

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

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електроприводу
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної 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)

(Електропривод, мехатроніка та робототехніка)

освітній рівень бакалавр
(назва освітнього рівня)

кваліфікація бакалавр з електроенергетики, електротехніки та
електромеханіки
(код і назва кваліфікації)

на тему: «Електромеханічна система ланцюгового штовхача підвісного
рейкового конвеєру»

Виконавець:

студент III курсу, групи 141-18ск -3

В.В. Меліхов
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Дніпро
2021

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

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Електропривода

(повна назва)

М.М. Казачковський

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«_05_» травня 2021 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
бакалавр

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

студенту 141-18 ск -3

(група)

В.В. Меліхов

(прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту «Електромеханічна система ланцюгового штовхача підвісного рейкового конвеєру»

затверджена наказом ректора НТУ " Дніпровська політехніка "

від 12.05.2021 р. № 201-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.	
3. Дослідження динаміки електропривода	Обґрунтування вибору системи керування. Вибір і розрахунок структури і регуляторів моделі. Дослідження та аналіз роботи системи електропривода.	
4. Техніко-економічне обґрунтування проекту	Здійснення розрахунку капітальних та експлуатаційних витрат.	
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Аналіз шкідливих та небезпечних факторів, що впливають на роботу персоналу. Формулювання рекомендацій, що до усунення небезпеки.	

Завдання видав

(підпис)

В.А. Бородай

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

В.В. Меліхов

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: _____

Термін подання дипломного проекту до ДЕК _____

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	6
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Загальні відомості.....	8
1.2 Елементи підвісних конвеєрів.....	10
1.3 Каретки.....	11
1.4 Вимоги до електроприводу.....	13
2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	16
2.1 Завдання проектування.....	17
2.2 Розрахунок параметрів траси.....	18
2.3 Розрахунок зусиль.....	20
2.4 Розрахунок потужності.....	26
2.5 Перевірка двигуна за перевантажувальною здатністю.....	27
2.6 Вибір комплексного електропривода.....	28
3. ДИНАМІКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА	32
3.1 Загальні відомості.....	33
3.2 Математична модель електропривода.....	34
3.3 Розрахунок параметрів системи скалярного управління.....	39
3.4 Математичне моделювання.....	47
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	49
4.1 Вступ.....	50
4.2 Розрахунок капітальних витрат.....	51
4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	53
4.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	54
4.5 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.....	55
4.6 Розрахунок вартості спожитої електроенергії.....	56
4.7 Висновок.....	57
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	58
5.1 Загальні відомості.....	59
5.2 Техніка безпеки під час роботи.....	60
5.3 Освітлення ділянки.....	62
5.4 Виявлення і аналіз небезпечних шкідливих факторів.....	65
5.5 Висновок.....	69
ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72
ДОДАТОК А	73
ДОДАТОК Б	74

					ЕП.ПД.21.04.3М.ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка стор. 76, рис. 20, табл. 4, джерел використаної літератури 13.

Об'єкт роботи: підвісний рейковий конвеєр.

Ціль роботи: модернізація підвісного рейкового конвейера шляхом заміни асинхронного електродвигуна та перетворювача частоти.

Вибрані елементи силового ланцюга: асинхронний електродвигун 4A160M6У3, перетворювач частоти ATV630D11M3. Обрано скалярну систему керування та розраховані її параметри для обраного двигуна.

З використанням спеціалізованого пакета MATLAB досліджена динаміка проектованого електропривода в режимах: пуск в холосту, накид навантаження, підвищення швидкості без зміни навантаження, зупинка.

Розраховані капітальні та експлуатаційні витрати на модернізацію установки.

Вивчені небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час роботи з установкою, запропоновані методи їх усунення, приведені відомості щодо протипожежної безпеки та виконаний розрахунок освітлення.

ПІДВІСНИЙ РЕЙКОВИЙ КОНВЕЄР, ЕЛЕКТРОПРИВОД ЗМІННОГО СТРУМУ, СКАЛЯРНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ, ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ, ЕНЕРГОСБЕРЕЖЕННЯ, БЕЗПЕКА.

					ЕП.ПД.21.04.Р.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABTRACT

Explanatory note p. 76, fig. 20, table 4, references 13.

Object: suspended rail conveyer.

Purpose: modernization of the suspended rail conveyer by replacement of the asynchronous electric motor and the frequency converter.

Selected elements of the power circuit: asynchronous motor 4A160M6Y3, frequency converter ATV630D11M3. The scalar control system is selected, and its parameters for the engine are calculated.

Using the specialized MATLAB package, the dynamics of the designed electric drive are learnt in the following modes: idle start, load connection, speed increase without load change, stop.

Capital and operating costs for modernization of the installation are calculated.

The dangerous and harmful factors that occur during the work with the installation are studied, the methods of their elimination are offered, the information on fire safety is given and the calculation of lighting in the laboratory is performed.

SUSPENDED RAIL CONVEYOR, AC ELECTRIC DRIVE, SCALAR REGULATORY SYSTEM, FREQUENCY CONVERTER, ENERGY SAVING.

					ЕП.ПД.21.04.Р.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Питання механізації рутинної та фізично важкої роботи завжди стояло перед людством. Одним із способів вирішення такого питання є реалізація вантажно-розвантажувальних робіт шляхом використання конвеєрного транспорту. Його наявність дає крім очевидних переваг, з точки зору полегшення роботи персоналу, іще і суттєве підвищення продуктивності підприємства цілком. Це відповідно зменшує собівартість готової продукції і дозволяє отримати більший прибуток.

Широке поширення для переміщення штучних вантажних одиниць отримали підвісні штовхаючі конвеєри. Їх вдала пристосованість для роботи в таких умовах доведена практикою багаторічного застосування. Нема потреби повторно доводити актуальність розвитку такої механізації для підприємств, де у них є конче потреба.

Найбільш відповідальним вузлом таких механізмів є електропривод, ефективність якого на сьогодні стає все більш важливою. Застарілі системи електроприводу, що використовуються зараз втратили свої технічні якості (фізичне старіння, слабкі керованість та енергоефективність). Виходячи з чого є нагальна проблема у модифікації або у повній заміні систем електроприводу, які б відповідали вимогам теперішнього часу.

Сучасна світова тенденція розвитку електропривода пов'язана із системами, які базуються на короткозамкнених асинхронних двигунах із частотним керуванням. Такий напрям розвитку пов'язаний, перш за все, із простотою і надійністю АД двигуна та забезпеченням енергоефективності з боку системи частотного або векторного керування. Як наслідок, даний проект спрямований на модернізацію електропривода підвісного штовхаючого конвеєра, що відповідає сучасним світовим трендам.

					ЕП.ПД.21.04.ВС.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 Технологічна частина

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості

Підвісним називається конвеєр з тяговим елементом у вигляді ланцюга або каната, на якому укріплені каретки з підвісками для транспортування вантажу, що рухаються по підвішеному жорсткого шляху.

Підвісні конвеєри призначаються для транспортування штучних вантажів (іноді насипних вантажів в тарі) по замкнутому контуру просторової або по площині.

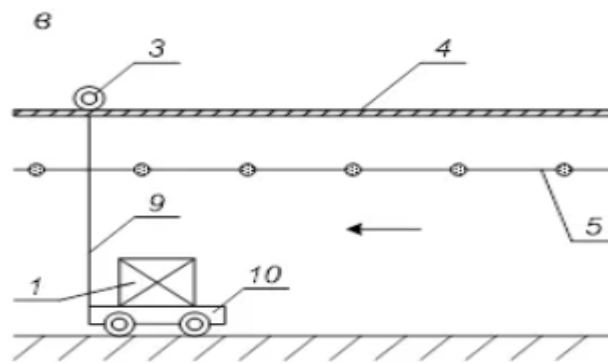
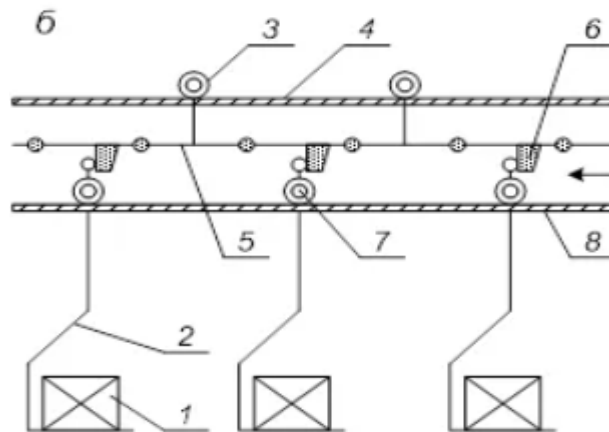
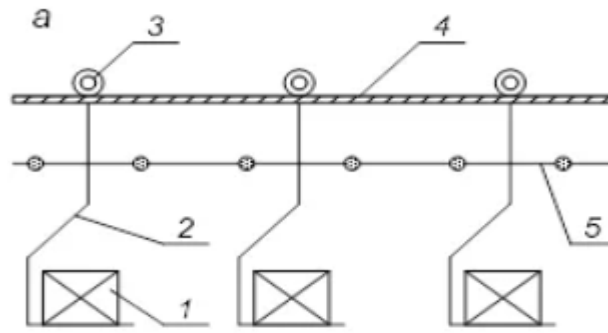
Залежно від типу тягового елемента підвісні конвеєри поділяються на ланцюгові (найбільш поширені) і канатні. За способом переміщення вантажів розрізняють підвісні конвеєри вантажно-несучі, штовхаючі та вантажно-ведучі. Ланцюг пов'язаний з каретками, має ходові катки, які переміщуються по тяговим підвісним шляхам. Вони зазвичай прикріплені до частин будівлі. Ланцюг приводиться у рух за допомогою зірки або гусеничного приводу.

Основні конструкції таких конвеєрів зображені на рис.1.1, де: 1 - вантаж; 2 - підвіска; 3 - каретка; 4 - тяговий підвісний шлях; 5 - ланцюг; 6 - кулачок; 7 - візок; 8 - вантажний підвісний шлях; 9 - штанга; 10 - для підлоги візок.

У вантажно-несучих конвеєрів рис.1.1, а) каретки з'єднані з підвісками 2, на яких встановлені вантажі 1. У штовхаючих конвеєрів рис.1.1, б) ланцюг 5, що переміщуються по тяговим шляхах 4, виконаний з кулачками 6, які штовхають підвіски 2 з візками (каретками) 7, що переміщуються на вантажному підвісному шляху 8. Каретки 3 рис.1.1, в) вантажно-ведучих конвеєрів з'єднані зі штангами 9 підлогових візків 10 з вантажами.

На рис. 1.2 зображена схема просторового підвісного конвеєра, траса якого розбита на окремі характерні ділянки. Для повороту направляючого підвісного шляху в горизонтальній площині використовуються спеціальні поворотні пристрої у вигляді зірочок, блоків, роликів батарей і напрямних шляхів. Повороти у вертикальній площині здійснюються вертикальними плавними

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



а – вантажно-несуча; б – вантажно-штовхаюча;

в – вантажно-провідна

Рис. 1.1 – Схеми конструкцій підвісних конвеєрів

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

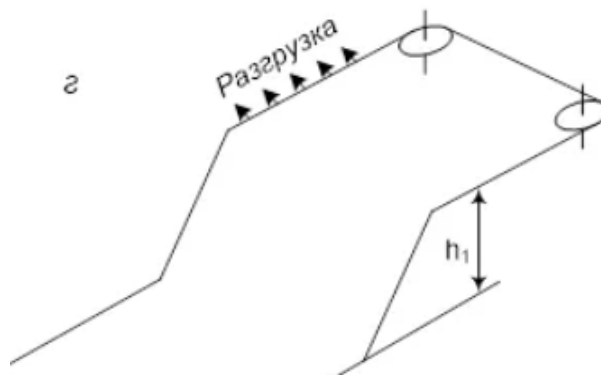


Рис. 1.2 – Схема траси просторового підвісного конвеєра

перегинами направляючого шляху. Первинне натягнення тягового органу створюється натяжним пристроєм, зазвичай вантажним. Найбільше застосування знайшли вантажно-несучі конвеєри.

Сучасні підвісні конвеєри мають досить широкий діапазон параметрів: вага вантажів, що транспортуються - від частки кілограма до 2,5 т, довжина вантажів - від декількох сантиметрів до 6 ... 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 доходить до 500 ... 600 м при одно двигуновому приводі і до 2 ... 3 км при багато двигуновому приводі.

1.2. Елементи підвісних конвеєрів

Для конвеєрів, розташованих в одній горизонтальній площині, тяговим елементом є ланцюг (рідко - канат).

Для просторових конвеєрів застосовують тягові розбірні ланцюги, спеціальні пластинчасті ланцюги з збільшеними зазорами в шарнірах і зварні з круглої сталі. Застосовуються також спеціальні двошарнірні ланцюги, що допускають роботу на поворотах траси з малими радіусами перегинів. Слід надавати перевагу тяговим розбірним ланцюгам.

Для підвісних конвеєрів, особливо з просторовою трасою, рекомендується застосовувати розбірні ланцюги, конструкція яких допускає

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

поворот ланок в 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 $S_{\text{доп}}$ до її погонної ваги $Q_{\text{ц}}$; простота монтажу, демонтажу, ремонту і зміни довжини ланцюга (причому для останніх операцій не потрібно ніяких спеціальних деталей); легкість приєднання каретки до ланцюга; простота конструкції ланцюга і її обслуговування.

Крок ланцюгів зазвичай становить 80, 100, 160 мм.

З інших тягових елементів підвісних вантажно-несучих конвеєрів представляють інтерес спеціальні двошарнірної ланцюги рис. 1.3, які дозволяють отримати дуже малі радіуси вигину ланцюга в обох площинах.

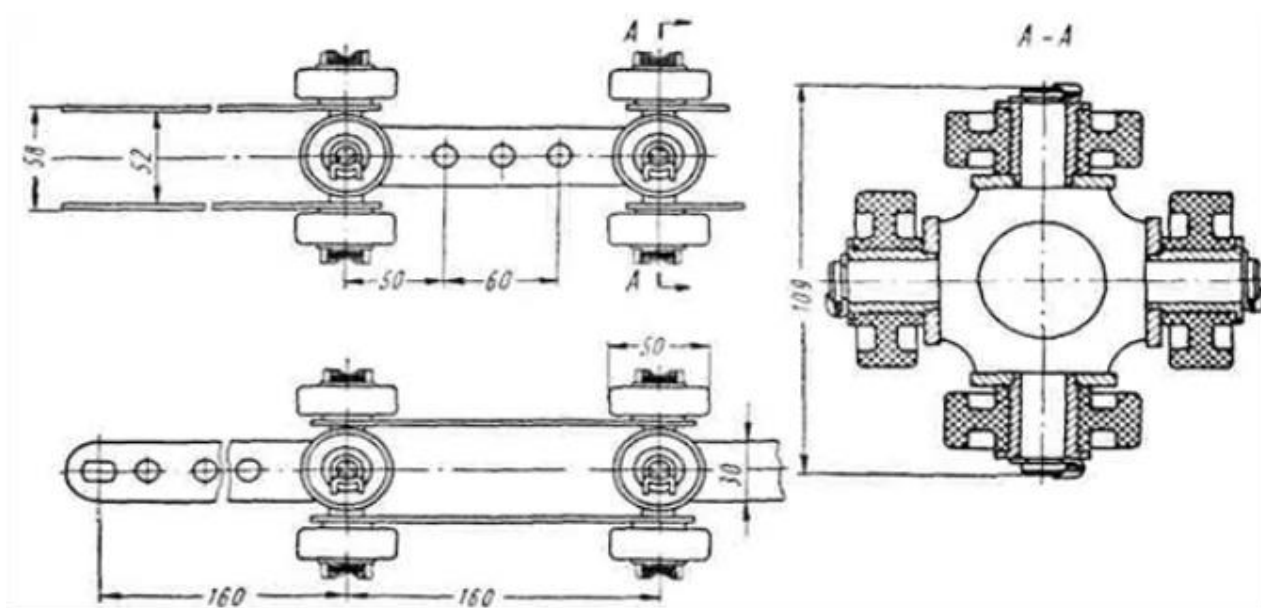


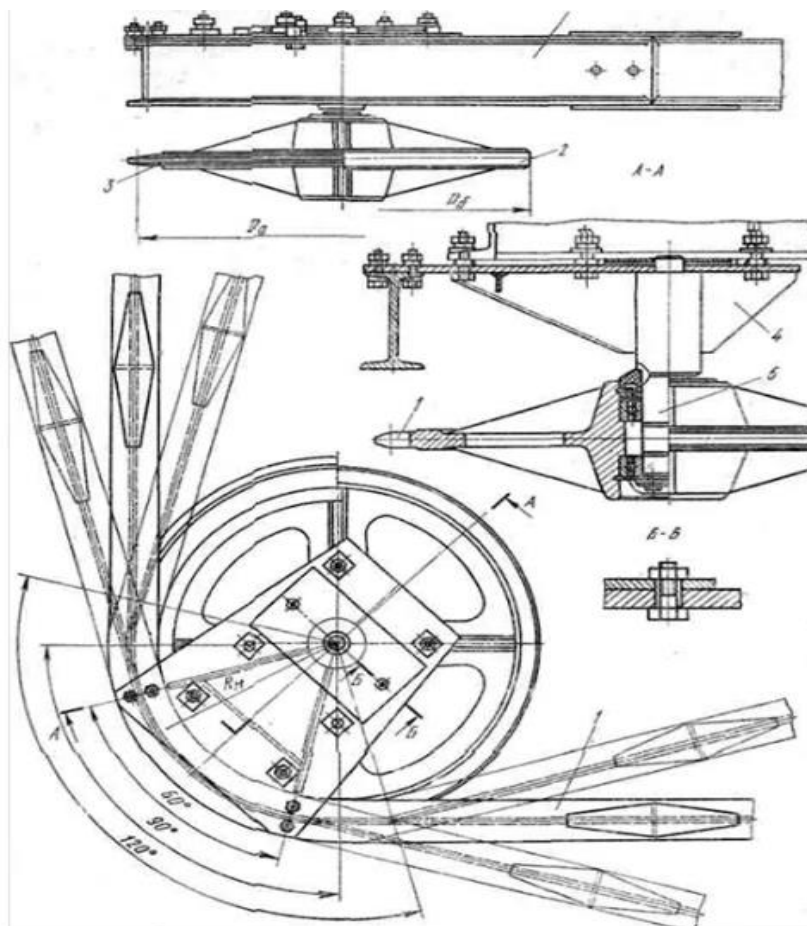
Рис. 1.3 - Схема двошарнірного шарнірного ланцюга типу Д-160.

1.3. Каретки

Каретки призначаються для кріплення підвісок з вантажами, разом з якими переміщуються по підвісним шляхах, і для підтримки тягового елемента. Найбільш часто застосовуються типові каретки, конструкція якої має безребордні катки з нахиленою віссю з загартованої до високої твердості

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

поверхнею кочення; катки - на підшипниках кочення з лабіринтовим ущільненням; найбільшого поширення в конвеєрах з розбірними ланцюгами кроком 80 і 100 мм отримали штамповані з листа кронштейни з привареною віссю.



- 1 - поворотна ділянка шляху; 2 - блок; 3 - зірка;
4 - опора; 5 - нерухома вісь

Рис. 1.4 - Поворотний пристрій із зіркою (блоком)

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

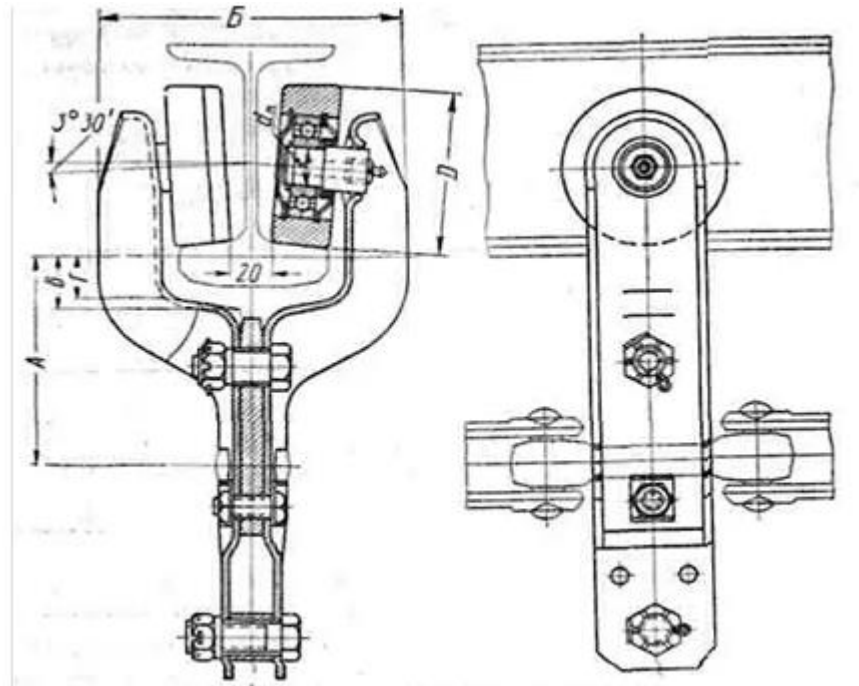


Рис 1.5 - Робочі каретки конвеєрів з розбірним ланцюгом

1.4. Вимоги до електроприводу

У підвісних конвеєрах застосовують кутові і прямолінійні гусеничні приводи з постійною і змінною швидкістю.

Гусеничний привід встановлюють на прямолінійній ділянці траси конвеєра. Цей привід має гусеничну ланцюг з кулачками, що входять в зачеплення з тяговим ланцюгом конвеєра. Остання утримується в зоні зчеплення від зсуву вгору роликовою батареєю.

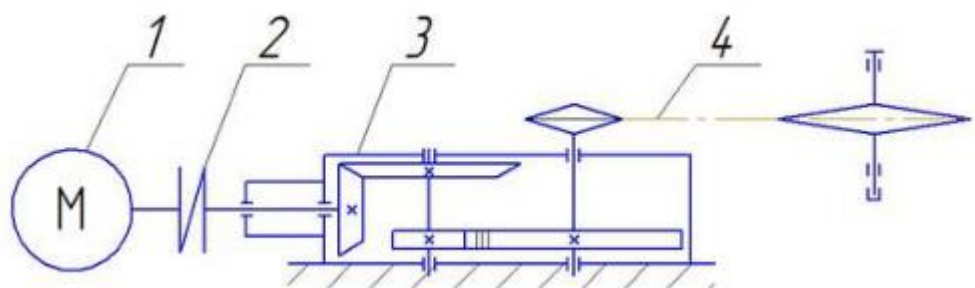


Рис. 1.6 – Кінематична схема привода

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- 1 – електродвигун;
- 2 – з'єднувальна муфта;
- 3 – редуктор;
- 4 – приводний ланцюг.

Переваги:

1. Менший діаметр приводної зірочки, а отже менші крутний момент і розміри механізмів при одних і тих же тяговому зусиллі і швидкості конвеєра.
2. Можливість установки на будь-якому горизонтальному ділянці траси конвеєра і отже, великі можливості для найвигіднішого розташування приводу.

Недоліки: складність пристрою і більш висока вартість через наявність двох зірочок і приводного ланцюга.

В даний час найбільш поширеним типом приводу ланцюгових конвеєрів є нерегульований електропривод змінного струму на основі асинхронних машин переважно з короткозамкненим ротором. Асинхронний електропривод при цьому повинен забезпечувати плавне економічне регулювання швидкості з широким діапазоном, велику частоту включень і реверсів з високою швидкодією в перехідних режимах.

При пуску асинхронного електродвигуна відбуваються складні динамічні процеси. Токи в двигуні не миттєво досягають сталих значень, 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

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

заданій частоті визначається напругою або струмом (поток) статора і значенням абсолютного ковзання.

Частотно-регульований асинхронний електропривод ланцюгових конвеєрів може бути задіяний в реалізації самих різних технологічних процесів, що вимагають плавного регулювання швидкості в широких межах. При цьому значно може бути покращено якість виготовлення виробів. Але головне полягає в тому, що при переході на частотне регулювання швидкості електродвигунів з'являється можливість оптимізувати режим роботи технологічного обладнання.

Частотне управління дає максимальний ефект енергозбереження та забезпечує економічний, ресурсозберігаючий режим експлуатації як технологічного, так і електричного обладнання при значно знижених навантаженнях і динамічних впливах, які в свою чергу, 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.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ електропривод

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2. Автоматизований електропривод

2.1. Завдання проектування

У проекті прийнято до розрахунку вантажонесучий конвеєр, призначення якого транспортування у опалювальному приміщенні деталей зі складу у механозбиральний цех рис.2.1. Вага однієї деталі становить 40 кГ, а її габарити 550x300x200 мм.

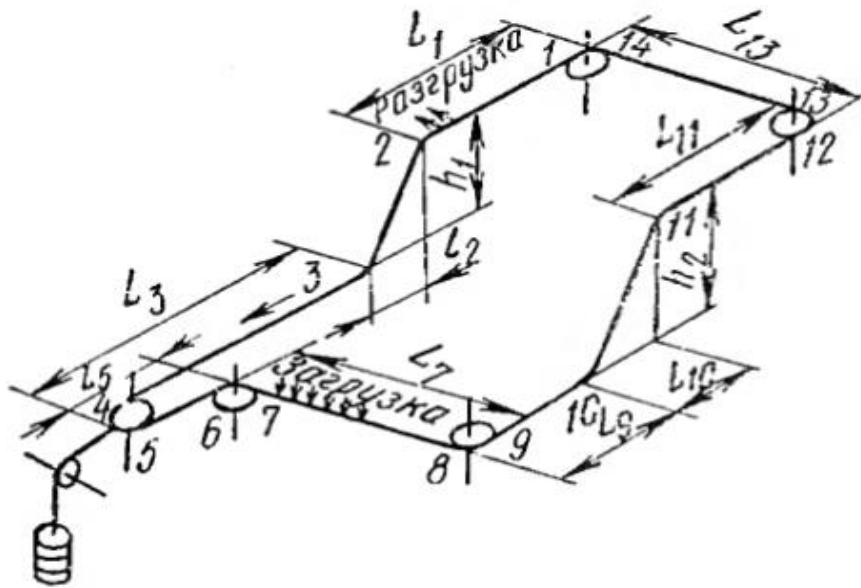


Рис. 2.1 - Схема траси підвісного конвеєра

Завантаження та розвантаження конвеєра автоматичне. З конструктивних міркувань привод конвеєра встановлений на ділянці 1, а натягу - на ділянці 4.

Основні геометричні та технологічні дані включають:

$Z = 1500$ - продуктивність конвеєра, дет./год.;

$L_1 = 60$; $L_2 = 15$; $L_3 = 25$; $L_5 = 3$;

$L_7 = 80$; $L_9 = 37$; $L_{10} = 15$;

$L_{11} = 45$; $L_{13} = 81$; $h_1 = 7$; $h_7 = 7$ - довжина та висота ділянок, м.

Усі вхідні дані ілюструються на технологічній схемі рис.2.1.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

В якості тягового органу конвеєра попередньо прийнятий ланцюг Р2-100-220 ГОСТ 589-74 з кроком 100 мм, масою 1 м ланцюга $q_{ц} = 5,2 \text{ кг/м}$ та з руйнівним навантаженням 220 кН з таблиці [2, табл. III.1.13].

2.2. Розрахунок параметрів траси

Приймаю для обраного ланцюга зірку з числом зубів $z = 16$ і діаметром кола $D_0 = 1025,7 \text{ мм}$.

Для внутрішньоцехового транспортування вантажів масою до 100 кг з автоматизованим завантаженням і розвантаженням рекомендована швидкість ланцюга становить $V = 0,3 \text{ м / с}$. Згідно ряду швидкостей, наведеним в ГОСТ 5946-79 $V = 0,32 \text{ м / с}$.

Необхідний крок підвісок з вантажами, кареток і візків

$$t_r = T = t_k = 3600 * \frac{V}{z}; \quad (2.1)$$

$$t_r = T = t_k = 3600 * \frac{0,32}{1500} = 0,768, \text{ м.}$$

При кроці ланцюга $t = 100 \text{ мм}$ приймаємо

$$T = 2 * z * t; \quad (2.2)$$

$$T = 2 * 4 * 100 = 800, \text{ мм.}$$

При цьому продуктивність конвеєра

$$Z = 3600 * \frac{V}{t_r}; \quad (2.3)$$

$$Z = 3600 * \frac{0,32}{0,8} = 1440, \text{ шт./год.}$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З таблиці [2, табл. 10.2] вибирається типова каретка ЦПК-100Р з розрахунковим навантаженням 5 кН, масою $m_k = 5,5$ кг. Орієнтовна маса чотириколісною візка на вантажному шляху $m_T = 15$ кг, підвіски для вантажу $m_{\Pi} = 7,5$ кг, комплекту штовхача $m_{Т.К} = 3$ кг, пристосування для кріплення каретки до ланцюга $m_{\text{пр}} = 2$ кг.

Погонна маса на тяговій гілці

$$q_T = \frac{m_k + m_{\text{пр}} / t_k + q_{\text{ц}} + m_{Т.К}}{T}; \quad (2.4)$$

$$q_T = \frac{5,5 + 2 / 0,8 + 5,2 + 3}{0,8} = 18,32, \text{ кг/м.}$$

На вантажній порожній гілці

$$q_x = \frac{(\sum m_T + m_{\Pi})}{T}; \quad (2.5)$$

$$q_x = \frac{(1,5 + 7,5)}{0,8} = 28,12 \text{ кг/м.}$$

На вантажній завантаженій гілці

$$q_{\Gamma} = q_x + \frac{\sum m_{\Gamma}}{T * z_k}; \quad (2.6)$$

Вантаж розміщено на одній підвісці ($z_k = 1$).

$$q_{\Gamma} = \frac{28,12 + 40}{0,8 * 1} = 78,12, \text{ кг/м.}$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.3. Розрахунок зусиль

Максимальний натяг ланцюга конвеєра (Н) з приводом зачепленням від зірки або від кулаків гусеничного ланцюга

$$F_{max} = F_{min} * \omega_c + [\omega * q_T * L * g + \omega_1 * g * (q_{\Gamma} * L_{\Gamma}^{\Gamma} + q_x * L_{\Gamma}^x)] * (1 + k_M * \omega_c) + q_{\Gamma} * H * g; \quad (2.7)$$

Приймаю первинний натяг ланцюга $F_{min} = 1500$ Н. Для визначення натягів в тяговому органі обхід траси конвеєра з точки 3 (рис.2.1), натяг ланцюга в якій ймовірно буде мінімальним: $F_3 = F_{min} = 1500$ Н. Натяг в наступних точках при наступних значеннях коефіцієнтів опору руху $\omega = 0,05$ [2, табл. 10.8].

При навантаженні на каретку

$$F_k = (m_k + m_{пр} + m_{т.к} + q_{ц} * t_k) * g; \quad (2.8)$$
$$F_k = (5,5 + 2 + 3 + 5,2 * 0,8) * 9,81 = 144, Н.$$

Для добрих умов роботи при навантаженні на візок

$$F_T = (m_T + m_{п} + m_{r}) * g; \quad (2.9)$$
$$F_T = (15 + 7,5 + 40) * 9,81 = 613, Н.$$

Згідно з таблиці [2, табл. 10.12] значення коефіцієнта опору руху дорівнює

$$\omega_1 = 0,025$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Згідно з таблиці [2, табл. 10.9] , $\omega_{\text{п}90} = 1,02$; $\omega_{\text{п}180} = 1,03$; $\omega_{\text{в}} = 1,015$ (при куті перегину $\beta = 25^\circ$).

Натяг в точці 4

$$F_i = F_i + (\omega * q_T + \omega_1 * q_T) * L_i * g; \quad (2.10)$$

$$F_4 = 1500 + (0,05 * 18,32 + 0,025 * 28,12) * 25 * 9,81 = 1897 \text{ Н.}$$

Натяг в точці 5

$$F_i = \omega_{\text{п}i} (F_i + F_{\text{с.к}} + F_{\text{с.т}}); \quad (2.11)$$

$$F_5 = \omega_{\text{п}180} (F_H + F_{\text{с.к}} + F_{\text{с.т}});$$

$$F_5 = 1,03 * (1897 + 16 + 35) = 2006, \text{ Н.}$$

Опір руху двоколісних кареток на повороті радіусом $R = 0,5$, $D_o = 0,5 * 1025,7 \approx 513 \text{ мм} \approx 0,5 \text{ м}$

$$F_{\text{с.к}} \approx 1,1 * \omega * q_T * 2 * \pi * R * \frac{\alpha}{360} * g; \quad (2.12)$$

$$F_{\text{с.к}} \approx 1,1 * 0,05 * 18,32 * 2 * 3,14 * 0,5 * \frac{180}{360} * 9,81 = 16 \text{ Н.}$$

Опір руху чотириколісних вантажних візків на повороті

$$F_{\text{с.т}} = \omega_T * z * m'_T * g; \quad (2.13)$$

Згідно з таблиці [2, табл. 10.13] коефіцієнт опору руху візка на повороті дорівнює

$$\omega_{\text{т}180} = 0,08.$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна маса частин, що навантажують візок, для незавантаженої гілки

$$m'_T = m_T + m_{\Pi}; \quad (2.14)$$

$$m'_T = 15 + 7,5 = 22,5, \text{ кг.}$$

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

$$z = \frac{2 * \pi * R * \alpha}{360 * T}; \quad (2.15)$$

$$z = \frac{2 * 3,14 * 0,5 * 180}{360 * 0,8} = 1,96 \approx 2;$$

$$F_{c.T} = 0,08 * 2 * 22,5 * 9,81 = 35, \text{ Н.}$$

Натяг в точці 6 згідно формули (2.10)

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

Натяг в точці 7 згідно формулі (2.11)

$$F_7 = \omega_{\text{п90}} (F_6 + F_{c.K} + F_{c.T});$$

$$F_{c.K} \approx 1,1 * 0,05 * 18,32 * 2 * 3,14 * 0,5 * \frac{90}{360} * 9,81 = 8, \text{ Н;}$$

$$F_{c.T} = \omega_{\text{т90}} * z * m'_T * g.$$

Згідно з таблиці [2, табл. 10.13] коефіцієнт опору руху візка на повороті дорівнює

$$\omega_{\text{т90}} = 0,08.$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$z = \frac{2 * 3,14 * 0,5 * 90}{360 * 0,8} = 0,98 \approx 1;$$

$$\omega_{\tau 90} = 0,05;$$

$$F_{c.\tau} = 0,05 * 1 * 22,5 * 9,81 = 11, \text{ H};$$

$$F_7 = 1,02 * (2054 + 8 + 11) = 2115, \text{ H}.$$

Натяг в точці 8 згідно формули (2.10)

$$F_8 = 2115 + (0,05 * 18,32 + 0,025 * 78,12) * 80 * 9,81 = 4367, \text{ H}.$$

Натяг в точці 9 згідно формули (2.11)

$$F_9 = \omega_{\text{п}90} (F_8 + F_{c.k} + F_{c.\tau}); \quad F_{c.k} = 8 \text{ H};$$

$$F_{c.\tau} = \omega_{\tau 90} * z * m'_T * g; \quad z = 1; \quad m'_T = m_T + m_{\text{п}} + m_{\Gamma};$$

$$m'_T = 15 + 7,5 + 40 = 62,5, \text{ кг (для завантаженої гілки);}$$

$$F_{c.\tau} = 0,05 * 1 * 62,5 * 9,81 = 31, \text{ H};$$

$$F_9 = 0,05 * (4367 + 8 + 31) = 4494, \text{ H}.$$

Натяг в точці 10 згідно формули (2.10)

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

Натяг в точці 11

$$F_{11} = \omega_{\text{в}} * [\omega_{\text{в}} * F_{10} + (\omega * q_T + \omega_1 * q_{\Gamma}) * L_{10} * g + (q_T + q_{\Gamma}) * h_2 * g] \quad (2.16)$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{11} = 1,015 * [1,015 * 5535 + (0,05 * 18,32 + 0,025 * 78,12) * 7 * 9,81] = 12853, \text{ Н.}$$

Натяг в точці 12 згідно формулі (2.10)

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

Натяг в точці 13 згідно формулі (2.11)

$$F_{13} = \omega_{п90} (F_{12} + F_{с.к} + F_{с.т});$$

$$F_{13} = 1,02 * (14120 + 8 + 31) = 14442, \text{ Н.}$$

Натяг в точці 14 згідно формулі (2.10)

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

Для визначення натягів в точках 1, 2 розрахунок буду вести проти ходу конвеєра починаючи від точки 3, де $F_3 = 1500 \text{ Н.}$

Для незавантаженого вертикального перегину

$$F_i = \frac{1}{\omega_B} * [\frac{F_{i+1}}{\omega_B} - (\omega * q_T + \omega_1 * q_x) * L_i * g + (q_T + q_x) * h * g] \quad (2.17)$$

Натяг в точці 2 згідно формулі (2.17)

$$F_i = \frac{1}{1,05} * [\frac{1500}{1,05} - (0,05 * 18,32 + 0,025 * 28,12) * 15 * 9,81 + (18,32 + 28,12) * 7 * 9,21] = 4364, \text{ Н.}$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Натяг в точці 1 згідно формулі (2.10)

$$F_1 = 4364 - (0,05 * 18,32 + 0,025 * 78,12) * 60 * 9,81 = 2675, Н.$$

Згідно з розрахунків максимальний натяг ланцюга – точці 14: $F_{14} = 16722, Н.$

Навантаження, що допускається на ланцюг

$$F_{\text{доп}} = \frac{F_{\text{руйн}} * k_{\text{т.к}}}{k_{\text{н}} * k_{\text{и}}}, \quad (2.18)$$

де $F_{\text{руйн}}$ – руйнівне навантаження кола; $k_{\text{т.к}}$ – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалів ланцюга: $k_{\text{т.к}} = 0,6 \dots 0,85$ (менше значення для незагартованої сталі, великі - для загартованої); $k_{\text{н}}$ - розрахунковий запас міцності по несучої здатності ланцюга: для однополосного конвеєра $k_{\text{н}} = 3,5 \dots 6$, для конвеєрів з просторовою трасою конвеєра $k_{\text{н}} = 4 \dots 9$; $k_{\text{и}}$ - коефіцієнт враховує напружений стан ланки ланцюга: $k_{\text{и}} = 1,5 \dots 5$ (якщо ланка не піддаються вигину, можна приймати $k_{\text{и}} = 1$, в інших випадках визначається розрахунком внутрішнього ланки ланцюга на розрив і вигин на горизонтальних поворотах і вертикальних перегибах, в середньому $k_{\text{и}} = 3$).

$$F_{\text{доп}} = \frac{220 * 0,85}{3 * 3} = 20788, Н;$$

Таким чином, умова міцності ланцюга задовольняється, так як $F_{\text{доп}} = 20788 Н$, а максимальний натяг ланцюга згідно з розрахунків дорівнює $F_{\text{мах}} = 16722 Н$.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2.4. Розрахунок потужності

Окружне зусилля на приводний зірочці

$$F_t = (F_{\text{наб}} - F_{\text{сб}}) * \omega_{\text{п}}; \quad (2.19)$$

$$F_0 = (F_{14} - F_1) * \omega_{\text{п90}};$$

$$F_0 = (16722 - 2675) * 1,02 = 14328, \text{ Н.}$$

Необхідна потужність електродвигуна привода конвеєра

$$P = \frac{k_c * F_t * V_{\text{max}}}{10^3 * \eta}; \quad (2.20)$$

де k_c - коефіцієнт неврахованих опорів: $k_c = 1,1 \dots 1,2$; F_t - окружне зусилля на приводний зірочці; V_{max} - максимальна швидкість конвеєра; η - ККД механізму привода конвеєру.

$$P = \frac{1,2 * 14328 * 0,3}{10^3 * 0,9} = 5,73 \text{ кВт.}$$

Згідно з розрахунків, електродвигун АИР132S4 потужністю 7,5 кВт з частотою обертання 1 450 хв⁻¹.

З довідкової літератури^[2] обираємо електродвигун загального призначення серії 4А типу АИР132S4 потужністю 7,5 кВт та синхронною частотою обертання 1500 об/хв. Ступінь захисту IP55, спосіб охолодження – IC0141.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1

Основні технічні данні двигуна 4A132S4У3:

P _{2ном} , кВт	Енергетичні показники		Параметри схеми заміщення, в. о.				
			x _μ *	в номінальному режимі роботи			
	η _н , %	cosφ _н		R ₁ *	x ₁ *	R' ₂ *	x' ₂ *
7,5	87	0,84	3,0	0,048	0,085	0,033	0,13

Таблиця 2.2

Пускові характеристики двигуна 4A132S4У3:

Механічна характеристика					k _{i дв} = $\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{н}}}$	J _{дв} , кг · м ²
m _п = $\frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{н}}}$	m _м = $\frac{M_{\text{мін}}}{M_{\text{н}}}$	m _к = $\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{н}}}$	s _н , %	s _к , %		
2,0	1,6	2,2	3,0	14,0	6,0	0,18

2.5 Перевірка двигуна за перевантажувальною здатністю

Для перевірки двигуна по перевантажувальній здатності повинна виконуватись умова:

$$M_{\text{кр}} = \lambda M_{\text{ном}} \geq M_{\text{оп}} \quad (2.21)$$

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

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

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

Номінальний момент двигуна знаходиться за формулою:

$$M_{\text{ном}} = \frac{9550 \cdot P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}} \quad (2.22)$$

$$M_{\text{ном}} = \frac{9550 \cdot 7,5}{1500} = 47,75, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.23)$$

$$\lambda = \frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}} = 2,2 \quad (2.24)$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Критичний пусковий момент двигуна:

$$M_{кр} = \lambda * M_{ном} = 2,2 * 47,75 = 105,05 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.25)$$

$$M_{ном} = \frac{9550 * P}{n} = \frac{9550 * 5.73}{1500} = 36.48, \text{ Н} * \text{м} \quad (2.26)$$

Оскільки двигун працює в тривалому режимі роботи в перевірці його по перегріву немає сенсу. В подальшій роботі планується провести більше детальний розрахунок потужності з урахуванням повторно-короткочасного режиму роботи.

2.6 Вибір комплектного електропривода

Перетворювальний пристрій виконує функції перетворення електроенергії живильної мережі до таких значень, які необхідні для нормальної роботи приводного двигуна, а також для регулювання швидкості роботи двигуна.

При виборі перетворювача частоти необхідно керуватися наступними вимогами:

- висока надійність при будь-яких режимах роботи;
- простота системи керування;
- мінімально можлива вартість.

В якості перетворювача електроенергії вибираю перетворювач частоти Altivar Process ATV600 французької фірми Schneider Electric.

Перетворювачі частоти серії Altivar Process ATV630 призначені для управління 3-фазними синхронними, асинхронними і спеціальними двигунами потужністю від 0,75 кВт до 1,5 МВт в промисловості і сфері інфраструктури.

Перетворювачі частоти Altivar Process дозволяють більш повно використовувати можливості обладнання і знижувати експлуатаційні витрати

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

завдяки оптимізації енергоспоживання і зручності використання. Програмне забезпечення перетворювачів частоти Altivar Process дозволяє налагодити велику кількість прикладних функцій, які враховують особливості технологічних процесів:

- Функції безпеки і автоматичного управління, що 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 ряду

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, м³ / год, кВт / м³);
- Програмна функція обмеження перенапруги на клеммах двигуна;
- Прямий доступ до технічної документації при зчитуванні QR-коду;
- Вимірювання в режимі реального часу з можливістю настройки інформаційної панелі;
- 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.

Вибір перетворювача частоти необхідно здійснювати виходячи з номінальної електричної потужності і номінального струму двигуна.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Електрична потужність двигуна:

$$P_1 = \frac{P_H}{\eta_H} = \frac{7,5}{0,87} = 8,6, \text{ кВт} \quad (2.27)$$

Номинальний струм:

$$I_{\phi, H} = \frac{P_H}{3 \cdot 380 \cdot \eta_H \cdot \cos \varphi} = \frac{7500}{3 \cdot 380 \cdot 0,875 \cdot 0,86} = 8,74, \text{ А} \quad (2.28)$$

З каталогу серії ATV600 обираємо перетворювач для настінного монтажу, ступінь захисту IP 21: ATV630D11M3.

Таблиця 2.3

Номинальні дані перетворювача ATV630D11M3

Частота мережі живлення	50...60 Hz - 5...5 %
Число фаз мережі	2
Номинальна напруга мережі	200...240 В - 15...10 %
Потужність двигуна	11 (15) кВт (л.с.)
Лінійний струм	39,3 А в 200 В (нормальне навантаження)
Безперервний вихідний струм	46,8 А в 4 kHz для нормальна навантаження
Максимальний перехідний струм	51,5 А протягом 60 с (нормальне навантаження)

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;
- гнучким налаштуванням робочих параметрів і режимів;
- розвиненим інтерфейсом і адаптивністю до різних зовнішніх систем керування і автоматизації;
- високою монтажно-налагоджувальною готовністю;
- простотою і зручністю управління і обслуговування.

Схеми підключення перетворювача частоти ATV630D11M3 представлена на Рис. 2.2.

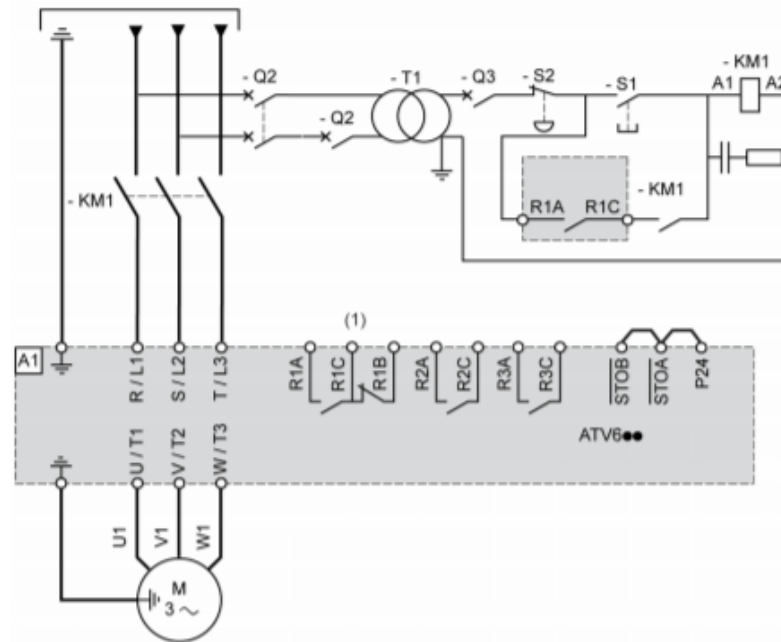


Рис. 2.2 – Схема силової частини з лінійним контактором

3. Динаміка електропривода

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3. ДИНАМІКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА

3.1. Загальні відомості

Скалярне управління електродвигунами змінного струму - хороша альтернатива, де 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. Коли використовується скалярне управління, не потрібно високопродуктивний цифровий сигнальний процесор як у випадку з векторним керуванням.

При скалярному методі управління, 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 на різних швидкостях.

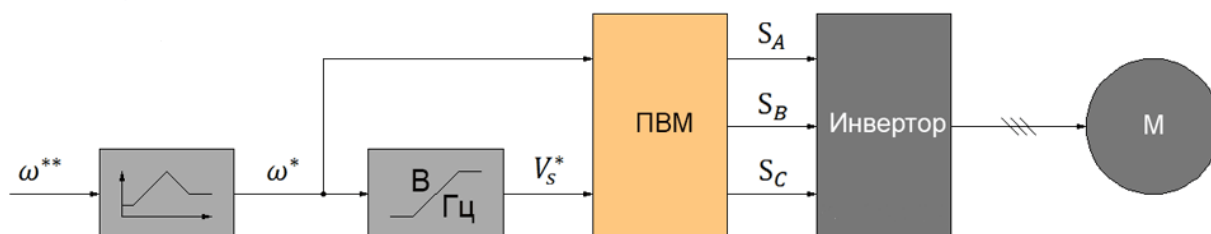


Рис. 3.1 - Скалярне управління без датчика швидкості

При збільшенні швидкості, напруга живлення статора так само має пропорційно 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.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

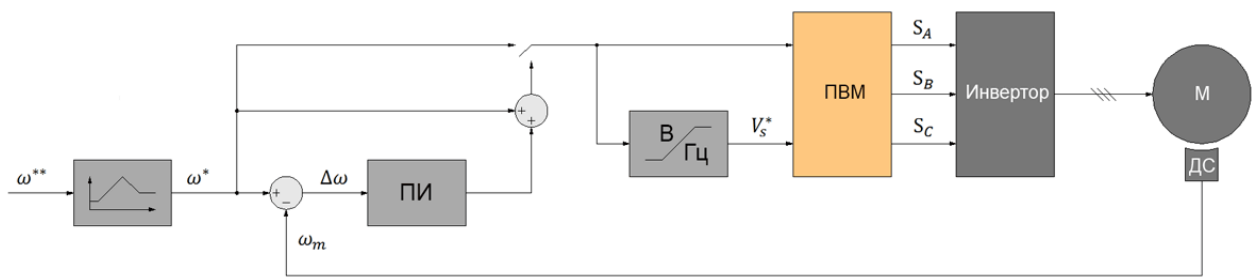


Рис. 3.2 - Скалярне управління з датчиком швидкості

Метод скалярного управління відносно простий в реалізації, але володіє декількома суттєвими недоліками:

- по-перше, 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;
- по-друге, 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.

Досить скалярного управління для більшості завдань в яких застосовується електропривод з діапазоном регулювання частоти обертання двигуна до 1:10.

3.2 Математична модель електропривода

При математичному описі АД зручно оперувати не миттєвими значеннями координат (струмом, напругою, потокозчепленням), а їх

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

результуючими векторами. Результуючим звать такий вектор, проекції якого на осі фаз чисельно дорівнюють миттєвим значенням фазних величин.

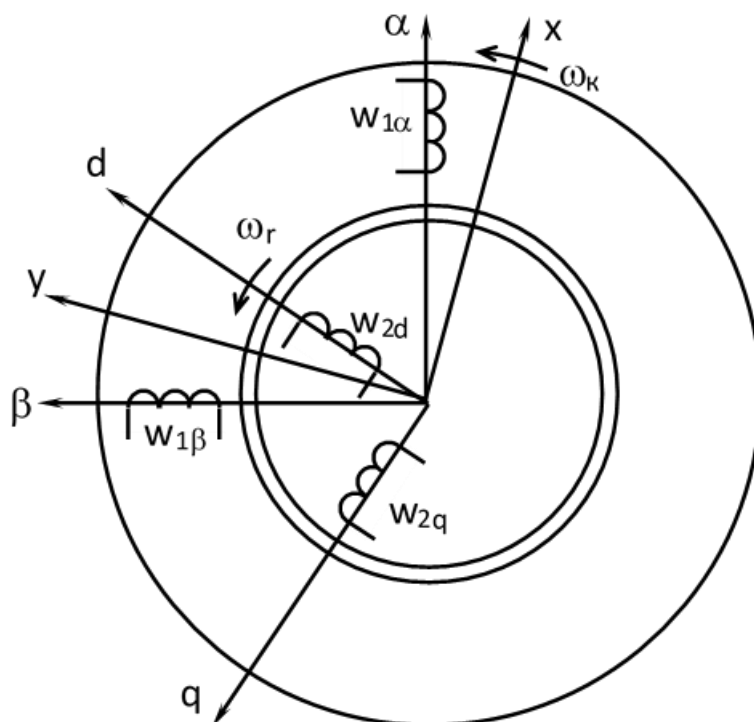


Рис. 3.3 – Узагальнена електрична машина

При переході від трифазної системи координат A, B, C до еквівалентної двофазної “ α - β ”, та при зворотному перетворенні величини результуючих векторів залишаються незмінними. У найбільш розповсюдженному випадку змінні трифазної машини задовольняють умові:

$$X_A + X_B + X_C = 0. \quad (3.1)$$

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

$$\begin{cases} X_{\alpha} = X_A; \\ X_{\beta} = \frac{1}{\sqrt{3}}(X_B - X_C), \end{cases} \quad (3.2)$$

а зворотне перетворення $2 \rightarrow 3$:

$$\begin{cases} X_A = X_{\alpha}; \\ X_B = -\frac{1}{2}X_{\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2}X_{\beta}; \\ X_C = -\frac{1}{2}X_{\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2}X_{\beta}. \end{cases} \quad (3.3)$$

Якщо умова (3.1) не виконується, то у рівняннях (3.2), (3.3) 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 ω_K , узагальнений асинхронний двигун описується рівняннями Парка – Горєва у векторній формі:

$$\begin{cases} \bar{u}_1 = R_1 \bar{i}_1 + \frac{d\bar{\Psi}_1}{dt} + j\omega_K \bar{\Psi}_1; \\ \bar{u}_2 = R_2 \bar{i}_2 + \frac{d\bar{\Psi}_2}{dt} + j\bar{\Psi}_2(\omega_K - \omega_{rP\Pi}); \end{cases} \quad (3.4)$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

$$M = \frac{3}{2} p_{\Pi} (\bar{\Psi}_1 \times \bar{i}_1). \quad (3.5)$$

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

$$\begin{cases} \bar{\Psi}_1 = L_1 \bar{i}_1 + L_m \bar{i}_2; \\ \bar{\Psi}_2 = L_2 \bar{i}_2 + L_m \bar{i}_1; \end{cases} \quad (3.6)$$

де $L_1 = L_{1\sigma} + L_m$; $L_2 = L_{2\sigma} + L_m$ - повні індуктивності обмоток статора та ротора; L_m - максимальна взаємна індуктивність між цими обмотками; $L_{1\sigma}, L_{2\sigma}$ - індуктивності розсіювання обмоток статора і ротора.

Беручи до уваги (3.6), крім рівняння (3.5) для визначення електромагнітного моменту можна отримати ще кілька еквівалентних виразів, до котрих входять комбінації інших координат АД.

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

$$M - M_C = J \frac{d\omega_r}{dt}, \quad (3.7)$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де M_C – момент опору на валу АД, J – момент інерції електропривода, приведений до вала АД.

На практиці користуються не векторними виразами (4)-(6), а записують їх в проекціях на дійсну та уявну осі системи координат. Крім того, завдяки певному вибору швидкості системи координат ω_K вдається дещо спростити рівняння АД.

Найбільш поширені такі варіанти вибору швидкості ω_K :

1. $\omega_K = 0$. У цьому випадку усі величини АД приводяться до нерухомої системи координат “ α - β ”, дійсна вісь “ α ” якої жорстко зв’язана з віссю фази А обмотки статора, а уявна вісь “ β ” опереждає її на кут 90 електричних градусів. В такій системі напруги і струми обмоток АД залишаються змінними, але мають однакову частоту, яка дорівнює кутовій частоті мережі живлення $\omega_O = 2\pi f_H$.

2. $\omega_K = \omega_{rP\Pi}$. Реальні змінні АД перетворюються до системи координат “ d - q ”, швидкість обертання якої дорівнює електричній швидкості ротора $\omega_{rP\Pi}$. Тут також напруги та струми виявляються змінними, але мають як в роторі, так і в статорі частоту $(\omega_O - \omega_{rP\Pi})$, тобто частоту струму ротора.

3. $\omega_K = \omega_O$. Такий вибір ω_K є найбільш доцільним при дослідженні перехідних процесів в АД, керування яким здійснюється шляхом зміни частоти та напруги обмотки статора (так зване “частотне керування”). У системі координат “ x - y ”, яка обертається із синхронною швидкістю поля АД ω_O , прикладені до обмоток статора реальні змінні напруги при застосуванні формул (2) перетворюються у постійну напругу $U_x = \text{const}$, напрям якої співпадає з напрямом дійсної вісі “ x ”.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

4. При синтезі та дослідженні систем векторного керування швидкістю електропривода з АД не встановлюють якоесь фіксоване значення ω_K , а пов'язують дійсну вісь “х” системи координат “х-у” 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 “х-у” відносно результуючого вектора потокозчеплення ротора $\bar{\Psi}_2$ забезпечує максимальне спрощення рівняння моменту двигуна і зумовлює відносно просте регулювання швидкості АД.

3.3 Розрахунок параметрів системи скалярного управління

Із довідника для двигуна типу АІР132S4 номінальні параметри: $P_H = 7,5$ кВт; $U_{фн} = 220$ В; $J = 0,028$ кг*м²; $\eta_H = 87$ %; $\cos\varphi_H = 0,84$; $r_1^* = 0,048$; $r_2'^* = 0,033$; $x_1^* = 0,085$; $x_2'^* = 0,13$; $x_\mu^* = 3$; $n_0 = 1500$ об/хв; $s_H = 2,9$ %; $f_H = 50$ Гц. Параметри активних та індуктивних опорів приведені у відносних одиницях.

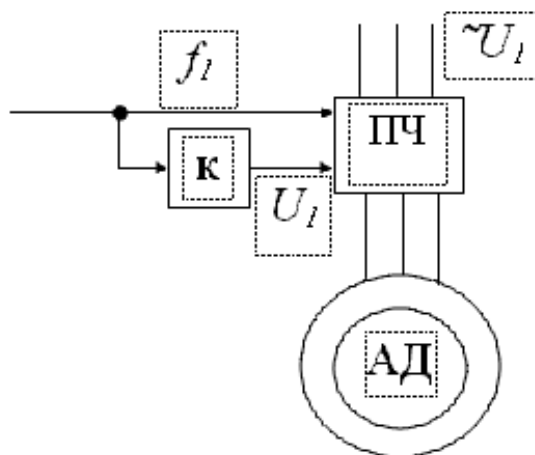


Рис. 3.4 – Функціональна схема електроприводу

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Номінальний струм

$$I_{\phi H} = \frac{P_H}{3 \cdot U_{\phi H} \cdot \eta_H \cdot \cos \varphi_H}; \quad (3.8)$$

$$I_{\phi H} = \frac{7500}{3 \cdot 220 \cdot 0,875 \cdot 0,86} = 15,1 \text{ A.}$$

Базовий опір

$$Z^{\phi} = \frac{U_{\phi H}}{I_{\phi H}}; \quad (3.9)$$

$$Z^{\phi} = \frac{220}{15,1} = 14,57 \text{ Ом.}$$

Абсолютні опори

$$Z = Z^* \cdot Z^{\phi}; \quad (3.10)$$

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

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

$$X_1 = 0,085 \cdot 14,57 = 1,24 \text{ Ом;}$$

$$X_2 = 0,13 \cdot 14,57 = 1,89 \text{ Ом;}$$

$$X_{\mu} = 3 \cdot 14,57 = 43,7 \text{ Ом.}$$

Номінальний момент

$$M_H = \frac{9,55 \cdot P_H}{n_0 \cdot (1 - s_H)}; \quad (3.11)$$

$$M_H = \frac{9,55 \cdot 7500}{1500 \cdot (1 - 0,029)} = 49,18 \text{ Н*м.}$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість пар полюсів

$$p_{\Pi} = \frac{3000}{n_0}; \quad (3.12)$$

$$p_{\Pi} = \frac{3000}{1500} = 2.$$

Частота мережі

$$\omega_0 = 2 * \pi * f_H; \quad (3.13)$$

$$\omega_0 = 2 * 3,14 * 50 = 314 \text{ Гц}.$$

Номинальна кутова швидкість

$$\omega_H = \frac{\pi * n_0}{30}; \quad (3.14)$$

$$\omega_H = \frac{3,14 * 1500}{30} = 157,08 \text{ с}^{-1}$$

Значення індуктивностей

$$L_1 = \frac{X_1 + x_{\mu}^*}{\omega_H * p_{\Pi}}; \quad (3.15)$$

$$L_1 = \frac{1,24 + 3}{157,08 * 2} = 0,13 \text{ Гн};$$

$$L_2 = \frac{X_2 + x_{\mu}^*}{\omega_H * p_{\Pi}}; \quad (3.16)$$

$$L_2 = \frac{1,89 + 3}{157,08 * 2} = 0,16 \text{ Гн};$$

$$L_m = \frac{x_{\mu}^*}{\omega_H * p_{\Pi}}; \quad (3.17)$$

$$L_m = \frac{3}{157,08 * 2} = 0,009 \text{ Гн}.$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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

Рис. 3.5 - 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 $u_{1\alpha} = u_{1\beta} = 0$.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

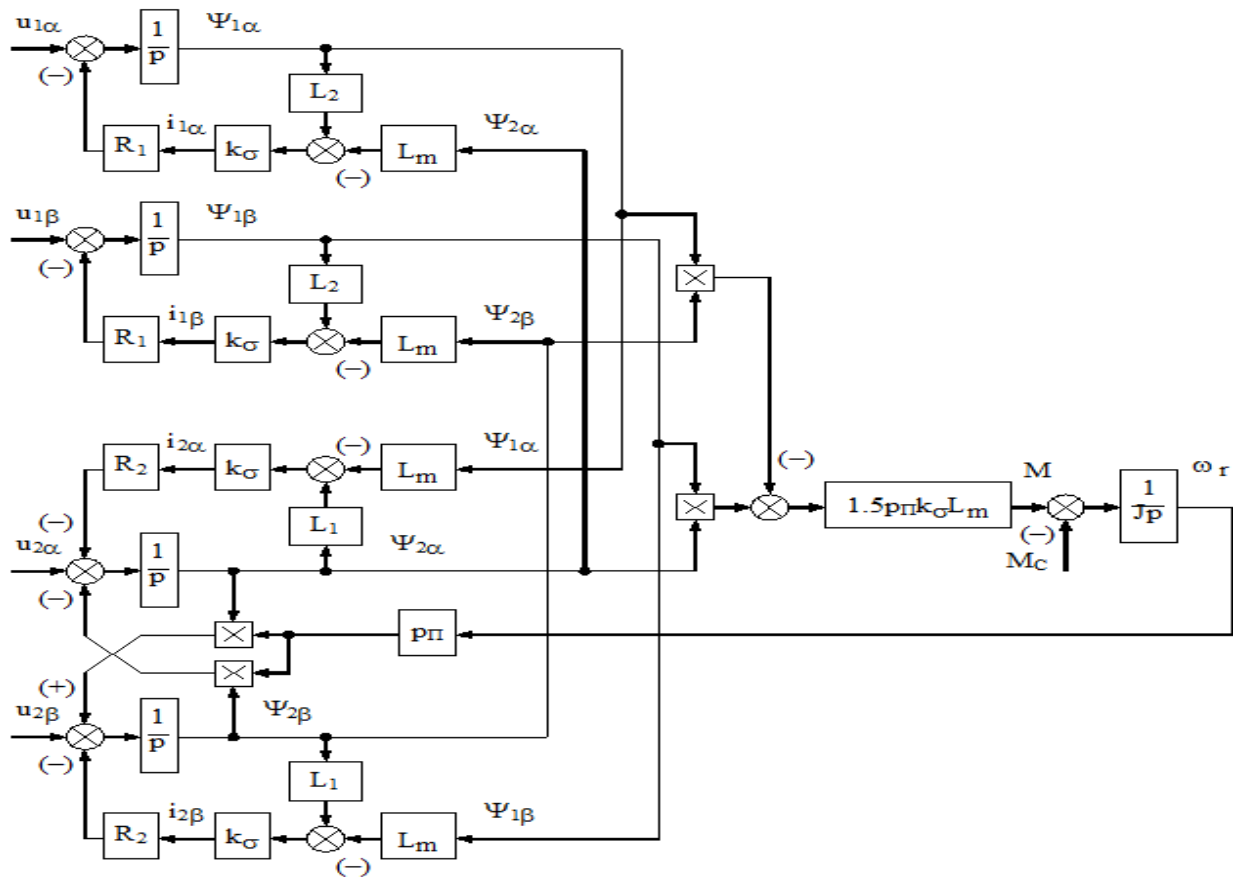


Рис 3.6 – Структурна схема динамічної моделі двигуна у нерухомій системі координат

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

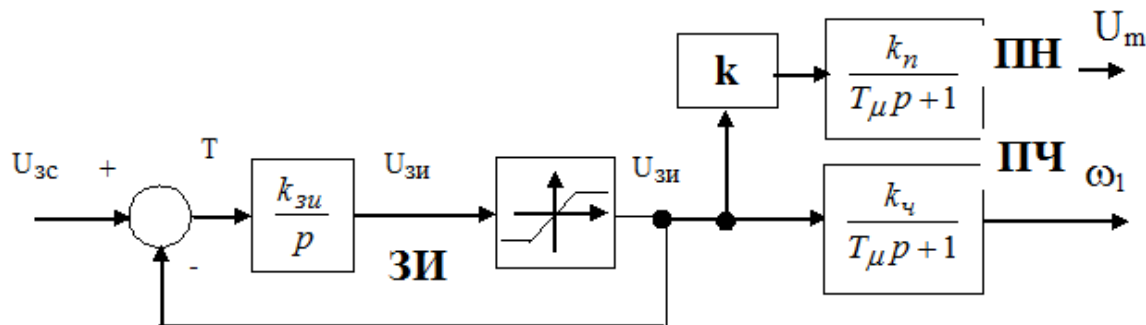


Рис. 3.7 – Система керування без зворотних зв’язків

Реалізація напруг статора АД при його пуску та гальмуванні противмиканням починаючи з часу t_1 показаний на рис.3.3. На ньому зображена схема відключення АД від мережі здійснюється при зменшенні швидкості вала 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.

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

Рис. 3.8 - Зміни напруг АД при гальмуванні противмиканням

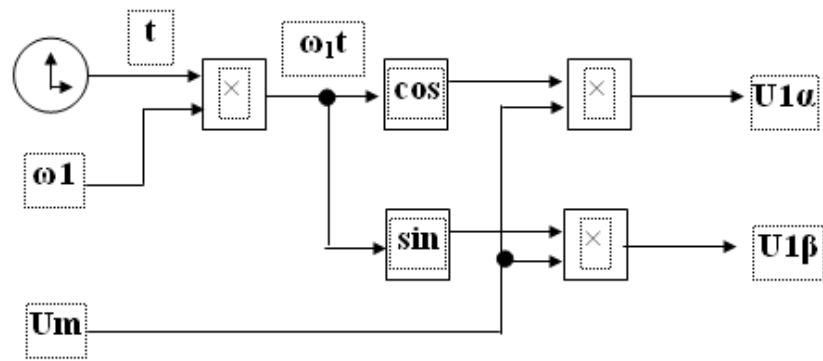


Рис. 3.9 – Схема джерела

Час прискорення до номінальної швидкості при номінальному прискоренні

$$T = J * \frac{\omega_n * p_n}{M_n}; \quad (3.18)$$

$$T = 0,028 * \frac{157,08 * 2}{49,18} = 0,179 \text{ с.}$$

Завдання на швидкість

$$U_{зш} = 10 \text{ В.} \quad (3.19)$$

Коефіцієнт підсилення задавача інтенсивності

$$k_{зи} = \frac{U_{зш}}{T}; \quad (3.20)$$

$$k_{зи} = \frac{10}{0,179} = 55,86.$$

Розрахунок потужності комплектного електроприводу

$$P_{ке} = \frac{P_n}{\eta}; \quad (3.21)$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{ke} = \frac{7500}{0,875} = 8571,4 \text{ Вт.}$$

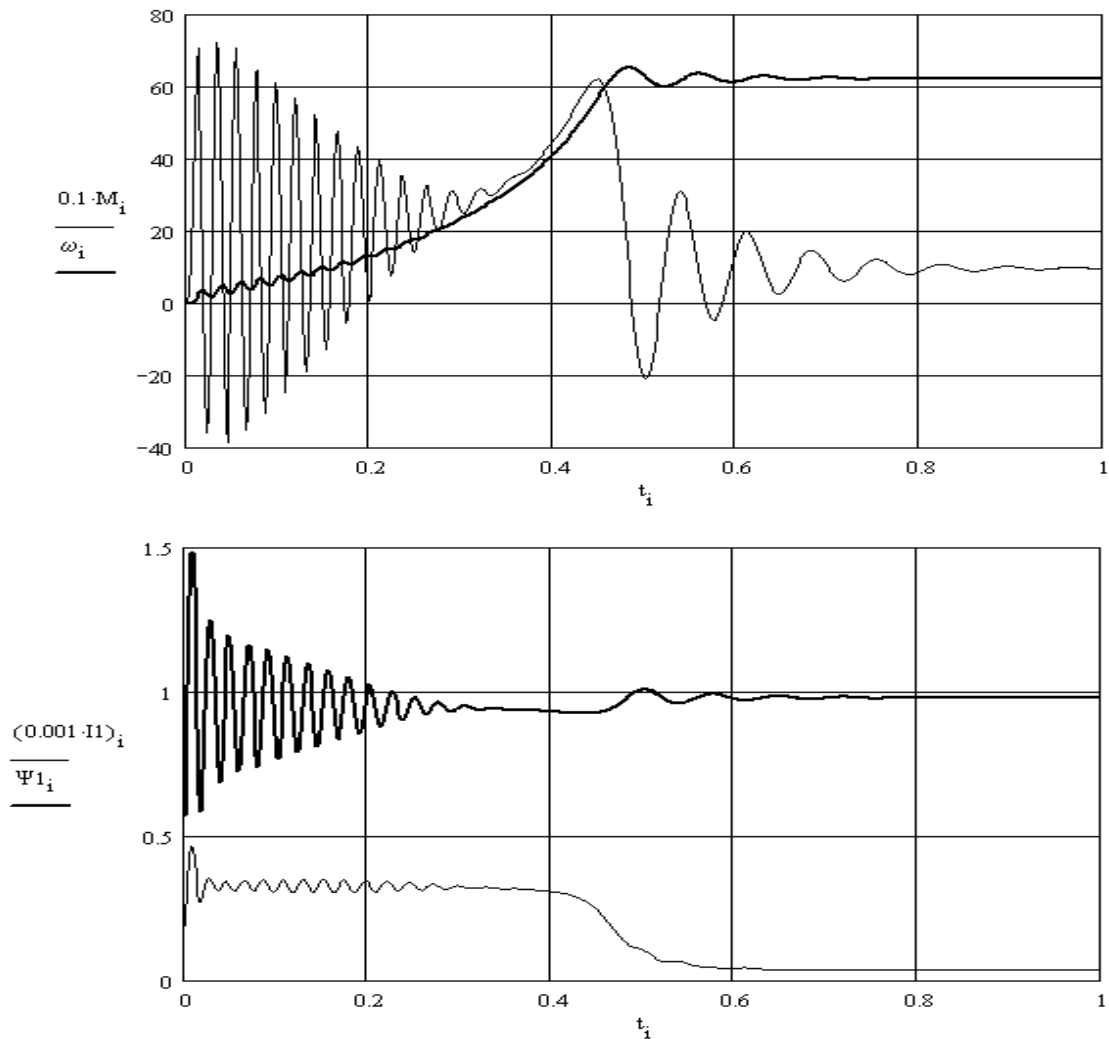


Рис. 3.10 – Графіки перехідного процесу пуску АД

Графіки перехідних процесів $M(t)$, $\omega_r(t)$, $i_1(t)$, $\Psi_1(t)$ подані на рис.3.2. 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 $u_{1\alpha} = u_{1\beta} = 0$.

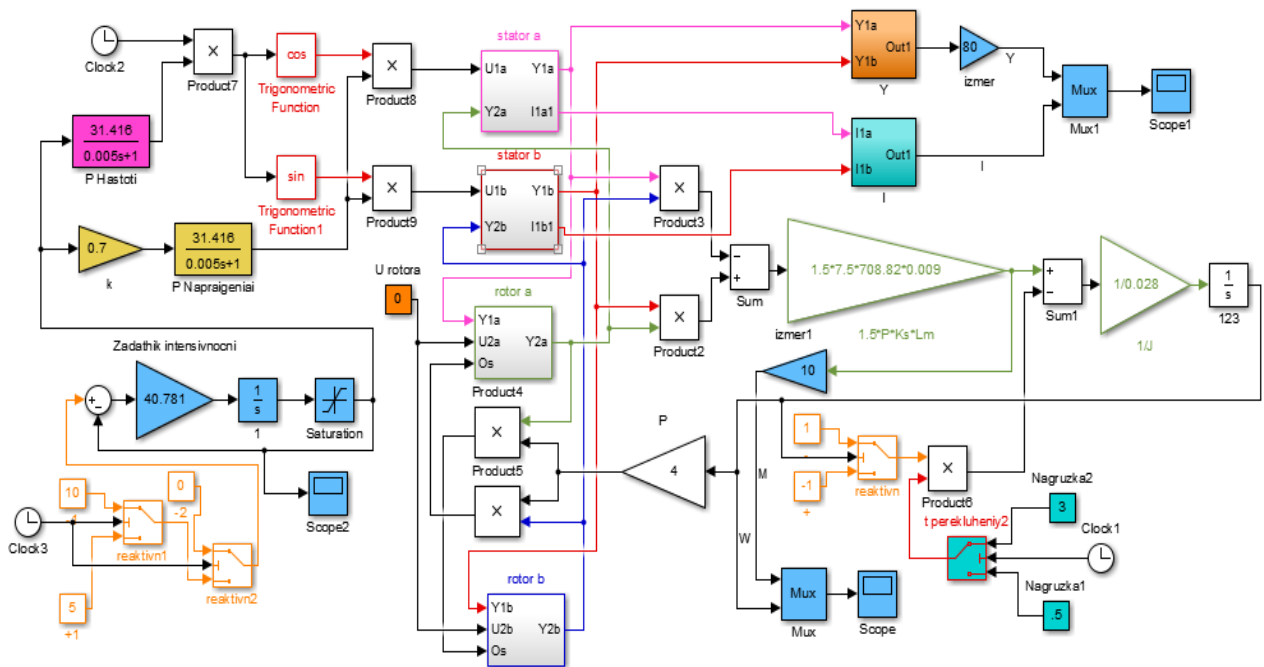
3.4 Математичне моделювання

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

Математична модель була досліджена для наступних режимів

(Рис. 3.11):

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



АКТИЕ

Рис. 3.11 – Математична модель

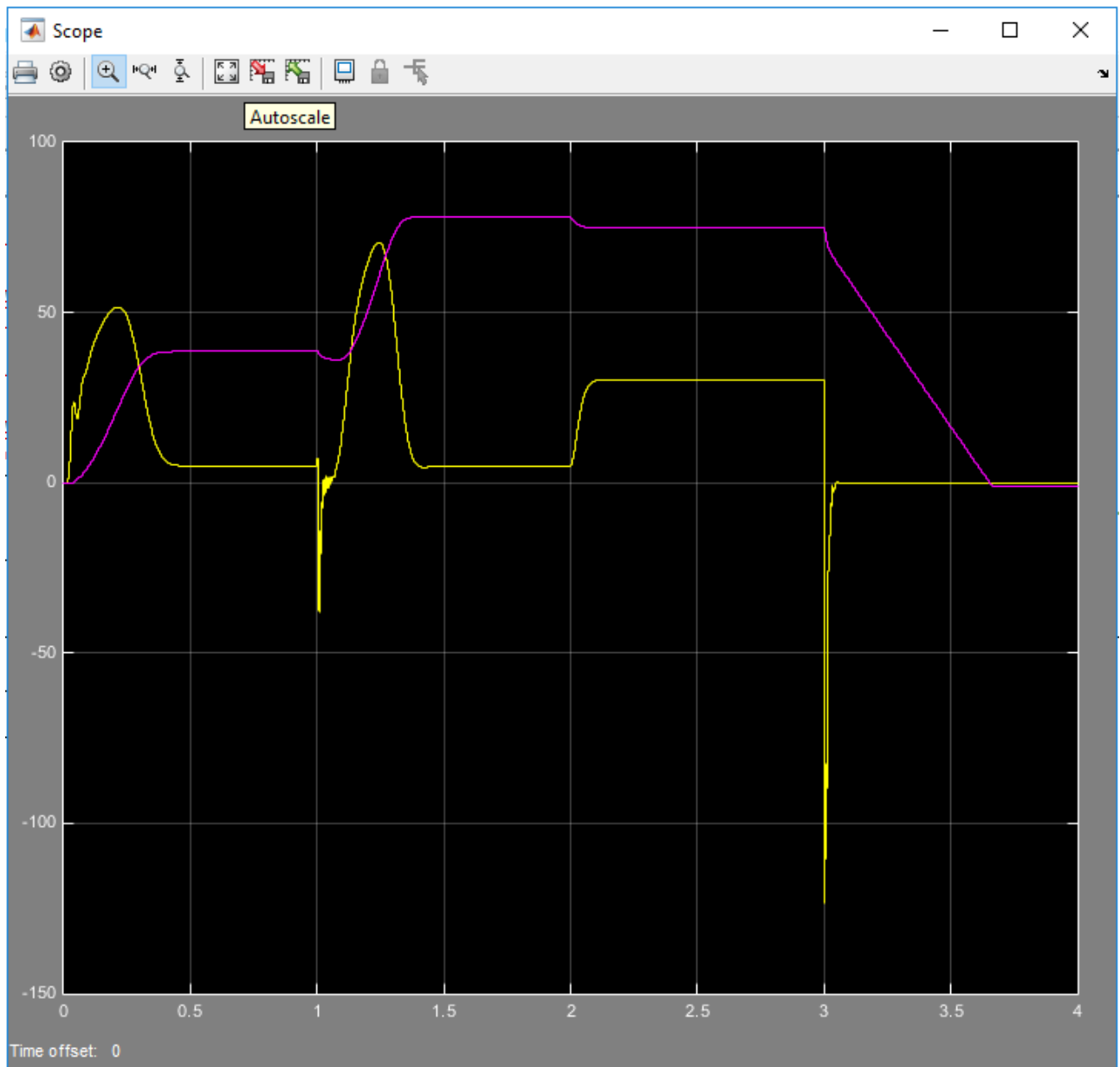


Рис. 3.12 – Графік перехідних процесів математичної моделі

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.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

4. Техніко-економічне обґрунтування

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

4.1 Вступ

Ефективність використання конвеєрів в технологічному процесі будь-якого виробництва залежить від того, наскільки тип і параметри обраного конвеєра відповідають властивостям вантажу і умовам, в яких протікає технологічний процес.

До таких умов відносяться: темп транспортування, форма траси і напрям переміщення (горизонтальне, похиле, вертикальне, комбіноване); умови завантаження і розвантаження конвеєра; розміри вантажу, його форма, питома щільність, кусковатість, вологість, температура тощо.

Висока продуктивність, простота конструкції і порівняно невисока вартість, можливість виконання на конвеєрі різних технологічних операцій, невисока трудомісткість робіт, забезпечення безпеки праці, поліпшення його умов — все це зумовило широке застосування конвеєрів у всіх галузях народного господарства.

У зв'язку з цим в дипломному проекті пропонується впровадження до електроприводу перетворювача частоти фірми Schneider Electric замість застарілих тиристорних перетворювачів і асинхронний двигун меншої потужності. Цей перетворювач частоти потребує менших витрат на монтаж і має кращі енергоекономічні показники.

Для обґрунтування запропонованого в дипломному проекті необхідно вирішити наступні завдання:

1. Розрахунок капітальних витрат;
2. Розрахунок експлуатаційних витрат:
 - 1) розрахунок амортизаційних відрахувань;
 - 2) визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт;
 - 3) Розрахунок вартості спожитої електроенергії.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

4.2 Розрахунок капітальних витрат

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

Капітальні інвестиції з реалізації проектного технічного рішення можуть включати:

Капітальні інвестиції з реалізації технічного рішення можуть включати витрати:

- на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;

- пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;

- на проведення монтажно-налагоджувальних робіт;

При визначенні величини проектних капіталовкладень ($K_{пр}$) можна скористатися формулою:

$$K_{пр} = K_{об} (\sum_{i=1}^k) + Z_{тзс} + Z_m + Z_n + Z_{пр} , \quad (4.1)$$

де $K_{об} (\sum_{i=1}^k)$ – вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) 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_m – витрати на монтажні роботи;

Z_n - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$ – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Доцільно витрати на придбання технічних засобів або комплектуючих виробів представити у вигляді зведення капітальних витрат (табл. 4.1).

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Вартість технічного обладнання

Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, тис. грн.	Сума, тис. грн.
Асинхронний двигун типу АИР132S4	1	8,62	8,62
Перетворювач частоти типу ATV630D11M3	1	50,39	50,39
Всього:			59,01

Витрати на монтажні (Z_m) роботи:

$$Z_m = \sum(C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{np} = 2 \cdot 20,87 \cdot 12 \cdot 1,15 \cdot 1,05 \cdot 1,22 = 737,90, \text{ грн.}$$

Витрати на налагоджувальні (Z_n) роботи:

$$\begin{aligned} Z_n &= \sum(C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = \\ &= 2 \cdot 20,87 \cdot 5 \cdot 1,15 \cdot 1,05 \cdot 1,22 = 307,44, \text{ грн.} \end{aligned}$$

де C_i – чисельність працівників і-го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, чел. ;

a_i - годинна тарифна ставка і-го розряду, грн;

a_4 - годинна тарифна ставка 4-го розряду дорівнює 20,87 грн / год; [12]

t_i - час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, час;

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_d - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{np} - коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Інші одноразові вкладення коштів (Z_{np}) включають витрати на демонтаж застарілого обладнання;

$$K_{np} = 59010 + 737,90 + 307,44 = 60\,055,34, \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічного устаткування відносяться:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_3);
- відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (C_c);
- витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (C_m);
- вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування (C_9);
- інші експлуатаційні витрати (C_{np}).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_m + C_9 + C_{np}, \text{ грн.} \quad (4.2)$$

Розрахунок експлуатаційних витрат ведеться по проектному і базовому варіантів паралельно.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

4.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод амортизації, при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів. Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості:

$$\Phi_a = \Phi_n - Л, \text{ грн} \quad (4.3)$$

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

$Л$ – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \frac{\Phi_{п} - Л}{\Phi_{п} * T_{п}} * 100, \% \quad (4.4)$$

де T_n – термін корисного використання (амортизаційний період).

Тоді річні амортизаційні відрахування AO за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_{п} - \Phi_{л}}{T_{п}}, \text{ грн} \quad (4.5)$$

					ЕП.ПД.21.04. ЛЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вважаємо, що $\Phi_n = 0$, $T_n = 5$ років, звідси виходячи з формули 4.5

$$AO = \frac{59010}{5} = 11\,802, \text{ грн}$$

4.5 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства.

Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати за формулою:

$$Z_{\text{т.р.}} = \sum_{i=1}^n R_i * t_i * m_i * R_{\Sigma i} + \frac{S_i * \Pi_i}{T_i} * T_{\Phi}, \quad (4.6)$$

де n - число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

R_i - годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн; [12]

t_i - трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю в залежності від виду ремонту ч/ед.:

капітального – 15,0.

m_i - число ремонтів за рік (наприклад, для закритих електромашин число капітальних – 0,1);

R_{Σ} - сумарна категорія складності ремонту в залежності від виду електрообладнання:

асинхронний двигун від 5 до 10 кВт - 2,1;

S_i - вартість однотипних замінних елементів, грн.;

Π - кількість однотипних замінних елементів;

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

T - середній термін служби деталей даного типу, год.;

T_{ϕ} - число годин роботи апаратури в рік, год.

$$Z_{m.p.np.} = 13,05 \cdot 20,87 \cdot 0,1 \cdot 2,1 + \frac{225 \cdot 3}{1600} \cdot 1800 = 816,56 \text{ грн.}$$

$$Z_{m.p.баз.} = 15,02 \cdot 20,87 \cdot 0,1 \cdot 2,1 + \frac{432 \cdot 3}{1200} \cdot 1800 = 2\,009,82 \text{ грн.}$$

4.6 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, втрат електроенергії та тарифу за формулою:

$$C_e = \left(\frac{P_{вст} \cdot t_{вик}}{квтр} \right) \cdot C_e, \quad (4.7)$$

де: $P_{вст}$ – встановлена потужність, кВт ;

$t_{вик}$ – час роботи обладнання, год./рік;

$квтр$ – коефіцієнт, що враховує електричні витрати;

C_e – тариф на електроенергію , грн./кВт·год. [13]

Встановлена потужність – 7,5 кВт. [розд. III. стор. 26]

Час використання 1800 год./рік.

Якщо на підприємстві використовується багатозонний облік електроенергії, то W_p розподіляється за зонами обліку і в кожній з них застосовується свій тариф на електроенергію.

Таким чином витрати на споживану електроенергію згідно з формули 4.4 за рік становлять:

$$C_e = \left(\frac{7,5 \cdot 1800}{0,87} \right) \cdot 3,61 = 56\,017,24 \text{ грн.}$$

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

4.7 Висновок

Капітальні витрати складають 62 594 грн.. Річні експлуатаційні витрати: амортизаційні відрахування 11 802 грн.; річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт 2 826,38 грн., вартість спожитої електроенергії 56 017,24 грн.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Охорона праці

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні відомості

1) Дотримання законодавчих нормативних актів про охорону праці веде до зниження травматизму на виробництві. Для цього проведемо науковий аналіз умов праці.

2) Технічне завдання дипломного проектування передбачає проектування Електромеханічної системи ланцюгового штовхача підвісного рейкового конвеєру.

3) Визначаємо шкідливі небезпечні виробничі фактори, які виникають на екструдері лінії для виробництва труб з пластифікованого ПВХ. Установка параметрів технологічного процесу і контроль здійснюється оператором. Пульт керування оператора знаходиться у виробничому цеху на відстані 3м.

4) Створення здорових безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення ШНВФ, для того щоб на стадії експлуатації намітити заходи, які необхідно проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві 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.

Охорона праці містить у собі питання безпеки праці, попередження травматизму і професійних захворювань; пожеж і вибухів на виробництві; питання правової охорони праці.

Згідно закону про охорону праці України на нові машини, механізми, обладнання необхідно розробити нешкідливі і безпечні умови їх експлуатації обслуговуючим персоналом, оформити сертифікат на безпечну експлуатацію, згідно з встановленими зразками.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

5.2 Техніка безпеки під час роботи

1. Міжгалузеві правила охорони праці та безпеки при експлуатації конвейєра, Трубопровідний та інші транспортні засоби безперервної дії (далі-правила) встановлюють державні нормативні вимоги до охорони праці та безпеки (далі-вимоги охорони здоров'я) при експлуатації конвеєрних, трубопровідної та інших транспортних засобів безперервної дії (далі-транспортні засоби безперервної дії), що використовуються в технологічних транспортних операціях, в рамках єдиного технологічного комплексу, лінії і аналогічного, і таким же чином.

2. Вимоги до здоров'я та безпеки, що містяться в цих Правилах, є обов'язковими для працівників, юридичних осіб та ділових людей, залучених до проектування, виробництва, експлуатації, технічного обслуговування, ремонту та модернізації безперервних транспортних засобів, і враховуються в розробці та застосуванні технологічних процесів, реконструкції, технічних переозброєння або створення нових виробничих потужностей з використанням безперервних транспортних засобів.

3. 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 нижча температура обладнання поверхонь, матеріалів;
- підвищена або менша температура повітря робочої зони;
- підвищена напруга в електричній схемі, закриття яких може відбуватися через людський організм;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

- підвищені рівні вібрації;
- підвищення рівня статичної електрики.

Недостатнє освітлення в робочу зону хімічні небезпечні та шкідливі виробничі чинники за характером впливу на організм людини: токсичні, дратівливі, канцерогенні; вага і напруга праці.

4. В організації та експлуатації безперервних транспортних засобів, вимоги цих правил, міжгалузеві Загальні правила охорони праці та безпеки, затверджені постановою Міністерства праці (далі-міжгалузеві Загальні правила охорони праці та безпеки), інші нормативні акти, технічні регламенти, що містять вимоги охорони праці та безпеки.

5. В дизайні, виробництво та експлуатація конвеєрних, трубопровідних та інших безперервних транспортних засобів, вимоги SanPin 2.2.1.13-5-2006 "гігієнічні вимоги до проектування, обслуговування та експлуатації виробничих потужностей" затверджені.

6. На підставі цих правил, інших нормативно-правових актів, що містять вимоги охорони праці та безпеки, беручи до уваги конкретні умови праці роботодавця, роботодавець приймає або вирівнює з ними інструкції з охорони праці та безпеки, інші місцеві правила.

7. З метою забезпечення безпеки в експлуатації транспортних засобів безперервної роботи, роботодавець зобов'язаний стежити за використанням безпечних практик співробітників в роботі, дотримання вимог, викладених в правилах і правилах про охорону праці, а також правильне використання колективного та індивідуального захисту.

8. З метою організації роботи безперервних транспортних засобів відповідно до вимог охорони праці та безпеки, роботодавець призначає осіб, відповідальних за безпечну експлуатацію транспортних засобів безперервної роботи за замовленням (замовленням) менеджерів і фахівців.

У організаціях з невеликою кількістю транспортних засобів, ці обов'язки можуть бути віднесені до співробітника організації.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

У структурних підрозділах організації, що працює над безперервними транспортними засобами, відповідальність за їх безпечну експлуатацію покладається на менеджерів цих структурних підрозділів.

9. Особи, відповідальні за порушення вимог цих правил, залучені до правосуддя відповідно до закону.

5.3 Освітлення ділянки

Дільниця освітлюється природним і штучним освітленням. Природне, бічне, штучне, загальне і місцеве. Загальне освітлення не менше 300 лк.

Розрахунок штучного освітлення методом використання світлового потоку зводиться до визначення світлового потоку, створюваного однією лампою, що забезпечує необхідну освітленість у приміщенні.

Для приміщення з шаховим розташуванням ламп із площею 450 м² і висотою робочого місця 0.8 м, підбирається лампа, здатна створити необхідну освітленість.

Світловий потік визначається за формулою:

$$F = \frac{E_{min} * S * K * Z}{N_l * h}, \quad (5.1)$$

де E_{min} – необхідне освітлення, лм;

S – площа освітлювальної поверхні, м²;

K – коефіцієнт запасу 1,7 ;

Z – коефіцієнт нерівномірності світлового потоку (1,5);

N_l – кількість ламп, шт;

h - коефіцієнт використання приміщення.

Необхідне освітлення приміщення (E_{min}) визначається по таблиці в залежності від мінімального розміру об'єкта розпізнавання.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість ламп визначається за формулою:

$$N_{л} = N_{св} * X, \quad (5.2)$$

де $N_{св}$ – кількість світильників;

X – кількість ламп в світильнику, яке обирається самовільно.

Кількість світильників визначається за формулою:

$$N = \frac{S}{L^2}, \quad (5.3)$$

де L – відстань між світильниками, м.

L знаходиться за відношенням:

$$\frac{L^2}{H_c} = A, \quad (5.4)$$

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

H_c – висота розміщення світильника над освітлювальною поверхнею, м.

Щоб зменшити осліплюючу дію світильників загального освітлення, висоту підвісу над рівнем підлоги встановлюють не менш 2,5 - 4 м при лампах потужністю 200 Вт і не менш 3-6 м при лампах більшої потужності.

$$H_{рм} + H_c = 4, \text{ м}, \quad (5.5)$$

де $H_{рм}$ - висота від підлоги до освітлюваної поверхні 0,8 м.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вирішивши систему з двох рівнянь, знаходимо кількість світильників, а потім і кількість ламп у них.

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{CB} = \frac{S}{L^2} \\ \frac{L^2}{H_c} = A \\ H_{pm} + H_c = B \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} N_{CB} = \frac{196}{L^2} \\ \frac{L^2}{1,7} = 2 \\ 0,8 + H_c = 2,5 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} N_{CB} = \frac{196}{3,4} \\ L^2 = 3,4 \text{ м}^2 \\ H_c = 1,7 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} N_{CB} = 57,65 \\ L^2 = 3,4 \text{ м}^2, \\ H_c = 1,7 \end{array} \right. \quad (5.6)$$

$$N_n = 57,65 * 4 = 231, \text{ шт.}$$

Таблиця 5.1

Коефіцієнт використання приміщень

Показник приміщення	0.5	1	2	3	4	5
Коефіцієнт використання приміщення	0,22	0,37	0,48	0,54	0,59	0,61

Показник приміщення визначається за формулою

$$z = \frac{a \cdot b}{H_c \cdot (a + b)} \quad (5.7)$$

$$z = \frac{15 \cdot 30}{1,7 \cdot (15 + 30)} = 0,59$$

Знайшовши всі значення і підставляючи їх у формулу світлового потоку, підбираємо лампу, що забезпечить необхідний світловий потік.

$$F = \frac{400 * 450 * 1,7 * 1,5}{231 * 0,22} = 9180, \text{ лм}$$

Для штучного освітлення використовуються світлодіодні лампи ULT - 50 IP40 зі світловою віддачею (100лм/Вт.).

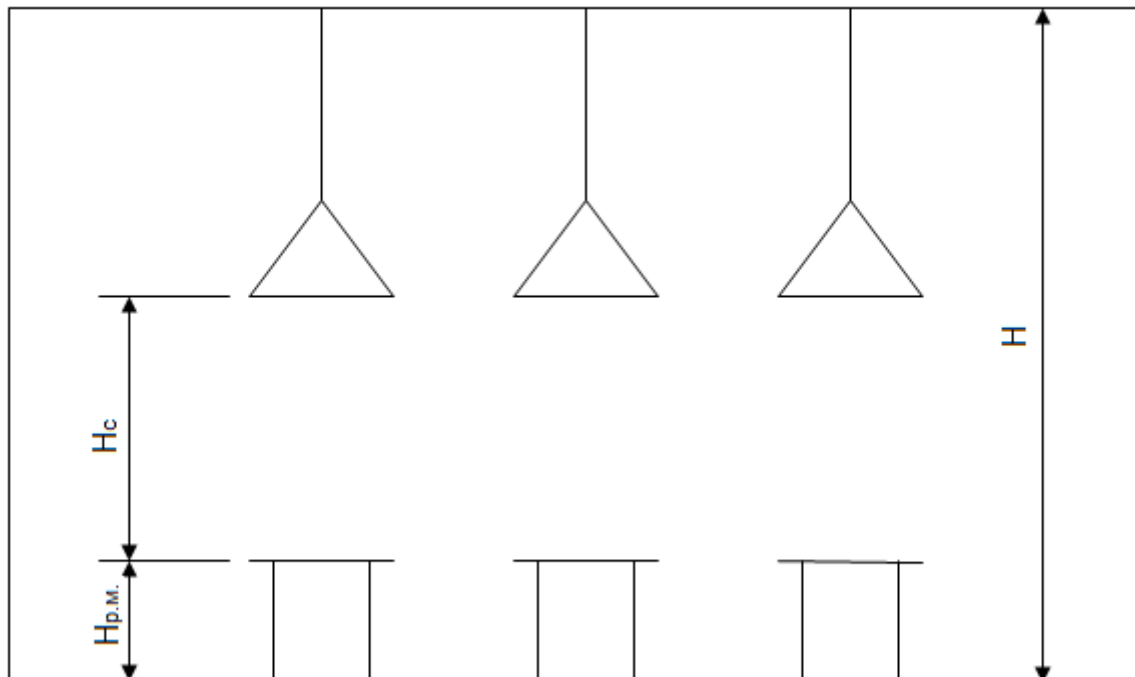


Рисунок 5.1 – Розташування світильників

5.4 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами під час роботи і обслуговування машини є такі:

- ураження електричним струмом;
- пожежна безпека;
- рухомі частини обладнання;
- виробниче освітлення;
- виробничий шум;
- повітря робочої зони.

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування візочним живильником, відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом.

Живильник повинен бути підключений до трьохфазної мережі струму частотою 50 Гц, напругою 380 В, обладнаний глухозаземленою нейтраллю через пристрій захисного відключення.

Причинами ураження обслуговуючого персоналу можуть бути наступні:

- помилкове вмикання установки;
- пробій на корпус;
- дотик людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання.

Трифазні ланцюги згідно «Правилам устрою електроустановок» (ПУЕ), при напрузі до 1000 В приймаються як трьохпровідні ланцюги з ізольованою нейтраллю.

Небезпека враження для людини визначається опором ланцюга людини. Зі зменшенням цих опорів ця небезпека збільшується.

За величину тривалого ураження струмом за нормальних умов приймають силу струму $I = 0,01$ А. У разі тривалого влучення під напругу силу струму, що допускається, приймають рівній силі струму не зухвалих порушень у режимі ритму роботи серця.

Безпека експлуатації устаткування забезпечується низкою організаційних і технічних заходів захисту: застосуванням малих напруг, захисним поділом мереж, контролем і профілактикою ушкодження ізоляції, подвійною ізоляцією, забезпеченням неприступності струмоведучих частин, захисним заземленням, захисним зануленням, захисним відключенням,

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

застосуванням засобів індивідуального захисту тощо.

З метою запобігання травм рекомендується вживати наступні заходи обережності:

- рубильники включення установки повинні знаходитися в спеціальній шафі;
- силові кабелі треба помістити в спеціальні захисні металеві рукава;
- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку потрапляння людини під напругу;
- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, треба забезпечити клемми для підключення заземлення.

Біля датчиків заземлення нанести незмивною фарбою знаки «Земля» за ГОСТ 12.1.030 - 81.

Електрична міцність ізоляції перевіряється випробуванням на пробій напругою 200 В з частотою 50 Гц упродовж 1 хв.

Електрична апаратура, встановлена усередині робочих приміщень, повинна мати ступінь захисту Ір-51 ГОСТ 14254-80.

Ізоляція провідників вимірюється амперметром П044Т У25-0.4-1970-80.

Автоматизована лінія призначена для експлуатації в протипожежних зонах класу П – Па за ПУЕ. Вогнестійкість будівлі за СНиП 2.01.02-85 відповідає ступеню вогнестійкості ІІ, згідно ОНТП 2486, категорія приміщення В.

Кількість поверхів будівлі не обмежується. Найбільша допустима площа поверхів між протипожежними стінами не обмежується. Серед причин, які викликають спалах, найбільш частими є:

- несправність електроустаткування;
- струм короткого замикання і перевантаження кабелів живлення;
- спалах ізоляції електропроводів;
- використання вогню в недозволеному місці;

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

– пряме ураження блискавкою, яка може викликати пожежу і спричинити руйнування будівель;

– іскри під час електро- і газозварювальних роботах.

Запобігання можливості спалаху забезпечується наступними заходами:

– тютюнопаління тільки у відведених місцях;

– організація навчань з протипожежного захисту;

– наявність засобів організації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;

– наявність засобів пожежогасіння безпосередньої близькості від установки (пісок, вогнегасник);

– будівля встановлена на відстані не менше 10 м від сусіднього будинку і 20 м від складів;

– заземлені металеві елементи, оскільки у разі появи блискавки можливе іскріння;

– на будівлі встановлені громовідводи сітчастого типу.

Пожежу, яка виникла можна ліквідувати, якщо видалити один з трьох факторів необхідних для горіння: горючу речовину, окиснювач, джерело теплоти.

Існують два способи гасіння пожеж: фізичний та хімічний.

До фізичних способів пожежогасіння відносяться:

– охолодження зони горіння або горючих речовин;

– розбавлення реагуючих речовин в зоні горіння негорючими речовинами;

– ізоляція реагуючих речовин від зони горіння. Хімічний спосіб припинення пожежі – хімічне гальмування реакції горіння.

До основних засобів гасіння пожежі (за допомогою яких здійснюється той чи інший спосіб припинення горіння) відносяться:

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

- вода (у вигляді струменя або у розпиленому стані);
- інертні гази (вуглекислий газ, азот);
- піни хімічні та повітря механічні;
- порошкові суміші;
- покривала з брезенту та азбесту. Первинні засоби гасіння пожежі:
- внутрішні пожежні крани;
- відра, лопати, пісок, вогнегасники.

Для гасіння пожеж передбачено ручні вогнегасники ВП - 4(3) – робочий тиск у корпусі 1,3 МПа, температура експлуатації -20...+50, термін придатності - 10 років. У приміщенні передбачена пожежна сигналізація – теплові пожежні сповіщувачі. Інформація з сповіщувачів надходить на загально-цехову станцію. Також передбачено протипожежні щити і шухляди з піском.

Згідно «Загальним правилам вибухонебезпечності для вибухо- та пожежонебезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв» установка рекуперації відноситься до 3-ї категорії вибухонебезпеки з відносним енергетичним потенціалом вибухонебезпеки.

5.6 Висновок

Для продуктивної і безпечної експлуатації проектного агрегату та забезпечення відповідності вимогам нормативної документації, необхідно виконувати усі вищезазначені вимоги та заходи безпеки.

					ЕП.ПД.21.04. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

ВИСНОВКИ

					ЕП.ПД.21.04.В.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Задачею дипломного проекту була модернізація установки підвісного рейкового конвеєру, що планується для реалізації на базі кафедри електроприводу Національного Технічного Університету «Дніпровська Політехніка».

Для вирішення поставленого завдання в проекті виконано аналіз технологічної установки, вивчена конструкція підвісного конвеєру та сформовані вимоги до електроприводу. Отримані відомості використанні для розрахунку потужності електродвигуна та вибору відповідних двигуна з каталогу асинхронних двигунів загального призначення серії 4А та перетворювача частоти AltivarProcess ATV630 французької фірми SchneiderElectric.

Виходячи з вимог установки та параметрів обраного устаткування здійснено вибір та розрахунок системи керування, правильність якої перевірена за допомогою моделювання засобами середовища Simulink. Дослідження виконувалось в наступних режимах: пуск в холосту, накид навантаження, підвищення швидкості без зміни навантаження, зупинка. В результаті якого зроблено висновок, що побудована система відповідає перерахованим вимогам.

В проекті також вирішувались задачі техніко-економічного обґрунтування та охорони праці. В техніко-економічному обґрунтуванні виконано розрахунок капітальних і експлуатаційних затрат на реалізацію проекту. В розділі охорони праці були вивчені небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час роботи з установкою, запропоновані методи їх усунення, приведені відомості щодо протипожежної безпеки та виконаний розрахунок освітлення.

					ЕП.ПД.21.04.В.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Терехов В.М. «Системы управления электроприводов», 2005.
2. Кузьмін А.В. «Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин», 1983.
3. <https://studizba.com/lectures/129-inzhenerija/1916-mashiny-nepreryvnogo-transporta/37419-16-podvesnye-konvejery.html>.
4. <http://www.electrolibrary.info/loadlifting/103-sovremennye-konveyernye-sistemy-i-analiz-upravleniya.html>.
5. <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/induction3ph>.
6. <https://helpiks.org/5-88874.html>.
7. <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/scalar/>.
8. Колб Ант.А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навч. посібник. - Д.: НГУ, 2006. - 511 с.
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 201
11. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15>
12. <https://interbuh.com.ua/ua/documents/onenews/140096>.
13. <https://delaenergy.systems/ru/articles/tarify-na-elektroenergiyu-dlya-predpriyatij-v-2021-godu>.

					ЕП.ПД.21.04.В.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ДОДАТОК А

		Позначення	Найменування	Кількість листів
1			Документація	
2	A4		Пояснювальна записка	76
3			Демонстраційні матеріали	
4			Презентація	

					ЕП.ПД.21.04.Д.ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б

Визначення базових величин

$$I_H \equiv \frac{P_H}{3 \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \phi_H} \quad I_H = 15.101 \quad \text{Базовий струм, А}$$

$$Z \equiv \frac{U_H}{I_H} \quad Z = 14.568 \quad \text{Базовий опір, Ом}$$

$$M_H \equiv \frac{9.55 \cdot P_H}{n \cdot (1 - s_H)} \quad M_H = 49.176 \quad \text{Базовий момент, Нм}$$

$$p_H \equiv \frac{60 \cdot f_1}{n} \quad p_H = 2 \quad \text{Кількість пар полюсів}$$

$$\omega_H \equiv \frac{\pi \cdot n}{30} \quad \omega_H = 157.08 \quad \text{номінальна кутова швидкість, с-1}$$

Визначення реальних опорів схеми заміщення

$$R_1 \equiv r_1 \cdot Z \quad R_1 = 0.699$$

$$X_1 \equiv x_1 \cdot Z \quad X_1 = 1.238 \quad \text{Активний та реактивний опір фази статора, Ом.}$$

$$R_2 \equiv r_2 \cdot Z \quad R_2 = 0.481$$

$$X_2 \equiv x_2 \cdot Z \quad X_2 = 1.894 \quad \text{Активний та реактивний опір фази ротора, Ом.}$$

$$X_\mu \equiv x_\mu \cdot Z \quad X_\mu = 43.705$$

Визначення параметрів обмоток двигуна

$$L_1 \equiv \frac{X_1 + X_\mu}{\omega_H \cdot p_H} \quad L_1 = 0.143 \quad \text{Індуктивність фази статора, Гн.}$$

$$L_2 \equiv \frac{X_2 + X_\mu}{\omega_H \cdot p_H} \quad L_2 = 0.145 \quad \text{Індуктивність фази ротора, Гн.}$$

$$L_m \equiv \frac{X_\mu}{\omega_H \cdot p_H} \quad L_m = 0.139118 \quad \text{Взаємна індуктивність фази статора і ротора, Гн.}$$

$$k_\sigma \equiv \frac{1}{L_1 \cdot L_2 - L_m^2} \quad k_\sigma = 708.8251053 \quad \text{Допоміжний коефіцієнт, 1/Гн}^2$$

					ЕП.ПД.21.04.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Розрахунок перевантажувальної здатності двигуна

$$M_{кр} \equiv M_H \cdot \lambda \quad M_{кр} = 108.187 \quad \text{Критичний момент двигуна, Нм}$$

$$M_{крпм} \equiv \frac{M_{кр} \cdot i}{\eta_p} \quad M_{крпм} = 16060.8151868 \quad \text{Критичний момент двигуна приведений до валу механізму, Нм}$$

$$\omega_m \equiv \frac{\pi \cdot n_{мех}}{30} \quad \omega_m = 0.524 \quad \text{Швидкість обертання валу механізму, с-1}$$

$$M_{мех} \equiv \frac{P_0}{\omega_m} \quad M_{мех} = 6589.014644 \quad \text{Момент на валу механізму, с-1}$$

$$M_{крпм} \geq M_{мех} \quad \text{Умова виконується. Із чого витікає правильність вибору двигуна.}$$

Розрахунок потужності комплектного електропривода

$$P_{ке} \equiv \frac{P_H}{\eta} \quad P_{ке} = 8571.429 \quad \text{Вт}$$

$$I_H \equiv \frac{P_H}{3 \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \phi_H} \quad I_H = 15.101 \quad \text{А}$$

$$U_H \equiv 220 \quad \text{Номінальна напруга живлення, В}$$

					ЕП.ПД.21.04.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Розрахунок коефіцієнта підсилення задавача інтенсивності ЗИ

$$T \equiv J \cdot \frac{\omega_H \cdot P_{\Pi}}{M_H} \quad T = 0.179 \quad \text{Час прискорення до номінальної швидкості при номінальному прискоренні } \epsilon$$

$$U_{\text{ЗШ}} \equiv 10 \quad \text{Завдання на швикість, В}$$

Для блоку обмеження передбачено встановка напруг + - 10 В

$$k_{\text{ЗИ}} \equiv \frac{U_{\text{ЗШ}}}{T} \quad k_{\text{ЗИ}} = 55.904$$

Розрахунок коефіцієнта підсилення відпрацювання закону регулювання

$$k \equiv \frac{U_H}{2 \cdot \pi \cdot f_1} \quad k = 0.7$$

Розрахунок коефіцієнта підсилення перетворювача напруги

$$U_{\text{ВХП}} \equiv 10 \cdot k \quad U_{\text{ВХП}} = 7.003$$

$$k_{\Pi} \equiv \frac{U_H}{U_{\text{ВХП}}} \quad k_{\Pi} = 31.416$$

Розрахунок коефіцієнта підсилення перетворювача частоти

$$U_{\text{ВХЧ}} \equiv 10 \quad \text{Визначення постійної часу перетворювачів, } \epsilon$$
$$T_{\mu} \equiv 0.005 \quad \text{Зазвичай приймається за попередніми відомостями, } \epsilon$$
$$k_{\text{Ч}} \equiv \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{U_{\text{ВХЧ}}} \quad k_{\text{Ч}} = 31.416$$

					ЕП.ПД.21.04.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76