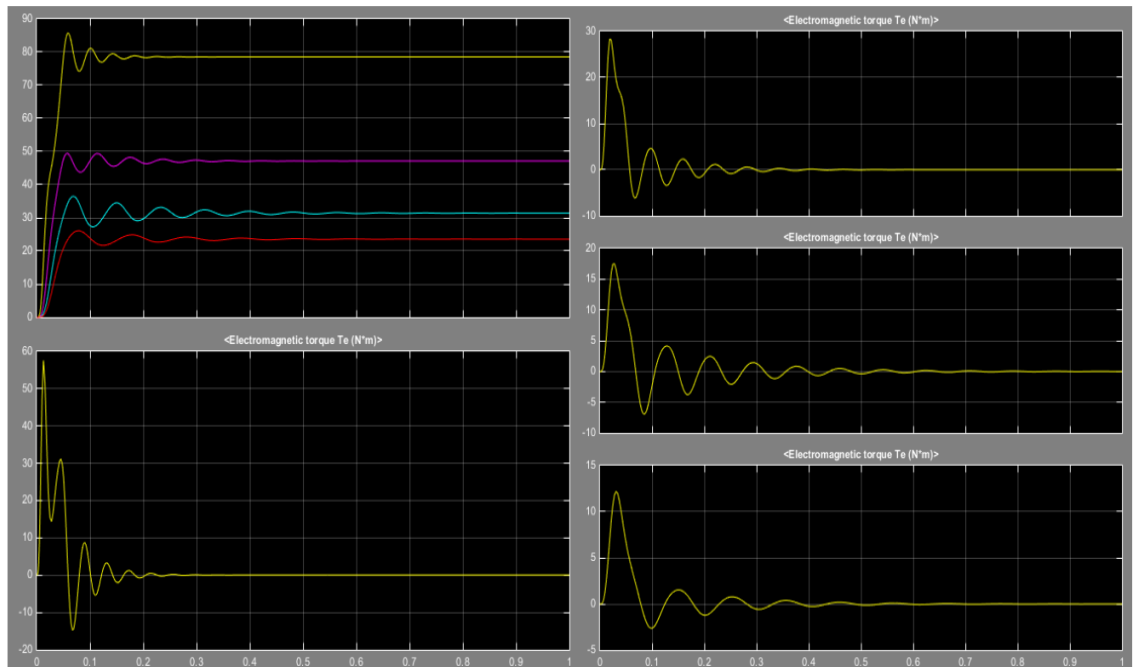


Рис. 3.13 Перехідні характеристики швидкості та моменту при пуску 50,30,20,15 ГЦ без навантаження

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

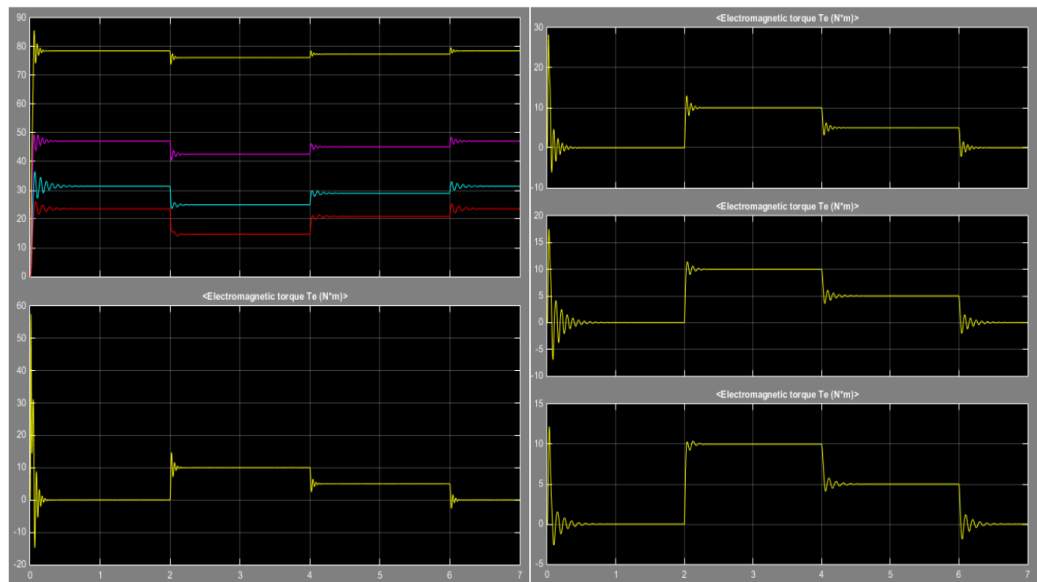


Рис. 3.14 Перехідні характеристики швидкості та моменту при пуску під навантаженням ($M=10; 5; 0 \text{ Н}\cdot\text{м}$) каждые 2 с при $f = 50; 30; 20; 15 \text{ Гц}$

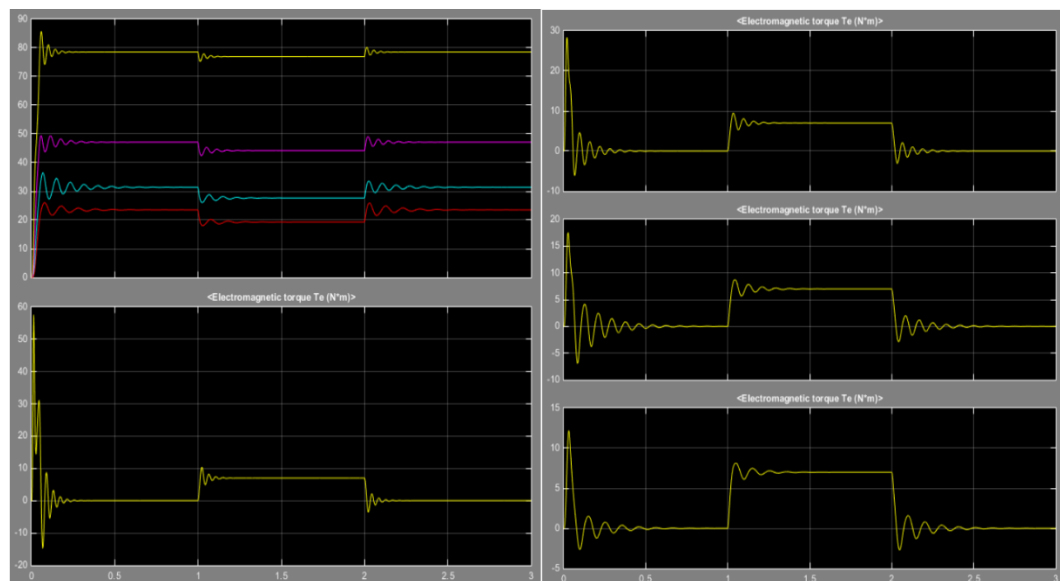


Рис. Переходные характеристики скорости и момента при пуске под нагрузкой ($M=7 \text{ Н}\cdot\text{м}$) и при $f = 50; 30; 20; 15 \text{ Гц}$

Аналіз отриманих графіків перехідних процесів наочно демонструє про відповідність спроектованої системи вимогам які були поставлені у розділі «Технологічна частина». Можливо зробити висновок, що мета проектування цілком досягнута.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РОДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Для обґрунтування запропонованої у дипломному проекті модернізації необхідно провести розрахунок витрат:

1. Капітальні витрати.

2. Експлуатаційні витрати: розрахунок амортизаційних відрахувань; визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт;

3. Вартість спожитої електроенергії.

Капітальні інвестиції – кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації включають наступні витрати:

- придбання обладнання;
- виконанням монтажних, демонтаж застарілого обладнання;
- налагоджувальні роботи.
- транспортні і складські витрати.

Розрахунок вартості технічного обладнання:

Таблиця 3.1

Найменування комплектуючих виробів	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн.
Асинхронний двигун АИР132S4	1	12100	12100
Перетворювач частоти ATV630D11M3	1	81280	81280
Всього			93380

Визначаємо величину проектних капіталовкладень ($K_{пр}$) за формулою:

$$K_{пр} = K_{об} + Z_{т} + Z_{м} + Z_{н} + Z_{пк} \quad (4.1)$$

де $K_{об}$ - сумарна вартість придбання обладнання, необхідного для реалізації прийнятого технічного рішення;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{тс}$ – транспортні витрати;

$Z_{\text{дм}}$ – витрати на монтажні роботи;

$Z_{\text{н}}$ - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{\text{пк}}$ – інші одноразові вкладення на придбання комплектуючих елементів, становлять приблизно 10% від вартості обладнання.

Витрати на транспортування, монтаж і наладку розраховуються за допомогою цін, преїскурантів, тарифів підприємств-перевізників та підприємств, які займаються монтажними і пусконаладжувальними роботами. Визначаємо ці витрати на рівні 10% від вартості обладнання.

$$K_{\text{пр}} = 93380 + 9338 + 9338 = 112056$$

Експлуатаційні витрати складаються з витрат на ремонт, обслуговування, витрати на електроенергію і розраховуються за формулою:

$$K_{\text{ек}} = K_{\text{р}} + K_{\text{обс}} + K_{\text{е}} \quad (4.2)$$

де $K_{\text{р}}$ - витрати на поточний ремонт і обслуговування, до яких входять річна вартість матеріалів, необхідних для ремонту і експлуатації;

$K_{\text{обс}}$ - заробітна плата ремонтного і обслуговуючого персоналу, (грн./рік);

$K_{\text{е}}$ – вартість річних витрат на електроенергію, (грн./рік).

За відсутності конкретних даних для визначення витрат на поточний ремонт і обслуговування ці складові щорічних експлуатаційних витрат можуть бути розраховані за методом укрупнених розрахунків у відсотках від капітальних витрат за варіантами, що порівнюються:

- для електричних машин (генераторів, двигунів, трансформаторів) – 2-3%;
- для електричних кабелів – 1,5-2%;
- для систем електропривода – 1-8%.

$$K_{\text{р}} = 363 + 186,76 + 3272,8 = 3822,56$$

Річні витрати на обслуговування обладнання можна визначити за формулою:

$$Z_{\text{обс}} = Ч_{\text{о}} \cdot \Phi_{\text{ср}} \cdot \frac{t_i}{t_{\text{р}}} \quad (4.3)$$

де $Ч_{\text{о}}$ - кількість обслуговуючого персоналу, (осіб);

$\Phi_{\text{ср}}$ - середньорічний фонд заробітної плати одного працівника, (грн./рік);

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

t_i - середній час роботи одного працівника по обслуговуванню устаткування, (годин);

t_p - дійсний річний фонд часу одного працюючого, (годин); приймається в розмірі 1775 -1780 годин/рік;

За даними Держкомстату середня заробітна плата в Україні в 2024 році становить 18903грн. на місяць. Таким чином, визначаємо річну ставку одного працівника 226836грн/рік.

$$Z_{\text{обс}} = 2 \cdot 226836 \cdot \frac{48}{1780} = 12233,85 \text{ грн}$$

Вартість втрат електроенергії для електродвигунів, генераторів може бути розрахована за формулою:

$$Z_e = \Psi_e \cdot h \cdot K_z \cdot P_{\text{ном}} \cdot \frac{(1-\eta+\alpha)}{\eta} \quad (4.4)$$

де Ψ_e - середній тариф за 1 кВт·час, за індексом Минфіна становить 8,34грн.

h - кількість годин роботи двигуна, генератора протягом року, для цього показника рекомендовані такі значення: 4000 годин/рік – при двозмінній роботі.

K_z - середній коефіцієнт завантаження двигуна, прийнято в розмірі 0,6-0,7;

$P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність двигуна, кВт.

η - к.к.д. електродвигуна;

α - відносна величина втрат в розподільчих мережах споживача, віднесена до спожитої потужності двигуна (приймається в розмірі 4%).

$$Z_e = 8,34 \cdot 4000 \cdot 0,7 \cdot 7,5 \cdot \frac{(1 - 87 + 0,3)}{87} = 172530,41$$

Порівняльний аналіз роботи підвісного конвеєра до модернізації і після встановлення трифазного асинхронного двигуна і частотного перетворювача, економічна ефективність становить:

- споживання електроенергії зменшилося до 30%, що в грошовому еквіваленті становить до 73900 грн. на рік;

- збільшення ефективності роботи двигуна до 96%;

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

- збільшився термін служби механічних частин двигуна;
- суттєво знизилися витрати на капітальний ремонт та обслуговування установки, до 60%, економія становить до 24000 грн. на рік.

Термін окупності капіталовкладень:

$$T_{ок} = \frac{S_i}{E} = \frac{112056}{97900} = 1,1 \text{ року}$$

Отримані результати наочно свідчать про доцільність модернізації.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Загальні відомості

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві, відповідно до вимог Закону України про охорону праці, обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування передбачити заходи, які слід запровадити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

Під час проектуванні нової техніки повинні цілком враховуватися вимоги діючого законодавства з охорони праці.

З метою організації роботи безперервних транспортних засобів відповідно до вимог охорони праці та безпеки, роботодавець повинен призначити осіб, відповідальних за безпечну експлуатацію транспортних засобів безперервної роботи. У організаціях з невеликою кількістю транспортних засобів, ці обов'язки можуть бути віднесені до співробітника організації.

У місцях роботи підвісного конвеєра, коли транспортні засоби безперервно експлуатуються, можуть впливати такі небезпечні і шкідливі виробничі чинники:

- рухомі машини та механізми;
- мобільні частини виробничого обладнання;
- переміщення виробів, заготовок і матеріалів;
- гострі краї, задирки та шорсткості на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;
- підвищена забрудненість пилу і газів повітря робочої зони;
- підвищена або менша температура повітря робочої зони;

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

- підвищена напруга в електричній схемі, закриття яких може відбуватися через людський організм;

- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- підвищені рівні вібрації;

- підвищення рівня статичної електрики;

- недостатнє освітлення в робочій зоні;

- небезпечні та шкідливі виробничі чинники: токсичні, дратівливі, канцерогенні;

- вага і напруга праці.

На технологічній лінії, що складається з декількох послідовно встановлених і одночасно працюючих конвеєрів, чи з конвеєрів у поєднанні з іншими машинами, приводи конвеєрів і всіх машин повинні блокуватися так, щоб у разі раптової зупинки якої-небудь машини або конвеєра попередні машини або конвеєри автоматично вимикалися, а подальші могли працювати до повного сходу з них вантажу, що транспортується. З місць обслуговування повинна бути передбачена можливість вимкнення кожного конвеєра.

З метою усунення небезпеки ураження людей електричним струмом передбачається заземлення всіх машин лінії через заземлюючу жилу живлячих кабелів. Захист машин має бути забезпечено автоматичним вимикачем, реле блокування фаз і запобіжниками, які разом з магнітним пускачем розміщується в шафі управління лінією. На зовнішній панелі шафи необхідно встановити сигнальний пристрій для контролю напруги, тумблер перемикання режиму роботи.

5.2 Освітлення

Рациональне освітлення приміщень і робочих місць - один з найважливіших елементів сприятливих умов праці. При правильному освітленні підвищується продуктивність праці, покращуються умови безпеки, зменшується втомленість.

Недостатнє освітлення сприяє передчасному втомленню, погіршує: увагу працюючого, продуктивність праці, якісні показники, і може стати причиною нещасного випадку.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

В виробничих приміщеннях передбачається три види освітлення:

- природне;
- штучне;
- сумісне.

Природне освітлення використовується у денний час доби . Воно коливається на протязі року та доби.

Природне освітлення здійснюється: боковим світлом через світлові пройми в зовнішніх стінах або через прозорі частини стін; верхнім через світлові пройми в перекриттях або світлові ліхтарі різної форми та розміру в перекриттях; комбінованим - через світлові пройми в перекриттях та в стінах.

Рівень природнього освітлення в приміщеннях регламентується відповідними нормативними актами і документами.

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне і евакуаційне. По способу розташування джерел світла штучне освітлення поділяється на загальне, місцеве і комбіноване.

Робоче освітлення призначено для нормального виконання виробничого процесу. Воно є обов'язковим у всіх приміщеннях та на освітлюваних територіях. Аварійне освітлення передбачається для забезпечення мінімальної освітленості у виробничих приміщеннях на випадок аварійного відключення робочого освітлення. Найменша освітленість робочих поверхонь при аварійному режимі повинна складати не менше 2 лк всередині приміщення і 1 лк на відкритій площадці.

Евакуаційне освітлення призначається для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого ділення. Воно повинно бути не менше 0,5 лк на підлозі і 0,2 лк на відкритих площадках.

Для освітлення приміщень використовують лампи розжарення і газорозрядні джерела світла. Основні характеристики ламп: електрична потужність, світловий потік, світлова віддача і термін служби.

Для конвеєрного цеху, із площею 450м² і висотою робочого місця 7м доцільно розташування ламп у шаховому порядку. Для цього підбирається

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

лампа, здатна створити необхідну освітленість.

Світловий потік визначається за формулою:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta \cdot n} \quad (5.1)$$

де E - освітленість, лк;

S - площа приміщення, м²

k — коефіцієнт запасу, який враховує зменшення освітленості при експлуатації (k = 1,1,...1,3);

z - поправочний коефіцієнт світильника, який враховує нерівномірність освітлення (z = 1,1,...1,3);

η- коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від типу світильника (η = 0,55...0,6);

n- кількість ламп;

Кількість світильників визначається за формулою:

$$n = \frac{S}{L^2} \quad (5.2)$$

де L – відстань між світильниками, м.

Знаходимо L за відношенням:

$$L^2 = h_{ш} \cdot h_o \quad (5.3)$$

де h_ш - висота розташування світильників над приміщенням, для шахового розташування світильників знаходиться в межах 1,7-2,5 м;

h_o - висота розміщення світильника над освітлювальною поверхнею, м.

Для зменшення осліплюючої дії світильників загального освітлення, висоту підвісу над рівнем підлоги необхідно встановити на рівне не меш встановлюють не менш 3 м.

$$L^2 = 2 \cdot 3 = 6 \text{ м}$$

$$n = \frac{450}{6} = 75$$

Відповідно до таблиці 5 норм ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» при загальному постійному спостереженні за ходом виробничого процесу норма освітлення приміщення становить 200 лк.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$F = \frac{200 \cdot 450 \cdot 1,3 \cdot 1,3}{75 \cdot 0,6} = 3380 \text{ лм}$$

Потрібну освітленість у виробничих приміщеннях і на робочих місцях перевіряють за допомогою люксметра з фотоелементом.

5.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека підприємства забезпечується системами запобігання пожежі і протипожежного захисту, в тому числі організаційно-технічними заходами.

Щоб уникнути ризику пожежі обладнання, щомісяця проводяться перевірки на цілісність ізоляційного покриття проводів, проводяться перевірки дії аварійних виходів для евакуації при пожежі. Для боротьби з пожежею в приміщенні повинні бути наявні вогнегасники, протипожежний стенд і встановлено пожежну сигналізацію.

Вогнегасники за видом використовуваних засобів гасіння підрозділяються на три групи: пінні, газові, порошкові. З вогнегасника вогнегасна речовина може подаватися під тиском газів, що утворюються в результаті хімічної реакції (пінні); під тиском газів або заряду, що знаходяться над вогнегасною речовиною (вуглекислотні), аерозольні (повітряно-пінні); під тиском робочого газу, що знаходиться в окремому балоні (повітряно-пінні); вільним закінченням вогнегасної речовини (порошкові, типу ОП-1). Пінні вогнегасники за конструкцією поділяються на хімічні, повітряно-пінні і рідинні для подачі повітряно-механічної піни. Хімічні пінні вогнегасники (ОХП-Ю, ОП-14, ОП-9ММ) застосовують для гасіння пожеж твердих горючих матеріалів, легкозаймистих і горючих рідин. Повітряно-пінні вогнегасники (ОВП-5 і ОВП-Ю) застосовують для гасіння загорянь різних речовин і матеріалів за винятком лужних металів і речовин, горіння яких відбувається без доступу, а також електроустановок що знаходяться під напругою. Газові вогнегасники поділяються на вуглекислотні (діоксид вуглецю у вигляді газу або снігу), аерозольні і вуглекислотні - брометілови.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

Вуглекислотні вогнегасники (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) застосовуються для гасіння загорянь в приміщеннях з електрообладнанням, а також там, де вода може викликати псування майна. Для гасіння загорянь легкозаймистих рідин, твердих речовин електроустановок, що знаходяться під напругою і інших матеріалів (крім лужних металів кисень містять речовин) застосовують аерозольні (ОА-1, ОА-3) і вуглекислотні - брометілови (ОУБ-3, ОУБ-7) вогнегасники. Порошкові вогнегасники (ОП-1, ОПС-6 і ОПВ-10) використовують для гасіння загорянь легкозаймистих і горючих рідин, лужноземельний металів, електроустановок, що знаходяться під напругою. Спрінкерні і дренчерні системи мають заповнятися не тільки водою, але і водними розчинами, а також рідким і газоподібними вогнегасниками [7].

5.4 Виробничий шум і вібрація

На підприємствах виникає шум і вібрація різної природи від роботи різних механізмів, агрегатів, устаткування [8]. Шум і вібрації, що перевищують межі гучності і частоти звукових коливань, являють собою професійну шкідливість. Під впливом шуму у людини може змінюватися кров'яний тиск, а тривале його дію в ряді випадків призводить до часткової або повної втрати слуху. Шум впливає на продуктивність праці робітників, послаблює увагу, викликає туговухість та глухоту, дратує нервову систему, в результаті чого знижується сприйнятливості до сигналів небезпеки, що може призвести до нещасного випадку.

Зменшення шуму можна досягти за рахунок раціонального планування будівель, відповідно до якої найбільш галасливі приміщення повинні бути сконцентровані в глибині території в одному місці. Вони повинні бути віддалені від приміщень для розумової праці та огорожені зоною зелених насаджень, частково поглинають шум. Агрегати з найбільш інтенсивним шумом (вище 130 дБ) слід розміщувати поза територією підприємств та житлової зони, з підвітряного боку і відокремлювати від меж населених пунктів шумозахисної зоною або стіною. Агрегати, що створюють шум більше 90 дБ, повинні

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

розміщуватися в ізольованих приміщеннях. Крім заходів технологічного і технічного характеру, широко застосовуються засоби індивідуального захисту - антифони, виконані у вигляді навушників або вкладишів.

Під вібрацією розуміється рух точки або механічної системи, при якому відбувається почергове зростання, і убування в часу значень, принаймні, однієї координати. Причиною порушення вібрації є виникаючі при роботі машин і агрегатів невірноважені силові дії, джерелом яких є зворотно-поступово рухаються системи, а також невірноважені обертові маси. Іноді вібрації створюються ударами взаємодіючих деталей в зубчастих зачепленнях, підшипникових вузлах та інших механізмах. Наявність дисбалансу і всіх цих випадках призводять до появи невірноважених сил, що викликають вібрацію.

Основними параметрами вібрації, яка відбувається за синусоїдальним законом є: частота, амплітуда зсуву, швидкість, прискорення, період коливання. У виробничих умовах майже не зустрічаються вібрації вигляді простих гармонійних коливань. Вібрація вимірюється віброметрами. Найбільш поширеними є ручний віброграф ВР-1, що вимірює вібрації неелектричним методом. За допомогою цього вібрографа вимірюються коливання з амплітудою від 0,5 до 5 мм і з частотою від 5 до 100 Гц.

При нормуванні шуму використовують два методи нормування, по певному спектру шуму та за рівнем звуку в дБ. Перший метод є основним для постійних шумів і дозволяє нормувати рівні звукового тиску в восьми октавних смугах частот з середньо геометричними частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 і 8000 Гц.

Санітарними нормами встановлені гранично допустимі величини вібрації у виробничих приміщеннях підприємств.

5.5 Електробезпека

Електричні установки, до яких відноситься практично все обладнання підприємства, представляють для людини велику потенційну небезпеку, тому що в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

торкнутися частин, що знаходяться під напругою. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останнього через тіло людини. Порушення правил електробезпеки при використанні технологічного обладнання, електроустановок та безпосереднього зіткнення з струмоведучими частинами установок, що знаходяться під напругою, створює небезпеку ураження електричним струмом. Для забезпечення безпечних умов праці при експлуатації електроустановок необхідно знати дію електричного струму на організм людини, міри захисту від поразки томом, надання допомоги людині, яка потерпіла від впливу електроструму. Термічна дія струму проявляється в опіках окремих ділянок тіла, нагріванні крові, кровоносних судин: електростатичне - в розкладанні крові; біологічне - в роздратуванні живих тканин організму, що може привести до припинення діяльності органів кровообігу і дихання. За даними багатьох досліджень встановлено, що струм силою більше 0,05 А може смертельно травмувати людину протягом 0,1 с. Найбільше число поразок від електричного струму (близько 85%) припадає на установки напругою до 1000 в. Щодо безпечним для людини в сирих приміщеннях прийнято вважати напругу до 12 В, в сухих приміщеннях - до 36 В, так як при випадковому зіткненні величина струму, що проходить через організм не перевищує 0,01 А. Для людського організму небезпечні як змінний, так і постійний струм. Найбільш небезпечний змінний струм, який має частоту 50 Гц; частота 400 Гц менш небезпечна [40-44]. В якості заземлюючих провідників доцільно використовувати металеві конструкції будівель, металеві трубопроводи водопроводу мають з'єднання з землею. В електроустановках напругою до 1000 В опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 4 Ом. У разі виникнення напруги на корпусі електроустановки з захисним заземленням електричний струм пройде по паралельній ланцюга, але не через тіло людини, а заземлюючих пристроїв. Струм, що проходить через тіло людини не представить великої небезпеки, так як опір тіла людини значно більше (1000 Ом), ніж опір заземлення (4 Ом) [7].

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

ВИСНОВКИ

Завданням дипломного проекту була модернізація електроприводу підвісного конвеєру. В проекті виконано аналіз технологічної установки, вивчена конструкція підвісного конвеєру та сформовані вимоги до електроприводу. Відповідно проведеного розрахунку потужності двигуна, був обрано асинхронний двигун загального призначення серії АІР132S4 та перетворювач частот серії АТV630D11M3 від французької фірми SchneiderElectric. Правильність вибору та розрахунку системи управління перевірена за допомогою моделювання засобами середовища МAТLАВ/Simulink. Дослідження виконувалось в наступних режимах: пуск в холосту, накид навантаження, підвищення швидкості без зміни навантаження, зупинка. Модернізована система електроприводу відповідає сучасним вимогам, що суттєво покращує технологічний процес конвеєрної лінії. В результаті проведеного порівняння видно, що варіант електроприводу з асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором і перетворювачем частоти економічно доцільніше, ніж асинхронний двигун без регулювання.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Іванченко Ф.К. Підйомно–транспортні машини: Підручник.-- К.: Вища шк., 1993.- 413 с.
2. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Конвеєр>
3. Ловейкін В.С. Проектування та розрахунок механізмів підйомно-транспортних машин. / В.С. Ловейкін, М.М. Коробко. – К.: ЦП КОМПІНТ, 2017, 421 с.
4. Теорія електроприводу транспортних засобів: підручник / А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, І.С. Трунова. – Х.: ХНАДУ, 2016 – 292 с.
5. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 1997. – 544 с.
6. Піцан Р., Бардачевский В., Бойчук Б. Збірник задач до курсу «Електропривод» – Львів, Видавництво «Львівська політехніка», 1999. – 426 с.
7. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода: навч. посібник /М. В. Загірняк та ін. 2-ге вид., перероб. і доповн. Харків: Точка, 2017. 206 с.
8. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній/ Підручник/ Жулай Є.Л., Зацев Б.В., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г.,/ К: Вища освіта, 2001. 288 с.
9. Квітка С. О., Безменнікова Л. М., Вовк О. Ю., Квітка О. С. /Методи управління та апаратна реалізація сучасних перетворювачів частоти. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2013. Вип. 3, т. 2. С. 164-171.
10. Моделювання електроприводів: Навч. посібник / Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. - Львів: Видавництво Національного Університету «Львівська політехніка», 2004.- 404 с.
11. Васійчук В.О. Основи цивільного захисту. Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І. Качан, С.М. Мохняк. - Львів: Видавництво НУ "ЛП", 2010. - 417с.

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.8	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68