

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
"Дніпровська політехніка"

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електроприводу
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломного проекту (роботи)
бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань 14 Електрична інженерія
(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки
(код і назва напрямку підготовки)

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
(код і назва спеціальності)

(Електромеханічні системи автоматизації та електропривод)

освітній рівень бакалавра
(назва освітнього рівня)

кваліфікація
(код і назва кваліфікації)

на тему: Електромеханічна система горизонтального динамічно
урівноваженого віброконвеєра

Виконавець:

студент IV курсу, групи 141-16-4

В.Ю. Калініченко

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Бородай В.А.		
розділів:			
Економічна частина	Тимошенко Л.В.		
Охорона праці	Стовбченко Ю.І.		
Рецензент	Ковальов О.Р.		
Нормоконтроль	Казачковський М.М.		

Дніпро
2020

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
"Дніпровська політехніка"

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Електропривода

(повна назва)

_____ М.М. Казачковський
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

студенту 141-16-4 _____ В.Ю. Калініченко _____
(група) (прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту Електромеханічна система горизонтального динамічно урівноваженого віброконвеєра

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від
_12.05.2020 р. №_258-с_

Розділ	Зміст	Термін виконання
1. Технологічна частина 2. Автоматизований електропривод	Аналіз технологічної установки і формулювання вимог до електропривода. Визначення вхідних даних механізму та розрахунок потужності і вибір комплектного електропривода для асинхронного двигуна.	4.05.2020- 12.05.2020, 14.05.2020 – 22.05.2020
3. Дослідження динаміки електропривода	Обґрунтування вибору системи керування. Вибір і розрахунок структури і регуляторів моделі. Дослідження та аналіз роботи системи електропривода.	23.05.2020-30.05.2020
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Аналіз шкідливих та небезпечних факторів, що впливають на роботу персоналу. Формулювання рекомендацій, що до усунення небезпеки.	01.06.2020-07.06.2020
5. Техніко-економічне обґрунтування проекту	Здійснення розрахунку смітної вартості складових системи автоматизованого електроприводу.	08.06.2020-14.06.2020

Завдання видав _____ В.А. Бородай _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ В.Ю. Калініченко _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 03.05.2020

Термін подання дипломного проекту до ДЕК 17.06.2020

ЗМІСТ

	стор.
РЕФЕРАТ	5
ВСТУП.....	7
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Конструкція, класифікація та принцип роботи.....	9
1.2 Динамічні режими роботи вібраційних конвеєрів.....	12
1.3 Електричне обладнання збудника віброконвеєра.....	15
1.4 Вимоги до електроприводу збудника віброконвеєра	19
2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД.....	21
2.1 Технічне завдання проектування	22
2.2 Визначення технічних показників конвеєра	22
2.3 Розрахунок потужності та вибір двигуна приводу	25
2.4 Перевірка двигуна на перевантажувальну здатність.....	26
2.5 Вибір перетворювача	27
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	31
3.1 Загальні відомості.....	32
3.2 Розробка математичної моделі електропривода.....	33
3.3 Параметри системи скалярного керування.....	36
3.4 Моделювання.....	38
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В ЧРЕЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	41
4.1 Заходи з техніки безпеки при експлуатації та ремонтні електроустаткування віброконвеєра	42
4.2 Заходи з протипожежної безпеки	45
4.3 Розрахування заземлення електроустановки	46
4.4 Заходи щодо надзвичайних ситуацій	49

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

5. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	
5.1 Вступ.....	52
5.2 Розрахунок капітальних інвестицій.....	52
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	55
5.4 Висновки.....	60
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ.....	62
ДОДАТОК А.....	63
ДОДАТОК Б.....	64

Реферат

Пояснювальна записка стор. 64, рис. 15, табл. 7, джерел використаної літератури 10.

Об'єкт розробки.

Модернізація електропривода віброконвеєра.

Мета роботи.

Надбання необхідних навичок по технічному рішенню завдань при проектуванні системи автоматизованого електроприводу динамічного врівноваженого віброконвеєра, економічного обґрунтування при проектуванні електропривода віброконвеєра та захід з питань охорони праці.

Загальні відомості щодо проекту.

В проекті зроблений аналіз заходів щодо об'єкту детальної розробки:

- Обґрунтована номінальна потужність двигуна;
- Обрано перетворювач частоти;
- Виконаний розрахунок системи автоматичного регулювання і проведено дослідження динаміки електромеханічної системи;
- Розроблені заходи щодо охорони праці на виробництві;
- Доведена економічна ефективність впровадження технічних рішень.

ДВОХТРУБНИЙ ДИНАМІЧНО УРІВНОВАЖЕНИЙ
ВІБРОКОНВЕЄР, ВІБРОЗБУДНИК, ЕЛЕКТРОПРИВОД ЗМІННОГО
СТРУМУ, ОДНОЗОННА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ, ПЕРЕТВОРЮВАЧ
ЧАСТОТИ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

The explanatory note: 64 pages, 15 figures, 7 tables, 10 reference.

The object of development..

Modernization electric drive of the vibratory conveyor.

Project goal.

Acquisition of the necessary skills for technical solution of tasks when designing the system of automated dynamic balanced vibratory conveyor, economic substantiation at the design of a vibratory conveyor electric drive and a measure on occupational safety.

General information about the project.

The project analyzes the measures for the object of detailed development:

- The rated power of the engine is substantiated;
- Elected frequency converter;
- The calculation of the automatic control system and the study of the dynamics of the electromechanical system;
- Developed measures of health and safety at work;
- The economic efficiency of the implementation of technical solutions is proved.

TWO-PIPE DYNAMICALLY BALANCED VIBRATORY CONVEYOR,
VIBRATION EXCITER, AC ELECTRIC DRIVE, SINGLE ZONE CONTROL
SYSTEM, FREQUENCY CONVERTER, OCCUPATIONAL SAFETY AND
HEALTH, ECONOMIC EFFICIENCY.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасний економічний розвиток України базується переважно на експортно-орієнтованому виробництві, яке культивує переважно видобуток та транспортування мінеральної сировини. Як наслідок, промисловість цих галузей є головним постачальником валюти до державного бюджету. Безперечно, розвиток цього напрямку є виключно актуальною задачею.

Очевидно, що конкурентоздатність видобувної промисловості може бути забезпечена завдяки всебічній механізації та автоматизації технологічних процесів. При цьому технологія видобутку мінеральних копалин вимагає безперервного переміщення великих об'ємів гірничих порід, що зазвичай здійснюють механізмами поточно-транспортних ліній. Серед механізмів переміщення сипучих матеріалів знайшли широке застосування вібраційні конвеєри різноманітних конструкцій, де одне із ведучих місць займають двохтрубні конвеєри з пружними стійками і ексцентриковими вібраторами.

Відома конструкція двохтрубних віброконвеєрів традиційно містить віброзбудник з не керованим приводом. Така ситуація досить довгий час задовольняла промисловців поки вартість енергоносіїв становила незначні кошти. Сучасна світова тенденція до неупинного росту вартості електричної енергії в решті спонукає виробників до модернізації обладнання шляхом впровадження передових енергоощадних та енергозберігаючих технологій.

Найбільш економічним на теперішній час вважається керований асинхронний електропривод із короткозамкненим ротором і частотним способом керування. При цьому слід зауважити, що перетворювачі частоти можуть управлятись за скалярним або векторним способом. Попередній аналіз вимог щодо приводу вібратора конвеєра дає підстави зробити висновок, що механізм, який прийнятий у якості об'єкту проектування не вимагає складного та вартісного методу. Тому скалярний спосіб є саме тим методом, що прийнятий для проектування, як спосіб що надає найкращий результат з позиції ціна-якість.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. Технологічна частина

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Конструкція, класифікація та принцип роботи

Існує багато конструктивних типів вібраційних конвеєрів, які можна класифікувати за ознаками:

- За напрямком переміщення вантажу поділяють на горизонтальні і вертикальні;
- За кількістю одночасно коливальних мас в коливальній системі - одномасні, двомасні і багатомасні;
- За характером динамічної врівноваженості - на врівноважені і неврівноважені;
- За кількістю грузонесучих елементів - одноелементні (одножолобні або однострубні) і двоелементні;
- За характеристикою до налаштування пружних опорних елементів - резонансною, дорезонансною і зарезонансною.

Резонансна настройка пружної системи конвеєра забезпечує малу витрату енергії при сталій роботі конвеєра, але вимагає значних пускових умов через більшу жорсткість пружної системи.

При зарезонансному налаштуванні пружної системи її жорсткість невисока, пускові моменти знижуються, але підвищуються витрати енергії. Основним недоліком зарезонансної настройки - можливість значного збільшення напруги в пружних елементах через короткочасне збільшення амплітуди коливань при проході через область резонансу при пуску і головним чином при зупинці конвеєра.

Дорезонансна настройка не отримало широкого поширення.

Вантажно несучий елемент горизонтального вібраційного конвеєра, як правило, здійснює прямолінійні симетричні гармонійні коливальні рухи з синусоїдальною зміною збурюючих сил (рис.1.1).

Вібробудники коливань вантажно несучого елемента можуть бути

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.1 – Діаграма параметрів жолоба вібраційного конвеєра при гармонічних коливань

відцентровими, ексцентриковими, електромагнітними, гідравлічними і пневматичними. Вібраційні конвеєри мають порівняно малу амплітуду коливань (зазвичай 1-15 мм) і великі частоти коливань (3000-400 1/хв).

Вібраційні конвеєри часто використовують для переміщення руд корисних копалин в гірничо-рудній промисловості. Вони постійно знаходяться і працюють під шаром добутої сировини, тому їх конструкція повинна бути простою і надійною.

Розрізняють кілька типів вібраційних конвеєрів:

- Підвісні конвеєри;
- Опорні конвеєри;
- Двотрубні конвеєри.

Вібраційний конвеєр підвісної конструкції (рис.1.2) з вільноколиваль-

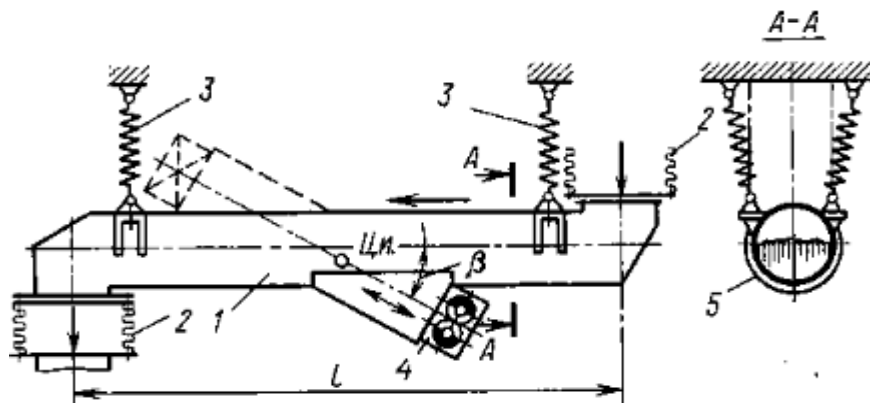


Рис.1.2 – Схема підвісного конвеєра:

1– жолоб; 2 – захисний патрубкок; 3 – амортизатори; 4 – відцентровий привід; 5 – захисний пояс.

ною одномасною системою складається з вантажно несучого елемента труби, вільно підвішеного на пружних зв'язках амортизаторах до нерухомих опорних конструкцій і одержує напрямки коливання від відцентрового

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приводу спрямованої дії і запобіжного пояса.

Приводом служать відцентровий віброзбудник-маятниковий, здвоєних або два синхронізованих електродвигуна.

Довжина конвеєра підвісної конструкції залежить від міцності і жорсткості вантажно несучого елемента і зазвичай не перевищує 6 метрів.

До переваг відносяться простота, порівняно невелика маса, можливість проміжного розвантаження і завантаження. Їх недоліками є мала довжина переміщення і амплітуда коливань.

Опорний вібраційний конвеєр з похилими напрямними пружними стійками (рис.1.3) складається з вантажно несучого елемента, опорних

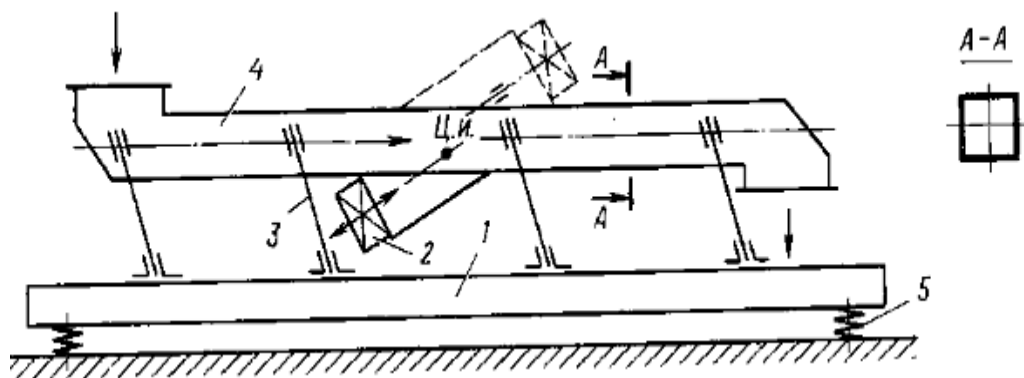


Рис.1.3 – Схема опорного віброконвеєра:

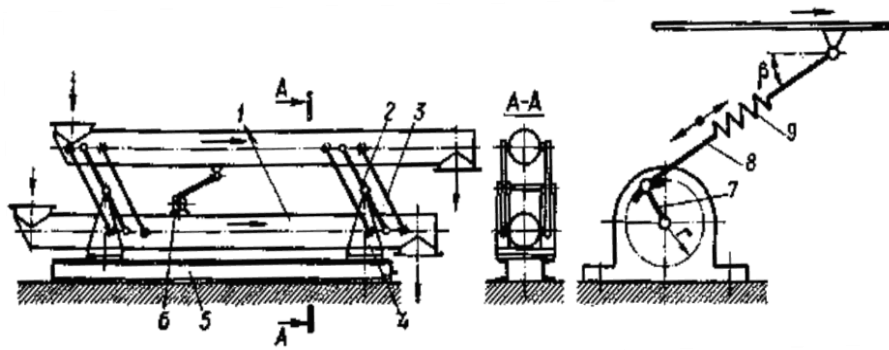
1 – рама; 2 – вібраційний привід; 3 – опора; 4 – жолоб; 5 – амортизатори.

пружних елементів, нахилених під кутом напрямку коливань до вертикальної осі, вібраційного приводу, опорної рами, яка може встановлюватися на фундамент або на пружні амортизатори. Віброзбудник електромагнітний однотактний.

Основним і досить істотним недоліком опорних конвеєрів є їх невірноваженість і передача вібраційних навантажень на опорні конструкції і як наслідок вимагає фундаменту для установки конвеєра.

Двотрубні вібраційні конвеєри (рис.1.4.) являють собою врівноважену двомасну коливальну систему, коливальні масами якої є верхня і нижня вантажно несучі труби. За допомогою ексцентрикового приводу верхня і нижня труби рухаються зворотно-поступально, паралельно один одному із

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



1 – жолоб; 2 - важіль; 3 - опора; 4 - амортизатор; 5 – нерухома рама; 6 – ексцентриковий привід; 7 - шатун; 8 – важіль; 9 – пружний ексцентрик;

Рис.1.4 – Схема двотрубного вібраційного конвеєра.

зсувом фаз на 180° .

Недоліком конвеєра є деяка ускладненість їх конструкції і вузлів проміжного завантаження і розвантаження, великі габаритні розміри.

Виходячи з різних видів конвеєрів для дипломної роботи був обраний двотрубний вібраційний конвеєр, так як він має переваги в рівноваженості коливних мас, подвоєна продуктивність в порівнянні з іншими конвеєрами, сталість амплітуди коливань через застосування ексцентрикового приводу, має малу витрату енергії у зв'язку з резонансним налаштуванням пружної системи.

1.2 Динамічні режими роботи вібраційних конвеєрів

Теоретичні основи щодо принципу роботи вібраційних конвеєрів розглянемо на прикладі, кінематична схема якої зображена на рис. 1.5.

Якщо площина, яка нахилена під кутом α до горизонту, отримує від зовнішнього джерела енергії коливальний рух з прискоренням $j_{жк}$ спрямоване

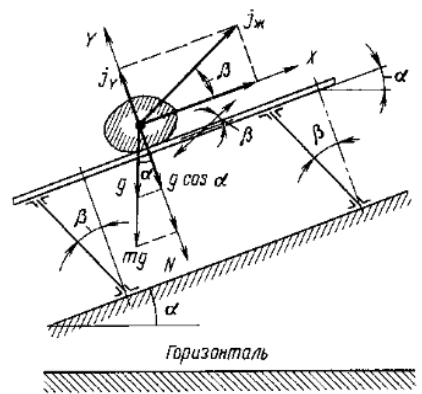


Рис.1.5 – Схема розрахунку сили тиску на жолоб.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

під кутом β (рис.1.5), то частка вантажу, що лежить на площині, буде переміщатися уздовж неї. При цьому нормальний тиск частки на жолоб визначається

$$N = mg \cos\alpha + mj_y, \quad (1.1)$$

де m – маса частки; g - прискорення вільного падіння; j_y - складова $j_{жс}$ прискорення за віссю Y . При спрямуванні системи координат XU відповідно наведеній схемі то складова j_y дорівнює

$$j_y = -j_{жс} \sin\beta = -a\omega^2 \sin\varphi \sin\beta \quad (1.2)$$

Звідки сила тиску вантажу на площину

$$N = m(g \cos\alpha - a\omega^2 \sin\varphi \sin\beta) \quad (1.3)$$

де a - амплітуда коливань площини; ω - кутова швидкість збудника коливань; $\varphi = \omega t$ - фазовий кут коливань, де t – час.

Тоді відношення максимальної нормальної складової прискорення жолобу $j_{y\max} = a\omega^2 \sin(\pi/2) \sin\beta = a\omega^2 \sin\beta$ до складової прискорення сили тяжесті $g \cos\alpha$ формує коефіцієнт Γ режиму роботи віброконвеєрів.

Для горизонтального конвеєра $\cos\alpha = \cos\theta^0 = 1$; звідси коефіцієнт режиму

$$\Gamma_r = a\omega^2 \sin\beta / g \quad (1.4)$$

Згідно висновку, що зроблений у джерелі[1], коефіцієнт режиму повинен бути $\Gamma > 1$ (рис.1.6) характеризує відрив вантажу від коливальної

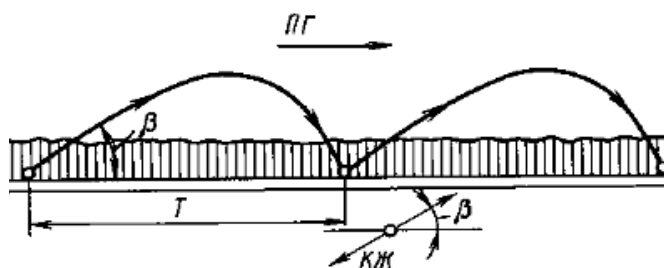


Рис.1.6 – Схема переміщення частин вантажу на вібраційному конвеєрі.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

площини і сприяє його переміщенню мікрокидками.

Якщо площина здійснює гармонійні коливання з коефіцієнтом режиму $\Gamma=1$, то траєкторія руху частинки вантажу у вертикальній площині збігається з напрямком руху площини (рис.1.7) при $1 < \Gamma \leq 3,3$ рух частинки вантажу

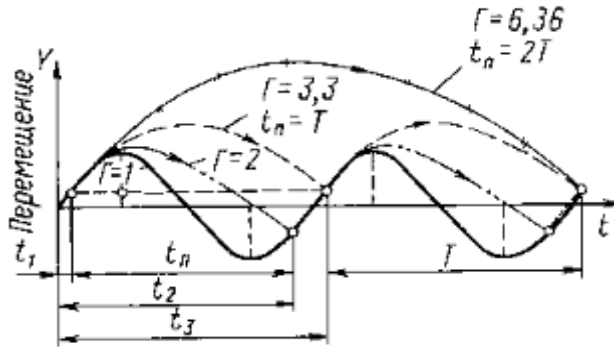


Рис.1.7 - Схема переміщення частин вантажу на вібраційному конвеєрі при різних коефіцієнтах режиму роботи Γ .

складається з декількох етапів, що виконуються в різні проміжки часу одного періоду коливань площини. Деякий час t_1 частка рухається разом з жолобом, а потім, по мірі збільшення фазового кута φ і досягнення етапу з $\Gamma > 1$, вантажу відривається від коливальної площини і здійснює вільний політ в проміжку часу $t_n - t_2 - t_1$; потім він знову падає на площину і рухається спільно з нею у проміжку часу $t_3 - t_2$. Після чого цикл руху вантажу повторюється.

Завдання забезпечення найбільш ефективного руху часток вантажу на вібраційному конвеєрі полягає у виборі часу t_2 (час зустрічі вантажу з жолобом) таким, щоб вантаж потрапив на площину жолоба в момент його попереднього ходу і рух вантажу спільного з жолобом було б мінімально необхідним для підготовки наступного польоту без ковзання.

В результаті при $\Gamma > 3,3$ конвеєр працює зі значними прискореннями, що обумовлюють більше динамічні навантаження на привід, підшипники та інші елементи. Отже, для вібраційного конвеєра коефіцієнт режиму роботи повинен знаходитися в теоретичних межах $1 < \Gamma \leq 3,3$.

Рекомендовані практичні значення коефіцієнта Γ з урахуванням як оптимального переміщення різних вантажів, так і динамічних навантажень наведені в таблиці (Табл. 1.1).

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл.1.1 - Рекомендовані практичні значення коефіцієнта Г.

Конструкція конвеєра	Тип вібраційного привода	Коефіцієнт Г для транспортування вантажу	
		пилевих и порошкоподібних	кускових
Двотрубні і однотрубні врівноважені, легкого и середнього типу (при Q<50 т/ч и L<30м)	Ексцентрикний	1,6 - 2,8	1,5 - 2,5
Також, важкого типу (при Q<50 т/ч и L<30м)		1,3 - 2,5	1,2 - 2

1.3 Електричне обладнання збудника віброконвеєра

Вібраційним приводом називається сукупність пристроїв для збудження механічних коливань, їх перетворення і передачі робочому елементу машини.

Приводом вібраційного конвеєра служить комплект віброзбудника і електродвигуна з відповідним зв'язком між ними або без неї. Можливо також застосування пневматичного або гідравлічного двигуна.

В електромагнітному приводі збудника електродвигун відсутній.

Ексцентрикний привід являє собою різновид шатунно-кривошипного приводу, в якому кривошип малого радіуса замінений диском, ексцентрично розташованим на приводному валу.

У вібраційних конвеєрах найбільшого поширення набули такі види приводів:

- Електромагнітний;
- Відцентровий;
- Ексцентричний.

Двотактний електромагнітний віброзбудник МЕХАНОБРа (рис.1.8) складається з статора Н-подібної форми, двох якорів, жорстко пов'язаних між собою за допомогою скоби, обмоток змінного і постійного струму та пружних зв'язків, виконаних у вигляді пакета пластинчастих ресор. Принцип роботи двотактного електромагнітного віброзбудника полягає в тому що під

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впливом змінного і постійного струму в статорі збуджуються постійні і змінні магнітні потоки, які викликають зворотно-поступальний рух якорів.

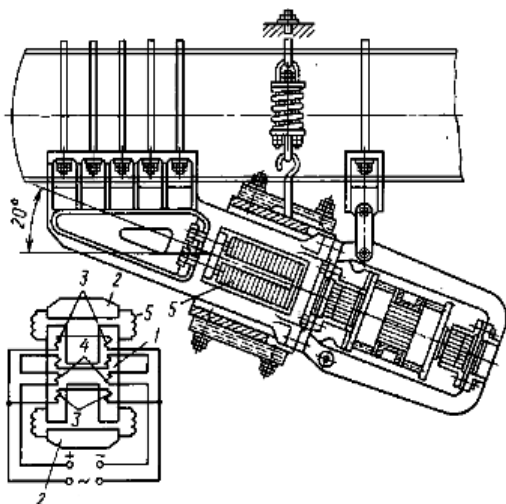


Рис.1.8 – Схема двотактного електромагнітного віброзбудника:

- 1 – статор; 2 – якорі;
- 3 – обмотка змінного струму;
- 4 – обмотка постійного струму;
- 5 – пластинчаста ресора.

При цьому коли верхній якорі притягується до статора, нижній відштовхується, і навпаки.

Двотактні віброзбудники застосовують для двомасних живильників і конвеєрів важкого типу підвісної конструкції, їх недолік - великі габаритні розміри і маса.

Живильники і конвеєри з електромагнітним приводом конструкції МЕХАНОБРа мають продуктивність 50-650 т/год при потужності вібраторів 0,5-8,0 кВт, амплітуді коливань 0,625-1.25 мм і частоті коливань 3000 хв^{-1} .

Електромагнітні віброзбудники оздоблюють апаратурою управління, яка дозволяє плавно змінювати сталу в обмотках електромагнітів і амплітуду коливань, а отже, і продуктивність конвеєра.

Перевагами електромагнітних віброзбудників є відсутність пружних і обертових частин, можливість плавного регулювання продуктивності, простота експлуатації. До їх недоліків відносяться значне зниження продуктивності при падінні напруги в мережі живлення джерела струму і велика маса двотактних віброзбудників.

Одинарний відцентровий віброзбудник являє собою електродвигун (рис.1.9), на валу якого на деякій відстані від осі обертання закріплений

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

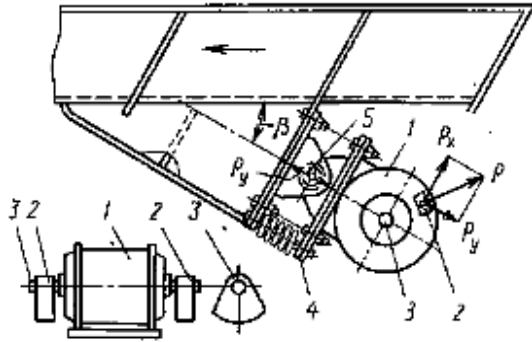


Рис.1.9 – Схема відцентрованого приводу:

1 – двигун; 2 – вантаж; 3 – вал;
4 – опорна плита; 5 – шарнір.

вантаж – де баланс.

При обертанні останнього виникає відцентрова сила

$$P = m_0 r_0 \omega^2 \quad (1.5)$$

Проекції відцентрованої сили

$$P_x = P \cos \varphi; \quad P_y = P \sin \varphi \quad (1.6)$$

Статичний момент маси балансу

$$M_k = m_0 r_0 \quad (1.7)$$

Відцентрові приводи застосовуються для підвісних і опорних конвеєрів живильників.

Перевагами відцентрового приводу є порівняльна простота конструкції, малий шум при роботі, можливість надійної герметизації і отримання великого діапазону частоти (2800 – 750 об/хв). До недоліків відноситься - невеликий термін служби опорних підшипників.

Ексцентриковий привід (рис.1.10) з жорстким пружним шатуном застосовується на однотрубних, а також на рівноважених двотрубних

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

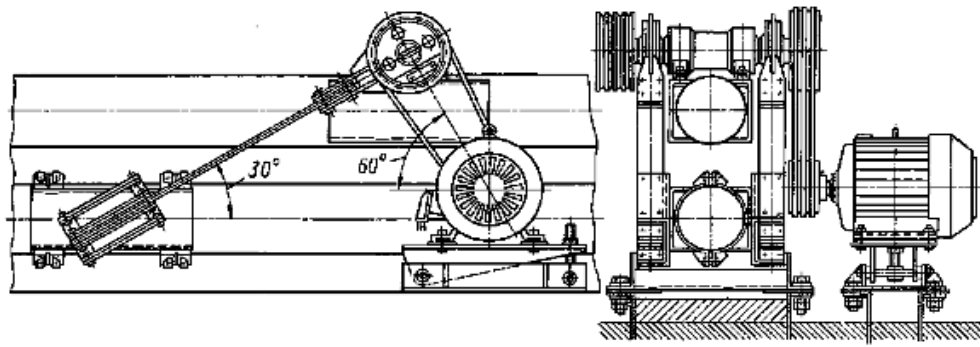


Рис.1.10 – Схема ексцентрикового приводу

конвеєрах з резонансним налаштуванням пружної системи. Їх перевагами є можливість отримання великого діапазону амплітуд (до 15 мм) і частот коливань (від 400 до 800 в хв.). До недоліків - прискорене зношування опорних підшипників.

У вібраційних конвеєрів з резонансним налаштуванням жорсткість пружної системи дуже висока, так як вона повинна при прямому ході акумулювати велику кількість кінетичної енергії коливної труби з вантажем, а при зворотному ході повертати її назад. Початкове деформування такої жорсткої пружної системи при пуску конвеєра вимагає великих пускових зусиль. При сталому русі потрібно підведення невеликої енергії, необхідної тільки для подолання і переміщення вантажу.

Для подолання великих зусиль при пуску конвеєра використовують наступні способи: 1) у приводі встановлюють один двигун великої потужності з пусковим зусиллям або ж спеціального виконання з високим пусковим моментом; 2) у приводі встановлюють два двигуна звичайного виконання, які при пуску конвеєра використовуються одночасно, а при сталому русі один з двигунів відключається; 3) механізм приводу вводять пружний елемент, який дозволяє поступово розгойдувати пружну систему від малих переміщень до повної робочої амплітуди.

При наявності в приводі пружного елемента амплітуда коливань труби конвеєра близька за призначенням, але не дорівнює радіусу ексцентрика, так як в загальній роботі коливальної системи беруть участь не тільки основна,

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

але і приводна пружні зв'язку.

Виходячи з різних видів приводу для роботи двотрубного конвеєра був обраний ексцентриковий привід, так як він має переваги и є можливість отримання великого діапазону амплітуд, подвоєна продуктивність в порівнянні з іншими приводами та має не значні габарити.

1.4 Вимоги до електроприводу збудника віброконвеєра

Проведений аналіз технічної реалізації конвеєрів та їх віброзбудників дають підстави сформулювати наступні вимоги до електропривода:

1. Характер навантаження, що створює віброзбудник має періодичну зміну моменту в наслідок передачі корисного поступального руху від ексцентрикового шківa безпосередньо на труби конвеєра. Відповідно ексцентриковий механізм повинен мати достатній момент інерції аби забезпечити надійне згладжування механічного биття моменту, і як наслідок зменшити пульсації струмів обмоток привідного двигуна.

2. Із рис.1.10 можемо бачити, що обертовий рух перетворюється у поступальний при його передачі через редуктор. Наявність биття моменту опору додатково потрібно компенсувати за рахунок пружної системи. Тобто наявність у складі передатного механізму ремінної передачі є саме тою конструкцією, яка спроможна сприяти компенсації динамічних зусиль, які виникають.

3. Зазвичай привід таких механізмів працює у тривалому режимі роботи. Вимога економії електроенергії змушує застосовувати привід з режимом робот із швидкістю, що залежить від заданої продуктивності або рівня вантажного потоку. Звідки визначення потужності приводу, за таких умов накладає обмеження щодо вибору способу його розрахунку.

4. Технологія роботи двохтрубного віброконвеєра не передбачає зміни напрямку руху вантажного потоку. Як наслідок, електропривод збудника не вимагає реверсування електродвигуна.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

5. Зазвичай систему такого електроприводу обирають нерегульованою, що за сучасних умов є не раціональним. Тому для даного проекту потрібно застосовувати керований привід, де його основні кількісні показники такі: діапазон регулювання швидкості повинен становити 1:3,5, непряма компенсація динамічних зусиль повинна досягатись за рахунок плавності регулювання, точність підтримки заданих значень швидкості та швидкодія її регулювання суттєвого значення на продуктивність механізму не мають, вимоги до якості перехідних процесів при регулюванні і стабілізації швидкості слід забезпечувати за рахунок налагодження системи керування на модульний оптимум.

6. Зважаючи на те, що обладнання повинне експлуатуватися на відкритому майданчику слід передбачити для нього захист від вологості, запиленості та температури навколишнього середовища. У заданих виробничих умовах потрібно розглянути можливість щодо винесення апаратури управління у окремі приміщення, де забезпечуються нормальні і безпечні умови експлуатації.

7. Очікувана розрахункова потужність привідного двигуна віброзбудника не буде вищою за 20 кВт. Як наслідок, характеристики електричної мережі, що живить дану установку, значного впливу на пускові властивості проектного приводу, та роботи поряд розташованого обладнання не має.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Автоматизований електропривод

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Автоматизований електропривод

2.1 Технічне завдання проектування

Для проектування обрано горизонтальний двотрубний динамічно врівноважений віброконвеєр (рис.1.4) призначений для транспортування агломерату залізної руди з насипною масою $\rho=1,8 \text{ т/м}^3$. Продуктивність конвеєра становить $Q=150 \text{ т/год}$ довжини труб $L=30 \text{ м}$, величини шматків вантажу $\alpha=100 \dots 50 \text{ мм}$.

2.2 Визначення технічних показників конвеєра

З пояснень до формули видно (4.1 [1]), що вантаж можна вважати сортованим, так як $\alpha_{\max}/\alpha_{\min}=100/50=2 < 2,5$.

З таблиці 15.3 [1] для двотрубного конвеєра важкого типу з ексцентриковим приводом ($Q > 50 \text{ т/год}$ і $L > 20 \text{ м}$) рекомендований коефіцієнт режиму роботи $\Gamma=1,2 \dots 2,0$; прийом $\Gamma=2$. В таблиці 15.4 [1] рекомендована амплітуда коливань труби при ексцентриковим приводом $\alpha = r = 4 \dots 8 \text{ мм}$; приймемо $\alpha=4 \text{ мм}$

З формули (15.4 [1]) кутова швидкість збудника коливань при $\alpha=0$ і середньому вугіллі напрямку коливань $\beta=30^\circ$

$$\omega = \sqrt{\frac{\Gamma g}{\alpha \sin \beta}} = \sqrt{\frac{2 * 9,81}{0,004 * \sin 30^\circ}} = 99,04 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.1)$$

Частота обертання ексцентрикового валу $n_{\text{кр}}=30\omega/\pi=30*99,04/3,14=946 \text{ хв}^{-1}$.

Швидкість транспортування за формулою (15.11 [1])

$$v = k \alpha \omega \cos \beta \sqrt{1 - \frac{1}{\Gamma^2}} = 1,0 * 0,004 * 99,04 * \cos 30^\circ * \sqrt{1 - \frac{1}{2^2}} = 0,297 \text{ м/с} \quad (2.2)$$

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тут коефіцієнт $k=1$ таблиця 15.5 [1] для кускового вантажу з розмірами частинок 5 ... 200 мм (в даному випадку максимальний розмір шматка $\alpha_{\max}=100$ мм).

З формули (5.13 [1]) необхідна площа перетину вантажу в двох трубах $A=Q/(3600v_p)=150/(3600*0,297*1,8)=0,078$ м².

Необхідний діаметр однієї труби дивитись параграф 15.4 [1] при числі труб $z=2$ і коефіцієнті заповнення $\varphi=0,5$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{2\pi\varphi}} = \sqrt{\frac{4*0,078}{2*3,14*0,5}} = 0,315 \text{ м} \quad (2.3)$$

Це діаметр труби узгоджується з міжнародним стандартом ІСО 1815-75 дивитись параграф 15.2[1]. Приймаємо $d=315$ мм.

Перевірка на шматкуватість вантажу (див. 15.9 [1]) задовільна, так як $\alpha_{\max}=100$ менше $d/3=315/3=105$ мм. Частота власних коливань системи при резонансній настройці $\omega_0=\omega=99,04$ рад/с (див. пояснення до формули (15.3 [1])).

Загальна маса коливається частини конвеєра (однієї труби) разом з вантажем і прикріпленими до труби частинами (див. пояснення до формули (15.3 [1])) $m=m_T+m_{\Gamma}+m_{\Gamma}\lambda=900+50+2430*0,15=1313$ кг.

Приймаємо масу труби m при її товщині $\delta_T=3$ мм і щільності стали $\rho=7800$ кг/м³ $m_T=q_T L=23,16*30=694,8$ кг.

Маса 1 м. труби $q_T=\rho\pi d\delta_T=7800*3,14*0,315*0,003=23,16$ кг/м; довжина конвеєра $L=30$ м; маса труби разом з прикріпленими до неї частинами $m_T=1,3$ $m_T=1,3*694,8\approx 900$ кг (коефіцієнт 1,3 враховує масу прикріплених до труби частин); маса частини приводу, пов'язана з трубою (в основному шатун і кривошип) $m_{\Gamma}\approx 50$ кг ; маса вантажу, що знаходиться в одній трубі, $m_T=q_T L=81*30=2430$ кг, де маса 1м вантажу, що знаходиться в одній трубі, з формули (5.14 [1]) $q_T=Q/(2*3,6v)=150/(2*3,6*0,257)=81$ кг/м;

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнт $\lambda=0,15$ прийнятий по (Рис.2.49), при коефіцієнті режиму роботи $\Gamma=2$.

Необхідну жорсткість пружної системи знайдемо з формули (див. пояснення до формули (15.3 [1]))

$$C = \omega_0^2 m = 99,04^2 * 1315 = 129 * 10^5 \text{ Н/м} \quad (2.4)$$

Сумарну жорсткість пружної системи можна представити як суму жорсткостей ресор C_1 , великих C_2 і малих C_3 гумометалевих шарнірів (див. пояснення до формули (15.3 [1])): звідси жорсткість ресор $C_1=C-C_2-C_3=129*10^5-16*10^5-8*10^5=105*10^5 \text{ Н/м}$.

Для орієнтовних розрахунків приймаємо: число стійок в конвеєрі – 10 (по п'ять з кожного боку), число великих гумометалевих шарнірів в одній стойці – 4, всього великих гумометалевих шарнірів (по вісім в кожній стійці); наведену жорсткість одного великого шарніра $C'_2=4*10^4 \text{ Н/м}$ (див.пояснення до формули (15.3 [1])), всіх великих шарнірів $C_2=C'_2*40=16*10^5 \text{ Н/м}$, одного малого шарніра $C_3=10^4 \text{ Н/м}$, всіх малих шарнірів $C_3=C'_{z1}=10^4*80=8*10^5 \text{ Н/м}$; кількість ресор $z_p=320$.

Жорсткість однієї ресори (див. пояснення до формули (15.3 [1]))

$$C'_1 = \frac{C_1}{z_p} = 105 * \frac{10^5}{320} = 3,28 * 10^4 \text{ Н/м} \quad (2.5)$$

Прийнявши ширину ресори $b=0,1 \text{ м}$, довжину $l=0,4 \text{ м}$, за формулою (15.1 [1]) визначимо її товщину:

$$\delta = kl^3 \sqrt{\frac{C'_1}{bE}} = 1,05 * 0,4^3 \sqrt{\frac{3,28*10^4}{0,1*2,15*10^{11}}} = 0,0048 \text{ м} \quad (2.6)$$

Приймати $\delta=5 \text{ мм}$.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За формулою (15.2 [1]) визначимо напругу вигину в місці закладення ресори:

$$\sigma = \frac{6E\delta a k_3}{l^2} = \frac{6 \cdot 2,15 \cdot 10^{11} \cdot 0,005 \cdot 0,004 \cdot 0,68}{0,4^2} = 109,65 \cdot 10^6 \text{ Па} = 109,65 \text{ МПа} < [\sigma_H] = 110 \text{ МПа} \quad (2.7)$$

Тут прийнято: $\alpha=0,004$ мм; коефіцієнт $k_3=0,68$ (при гумових прокладках між ресорами).

Зусилля в шатуні при сталому русі за формулою (15.3 [1]) при $\omega_0=0,2$

$$F_{\text{ш}} = rC \sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + \omega_0^2\right)} = 0,004 \cdot 129 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{99,04^2}{99,04^2} + 0,2^2\right)} = 10320 \text{ Н} \quad (2.8)$$

Зусилля в шатуні на початку пуску, коли $\omega=0$ (см. (15.3 [1])),

$$F_{\text{ш}} = rC \sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + \omega_0^2\right)} = 0,004 \cdot 129 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{0}{99,04^2} + 0,2^2\right)} = 55810 \text{ Н} \quad (2.9)$$

З цього зусилля розраховуються на міцність і жорсткість елементи кривошипно-шатунного механізму.

2.3 Розрахунок потужності та вибір двигуна приводу

Потужність електродвигуна для конвеєра довжиною більше 10 м визначається за формулою:

$$P \approx \frac{k_{\text{тр}} Q}{10^3 n} [10k_3 + (L - 10)k_4 + \frac{H}{0,367}] \quad (2.10)$$

де $k_{\text{тр}}$ – коефіцієнт транспортабельності вантажу: для кускових і зернистих вантажів (пісок, вугілля, шлак, зерно) $k_{\text{тр}}=1$; для порошкоподібних і пилоподібних вантажів (цемент, апатит, Недогарки) $k_{\text{тр}}=1,5 \dots 2,0$; H – висота

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підйому вантажу (при нахилі транспортуванні), м; η – ККД механізмів приводу: $\eta=0,95\dots0,97$; k_3 і k_4 – коефіцієнти, що враховують питомі витрати потужності при переміщенні вантажу масою 1 т на 1 м таблиця 2.4 [1].

$$P \approx \frac{1 \cdot 150}{10^3 \cdot 0,95} [10 \cdot 4,5 + (30 - 10)3,5 + \frac{0}{0,367}] = 18,16 \text{ кВт} \quad (2.11)$$

Приймаємо асинхронний двигун з короткозамкненим ротором АИР180М6 з наступними параметрами:

Таблиця.2.1 – Паспортні дані двигуна АИР180М6

Типорозмір двигуна	Потужність	Частота обертання	Напруга	Ном.струм статора	ККД	Коефіцієнт потужності	Момент інерції	Вага
АИР180М6	Р, кВт	n, об/хв	U, В	I, А	η , %	cos ϕ	J, кг · м ²	m, кг
	18,5	1000	380/660	38,6	90	0,84	0,09	160

Таблиця.2.2 – Параметри схеми заміщення двигуна АИР180М6:

x_{Σ}^*	R_1^*	x_1^*	R_2^*	x_2^*
2,9	0.056	0.11	0.026	0.13

2.4. Перевірка двигуна на перевантажувальну здатність

Буде виконана перевірка обраного двигуна на перевантаження під час частотного пуску. У перевірці на перегрів немає необхідності, так як обраний електродвигун розрахований на тривалий режим роботи.

Перевантажувальна здатність електродвигуна під час пуску:

$$M_{кр} = \lambda M_{ном} \geq M_{сп}; \quad (2.12)$$

$$211,92 = 1,2 \cdot 176,6 \geq M_{сп}$$

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

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_M^P = M_M^{\text{НОМ}} * \lambda = 176,6 * 1,2 = 211,92 \quad (2.13)$$

$M_{\text{НОМ}}$ – номінальний момент двигуна, Н·м;

$$M_{\text{НОМ}} = \frac{9550 * P_{\text{НОМ}}}{n} = \frac{9550 * 18.5}{1000} = 176,6 \quad (2.14)$$

$M_{\text{СП}}$ – момент опору руху під час пуску, Н*м;

$$\lambda = M_{\text{П}} / M_{\text{НОМ}}$$

2.5 Вибір перетворювача

Перетворювальне пристрій виконує функції перетворення електроенергії живильної мережі до таких значень, які необхідні для нормальної роботи приводного двигуна, а також для регулювання швидкості роботи двигуна. Як відомо з усіх способів регулювання і зміни напрямку швидкості, використання перетворювача частоти з векторним керуванням є одним з найсучасніших способів створення швидкодіючого регульованого електроприводу змінного струму. Як перетворювального пристрою прийнятий перетворювач частоти, на базі автономного інвертора напруги на IGBT-транзисторах з векторним керуванням.

При виборі перетворювача частоти необхідно керуватися наступними вимогами:

- висока надійність при будь-яких режимах роботи;
- великий діапазон регулювання;
- простота системи управління;
- мінімально можлива вартість.

В якості перетворювача електроенергії вибираю перетворювач частоти ALTIVAR 71 французької фірми SchneiderElectric.

Перетворювачі частоти Altivar 71 / ATV71 призначені для двигунів

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потужністю від 0,37 до 630 кВт з чотирма типами мереженого живлення:

- однофазне, 200 - 240 В, от 0,37 до 5,5 кВт
- трифазне, 200 - 240 В, от 0,37 до 75 кВт;
- трифазне, 380 - 480 В, от 0,75 до 500 кВт;
- трифазне, 500 - 690 В, от 1,5 до 630 кВт.

Дана серія перетворювачів частоти дозволяє управляти за допомогою алгоритму векторного керування потоком (CVF) асинхронними двигунами в розімкнутій і замкнутій системи регулювання швидкості і синхронними двигунами з синусоїдальною Е.Д.С. в розімкнутій системі.

При мережному живленні а 200 - 240В і а 380 - 480В пропонується функціональна гамма частотних перетворювачів, що дозволяє управляти синхронними двигунами з синусоїдальною Е.Р.С. в замкнутій системі регулювання швидкості.

Вибір перетворювача частоти необхідно здійснювати відповідно до номінальної електричної потужності і номінального струму двигуна. Розрахункова потужність перетворювача:

$$P = \frac{P_H}{n_g} = \frac{18,5}{0,9} = 20,55 \text{ кВт}$$

Розрахунковий струм двигуна:

$$I = \frac{P_H}{3 * U_H \cos \varphi} = \frac{18,5}{3 * 380 * 0,84} = 19,31 \text{ А}$$

За каталогом вибираємо перетворювач частоти “АТV71HD30N4Z”.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Таблиця 2.3 – Номінальні дані перетворювача

Потужність перетворювача	Ном. напруга живлення	Частота живлення	Лінійний струм	Кількість фаз живлення	Ном. струм вихідний	Макс. перехідний струм
кВт	В	Гц	А	-	А	А
30	380...480	50...60	66	3	66	109

Даний 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.

Ефективність застосування такого електроприводу обумовлена:

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

Схема підключення перетворювача частоти Altivar 71 та електродвигуна АИР180М6 представлена на рис. 2.1:

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

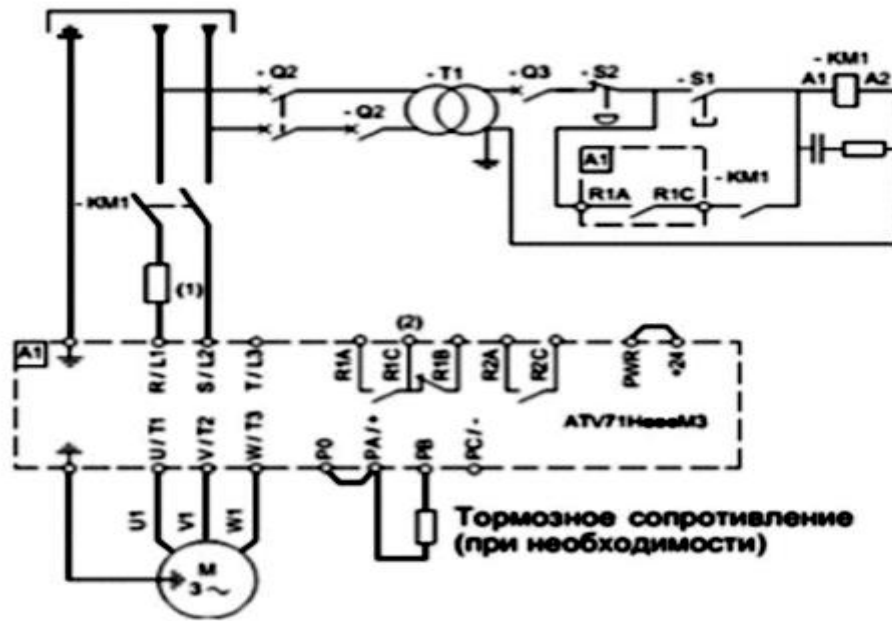


Рис.2.1 – Схема підключення перетворювача частоти та електродвигуна

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3. Дослідження динаміки електропривода

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Дослідження динаміки електропривода

3.1 Загальні відомості

Відомі кілька методів частотного управління, які дозволяють вирішити різні завдання при регулюванні швидкості і зміни моменту, серед яких два основних - векторний і скалярний.

Кожен з них має свої характерні особливості, на яких слід зупинитися більш докладно. Особливість скалярного управління полягає в його поширеності, а область застосування пов'язана з приводами насосів і вентиляторів. Крім цього, частотні перетворювачі зі скалярним методом управління використовують там, де важливо підтримувати певний технологічний параметр. Їм може бути, наприклад, тиск у трубопроводі. Зміна амплітуди, а також частоти напруги живлення виступає в якості основного принципу, на якому ґрунтується даний метод. При цьому використовується закон $U / f = \text{const}$. Найбільший діапазон для регулювання швидкості складає 1:10. Додаткові особливості скалярного методу полягають у властивій йому легкості при реалізації. Скалярний принцип частотного управління є найбільш поширеним в асинхронному двигуні. Йому властива Технічна простота Вимірювання і регулювання змінних АД, а також можливість побудови розімкнутих систем управління швидкістю. Існує також і недолік, який полягає в тому, що немає можливості точно регулювати швидкість обертання валу. Ще одна особливість - на валу двигуна частотний перетворювач зі скалярним керуванням не дає можливості контролювати момент.

Векторний метод управління синхронними і асинхронними двигунами забезпечує формування не тільки гармонійних струмів та напруги фаз, але і забезпечує управління магнітним потоком ротора або моментом на валу електродвигуна. Таке управління застосовується в разі, коли в процесі експлуатації навантаження може змінюватися на одній і тій же частоті, тобто немає чіткої залежності між моментом навантаження і швидкістю обертання,

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

а також у випадках, коли необхідно отримати розширений діапазон регулювання частоти при номінальних моментах.

Системи векторного керування поділяються на два класи - без датчика і зі зворотним зв'язком. Застосування без датчика систем можливо, у випадках, коли швидкість змінюється не більше ніж 1: 100, а точність підтримки становить не більше ніж $\pm 0,5\%$. При вихідних аналогічних показниках і діапазоні регулювання 1: 1000 і точності $\pm 0,01\%$ прийнято використовувати системи зі зворотним зв'язком.

Стосовно завдання, що вирішується в проекті і обліку особливостей роботи механізму обраний скалярний метод управління як найбільш придатний. Перевагами даного методу є в простоті вимірів і регулювання змінних АД, а також можливість побудови розімкнутих систем управління швидкістю.

3.2 Розробка математичної моделі електропривода

На (рис.3.2) представлена структурна схема лінеаризованої системи, функціональна схема якої приведена на (рис.3.1), при роботі АД на ділянці механічної характеристики в межах значень абсолютного ковзання $S_a \leq S_k$. Наведені на рисунках змінні розраховуються виходячи з параметрів асинхронного двигуна наступним чином:

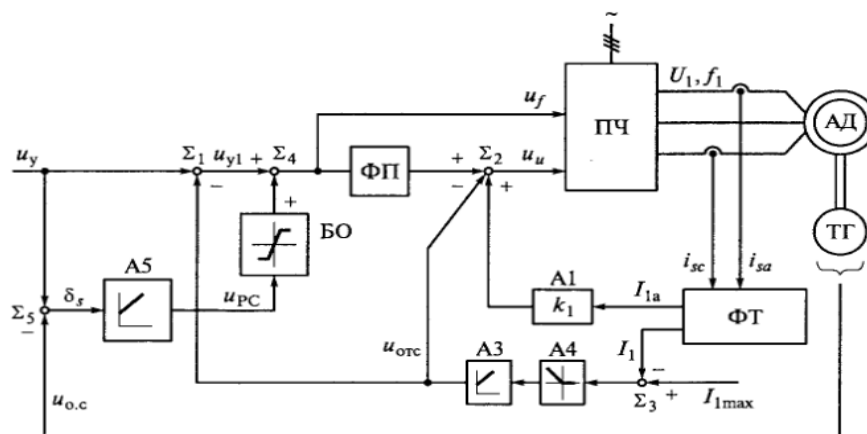


Рис.3.1 - Функціональна схема системи ПЧ-АД зі зворотним зв'язком по швидкості

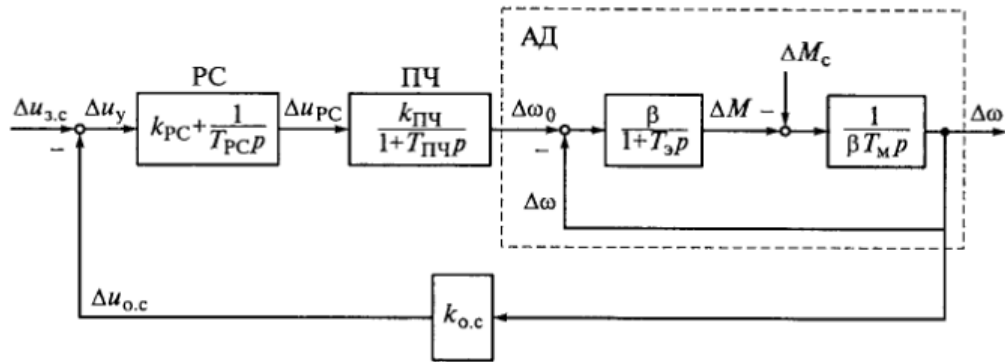


Рис.3.2 - Структурна схема системи ПЧ-АД зі зворотним зв'язком по швидкості

β -модуль жорсткості лінеаризованої механічної характеристики АД

$$\beta = \frac{2M_k}{\omega_{\text{ном}} * S_k} \quad (3.1)$$

Те-еквівалентна електромагнітна постійна часу ланцюгів статора і ротора АД

$$T_e = \frac{1}{\omega_{0\text{эл.ном}} * S_k} \quad (3.2)$$

Де $\omega_{0\text{эл.ном}}$ - кутова швидкість електромагнітного поля АД при його номінальній частоті живлення $f_{\text{ном}} = 50$ Гц ($\omega_{0\text{эл.ном}} = 2\pi f_{\text{ном}} = 314$ с⁻¹)

Для АД загально промислового виконання $S_k = 0,05 \dots 0,5$ (менші значення характерні для потужних двигунів), $T_e = 0,006 \dots 0,06$ с;

$k_{\text{ПЧ}}$ -передатний коефіцієнт ПЧ

$$k_{\text{ПЧ}} = \frac{\Delta\omega_0}{\Delta u_{PC}} = \frac{2\pi\Delta f_1}{(p_{\text{п}}\Delta u_{PC})} \quad (3.3)$$

При роботі АД в зоні частот $f_1 \leq f_{1\text{НОМ}} = 50$ Гц і номінальному сигналі

управління перетворювачем $u_{y.\text{ПЧНОМ}}$ співвідношення $\frac{\Delta f_1}{\Delta u_{pc}} = \frac{f_1}{u_{y.\text{ПЧНОМ}}}$

$T_{\text{ПЧ}}$ - постійна часу ланцюга управління ПЧ, яка при високих частотах модуляції вихідної напруги промислових ПЧ (2...50 кГц) не перевищує 0,001 с.

Передавальна функція ПІ-регулятора швидкості

$$W_{pc}(p) = \frac{\Delta u_{pc}}{\Delta u_y} = k_{pc} + \frac{1}{T_{pc}p} \quad (3.4)$$

Передавальна функція ланцюга зворотного зв'язку по швидкості двигуна

$$W_{o.c}(p) = \frac{\Delta u_{o.c}}{\Delta \omega} = k_{o.c} \quad (3.5)$$

При номінальному сигналі управління електроприводом, рівному $u_{z.c.\text{НОМ}}$, і відповідної йому номінальної швидкості АД $k_{o.c} = u_{z.c.\text{НОМ}}/\omega_{\text{НОМ}}$.

Відповідно до структурної схеми АД його результуюча передавальна функція по відношенню до відхилення $\Delta \omega_o$

$$W_{\Omega}(p) = \frac{\Delta \omega}{\Delta \omega_o} = \frac{1}{T_e T_M p^2 + T_M p + 1} \quad (3.6)$$

При $T_M \geq 4T_e$

$$W_{\Omega}(p) = \frac{1}{(T_{o1}p + 1)(T_{o2}p + 1)} \quad (3.7)$$

де

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{1}{T_{01}} = \frac{1}{2T_3} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4T_3}{T_M}} \right); \frac{1}{T_{02}} = \frac{1}{2T_3} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4T_3}{T_M}} \right) \quad (3.8)$$

3.3 Параметри системи скалярного керування.

Наведені на (рис.3.2) змінні розраховуються виходячи з параметрів асинхронного двигуна наступним чином:

Розрахунок параметрів САР і моделювання проводимо у відносних одиницях.

Задавач інтенсивності:

$$t = j * \frac{\omega_0}{M_n} = 0,053$$

$$K_{zi} = \frac{10}{t} = 187,458$$

Постійна часу та коефіцієнт підсилення ПЧ:

$$T_{пч} = 0,005$$

$$k_{пч} = \frac{\omega_0}{10} = 10,472$$

Коефіцієнт жорсткості мех. характеристики:

$$\beta = \frac{2 * M_{kr}}{\omega_0 * S_{kr}} = 4,615$$

Електромагнітна постійна часу двигуна:

$$T_3 = \frac{1}{\omega_0 * S_{kr}} = 0,011$$

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електромеханічна постійна часу двигуна:

$$T_M = 4T_3 = 0,044$$

Коефіцієнт підсилення негативного зворотного зв'язку швидкості:

$$k_{oc} = \frac{10}{\omega_0} = 0,095$$

Коефіцієнт підсилення механічної частини двигуна:

$$\frac{1}{\beta * T_M} = 4,977$$

$$T_\mu = \frac{2T_3}{1 - \sqrt{1 - 4\frac{T_3}{T_M}}} + T_{пч} = 0,027$$

$$T_{01} = \frac{2T_3}{1 - \sqrt{1 - 4\frac{T_3}{T_M}}} = 0,022$$

Коефіцієнт підсилення інтегральної частини регулятора швидкості:

$$T_{pc} = k_{oc} * k_{пч} * T_\mu * \alpha_\mu = 0,107$$

$$\frac{1}{T_{pc}} = 9,339$$

Коефіцієнт підсилення пропорційної частини регулятора швидкості:

$$k_{pc} = \frac{T_{01}}{T_{pc}} = 0,203$$

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Моделювання.

Згідно розрахунку параметрів п.п.3.3 та теоретичного супроводу п.п.3.2 розроблена та побудована модель електроприводу збудника віброконвеєра рис.3.3. Модель має на лаштування на модульний оптимум, що характеризується експоненціальними формами перехідних процесів. Такий спосіб налаштування дозволяє забезпечити зниження динаміки машини і пом'якшує роботу кінематики приводу особливо у режимах зміни рівня швидкості. Крім того, наявність на вході регулятора швидкості задавача інтенсивності також сприяє зменшенню динаміки в електромагнітних частинах приводу.

У пускових режимах можуть виникати перевантаження регулятора швидкості. Така обставина виникає із-за високого значення коефіцієнта підсилення пропорційної частини регулятора. Для її обмеження регулятор швидкості лімітується спеціальним блоком обмеження, який зрізає вихідну напругу на рівень ± 10 В, що зазвичай нормується в системах керування.

Дослідження системи електропривода виконувалось для режимів:

- пуск від задавача інтенсивності за номінального навантаження;
- сталий режим за номінальних параметрів;
- зменшення швидкості на 30 %;
- стала робота на меншій швидкості та повернення у попередній стан;
- запинка до повного стопоріння.

Для реалізації поставлених режимів модель рис.3.3 оснащено рядом програмованих перемикачів, які перекидаються у функції часу. Вони перемикають константи що визначають завдання на швидкість та навантаження

Така послідовність дослідження власне відповідає технології роботи віброзбудника конвеєра. Тобто, випробування таких режимів надає найбільш наглядну ілюстрацію відповідності роботи систем електропривода тим вимогам, що сформульовані у пункті 1.4 аналізу технології віброконвеєра.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

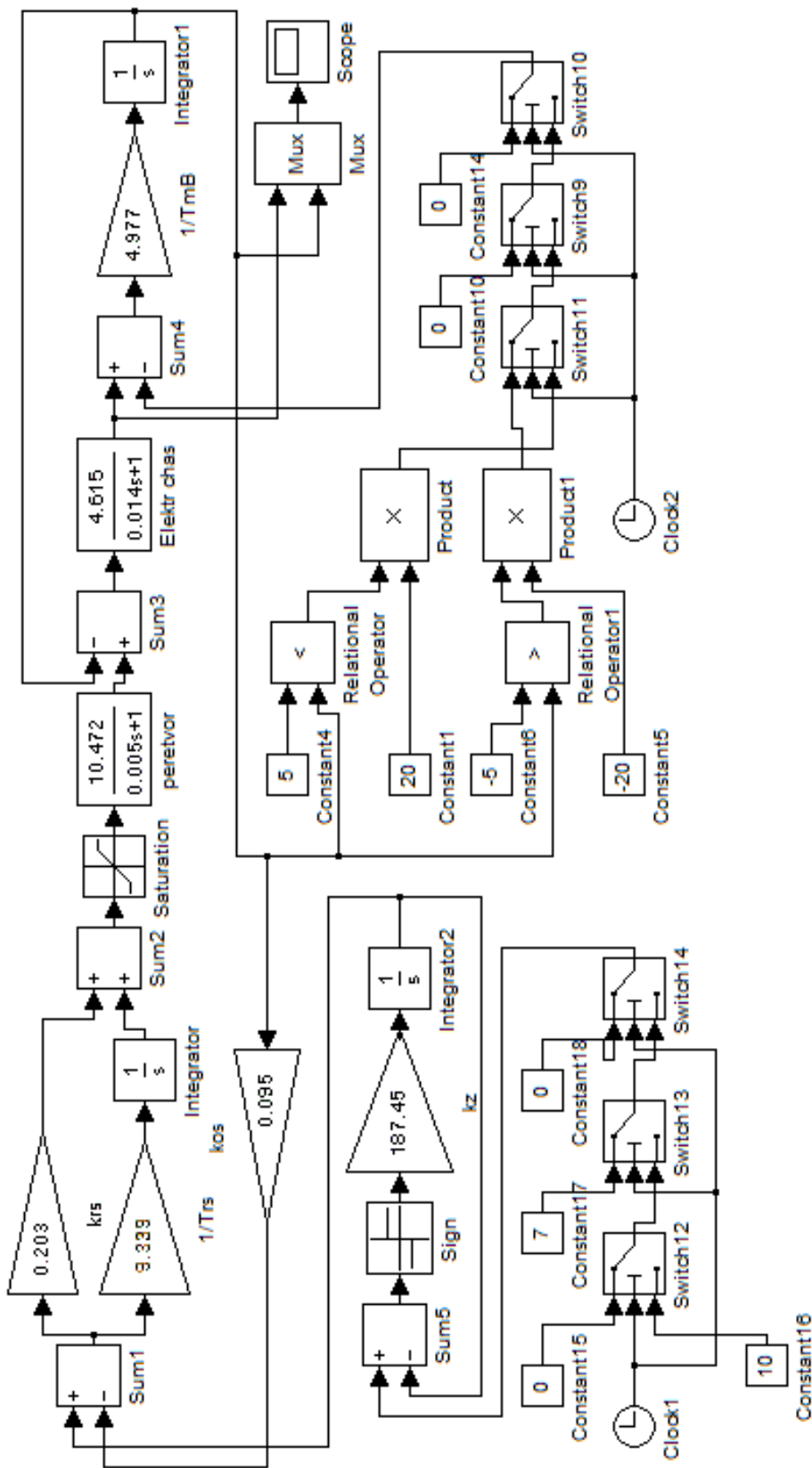


Рис.3.3 Модель електроприводу у середовищі МАТЛАВ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

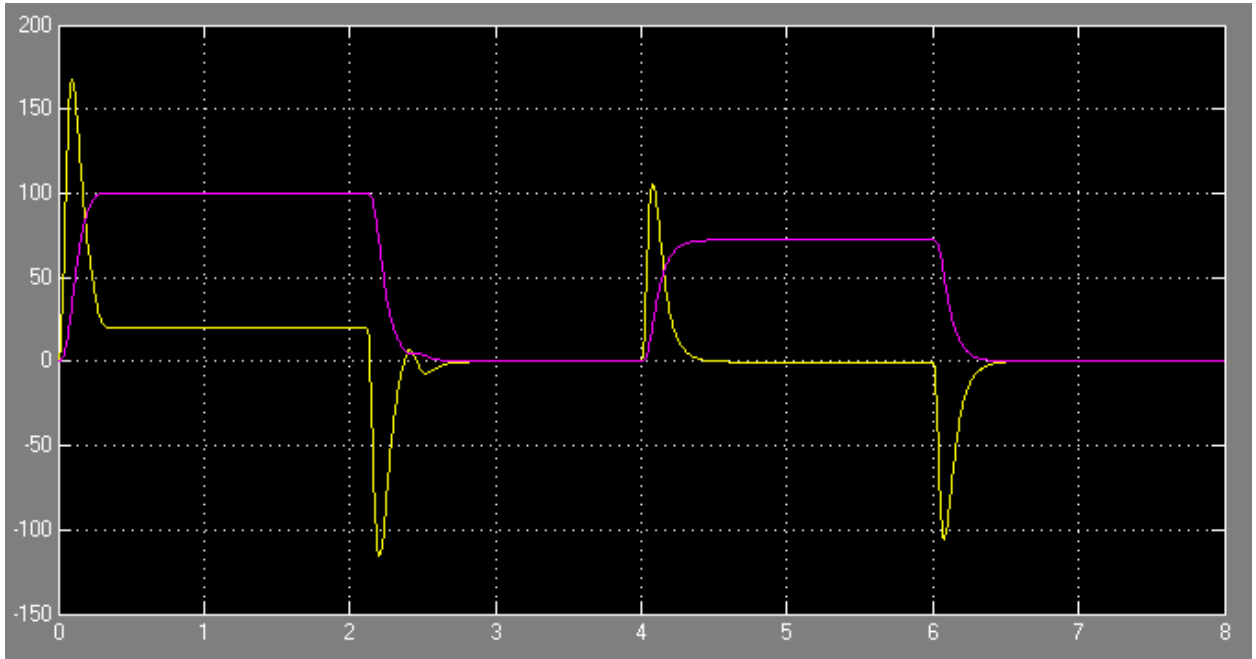


Рис.3.4 – Графік перехідних процесів

Висновок:

Аналізуючи графіки перехідних процесів швидкості та моментів можна зробити наступні висновки:

Отримана система управління відповідає заявленим вимогам . Діапазон регулювання задовольняє технологічної необхідності. Динаміка перехідних процесів відповідає необхідним.

В цілому результати моделювання підтверджують працездатність спроектованої системи електроприводу.

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Заходи з техніки безпеки при експлуатації та ремонтні електроустаткування віброконвеєра

Для забезпечення електробезпеки потрібно застосовувати окремо або в поєднанні такі технічні способи та засоби:

1. захисне заземлення;
2. занулення;
3. малу напругу (до 36 В);
4. захисне відключення;
5. ізоляцію струмовідучих частин;
6. огорожувальні пристрої;
7. попереджувальну сигналізацію;
8. блокування, знаки безпеки;
9. засоби захисту і запобіжні пристосування.

До небезпечних фізичних чинників відносяться: рухомі механізми; незахищені рухливі елементи виробничого устаткування, різні підйомно-транспортні пристрої і вантажі, що переміщуються. Ці чинники призводять до травмування людей, які знаходяться у зоні дії віброконвеєра.

В процесі роботи віброконвеєра може статися: обрив смуги по якій двигается вантаж, поломка механізму з якого можливий виліт кріпильних матеріалів.

Основним небезпечним фактором є підвищена напруга в електричних ланцюгах комутаційної апаратури, замикання яких може відбутися через тіло персоналу, який знаходиться у робочій зоні дії віброконвеєра.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Попадання під напругу може статися при обриві дроту, порушенні ізоляції, оголення дротів і пуску регулювальної апаратури, відсутності огорожень від струмопровідних шинопроводів.

До роботи з електроустановками допускаються особи, не мають медичних протипоказань та пройшли інструктаж, навчання безпечним методам праці і перевірку знань правил безпеки та інструкцій відповідно до займаної посади.

Проводити роботи з струмоведучими частинами, які знаходяться під напругою та поблизу них повинні не менш ніж двоє працюючих.

Електромонтери, електрослюсарі та інші особи, що проводять ремонт, налагодження та випробування електрообладнання, електропроводки та допоміжних пристроїв віброконвеєра, повинні мати кваліфікаційну групу.

Основні заходи з електробезпеки спрямовані на те, щоб повністю виключити електротравми. Це досягається таким пристроєм електроустановки, при якому її струмоведучі частини недоступні для випадкового дотику завдяки їх огороження, розташуванню на недоступній висоті, блокуваннях і т. д.

Важливим заходом, що забезпечує електробезпеку обслуговуючого персоналу, є захисне заземлення або занулення металевих неструмоведучих частин електрообладнання. Відповідно до Правил устрою електроустановок (ПУЕ) захисним заземленням, виконуваних для забезпечення електробезпеки, називається навмисне металеве з'єднання із заземлюючим пристроєм елементів електроустановок, що нормально не знаходяться під напругою. Занулення в електроустановках і мережах напругою до 1000 В — це навмисне електричне з'єднання металевих елементів установки, нормально ізольовані від частин, що знаходяться під

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

напругою (корпуси електроустаткування, сталеві труби електропроводок та ін.), з глухо заземленою нейтралю генератора або трансформатора в мережах змінного струму, а також з глухо заземленої середньою точкою в три провідних мережах постійного струму з нульовим проводом.

Захисне заземлення при пошкодженні ізоляції і переході напруги на частини металевої конструкції електроустановки автоматично відключає пошкоджене електрообладнання або знижує напругу на частинах конструкції до безпечного значення.

Заземлення металоконструкцій віброконвеєра і встановленого на нього електроустаткування можна виконувати через металеву балку на якій фіксується конструкція. Корпус електродвигуна, апаратів і т. п. повинні бути прикріпленні болтовими з'єднаннями, які забезпечують надійність контакту (контргайки, контро шайби).

Індивідуальні захисні засоби (ізоляційні килимки, рукавички, калоші, штанги) та застосування струму напругою 12 В для переносних ламп забезпечують безпеку роботи з електроустановками.

Під час огляду і чищення резисторів їх слід знеструмити. Так як в більшості випадків резистори поставляються і монтуються відкритими, тобто що знаходяться під напругою. Температура елементів резистора при роботі настільки висока, що дотик до їх поверхні може викликати сильний опік. Знеструмити можна тільки відключенням головного рубильника. Постановка контролера в нульове положення не є надійним засобом відключення, так як частина проводів може виявитися невідключеною.

При ремонті двигуна він повинен бути відключений всіма наявними в його ланцюзі апаратами (рубильниками, магнітним пускачем, контролером) і запобіжники повинні бути зняті. Якщо двигун, знімається для ремонту, то

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кінці від'єднаних кабелів слід заізолювати. На що включають пристроях вивішуються попереджувальні плакати і приймаються заходи, попереджуючі помилкове включення.

4.2 Заходи з протипожежної безпеки

У виробничих умовах, а також при виконанні ремонтно-монтажних робіт при порушенні протипожежних заходів не виключено виникнення вогнищ загорання, які можуть перетворитися на пожежу.

На пожеже - і вибухонебезпечних ділянках підприємства вивішується попереджувальний плакат «Курити забороняється». Паління дозволяється тільки в спеціально відведених місцях, де є урни або бочки з водою для недопалків. У цих місцях встановлюють напис «Місце для куріння».

Для гасіння пожежі віброконвеєра застосовують сухий вогнегасник типу ОУ2, з сталевим балон з вуглекислим газом, стиснутим до 17 МПа.

Крім вогнегасників типу ОУ-2 можна застосовувати вогнегасники ОУ5 та ОУ-8 з місткістю балона 5 і 8 л, які за конструкцією і принципом дії не відрізняються від ОУ-2.

Застосовувати пінні рідинні вогнегасники на віброконвеєрі а саме гасіння вогню електродвигуна неприпустимо, тому що струмінь піни проводить струм і може викликати ураження електричним струмом людини, що працює з вогнегасником. Крім того, піна містить їдкі речовини і при попаданні на працюючих може призвести до опіків шкіри і псування одягу.

При будь-якому запаленні на віброконвеєрі треба негайно вимкнути головний рубильник і приступити до гасіння вогню.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Розрахування заземлення електроустановки

Заземлення - це навмисне електричне з'єднання з землею, або її еквівалентом, металевих неструмоведучих частин електроустановок, які можуть опинитися під напругою у зв'язку з пробоем ізоляції на корпус.

Згідно ПУЕ, для забезпечення електробезпеки, всі металеві частини електрообладнання, по яких не повинен проходити струм повинні бути заземлені.

Визначаю струм замикання на землю;

$$I_z = \frac{3 * U_{\phi}}{350} (3,5 * l_{кл} + l_{вл}), A \quad (4.1)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга мережі $U_{\phi}=380V$, кВ; $l_{кл.}$ – довжина електрично зв'язаних кабельних ліній, $l_{кл.}=4,2$ км; $l_{вл.}$ – довжина електрично зв'язаних повітряних ліній, $l_{вл.}=12$ км.

$$I_z = \frac{3 * 380}{350} (3,5 * 4,2 + 12) = 50,2, A$$

Визначаю значення опору заземлення R_z . За ПУЕ визначається в залежності від напруги, $660V > U > 380V$, $R_z = 4$ Ом.

Опір природного заземлювача $R_{п} = 17,5$ Ом.

Визначається необхідний опір штучних заземлювачів;

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{И} = \frac{R_{п} * R_{пые}}{R_{п} - R_{пые}} \quad (4.2)$$

$$R_{И} = \frac{R_{п} * R_{пые}}{R_{п} - R_{пые}} = \frac{17,5 * 4}{17,5 - 4} = 5,18 \text{ Ом}$$

Вибираю виносний тип заземлюючого пристрою, на підставі даних про об'єкт, що захищається, і значень $R_{ш}$, ρ .

Вибираю стрижневі електроди і попередньо розміщують їх на плані об'єкта, що захищається.

Як вертикальні заземлювачі варто використовувати сталеві стрижні діаметром 35 мм, довжиною 3 м. Верхній кінець вертикального заземлювача повинен бути занурений на 0,7 м від поверхні землі. Як горизонтальні заземлювачі варто використовувати круглу сталь діаметром 10 мм.

Визначається розрахунковий питомий опір ґрунту для однорідного ґрунту;

$$\rho_{роз} = \rho_{вим} * \psi, \text{ Ом*м} \quad (4.3)$$

де $\rho_{вим}$ - питомий опір ґрунту, $\rho_{вим} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ Ом*м}$;

ψ - кліматичний коефіцієнт, $\psi = 1,5$.

$$\rho_{роз} = 150 * 1,5 = 225, \text{ Ом*м}$$

Визначаю опір одиночного вертикального заземлювача;

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_B = \frac{\rho_{\text{роз}}}{2\pi l} * \left(\ln \frac{2 * l}{d} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 * t_0 + 1}{5 * t_0 - 1} \right), \text{ Ом} \quad (4.4)$$

де $t_0 = 0.7$ м – мінімальна відстань від землі до вертикального електрода;

l – довжина вертикального заземлювача, $l = 3$ м;

d – діаметр вертикального заземлювача, $d = 0.035$ м.

$$R_B = \frac{225}{2 * 3,14 * l} * \left(\ln \frac{2 * 3}{0,035} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 * 0,7 + 3}{5 * 0,7 - 3} \right) = 63,93, \text{ Ом}$$

Визначаємо опір горизонтального електрода;

$$R_r = \frac{\rho_{\text{роз}}}{2 * \pi * l} * \ln \frac{l^2}{d * t}, \text{ Ом} \quad (4.5)$$

де $t = 0.7$ м – мінімальна відстань від землі до вертикального електрода;

l – довжина горизонтального заземлювача, $l = 25$ м;

d – діаметр горизонтального заземлювача, $d = 0.035$ м.

$$R_r = \frac{225}{2 * 3,14 * 25} * \ln \frac{25^2}{0,035 * 0,7} = 9,73 \text{ Ом}$$

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді розрахунковий опір заземлювача буде визначений за формулою;

$$R = \frac{R_B * R_T}{R_B * n_T + R_T * n_B * n} \quad (4.6)$$

де $\eta_T = 0.75$ – коефіцієнт використання горизонтального смугового електрода;

$\eta_B = 0.74$ – коефіцієнт використання вертикального смугового електрода;

$n = 10$ – кількість вертикальних заземлювачів.

$$R = \frac{63,93 * 9,73}{63,93 * 0,75 + 9,73 * 0,74 * 10} = 5,18 \text{ Ом}$$

Отримане значення опору порівнюється з необхідним опором штучного заземлювача, визначеним за формулою (4.2). Значення майже збігаються, що є задовільним результатом розрахунків.

4.4 Заходи щодо надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації (НС) на підприємстві, походження яких пов'язане з виробничо-господарською діяльністю людини на об'єктах техносфери відносять до техногенного виду НС. Як правило, техногенні НС виникають внаслідок аварій, що супроводжуються мимовільним виходом у навколишній простір речовини і енергії. Одним з основних способів захисту є своєчасний і

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

швидкий вивіз або вивід людей з небезпечної зони, тобто евакуація. Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС.

У числі заходів щодо захисту персоналу підприємства зазначаються дії по евакуації працюючої зміни, як у випадку загрози, так і при виникненні НС. Виходячи з прогнозованої можливості виникнення аварій, катастрофи або стихійного лиха, які можуть спричинити за собою людські жертви, завдати шкоди здоров'ю людей, порушити умови їх життєдіяльності, намічаються наступні заходи і тимчасові параметри з евакуації:

- Визначається вид евакуації (планомірна або екстрена);
- Проводиться розрахунок робітників і службовців, необхідних для проведення евакуації;
- Встановлюються заходи щодо безаварійної зупинки виробництва;
- Намічаються схеми руху евакуйованих із зони НС до пунктів тимчасового розміщення;
- З урахуванням аналізу та оцінки ситуації керівник об'єктової комісії з НС може прийняти одне з рішень:
- Провести евакуацію всередині об'єкта;
- Вивести персонал за межі об'єкта;

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Техніко – економічне обґрунтування проекту

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

5.1 Вступ

Метою даного розділу дипломного проекту є розрахунок економічних показників технічного рішення щодо модернізації електропривода віброконвеєра. Суть технічного рішення полягає у впровадженні перетворювача частоти замість релейно-контакторної системи регулювання. Впровадження частотного регулювання електроприводів (ЧРП) дозволяє:

- підвищити надійність роботи систем
- автоматизувати виробництво

Застосування пристроїв скалярного регулювання частоти обертання двигунів дає ряд додаткових переваг, а саме:

- пуск двигуна здійснюється при струмах, обмежених на рівні номінального значення, що підвищує довговічність двигуна та знижує вимоги до потужності живлячої мережі.
- можлива модернізація діючих технологічних агрегатів без заміни основного устаткування і практично без перерв в його роботі.

Для обґрунтування економічної доцільності пропонованого в дипломному проекті обладнання необхідно вирішити наступні завдання:

1. Розрахунок капітальних інвестицій
2. Розрахунок експлуатаційних витрат

5.2 Розрахунок капітальних інвестицій

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні витрати визначаються за формулою;

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} (\sum_{i=1}^k \text{Ц}_i) + \text{З}_{\text{тзс}} + \text{З}_{\text{м}} + \text{З}_{\text{н}} \quad (5.1)$$

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

де $K_{об}$ – вартість придбання електрообладнання за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i - го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{тзс}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

$Z_{м}$ – витрати на монтажні роботи;

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

Транспортно-заготівельні і складські витрати розраховуємо згідно цін кур'єрської фірми «Нова пошта». Всі ціни на доставку обладнання були вираховані на сайті – <https://novaposhta.ua>

Доставка зі складу в Києві до Дніпра складає:

Для електродвигуна ціна за доставку буде становити $Z_{тздв} = 1075$, грн.

Для частотного перетворювача ціна за доставку буде становити $Z_{тспч} = 794$, грн.

Отже, витрати пов'язані з транспортно-заготівельними роботами будуть становити;

$$Z_{тзс} = Z_{тздв} + Z_{тспч}, \text{ грн} \quad (5.2)$$

$$Z_{тзс} = 1075 + 794 = 1869, \text{ грн}$$

Витрати на монтаж та наладку обладнання визначаються за формулою;

$$Z_{м} = \sum (Ч_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_{д} \cdot K_{см} \cdot K_{пр}, \quad (5.3)$$

де $Ч_i = 2$ — чисельність працівників III розряду, необхідних для виконання монтажних робіт, чол.;

$a_i = 42,64$ — годинна тарифна ставка електромонтера III розряду, грн.;

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_i = 14$ — час, необхідний для виконання монтажних робіт, год.;

$K_d = 1,1$ — коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{см} = 1,22$ — коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{пр} = 1,05$ — коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних робіт.

Витрати на монтажні роботи становлять:

$$Z_m = (2 \cdot 42,64 \cdot 14) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 1682 \text{ грн}$$

Витрати на налагоджувальні роботи Z_n визначаємо наступним чином:

$$Z_n = \sum(C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{см} \cdot K_{пр}, \quad (5.4)$$

де $C_i = 2$ — чисельність працівників V розряду, необхідних для виконання налагоджувальних робіт, чол.;

$a_i = 53,52$ — годинна тарифна ставка електромонтера V розряду, грн.;

$t_i = 14$ — час, необхідний для виконання налагоджувальних робіт, год.;

$K_d = 1,1$ — коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{см} = 1,22$ — коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{пр} = 1,05$ — коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення налагоджувальних робіт.

Витрати на налагоджувальні роботи становлять:

$$Z_n = (2 \cdot 53,52 \cdot 14) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 2111 \text{ грн}$$

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Зведення капітальних інвестицій

№ п/п	Найменування технічних засобів	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн	Постачальник
1	Асинхронний двигун типу АИР180М6	1	15200		ПРОМИСЛОВА КОМПАНІЯ системакс
2	Перетворювач частоти Schneider Electric ATV71HD15N4	1	105148		ООО "Е-Трейд Автоматизація Київ "
	УСЬОГО	2		120348	

Ціни на устаткування дійсні станом на травень 2020 року.

Повні капітальні витрати становлять:

$$K_{\text{пр}} = 120348 + 1869 + 1682 + 2111 = 126010 \text{ грн}$$

5.3. Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за визначений період (наприклад, рік), що виражені у грошовій формі.

Відповідно до обраного для виконання диплому обладнання експлуатаційні витрати будуть включати: амортизаційні відрахування, витрати на технічне обслуговування і ремонт та вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року.

Річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування знаходяться по формулі:

$$C = C_a + C_T + C_e \quad (5.5)$$

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання. Термін корисного використання об'єктів основних засобів для нарахування амортизації не може бути менше мінімально допустимих термінів корисного використання (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Групи	Мінімально допустимі терміни корисного використання, років
група 3 – будівлі;	20
– споруди;	15
– передавальні пристрої	10
група 4 – машини і обладнання;	5
– електронно-обчислювальні машини, інші машини для автоматичної обробки інформації, пов'язані з ними засоби зчитування або друку інформації, комп'ютерні програми, інформаційні системи і т. д.	2
група 5 – транспортні засоби	5
група 6 – інструменти, прилади, інвентар (меблі)	4

Відповідно до табл. 5.2 придбане устаткування відноситься до групи 4, мінімальний допустимий термін використання становить 5 років.

Для того, щоб знайти амортизаційні відрахування, нам спочатку потрібно знайти амортизаційну вартість, яка знаходиться за формулою:

$$\Phi_a = \Phi_p - L, \text{ грн} \quad (5.6)$$

де Φ_p – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

L – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів, $L=0$.

Далі знаходимо норму амортизації, норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \frac{\Phi_p - L}{\Phi_p * T_p} * 100, \% \quad (5.7)$$

де T_p – термін корисного використання (амортизаційний період), для вибраного обладнання $T_p=5$ років.

Після чого визначаємо річні амортизаційні відрахування AO за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_p * H_a}{100}, \text{ грн} \quad (5.8)$$

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається для проектного варіанту, що розраховується в даному дипломному проекті та для базового, взятого на основі цього самого обладнання, але до впровадження засобів автоматизації, тобто не враховуємо ціну перетворювача частоти.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункові дані заносимо до таблиці 5.3.

Визначаємо амортизаційну вартість для проектного варіанту;

$$\Phi_{ап} = 123617 - 0 = 123617, \text{ грн}$$

Знаходимо норму амортизації для проектного варіанту;

$$H_{ап} = \frac{123617 - 0}{123617 * 5} * 100 = 20, \% \quad (5.9)$$

Визначаємо амортизаційні відрахування АО для проектного варіанту;

$$A_{оп} = \frac{123617 * 20}{100} = 24723, \text{ грн}$$

Таблиця 5.3 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування	Капітальні інвестиції, тис. Грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, тис. грн.
Проектний варіант	123,6	20	24,7

5.3.2. . Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж.

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного устаткування і мереж включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтникам і визначаються за фактичними даними підприємства.

Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт складаються з:

$$C_T = C_{ПЧ} + C_{ДВ}, \quad (5.10)$$

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $C_{ПЧ}$ — витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт перетворювача частоти;

$C_{дв}$ — витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт двигуна.

Аналогічне обладнання потребує витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт в обсязі 10% від вартості обладнання:

$$C_{ПЧ} = 0,1 \cdot 105148 = 10514 \text{ грн}$$

$$C_{дв} = 0,1 \cdot 15200 = 1520 \text{ грн}$$

Отже C_T дорівнює:

$$C_T = 10514 + 1520 = 12034 \text{ грн}$$

5.3.3. Розрахунок вартості спожитої електроенергії .

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності, річного фонду робочого часу об'єкта проектування та втрат електроенергії за формулою (грн):

$$C_{e.пр} = W_{р.пр} \cdot C_e = 35520 \cdot 2.177 = 77327, \text{ грн} \quad (5.11)$$

де $W_{р}$ – Кількість спожитої за рік електроенергії;

де C_e — тариф на електроенергію, що діють з 01 березня 2020 року за даними НКРЕКП [5], грн. / кВт • год.

Кількість спожитої за рік електроенергії:

$$W_{р.п} = t_d t_h t_n P_n = 20 * 8 * 12 * 18.5 = 35520 \text{ кВт} * \text{год}$$

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $t_d = 20$ - кількість робочих днів в місяць.

$t_h = 8$ - кількість робочих годин в зміні.

$t_t = 12$ - кількість місяців на рік.

P_n - потужність електродвигуна.

Річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування становлять:

$$C = 24723 + 12034 + 77327 = 114084, \text{ грн}$$

5.4 Висновки

В даному розділі була проведено розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.

Для реалізації даного дипломного проекту проектні капіталовкладення становлять **126010** гривень, річні експлуатаційні витрати — 114084 гривень.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті було розраховано автоматизований електропривод, а саме: обрано відповідний вимогам двигун та перетворювач частоти.

У проекті була розрахована система автоматичного керування. На базі цих розрахунків створена модель електропривода, з якої зняті характеристики перехідних процесів.

У відповідному розділі розглянуті питання щодо охорони праці, прийняті рішення щодо усунення небезпечних факторів.

У розділі економіки шляхом розрахунків встановлена ціна обраної техніки.

Аналізуючи все вищезазначене можна сказати, що в дипломі була доведена доцільність використання розглянутої системи автоматичного керування.

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік використаної літератури

1. Системы управления электроприводов, Терехов В. М., 2005
2. Кузьмин А.В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин – 1983
3. Пертен Ю.А. Конвейеры. Справочник
4. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, І.В. Шереметьєва - Дніпропетровськ: НГУ, 2015. - 15 с.
5. НКРЕКП URL: <http://www.nerc.gov.ua/?id=19526> (дата звернення 29.05.2020).
6. Охорона праці в Галузі електротехніки та електромеханіки: навч. посібник / В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін; за ред. В.І. Голінька. Д .: Національний гірничий університет, 2011. - 235 с.
7. [Avtorue_A.O.Spivakovsky,_V.K.Dyachkov.]_Transpor(BookSee.org)
(1)
8. <https://www.se.com/ua/uk/product/ATV71HD30N4/перетворювач-частоти-atv71-30квт/>
9. Охорона Праці. Методичні Вказівки до Виконання Розділу «Охорона Праці та Безпека в Надзвичайних Ситуаціях» В Дипломних Проектах (Роботах), Дніпропетровськ Державний ВНЗ «НГУ» 2011
10. О.М. Роянов, «Пожежна безпека виробництв», Харків 2016

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

		Позначення	Найменування	Кількість листів
1			Документація	
2	A4	ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Пояснювальна записка	64
3			Демонстраційні матеріали	
4			Презентація	14

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б



**CERTIFICATE
OF PARTICIPATION**



This certificate is presented to

STANISLAV SHYKHOV
DNIPRO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, UKRAINE
for attending

the 2nd International Scientific Conference "Innovative Development of
Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing"

Petroșani, Romania on November 15, 2019



Rector University of Petroșani,
Romania Ph.D. Professor
Fedora Sorin-Mihai RADU



Rector Kryvyi Rih National University,
Ukraine DrSc (Engineering), Professor
Mykola STUPNIK

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ВІДОМОСТЕЙ ДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Направляється студент(ка) Калініченко В.Ю. до захисту кваліфікаційної роботи за напрямом підготовки 6.141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка на тему: Електромеханічна система горизонтального динамічно урівноваженого віброконвеєра.

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Декан факультету (директор інституту) Іванов О.Б. _____ (підпис)

Довідка про успішність

Калініченко В.Ю. за період навчання в університеті, на факультеті Електротехнічному з 2016 р. до 2020 р. повністю виконав (ла) освітню програму за напрямом з таким розподілом оцінок за інституційною шкалою: відмінно - **16.00 %**, добре - **38.00 %**, задовільно - **46.00 %**.

Секретар факультету _____

Висновок керівника

(зазначається відповідність змісту роботи, вимогам до рівня вищої освіти за НРК та компетентностям освітньої програми, оцінка виконання завдання)

Студент(ка) Калініченко В.Ю. _____

_____ Виконав дипломний проект у повному обсязі та у відповідності до завдання. Рекомендована оцінка добре «80 балів»

Керівник_ проекту (роботи) _____ доц. Бородай В.А.
" 12 " 06 2020 року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційну роботу розглянуто. Студент(ка) Калініченко В.Ю. допускається до захисту цієї роботи в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри Електропривода

_____ к.т.н., професор Казачковський М.М.

(підпис)
" 12 " 06 2020 року

Сформовано в ІАС "Деканат" 12.06.2020р. 10:28:27

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відзив

на дипломний проект “Електромеханічна система горизонтального динамічно урівноваженого віброконвеєра”. Виконавець ст. гр. 141-16-4 Калініченко Владислав Юрійович.

Тема проекту студента Калініченко В.Ю. безумовно є актуальною оскільки має на меті вдосконалення електроприводу механізму вібробудника горизонтального динамічно урівноваженого віброконвеєра шляхом раціонального вибору потужності його двигуна та сучасної системи керування, що забезпечує режими енергозбереження.

Пояснювальна записка дипломного проекту становить 64 сторінку і складається із вступу, 5 розділів, висновків та переліку використаної літератури. Графічна частина проекту представлена презентацією на 14 слайдів.

Матеріал дипломного проекту викладено логічно і обґрунтовано. Робота демонструє впевнене володіння сучасними методами інженерних розрахунків. Проект Калініченко В.Ю. виконаний у повному обсязі та у відповідності із завданням.

Недоліки дипломного проекту

1. Мають місце деякі стилістичні помилки. (по тексту роботи).
2. Оформлення графіків перехідних процесів не відповідає вимогам (розділ «Динаміка електроприводу»).

Оцінки за розділами:

Охорона праці – « » (балів);

Економічна частина – « » (балів).

Висновок

Дипломний проект ст. гр. 141-16-4 Калініченко В.Ю. виконано на достатньо професійному рівні. Інженерні рішення, що прийняти у проекті зроблені самостійно та кваліфіковано. Зміст роботи відповідає вимогам рівня підготовки “бакалавр”.

Вважаю, що дипломний проект заслуговує на оцінку “добре” (80 балів), а її автор Калініченко В.Ю. на присвоєння йому кваліфікації бакалавра з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

12.06.2020 р.

Рецензент доцент
каф. електропривода

В.А. Бородай

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рецензія

на дипломний проект "Електромеханічна система горизонтального динамічно урівноваженого віброконвеєра".
Виконавець ст. гр. 141-16-4 Калініченко Владислав Юрійович.

Метою дипломного проекту є модернізація електроприводу системи горизонтального динамічно урівноваженого віброконвеєра шляхом уточнення потужності приводного двигуна та параметрів його системи керування. Удосконалення такого типу є актуальною задачею, оскільки дозволяє підвищити надійність та економічність електроприводу.

Пояснювальна записка дипломного проекту становить 64 сторінку і складається із вступу, 5 розділів, висновків та переліку використаної літератури. Графічна частина проекту складається з 14 слайдів презентації, яка відбиває основні положення роботи.

Матеріал дипломного проекту викладено логічно і аргументовано. Роботу виконано із застосуванням сучасних методів та з залученням останніх версій програмних продуктів для математичних розрахунків, структурного моделювання, графічних та текстових редакторів. Загальний рівень проекту відображає достатню професійну підготовку ст. Калініченка В.Ю.

Недоліки дипломного проекту

1. Пояснювальна записка перевантажена загальними відомостями.
2. Помічені деякі неточності щодо оформлення переліку використаної літератури.

Висновок

Дипломний проект ст. гр. 141-16-4 Калініченко В.Ю. виконано достатньо професійному рівні. Інженерні рішення, що прийняти у проекті зроблені кваліфіковано. Зміст роботи відповідає вимогам рівня підготовки "бакалавр" з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

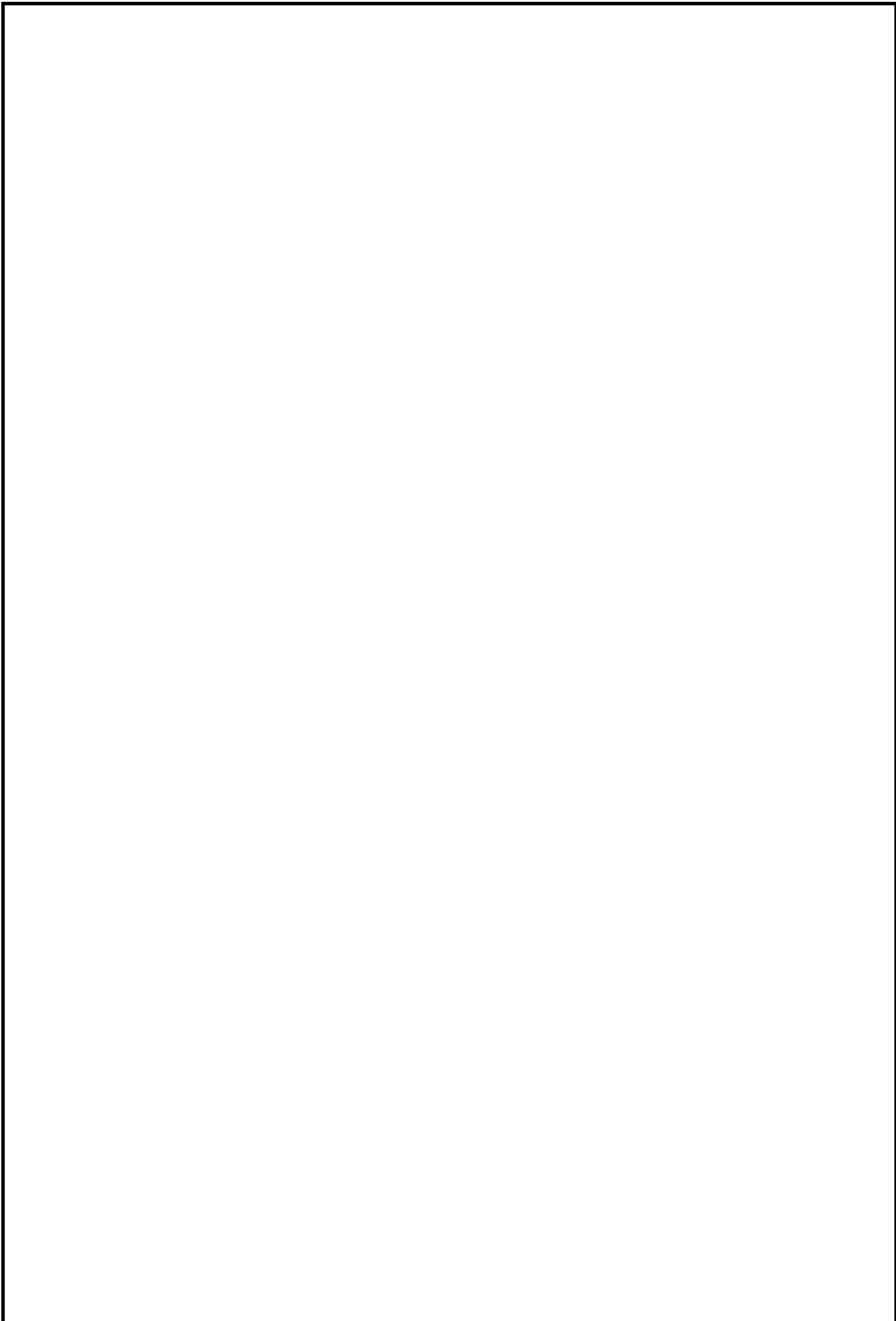
Загальна оцінка дипломного проекту "добре (80 балів)", а студент Калініченко В.Ю. заслуговує на присвоєння йому освітньої кваліфікації бакалавра з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

12.06.2020р.

Рецензент дипломного проекту,
старший викладач каф. Електроенергетики

О.Р. Ковальов

					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ЕП.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68