

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



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
на тему «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ
ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПОДВІЙНОГО ПІДЙОМНОГО МЕХАНІЗМУ
ФУНІКУЛЕРА»

Здобувача Кінєв В.В,

IV курсу групи АЕМ-40

Керівник доцент Шейда Голбад К.А.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

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

Завідувач кафедри Е та М _____ Петро ОСАДЧУК

Одеса - 2024рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Автоматизації та робототехніки

Кафедра: Електромеханіки та мехатроніки

Ступень вищої освіти: Бакалавр

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Електромеханічні системи з інтелектуальним керуванням

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри ЕтаМ

д.т.н., доц. Осадчук П.І.

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кісєв Вадім Васильович

1. Тема роботи: «Дослідження та вдосконалення електроприводу подвійного підйомного механізму фунікулера»

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

Затверджено наказом ОНТУ № 797-03 від 19.12.2023р.

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

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

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

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

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

Керівник _____ Шейда Голбад К.А.

Завдання прийняв до виконання _____ Кінев В.В,

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів	Прим.
1	Актуальність теми. Об'єкт та предмет дослідження. Мета роботи. Завдання дослідження. Методи дослідження.	05.04.2003	
2	Розрахунок параметрів підвісного конвеєра. Попередній розрахунок потужності і вибір електроприводу і електричного двигуна. Розрахунок механічних характеристик. Кінематична схема приводу. Розрахунок динамічного режиму електроприводу	07.05.2024	
3	Дослідження процесів при частотному регулюванні в самому електродвигуні. Прямий пуск електродвигуна. Моделювання динамічних режимів електроприводу у середовищі MATLAB Simulink. Використання методів імітаційного моделювання.	10.06.2024	
	Розрахунок економічної доцільності	11.06.2024	
	Охорона праці та безпека життєдіяльності	13.12.2023	
4	Перевірка роботи на добросовісність	14.12.2023	
5	Попередній перегляд кваліфікаційної роботи Бакалавр	17.12.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи Бакалавр	24.06.2024	

Здобувач-дипломник _____ Кінев В.В.

Керівник _____ Шейда Голбад К.А.

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

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

Здобувач-дипломник _____ Кінев В.В,

РЕФЕРАТ

Кінеєв В.В. Дослідження та вдосконалення електроприводу подвійного підйомного механізму фунікулера. Кваліфікаційна робота бакалавра. – Одеса: ОНТУ, 2024. – 71 с. Бібліогр: 14. Іл: 21. Табл: 15.

Об'єктом дослідження в даній роботі є подвійний підйомний механізм фунікулера. Предмет дослідження - електропривод даного механізму.

В роботі поставлена актуальна науково-технічна задача – теоретичне обґрунтування, моделювання і розрахунки регульованого асинхронного електропривода, що забезпечують його високі техніко-економічні, енергетичні, експлуатаційні й технологічні показники.

В роботі був розроблений і досліджений частотно-регульований електропривод подвійного підйомного механізму фунікулера. Розроблена імітаційна модель перетворювача напруги й запропонований алгоритм його роботи. Показана можливість підвищення енергетичної ефективності при використанні перетворювача напруги в порівнянні з традиційним прямим підключенням асинхронного двигуна до електричної мережі.

Установлено, що в результаті проведеного порівняння видно, що варіант електроприводу з асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором і перетворювачем частоти економічно доцільніше, ніж асинхронний двигун без регулювання, так як час окупності впроваджуваного електроприводу менше нормативного.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: асинхронний електропривод, енергетична ефективність, імітаційна модель.

ABSTRACT

Kinev V.V. Research and improvement of the electric drive of the double lifting mechanism of the funicular. Bachelor's qualifying work. – Odesa: ONTU, 2024. – 71 p. Bibliography: 14. Illustration: 21. Table: 15.

The object of research in this work is the double lifting mechanism of the funicular. The subject of research is the electric drive of this mechanism.

The work presents an actual scientific and technical task - theoretical substantiation, modeling and calculations of a regulated asynchronous electric drive, which ensure its high technical and economic, energy, operational and technological indicators.

In the work, a frequency-regulated electric drive of the double lifting mechanism of the funicular was developed and investigated. The simulation model of the voltage converter and the algorithm of its operation are proposed. The possibility of increasing energy efficiency when using a voltage converter compared to the traditional direct connection of an asynchronous motor to the electrical network is shown.

It was established that as a result of the comparison, it can be seen that the version of the electric drive with an asynchronous motor with a short-circuited rotor and a frequency converter is more economically feasible than an asynchronous motor without regulation, since the payback time of the introduced electric drive is less than the normative one.

KEY WORDS: asynchronous electric drive, energy efficiency, simulation model.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	9
1.1 Призначення та класифікація конвеєрів.....	9
1.2 Типи конвеєрів та їх конструкції	10
1.3 Пристрій та елементи підвісних конвеєрів	11
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	25
2.1 Технічні вимоги до приводу	25
2.2 Вихідні дані та розрахунок параметрів траси	31
2.3 Визначення найбільшого натягу ланцюга	32
2.3.1 Визначення передавального числа приводу барабану.....	33
2.3.2 Розподіл загального передавального числа приводу.....	33
2.3.3 Розрахунок допустимої контактної напруги	34
2.3.4 Визначення міжосьової відстані.....	36
2.4 Визначення модуля передачі.....	37
2.5 Розрахунок механічних характеристик	40
2.6 Розрахунок динамічного режиму електричного приводу.....	46
2.6.1 Розрахунок втрат енергії під час пуску і гальмуванні.....	48
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АПАРАТУРИ КЕРУВАННЯ.....	52
3.1 Вибір перетворювача частоти	52
3.2 Вибір апаратури керування.....	54
3.3 Схема вмикання частотного перетворювача	55
3.4 Вибір захисного апарату.....	58
3.5 Структурна і функціональна схема керування електроприводом.....	58
3.6 Частотне керування асинхронних двигунів.....	61
3.7 Складання структурної та функціональної схем системи ПЧ – АД.....	62

					КРБ.ЕтаМ.797-03.1.7					
Зм.	АРК.	№ документа	Підпис	Дата						
Розробив	Кінев .В.В				Дослідження та вдосконалення електроприводу подвійного підйомного механізму фунікулера	Літера	Аркуш	Аркушів		
Керівник	Шейда Голбад К.А.					у	6			
Реценз.						ОНТУ Гр, АЕМ-40				
Консульт.										

3.8 Математична модель фунікулера	64
3.9 Моделювання системи ПЧ - АД – фунікулер у середовищі MATLAB - Simulink.....	65
3.10 Прямий пуск електродвигуна.....	67
3.11 Пуск з частотним регулюванням.....	68
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОБГРУНТОВАНІСТЬ.....	71
4.1 Розрахунок капіталовкладень.....	71
4.2 Розрахунок поточних річних експлуатаційних витрат.....	72
4.3 Розрахунок витрат на електроенергію і ремонт обладнання.....	73
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	75
5.1 Безпека життєдіяльності.....	75
5.2 Виробнича санітарія і гігієна праці.....	75
5.3 Освітлення.....	77
5.4 Вентиляція.....	80
5.5 Виробничий шум і вібрація.....	81
5.6 Електробезпека.....	83
5.7 Пожежна безпека.....	84
ВИСНОВКИ.....	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	87

ВСТУП

Ідея підйому вантажу з допомогою механізмів існувала ще здавна. Найбільш старими за часом застосування є клітьові підйомники, що являють собою найпростішу конструкцію, наприклад, ворота з баддією.

Приблизно з кінця XVII початку XVIII століть почали застосовувати жорсткі напрямні для цебра.

Необхідність підвищення продуктивності клітьових витягів зумовила застосування в них механічного приводу. Довгий час для цього служили водяні колеса та кінська тяга.

Було створено також досить багато підйомних пристроїв з ручним приводом, але вони не мали практичного застосування.

Майже до кінця XIX століття клітьовий підйомник був основним механізмом, що служили для подачі матеріалу і транспорту людей, підйому корисних копалин у шахтах. З появою парової машини широко поширився паровий привід. Перші шахтні витяги з електричним приводом з'явилися у 90-х роках XIX століття. У порівнянні з паровим електричний привід був набагато економічним, і вже до кінця 30-х років XX століття у шахтному підйому застосовувався виключно електропривод.

Безперервне зростання видобутку шахт зажадало обладнання їх кількома витягами, що дозволило встановити на головних підйомах спеціальні скіпові підйомники з ковшами, що перекидаються. В даний час вони широко застосовуються не тільки в шахтах, но і на багатьох підприємствах.

Ліфти в сучасному їх розумінні з'явилися з розвитком багатоповерхового будівництва, починаючи з 60-х років минулого століття. У житлових будинках для ліфтів застосовувався гідравлічний привід. У ліфтах промислових будівель – трансмісійний привід. Зупинка та включення з прямого ходу на зворотний приводилася за допомогою спеціального відведення шляхом перестановки ременя на робочий або холостий шкіф.

Незручності обох типів були настільки великі, що після появи електричних двигунів приблизно в 80-х роках XIX століття електричний привід зайняв чільну роль.

Актуальність теми. Сфера застосування електричного приводу в промисловості, на транспорті і в побуті постійно розширюється. Сучасний електропривод являє собою конструктивну єдність електромеханічного перетворювача енергії (двигуна), силового перетворювача і пристрої управління та передавального механізму. Він забезпечує перетворення електричної енергії в механічну відповідно до алгоритму роботи технологічної установки. Понад 70-80% усієї вироблюваної в світі електричної енергії споживається електричними двигунами. Отже, ефективність енергозберігаючих технологій в значній мірі визначається ефективністю електроприводу. Розробка високопродуктивних, компактних і економічних систем приводу є пріоритетним напрямком розвитку сучасної техніки.

Об'єктом дослідження в даній роботі є електропривод вагона фунікулера з електромеханічною системою підйомного механізму для перевезення пасажирів.

Предмет дослідження - в даній роботі є електропривод вагона фунікулера з електромеханічною системою підйомного механізму для перевезення пасажирів(фунікулер).

Метою роботи дослідження та вдосконалення електроприводу вагону фунікулера, що відповідає сучасним вимогам.

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

Методи дослідження. Розробка керування електроприводу вагону фунікулера, розрахунок енергетичних та масогабаритних параметрів електроприводу вагону, розрахунок параметрів асинхронного електродвигуна, складання математичної моделі асинхронного двигуна, з використанням моделюючих програм та дослідження динамічних і статичних характеристик електромеханічної системи.

У роботі використані положення теорії електропривода та систем керування електроприводами, методи синтезу логічних схем, комп'ютерне моделювання в середовищі MATLAB/Simulink.

Науково-технічна новизна роботи полягає у розробці методики врахування особливостей асинхронних двигунів при моделюванні. Впровадження АД с частотним перетворювачем в похилих підйомних механізмах дозволить підвищити експлуатаційні і технічні характеристики та значно покращити енергетичну ефективність.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Характеристика та призначення похилого підйомного

механізму

Похилий підйомний механізм чи іншими словами (похилий ліфт) – це агрегат, призначений для підйому вантажу (сипучих та дрібнокускових матеріалів) чи людини вгору на площині під кутом по вертикалі. Основною характеристикою визначення цього виду механізму, як випливає з назви, є ухил. Він має бути між 15° і 75° . Перевищуючи це останнє значення, ми говоримо вже про вертикальні ліфти.

Під терміном «похила підйомна сила» ми маємо на увазі механічний агрегат, здатний встановлювати зв'язок між двома станціями різної висоти, слідує нелінійному, але косому шляху. Використання цього типу пристроїв є різноманітним: у торгових центрах, метро, вокзалах та аеропортах, розважальних атракціонах типу «Американських гірок», у житлових районах, або використання для перевезення людей з обмеженою рухливістю.

Фунікулер - приклад пасажирського похилого підйомного механізму, якій дозволяє відвідувати і милуватися красивими пейзажами та архітектурою, що становлять художню цінність і водночас важкодоступні. Канатні дороги теж відносяться до похилого підйомнику, але з меншим перепадом висот, і рухаються вони завдяки тяговим механізмам, не підйомним, як це відбувається у разі похилих ліфтів

Похилі підйомники можуть бути різних типів, вони мають низький вплив на навколишнє середовище та їх використання можливе як на відкритому повітрі, так і в приміщенні.

Звичайно ж похилі підйомні механізми дуже широко застосовуються у будівельній галузі, на електричних станціях, в металургійному виробництві, гірничих підприємствах тощо.



Рис.1.1 Скіповий підйомник типу NFLG HZSD

Основна частина витягу є скіп - ємність, яка заповнюється вантажем. Місткістю може бути бункер, ківш, ящик та ін. У разі транспортування вантажу скіп - це саморозвантажувальна пристрій. Розвантаження скіпу проходить через дно, або шляхом його перекидання.

Підйомник є конструкцією, що складається з металевих напрямних, системи блоків, скіпу. На скіпі встановлені ходові колеса та закріплені блоки. За допомогою системи блоків та коліс скіп переміщається по напрямних. Напрявні являють собою два швелери. Вони скріплені, поперечками та поділені на частини. Верхня частина швелерів має відгалуження. Воно відхиляється від осі напрямних. Відгалуження також є закінченням руху скіпу. Рухаючись далі, скіп розвантажувальний. Він або перекидається, або у нього відкривається дно і вантаж висипається.



Рис 1.2 Скіповий підйомач для підняття і переміщення сипучих матеріалів.

У сучасних скіпових підйомниках висота підйому становить 60-240м, швидкість підйому 4-10,2м/с, тривалість циклу підйому 57-70с, вантажопідйомність скіпу 20-40т, продуктивність 650-2000т/год. Зі збільшенням висоти скіпового підйому продуктивність його поступово знижується.

Основні переваги скіпових підйомників: великий кут підйому і, як наслідок, найкоротша відстань переміщення, мінімум капітальних робіт зі спорудження траншей, підйом великокускових порід без попереднього дріблення, простота конструкції, нескладний ремонт, можливість повної автоматизації, мала енергоємність, надійність роботи у будь-яких кліматичних умовах, можливість роздільного підйому розкривних порід і різних типів і сортів корисних копалин.

Необхідно підкреліти, що такі підйомники призначені для переміщення інертних матеріалів, наприклад, скельних порід, вугілля, шлаку і т.д.

В даний роботі ми зупиняємо нашу увагу на такий підйомний механізм як фунікулер.

1.2 Огляд існуючих типів фунікулерів

Фунікулёр, від французького funiculaire або латинського funiculus – що означає мотузка або канат - являє собою рейковий транспортний засіб з канатною тягою для перевезення людей або вантажів по крутій трасі. Фунікулер є спеціалізованим транспортом, що використовується в умовах складного рельєфу місцевості.

Перший у світі фунікулер Райсцуг у фортеці Хоензальцбург, у центрі австрійського міста Зальцбурга, побудували в 1500 року, призначений для доставки продуктів на вершину. Відвідувачі можуть побачити його на східній стіні фортеці. Як і п'ять сотень років тому, візок піднімається рейками з двору Ноннберзького абатства через двері у стінах замку.

Маршрут починається біля Ноннберзького абатства під східною стіною замку; потім дорога слідує під ухилом 65 % до центрального двору фортеці.



Рис. 1.3 Райсцуг. Вид на маршрут знизу. Вагон Райсцуга

Фунікулери можна побачити у багатьох країнах Європи та всього світу. Виконуючи транспортну роботу, вони одночасно стають атракціоном, предметом уваги туристів.

Фунікулер Гельмербан вважається найкрутішим у Європі, його нахил складає 46° . Довжина дороги – трохи більше кілометра, перепад висот – близько 450 м. Відкритий вагон за 12 хвилин доставляє 24 пасажирів до озера Гельмер. Фунікулер був побудований в 1926 році для технічних потреб і обслуговування місцевої ГЕС, а для перевезення пасажирів використовується тільки з 2001 року.



Рис. 1.4 Фунікулер Гельмербан

Фунікулер в Оберландському регіоні швейцарських Альп з'єднує село Меленен з вершиною «Швейцарської піраміди». «Нізенбан» є найдовшим фунікулером у світі – 2,2 кілометри.



Рис. 1.5 Фунікулер Нізенбан

Загребський фунікулер — один із найкоротших у світі. Довжина траси складає 66 метрів. Фунікулерна лінія розташована в історичній частині міста та пов'язує Нижнє та Верхнє місто. Фунікулер був офіційно введений в експлуатацію для перевезення пасажирів у 1890 році.



Рис. 1.6 Загребський фунікулер

Серед найвідоміших фунікулерів світу знайшов своє місце і фунікулер на пік Вікторії (1364 метри), що у Гонконга. Він був відкритий у 1888 році. Поїздка до «Піка Тауер» – самої вершини піку Вікторії триває 15 хвилин, за які долається відстань 3 кілометри під кутом до 45°.



Рис. 1.7 Фунікулер на пік Вікторії, Гонконг

Одеський фунікулер є найстарішим в Україні - побудували його в 1902 році. Перепад висот між плато Приморського бульвару та вулицею Приморською – близько тридцяти метрів. Не дивно, що вже понад сто років тому тут виникла перша підйомна машина, яка зв'язала аристократичний бульвар із «нижнім містом».



Рис. 1.8 Стара Одеса. Фунікулер

Незважаючи на колишню назву, що збереглася, технічно сучасний Одеський фунікулер - це подвійний похилий ліфт, де кожна з двох кабін рухається між двома станціями незалежно від іншої по своєму власному шляху. Місткість kabіни - 12 осіб. Управління здійснюється ліфтером у кожній kabіні. Довжина колій Одеського фунікулера - 130 м, ширина - 1 м. Кут нахилу - 36°. Противага для кожної kabіни - 3 тонни. Колеса на безкамерних шинах. Час у дорозі - 4,5 хвилини.



Рис. 1.8 Одеський фунікулер, сучасний вигляд

1.3. Загальні характеристики фунікулера

Основні характеристики фунікулера включають довжину його шляху, кут підйому, максимальну вантажопідйомність та швидкість руху. Фунікулери застосовуються у тих місцях, де інші види транспорту не можуть бути використані через складні місцеві умови.

Принцип роботи фунікулера полягає у використанні гравітації та механічної системи тяги. Для забезпечення руху вагонів використовується система тросів та воріт.

Існує кілька типів фунікулерів. Найпоширенішою є схема з двома вагонами, жорстко з'єднаними канатом, перекинутим через двигун, розміщений на верхній станції. У такій схемі двигун розташований не на самому вагоні, а на спеціальній станції. Двигун приводить в рух перекинутий через нього і покладений між опорними рейками канат, на кінцях якого жорстко закріплені вагони. Вагони, таким чином, роз'їжджаються в середині лінії. Прикладом є Київський фунікулер. Така схема найбільш економічна — енергія витрачається не на підйом і спуск самих вагонів, а фактично на перевезення різниці у вазі двох вагонів, по-різному наповнених пасажирями, а також на подолання сили тертя і на гальмування.

Для пересування вагонів фунікулера використовується сталевий кабель, який жорстко прикріплений між його вагонами. У двох кінцевих пунктах цей металічний агрегат перекидається через лебідку, де відбувається безперервне намотування на барабани. Останні в свою чергу рухаються за допомогою електродвигуна, який частіше за все розміщений на верхній станції фунікулера.

У фунікулері з водяним баластом різниця у вазі між вагонами компенсується водою, яка виконує роль противаги. Зовнішній двигун, у такому разі, не потрібен.

Для фунікулерів типовими є відносно короткі (найчастіше кілька сотень метрів) траси з дуже крутим ухилом, що досягає в середньому 70% (35°). Ухил на трасі зазвичай постійний, але іноді трохи варіюється на різних ділянках.

Для організації шляхів фунікулерів використовуються три схеми: чотирирейкова, трирейкова та дворейкова.

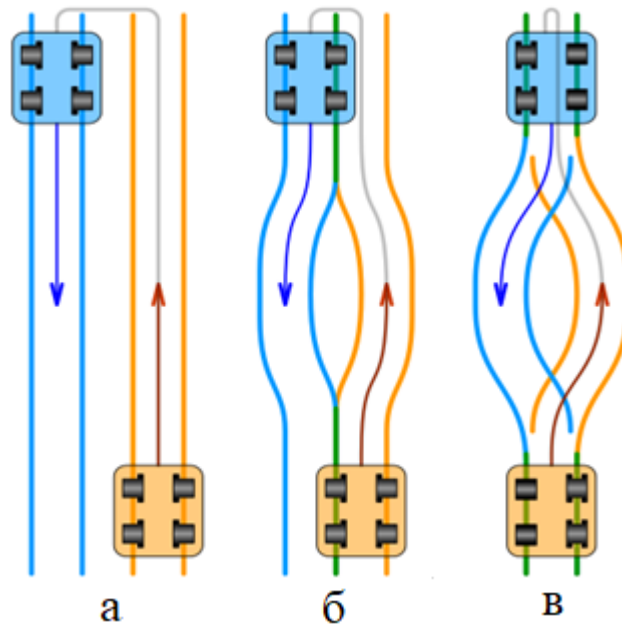


Рис. 1.8 Схеми шляхів фунікулерів: а- чотирирейкова; б – трирейкова; в - дворейкова. Рейки, що позначені зеленим кольором, використовуються обома вагонами.

В останньому випадку для пропуску вагонів на роз'їзді застосовується стрілочний перекид Абта, з використанням у вагонах колісних пар особливої конструкції, де одне з коліс має реборди з двох сторін - внутрішньої та зовнішньої, а на іншому колесі реборди немає зовсім, але воно має більшу ширину для полегшення його проходження між розривами рейок.

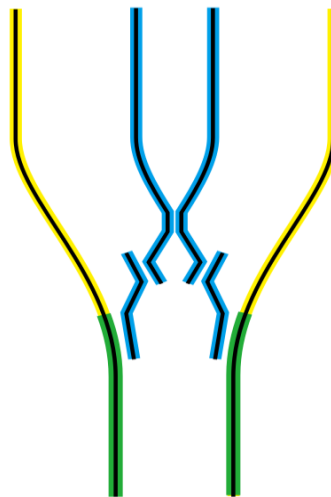


Рис. 1.9 Схема стрілочного перекиду Абта

Фунікулери зазвичай мають лише дві станції - верхню та нижню. У цьому випадку вагон рухається трасою без зупинки від початку до кінця. За наявності у фунікулера проміжних станцій, зупинка вагончика біля проміжної станції може

бути передбачена графіком руху (Празький фунікулер) або робитись за додатковою заявкою пасажирів (Карловарський фунікулер «Діана»).

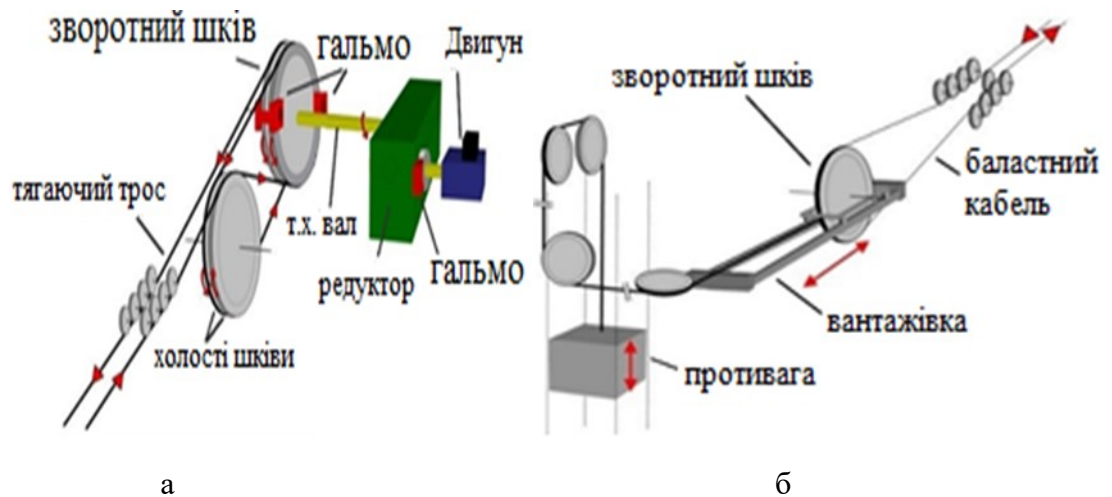


Рис.1.10 а - машинне відділення верхньої станції; б - механізм нижньої станції

Вагони фунікулера проектується індивідуально під кожен трасу, з урахуванням її крутості. Таким чином, будучи поставлені на горизонтальну поверхню, вони виглядали б «скособоченими». Замість одиночних вагонів можуть курсувати потяги з декілька вагонів.

1.4 Порівняння з іншими видами транспорту

Фунікулер – це система громадського транспорту, що є похиленим ліфтом на рейках, що рухається по крутому відмінку. Він є альтернативою стандартному потягу або ескалатору для переміщення людей з нижнього рівня на верхній та навпаки.

Хоча підйомники даного типу оснащуються такими ж елементами, як і звичайні вертикальні ліфти і це робить їх установку і обслуговування простими і доступними, тим не менш, у них є і свої особливості. Напрямні, по яких їздить кабіна і лебідка не потребують змащення, тому похиле обладнання абсолютно екологічне. Крім традиційних елементів в кабінах встановлюються стійкі до ударів і механічних пошкоджень безпечні автомобільне скло. Кабіни похилих ліфтів можна замовити з бічними і передніми дверцятами, одинарними або

подвійними, і механізмом відкривання, розташованим зверху або знизу. Похилі підйомники можна зробити з машинним відділенням і без.

Похилі ліфти досить близькі за своїм призначенням і зовнішнім виглядом до фунікулерів, відмінним критерієм у цьому випадку буде зчіпка, яка за визначенням дозволить безпомилково віднести цей пристрій до фунікулерів. Якщо ж платформи або вагони, що піднімаються і опускаються, не з'єднані один з одним тросом і переміщуються незалежно один від одного, то йдеться про похилий ліфт.

За влаштуванням до фунікулера близькі і канатна дорога, і трамвай на канатній тязі. Відмінності фунікулера від рейкового трамвая в тому, що лінія фунікулера прокладається на короткому протязі, як правило з великим постійним ухилом, спрямованим в один бік на всьому протязі траси.

1.5. Структура та оснащення фунікулера

Вагони (пасажирські кабіни) – це основні засоби пересування фунікулером. Вагони кріпляться за допомогою тросів і можуть бути виконані в різних варіантах: закриті, відкриті або напіввідкриті. Вагони оснащені двома незалежними системами гальм для безпеки пасажирів.

Троси – основні елементи, що забезпечують рух фунікулера. Троси йдуть уздовж траси та закріплюються на спеціальних станціях призначення. Один трос за допомогою спеціального приводного пристрою рухається вперед, тоді як інший трос, який знаходиться нижче за перший, рухається назад. Обидва троси з'єднані на передній і задній станціях, що дозволяє їм працювати як у роботі на майданчиках, що рухаються, так і в режимі без пасажирів.

Станції призначення – це пункти початку та кінця маршруту фунікулера. На станціях знаходяться платформи для посадки та висадки пасажирів, а також спеціальне обладнання для керування рухом тросів. Крім того, на станціях встановлюються системи безпеки та контролю якості.

Опори (стовпи та щогли) – це елементи, які підтримують троси та дозволяють їм бути натягнутими. Опори встановлюються на певному відстані

Вихідні данні	Позначення	Значення
Вага порожнього візка	G , кН	26
Вага противаги	$G_{П}$, кН	30
Найбільша вага вантажу	$G_{В}$, кН	9,6
Діаметр колес візка	$D_{К}$, м	0,5
Діаметр цапфи	$D_{Ц}$, см	9
Діаметр барабана	$D_{Б}$, м	0,5
Момент інерції барабана	$j_{Б}$, кг м ²	77
Швидкість візка при підйомі	$V_{П}$, м/с	0,5
Швидкість візка при спуску	$V_{С}$, м/с	0,7
Прискорення при підйомі	$\alpha_{П}$, м/с ²	0,5
Гальмування при підйомі	$\alpha_{ГП}$, м/с ²	0,8
Прискорення при спуску	$\alpha_{С}$, м/с ²	0,7
Гальмування при спуску	$\alpha_{ГС}$, м/с ²	0,6
Шлях підйому	L , м	130
Кут нахилу шляху	α , °	37

РОЗДІЛ 2. ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

2.1. Попередній розрахунок потужності електричного двигуна

Потужність приводного електродвигуна витрачається в більшій мірі на корисну роботу: підйом кабіни(вагон фунікулера) на певну висоту, сповзаючи з якою, він переміщується і поступово переміщається до наступної станції, і в меншій мірі - на подолання шкідливих опорів. До шкідливих опорів відноситься тертя ковзання між поверхнями колес вагону, тертя канату и шківів, опорних

роликів і вкладишів підшипників, тертя кочення бандажів по опорним роликам тертя у приводному механізмі і тертя решт корпусу барабана про поверхні деталей ущільнювачів пристроїв.

2.2. Розрахунок статичних потужностей механізму в сталих режимах

Потрібна потужність на підйом кабіни фунікулера чи подолання силу тертя можна визначити за формулою:

$$F_{\text{ТР}} = K \cdot \frac{F_N}{R_K} \cdot (\mu \cdot r_{\text{ц}} + f) \quad (2.1)$$

де F_N - складова сили ваги, що перпендикулярна траєкторії руху;

R_K - радіус колеса візка;

$R_{\text{ц}}$ - радіус цапфи колеса візка;

μ - коефіцієнт тертя ковзання в цапфі, $\mu = 0,01$;

f - тертя ковзання між цапфою і барабаном, $f = 0.7 \cdot 10^{-3}$;

k - коефіцієнт що враховує тертя реборт коліс по рейкам, $k = 1.2$

Визначаємо складову сили ваги, що перпендикулярна траєкторії руху(сила яка витрачається на рух вагону фунікулера):

- при підйомі вантажу:

$$F_{\text{НП}} = (G + G_B) \cdot \cos \alpha = (26 + 9,6) \cdot \cos 37^\circ = 28,5 \text{кН} \quad (2.2)$$

- при зворотному ході(спуску):

(Вага вантажу - $G_B = 0$ -при спуску).

$$F_{\text{НС}} = G \cdot \sin \alpha = 26 \cdot \sin 37^\circ = 15,7 \text{кН}, \quad (2.3)$$

Тепер визначаємо силу тертя:

- при підйомі вантажу:

$$F_{\text{ТРП}} = 1.2 \frac{28,5}{0.5} \cdot (0.01 \cdot 0,09 + 0.0007) = 0,11 \text{кН} \quad (2.4)$$

- при зворотному ході(спуску):

$$F_{\text{TRC}} = 1.2 \frac{15,7}{0,7} \cdot (0,01 \cdot 0,09 + 0,0007) = 0,024 \text{кН} \quad (2.5)$$

Знаходимо силу, що необхідна для руху візка в усталеному режимі:

- при підйомі вантажу:

$$F_{\text{П}} = F_{\text{НП}} + F_{\text{TRП}} - G_{\text{П}} = 28,5 + 0,11 - 30 = 15,26 \text{кН} \quad (2.6)$$

- при зворотному ході(спуску):

$$F_{\text{C}} = F_{\text{NC}} + F_{\text{TRC}} - G_{\text{П}} = 15,7 + 0,24 - 30 = -14,06 \text{кн.} \quad (2.7)$$

(знаком “-” можна знехтувати , так як режим роботи двигуна реверсний)

Розраховуємо потужності механізму в сталих режимах:

- при підйомі вантажу:

$$P_{\text{разП}} = F_{\text{П}} \cdot V_{\text{П}} = 28,5 \cdot 0,5 = 14,25 \text{кВт} \quad (2.8)$$

- при зворотному ході(спуску):

$$P_{\text{разC}} = F_{\text{C}} \cdot V_{\text{C}} = 15,7 \cdot 0,7 = 11 \text{кВт} \quad (2.9)$$

Зі значення $P_{\text{П}}=14,25$ кВт, вибираємо тип , номінальну потужність передачі двигуна, обираємо двигун с наступною максимальною потужністю

так що, двигун АІР 180 М6 18,5 кВт 1000 об/хв.

Таблиця 2.1 - Паспортні дані двигуна: АІР 180 М6 18,5 кВт 1000 об/хв.

Таблиця 2.1

Характеристика електродвигуна	АІР180М6
Потужність	18,5
Частота обертання поля статора	1000 об/хв

Швидкість обертання валу	980 об/хв
Тип	Асинхронний
Напруга живлення	Трехфазное, 380/660 вольт
Монтажне виконання	Лапи/фланець/комбіноване
Номінальний струм	38,6 А
ККД(η)	90,0 %
Співвідношення моментів струму Мп/Мн	2,1
Співвідношення моменту сили Мmax/Мн	2,1
Відношення струму Іп/Ін	7,0
Момент інерції	0,09 кг·м ²
Діаметр валу	55 mm
Вага	185,6 кг.
Рівень шуму	до 76 дБ

2.2.1 Розрахунок параметрів механічної передачі та потужності двигуна

проводимо кінематичний розрахунок приводу похилого підйомного механізму (фунікулера), для цього потрібно почати з визначення основних кінематичних та силових моментів електроприводу в цілому та окремих його елементів, кінематичні параметри ео швидкості та частоти обертання, а силові параметри це потужність і звичайно ж крутний момент.

Розглянемо основні етапи кінематичного розрахунку, у перших нам необхідно проаналізувати задану кінематичну схему задану або якщо вона нам не задана то вибрати її тобто розробити.

Далі визначаються коефіцієнти корисної дії приводу в цілому і необхідної потужності електродвигуна, наступним кроком є визначення передавального відношення приводу в цілі, далі розбивається передаточне відношення приводу на окремі ступені і на кінець розсиваються швидкості обертання, потужності і обертові моменти на кожному валу кожний згаданий крок.

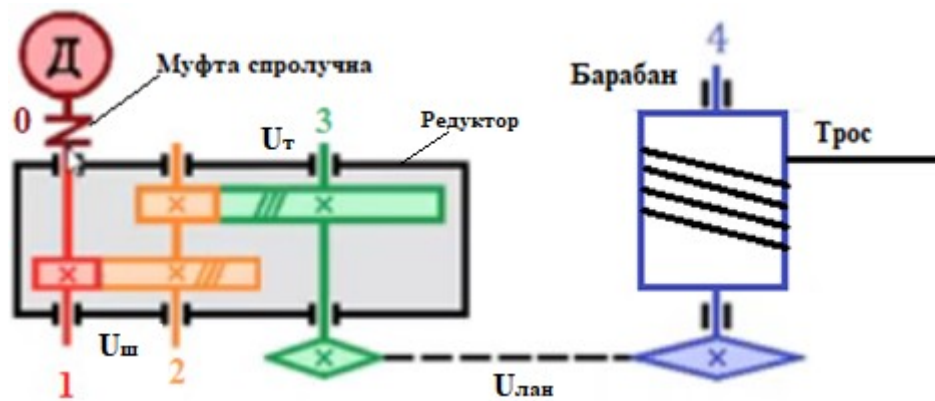


Рис. 2.1- кінематична схема приводу

Д- мотор, 0- вал електродвигуна, муфта сполучна, редуктор (циліндричний косозубий двоступінчастий) 1- первинний вал редуктора, 2- проміжний вал редуктора, 3- тихохідний вал, 4- приводний вал, барабан розташований на приводному валу та на ньому намотаний трос.

Таблиця 2.2 - довідкові дані для розрахунку кінематичної схеми приводу, кд передач, опор та муфт:

Типи передач	η
зубчаста (закрита з опорами) циліндрична	0,96 ... 0,98
конічна	0,95 ... 0,97
Планетарна(закрита)	

одноступінчаста	0,9 ... 0,95
двоступінчаста	0,85 ... 0,9
черв'якова закрита при передавальному числі	
св. 30	0,7 ... 0,8
св. 14 до 30	0,75 ... 0,85
св. 8 до 14	0,8 ... 0,9
ремінна всі типи	0,94 ... 0,96
ланцюгова	0,92 ... 0,95
муфта сполучна	0,98
підшипники кочення (одна пара)	0,99

Так само з того ж підручника по деталях машин вибираємо передатне число редуктора, там є рекомендовані та граничні значення, звичайно намагатимемося брати рекомендовані, але якщо є необхідність можемо посунути у бік придільного значення.

з попередніх розрахунків обчислили тягове зусилля троса при підйомі вагонки (2.2), так само знаємо швидкість руху вогонки(фунікулера), в першу чергу потрібно знайти потужність на вихідному валу (вал №4)

$$P_B = \frac{F_{Тп} \cdot v}{1000} = \frac{28000 \cdot 0,5}{1000} = 14,5 \text{кВт}, \quad (2.10)$$

Далі потрібно розрахувати ККД приводу:

$$\eta_{заг} = \eta_{лан} \cdot \eta_{зуб}^2 \cdot \eta_{м} \cdot \eta_{оп}^4 \quad (2.11)$$

Де $\eta_{заг}$ – загальне ККД привода

$\eta_{\text{лан}}$ – ККД ланцюгової передачі. 0.93

$\eta_{\text{зуб}}^2$ - ККД ККД зубчастої передачі. 0.97

$\eta_{\text{м}}$ – ККД муфти. 0.98

$\eta_{\text{оп}}^4$ – ККД опор. 0.99

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{лан}} \cdot \eta_{\text{зуб}}^2 \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{оп}}^4 = 0.93 \cdot (0.97)^2 \cdot 0.98 \cdot (0.99)^4 = 0.824 \quad (2.12)$$

Використовуючи довідкові дані з таблиці 2.1, легко можна розрахувати скільки потужності в цьому приводі буде губитися, виходячи з отриманого результату трохи більше 18%, через тертя між усіма деталями, перемішування масла, всілякі ковзання і т.д.

Далі розрахуємо необхідну потужність електродвигуна, виходячи їх втрати, які ви обчислили в розрахунках:

$$P_{\text{д}} = \frac{P_{\text{в}}}{\eta_{\text{заг}}} = \frac{14.5}{0.824} = 17.5 \text{ кВт} \quad (2.13)$$

Де $P_{\text{д}}$ – необхідна потужність електродвигуна з урахуванням всіх втрат.

Тепер потрібно розрахувати частоти обертання приводного валу тобто вал № 4, за такою формулою:

$$n_{\text{в}} = n_4 = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\text{б}}} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 0.5}{3.14 \cdot 500} = 24.1 \text{ об/хв}, \quad (2.14)$$

Де $n_{\text{в}}$ - частота обертання вихідного (приводного) валу.

$D_{\text{б}}$ - Діаметр барабану в ММ.

Попередньо призначити передавальні числа з рекомендованого діапазону (середні значення), звичайно ж ці числа як мінімум два рази будуть скориговані, один раз коли ви виконаємо остаточний кінематичний розрахунок, а другий раз коли будемо робити безпосередній розрахунок зубчастих коліс.

Для швидкохідного ступеня редуктора $u_{\text{ш}} = 4.4$

Для тихохідного ступеня редуктора $u_T = 4.1$

для ланцюгової передачі $u_{\text{лан}} = 2.3$

Знаходимо n_D попереднє необхідне число обертання валу електродвигуна:

$$n_D = n_B \cdot u_{\text{ш}} \cdot u_T \cdot u_{\text{лан}} = 24.1 \cdot 4.4 \cdot 4.1 \cdot 2.3 = 999 \text{ об/хв}, \quad (2.15)$$

Після того, що ми знайшли вихідну потужність приводу та частоту обертання вихідного валу з таблиці яка є в будь-якому довіднику по деталях та машинах вибираємо відповідний нам електродвигун, але при виборі електродвигуна, вибирають наступний максимум по потужності з таблиці тобто. при розрахунковій потужності 17.5 кВт, вибираємо 18.5 кВт, з числом оборотів 1000 об/хв(синхронна частота), з таблиці за довідковими даними, після вибору електродвигуна з урахуванням ковзання знаходимо асинхронне обертання валу електродвигуна 980 об/хв.

Після того, як знайшли число оборотів нульового валу приводу, нам потрібно знаходити уточнене значення передавального відношення (числа) приводу за такою формулою

$$u_{\text{заг}} = \frac{n}{n_B} = \frac{n_0}{n_4} = \frac{980}{24.1} = 40.1 \quad (2.16)$$

Використовуючи рекомендації з будь-якого підручника чи довідника, розбиваємо це підрядне по сходах , далі для початку визнали передатне відношення ланцюгової передачі, тут ми його залишаємо таким яким воно було тобто без змін $u_{\text{лан}} = 2.3$.

наступним кроком нам потрібно визначити передатне відношення редуктора за формулою

$$u_{\text{ред}} = \frac{u_{\text{заг}}}{u_{\text{лан}}} = \frac{40.1}{2.3} = 17.4 \quad (2.17)$$

тепер передавальне число редуктора ділимо між швидкохідним ступенем і тихохідним ступенем і одержуємо передатне число за допомогою рекомендованої формули

передатне відношення тихохідного ступеня редуктора

$$u_T = 0.88\sqrt{u_{ред}} = 0.88\sqrt{4.17} = 3.67 \quad (2.18)$$

Тут нам потрібно звернути увагу на той факт, що передавальне відношення тихохідного валу менше ніж швидкохідної ступіни, і це пов'язано з тим, що тихохідна ступінь більше завантажена і відповідно швидкохідної ступіни і зразумило, що більшого розміру.

Тепер, маючи всі необхідні дані, ми можемо легко знайти передавальне відношення швидкохідної ступіни за формулою

$$u_{ш} = \frac{u_{ред}}{u_T} = \frac{17.4}{3.67} = 4.74 \quad (2.19)$$

наступним і останнім кроком є визначення кінематичних і параметри (характеристики) потужності кожного валу редуктора окремо

Вал № 0 – вал електродвигуна.

$$n_0 = 980 \text{ об/хв,}$$

$$P_0 = 14.5 \text{ кВт,}$$

За формулою ми обчислюємо крутний момент

$$T_0 = 9550 \cdot \frac{P_0}{n_0} = \frac{9550 \cdot 14.5}{980} = 141.3 \text{ Н·М,} \quad (2.20)$$

Вал № 1 - вхідний чи швидкохідний вал редуктора.

$$n_1 = n_0 = 980 \text{ об/хв,}$$

$$P_1 = P_0 \cdot \eta_M \cdot \eta_{оп} = 14.5 \cdot 0.98 \cdot 0.99 = 14.06 \text{ кВт,} \quad (2.22)$$

За формулою ми обчислюємо крутний момент

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{P_1}{n_1} = \frac{9550 \cdot 14.06}{980} = 131.6 \text{ Н}\cdot\text{М}, \quad (2.23)$$

Вал № 2 - Проміжний вал редуктора.

$$n_2 = \frac{n_2}{u_{ш}} = \frac{980}{4,74} = 206.7 \text{ об/хв}, \quad (2.24)$$

$$P_2 = P_2 \cdot \eta_m \cdot \eta_{зуб} = 14.06 \cdot 0.99 \cdot 0.97 = 13.5 \text{ кВт}, \quad (2.25)$$

За формулою ми обчислюємо крутний момент

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{P_2}{n_2} = \frac{9550 \cdot 13.5}{206.7} = 623.7 \text{ Н}\cdot\text{М}, \quad (2.26)$$

Вал № 3 - тихохідний вал редуктора.

$$n_3 = \frac{n_2}{u_T} = \frac{206.7}{3.67} = 56.3 \text{ об/хв}, \quad (2.27)$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{зуб} = 13.5 \cdot 0.99 \cdot 0.97 = 12.95 \text{ кВт}, \quad (2.28)$$

За формулою ми обчислюємо крутний момент проміжного валу

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{P_3}{n_3} = \frac{9550 \cdot 12.96}{56,3} = 2198,4 \text{ Н}\cdot\text{М}, \quad (2.29)$$

Вал № 4 - тихохідний вал привода.

$$n_4 = \frac{n_3}{u_{лан}} = \frac{56.3}{2.3} = 24.5 \text{ об/хв}, \quad (2.30)$$

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{лан} = 12.95 \cdot 0.99 \cdot 0.93 = 12.4 \text{ кВт}, \quad (2.31)$$

За формулою ми обчислюємо крутний момент проміжного валу

$$T_4 = 9550 \cdot \frac{P_4}{n_{лан}} = \frac{9550 \cdot 12.4}{24.5} = 4833.5 \text{ Н}\cdot\text{М}, \quad (2.32)$$

Таблиця 2.2 – Результати кінематичних та потужних обчислень електричного приводу механізму підйому фунікуляра

№ валу	n , об/хв	P , кВт	T , Н·м
--------	-------------	-----------	-----------

0	980	14.5	141.3
1	980	14.06	131.6
2	206.7	13.5	623.7
3	56.3	12.95	2198.4
4	24.5	12.4	4833.5

2.3. Розрахунок діаграми швидкості механізму

Діаграма швидкості механізму, в іншому масштабі, є і тахограмою двигуна. Відповідно до завдання в перехідних процесах рух привода є рівноприскореним чи рівноуповільненим. У цьому випадку елементи діаграми розраховуються за допомогою простих співвідношень.

Час розгону чи гальмування

$$t_{\text{пр}} = \frac{V}{|\alpha|}, \quad (2.33)$$

де V – задана швидкість механізму, м/с;

$|\alpha|$ - абсолютне значення прискорення, м/с².

Знаходимо час:

- Час розгону при підйомі:

$$t_{\text{рп}} = \frac{V_{\text{п}}}{|\alpha_{\text{п}}|} = \frac{0.5}{0.5} = 1\text{с} \quad (2.34)$$

- Час гальмування при підйомі:

$$t_{\text{гп}} = \frac{V_{\text{п}}}{|\alpha_{\text{гп}}|} = \frac{0.5\text{м/с}}{0.8\text{м/с}^2} = 0.63\text{с} \quad (2.35)$$

- Час розгону при спуску:

$$t_{\text{рс}} = \frac{V_{\text{с}}}{|\alpha_{\text{с}}|} = \frac{0.7\text{м/с}}{0.7\text{м/с}^2} = 1 \quad (2.36)$$

- Час гальмування при спуску:

$$t_{\text{гс}} = \frac{V_c}{|\alpha_{\text{гс}}|} = \frac{0,7}{0,6} = 1,17\text{с} \quad (2.37)$$

Шлях розгону чи гальмування

$$l_{p,\Gamma} = V_0 \cdot t_{p,\Gamma} + \frac{\alpha \cdot t_{p,\Gamma}^2}{2}, \quad (2.38)$$

де V_0 – початкова швидкість перехідного процесу, м/с.

Знаходимо шлях:

- розгону при підйомі:

$$l_{p\Pi} = V_{\Pi} \cdot t_{p\Pi} + \frac{a_{\Pi} \cdot t_{p\Pi}^2}{2} = 0,5 \cdot 1 + \frac{0,5 \cdot 1^2}{2} = 0,75\text{м} \quad (2.39)$$

- гальмування при підйомі:

$$l_{\Gamma\Pi} = V_{\Pi} \cdot t_{\Gamma\Pi} + \frac{a_{\Gamma\Pi} \cdot t_{\Gamma\Pi}^2}{2} = 1 \cdot 1,25 + \frac{0,8 \cdot 1,25^2}{2} = 1,88\text{м} \quad (2.40)$$

- розгону при спуску:

$$l_{p\text{с}} = V_c \cdot t_{p\text{с}} + \frac{a_c \cdot t_{p\text{с}}^2}{2} = 0,7 \cdot 1 + \frac{0,7 \cdot 1^2}{2} = 1,05\text{м} \quad (2.41)$$

- гальмування при спуску:

$$l_{\text{гс}} = V_c \cdot t_{\text{гс}} + \frac{a_{\text{гс}} \cdot t_{\text{гс}}^2}{2} = 0,7 \cdot 1,17 + \frac{0,6 \cdot 1,17^2}{2} = 1,12\text{м} \quad (2.42)$$

Шлях сталого руху

$$L_{\text{СТ}} = L_3 - (L_p + L_{\Gamma}), \quad (2.43)$$

де L_3 – заданий шлях переміщення, м;

L_p, L_{Γ} – шлях розгону і гальмування, м.

Знаходимо шлях сталого руху :

-при підйомі:

$$L_{\text{УСП}} = L_3 - (L_{p\Pi} + L_{\Gamma\Pi}) = 130 - (0,75 + 1,88) = 127,4\text{м} \quad (2.44)$$

-при спуску:

$$L_{ycc} = L_3 - (L_{pc} + L_{rc}) = 130 - (1,05 + 1,12) = 127,8\text{м} \quad (2.45)$$

Час сталого руху:

$$t_{yc} = \frac{L_{yc}}{v} \quad (2.46)$$

Знаходимо час сталого руху:

- при підйомі:

$$t_{ycп} = \frac{L_{ycп}}{v_{п}} = \frac{127,4}{0,5} = 254,8\text{с} \quad (2.47)$$

- при спуску:

$$t_{ycc} = \frac{L_{ycc}}{v_c} = \frac{127,8}{0,7} = 182,6\text{с} \quad (2.48)$$

За результатами розрахунків необхідно побудувати тахограму похилого підйомного механізму(фунікулера).

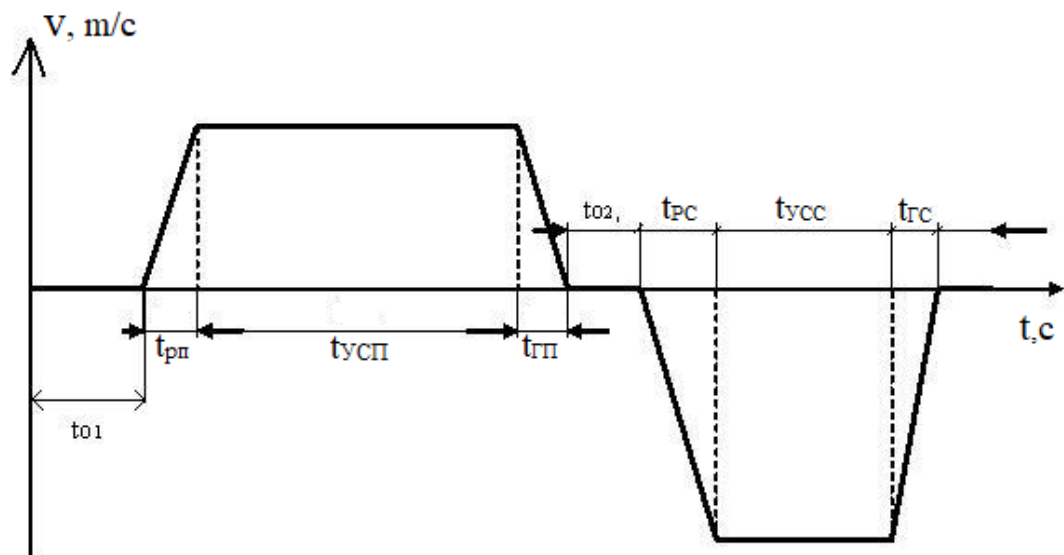


Рис. 2.2 - тахограму похилого підйомного механізму(фунікулера)

Де t_{01} час зупинки перед підйомом.

$t_{рп}$ – час розгону фунікулера при підйомі.

$t_{УСП}$ – час усталого руху фунікулера при підйомі.

$t_{ГП}$ - час гальмування при підйомі.

t_{02} – час зупинки перед спуском.

$t_{РС}$ - час розгону фунікулера при спускі.

$t_{УСС}$ - час усталого руху фунікулера при спускі.

$t_{ГС}$ - час гальмування при підйомі.

2.4. Розрахунок механічних характеристик

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

Механічні характеристики електродвигуна і виробного механізму можна знайти за допомогою наступних вираз:

Потужність двигуна: в загалі у двигуна є 2 потужності, перша потужність яку споживає двигун з мережі, а друга потужність яку видає на вал машини P_2 или $P_{НОМ} = 18.5$ кВт, фактично це $(\omega_2 \cdot M_{ел})$.

номінальна напруга: $U_{НОМ} = 380$ В

число обертів ротору: $n_2 = 980$ об/хв чи 102.6 рад/с.

номінальний коефіцієнт потужності: $\cos \varphi = 0.84$

номінальний ККД: $\eta_{НОМ} = 90\%$,

кратність пускового струму: $K_I = 7.0$

кратність пускового моменту: $K_{П} = 2.1$

максимальний чи критичний момент $M_K = M_{max} = 2.1$

момент інерції ротора: $J = 0.09$ кг· м²

Номінально частота обертання вибраного двигуна

$$\omega_{\text{НОМ}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{НОМ}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 980}{30} = 102,6 \text{ рад/с} \quad (2.49)$$

синхронна частота обертання поля статора:

$$\omega_{\text{НОМ}} = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,7 \text{ рад/с} \quad (2.50)$$

Номинальний момент:

$$M_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{18500}{102,6} = 180,3 \text{ Н·м} \quad (2.51)$$

Критична ковзання двигуна:

$$S_{\text{к}} = S_{\text{НОМ}} \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,02 \cdot (2,1^2 - 1) = 0,0682 \quad (2.52)$$

$$M_{\text{к}} = M_{\text{НОМ}} \cdot \lambda = 2,1 \cdot 187,8 = 394,4 \text{ Н·м} \quad (2.54)$$

Знаходимо ковзання:

$$S(\omega) = S = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} \quad (2.55)$$

скористаємося г подібною схемою заміщення:

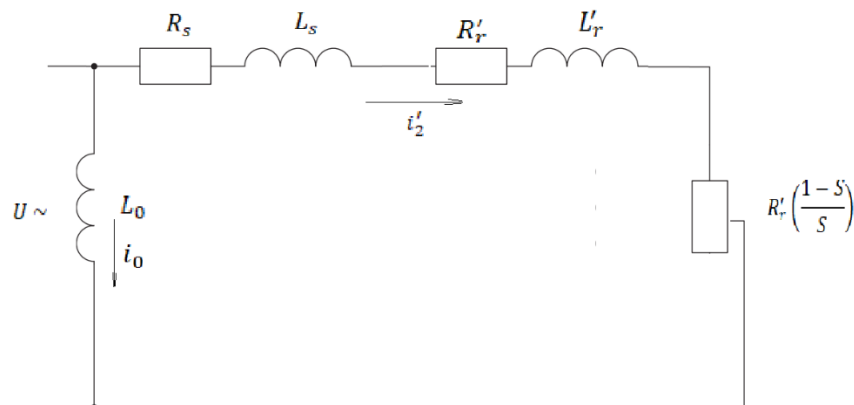


Рис 2.3 – Г подібна заступна схема АД

запишемо систему рівняння для нашої математичної моделі:

- $L_0 \cdot \frac{di_0}{dt} = U$

$$2. (L_S + L'_r) \cdot \frac{di'_2}{dt} + i'_2 \left(R_S + R'_r + R'_r \left(\frac{1-s}{s} \right) \right) = U$$

далі запишемо рівняння динаміки електричних машин, який встановлює взаємозв'язок між швидкістю і моментом

$$3. J \frac{d\omega}{dt} = M_{ДВ} - M_H$$

Де M_H – момент навантаження.

рівняння механічної характеристики АД(формула Клосса):

$$M(\omega) = - \frac{2 \cdot M_K}{\frac{s(\omega)}{s_K} + \frac{s_K}{s(\omega)}} \quad (2.56)$$

Різні виробничі машини мають різні механічні характеристиками. Деякі узагальнення можна отримати, якщо скористатися наступною емпіричною формулою:

$$M_c = M_0 + (M_{с.ном} - M_0) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{ном}} \right)^x \quad (2.57)$$

Де:

M_c - момент опору виробничого механізму при швидкості ω ;

M_0 - момент тертя в рухомих частинах механізму;

$M_{о.ном}$ - момент опору при номінальній швидкості $\omega_{ном}$;

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

Барабанна підйоника відноситься до механізму, що не залежить від швидкості. При цьому $x = 0$ та момент опору M_c не залежить від швидкості ω .

Пуск двигуна підйомного механізму відбувається при не заповненому барабані тому пускові моменти АД загальнопромислових серій на природній механічній характеристиці невеликі і становлять (0,3 - 2,5) M_H . Струми ротора і статора надзвичайно великі і досягають (5 - 10) I_H .

Визначаємо пусковий момент двигуна:

$$M_{\Pi} = K_{\Pi} \cdot M_{ном} = 2,1 \cdot 187,8 = 394,4 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.58)$$

пусковий струм двигуна:

$$I_n = K_i \cdot I_{\text{НОМ}} = 7 \cdot 38,6 = 270,2 \text{ А} \quad (2.59)$$

$$\text{при } \omega=0 \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{0 \text{ рад/с}}{104,7 \text{ рад/с}} = 1 \quad (2.58)$$

$$\text{при } \omega=10 \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{10 \text{ рад/с}}{104,67 \text{ рад/с}} = 0,904 \quad (2.59)$$

$$\text{при } \omega=20, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{20 \text{ рад/с}}{104,67 \text{ рад/с}} = 0,809 \quad (2.60)$$

$$\text{при } \omega=30, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{30 \text{ рад/с}}{104,67 \text{ рад/с}} = 0,7134 \quad (2.61)$$

$$\text{при } \omega=60, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{60 \text{ рад/с}}{104,67 \text{ рад/с}} = 0,42 \quad (2.62)$$

$$\text{при } \omega=70, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{70 \text{ рад/с}}{104,67 \text{ рад/с}} = 0,331 \quad (2.63)$$

$$\text{при } \omega=90, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{90 \text{ рад/с}}{104,67 \text{ рад/с}} = 0,14 \quad (2.64)$$

$$\text{при } \omega=100 \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{100 \text{ рад/с}}{104,67 \text{ рад/с}} = 0,045 \quad (2.65)$$

$$\text{при } \omega=104,67, \quad s(\omega) = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{104,67 \text{ рад/с}}{104,67 \text{ рад/с}} = 0 \quad (2.66)$$

$T_{\text{Ц}}$ – тривалість циклу, с;

$TВ = \Sigma t_{\text{раб}}/t_{\text{Ц}} \cdot 100\%$ - тривалість включення чи відносний час роботи двигуна в циклі роботи механізму, %;

$TВ_{\text{ст}}$ – найближче стандартне значення тривалості включення, відповідно до якого вибираються каталожні дані двигуна. $TВ_{\text{ст}}$ вибирається з ряду значень: 15; 25; 40; 60; 100 %.

Знаходимо $TВ$:

$$ПВ = \frac{(t_{\text{рп}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{тр}} + t_{\text{рс}} + t_{\text{ус}} + t_{\text{рс}})}{(t_{\text{рп}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{тр}} + t_{\text{рс}} + t_{\text{ус}} + t_{\text{рс}} + t_{01} + t_{02})} \cdot 100\% = \frac{170,8}{345,8} \cdot 100\% = 49,4\%, \quad (2.67)$$

тоді $T_{Вст} = 40\%$.

Звідси розрахуємо номінальну потужність двигуна згідно виразу :

$$75 \geq 1,2 \cdot 51,48 \sqrt{\frac{49,4}{40}} = 68,65 \quad (2.68)$$

- перевірка виконується

За отриманими значеннями обираємо двигун постійного струму незалежного збудження, за такими параметрами :

Тип – Д-812, $P_{НОМ} = 75\text{кВт}$, $n = 515$ об/мин, $R_{я} = 0,023\text{Ом}$, $n = 1900$ об/мин, $I_H = 380\text{А}$, $L_{я} = 0,2$ мГн, $J_D = 7$ кг·м².

2.5. Розрахунок навантажувальних даних і перевірка двигуна за нагріванням і перевантаженням

Відповідно до номінальної швидкості обраного двигуна уточнюють передаточне число редуктора або (за узгодженням з керівником) коректують номінальне значення швидкості механізму. Уточнене значення передаточного числа редуктора дає можливість привести діючі сили і рухомі маси механізму до валу двигуна і побудувати уточнену навантажувальну діаграму. На відміну від діаграми статичної потужності, уточнена навантажувальна діаграма $M=f(t)$ містить ділянки, що відповідають динамічним режимам.

Розрахуємо значення статичного моменту двигуна при підйомі візка:

$$M_{сп} = P_{РБ} R_{б} / (i_P \eta_{мп} V_{П}) = 67870 \cdot 0,3 / (25 \cdot 0,967 \cdot 1) = 842,2 \text{Н} \cdot \text{м}$$

Розрахуємо значення статичного моменту двигуна при спуску візка:

$$M_{сс} = P_{РС} R_{б} / (i_P \eta_{мп} V_{С}) = 38430 \cdot 0,3 / (25 \cdot 0,89 \cdot 0,7) = 740,2 \text{Н} \cdot \text{м}$$

Значення динамічного моменту залежить від заданого прискорення, приведенного моменту інерції, знака швидкості і виду режиму (пуск, гальмування).

У загальному випадку сумарний приведений момент інерції привода

$$J_{\Sigma} = K_J J_D + \frac{J_M}{i_p^2} + m_M R_{ПР}^2, \quad (2.70)$$

де $K_J = 1, 1 \dots 1, 2$ – коефіцієнт, що враховує інерційність частин, які знаходяться на одному валу з двигуном (муфти, шків електромагнітного гальма, вал і колесо першої ступені редуктора); $K_J = 1, 1$.

J_d – момент інерції двигуна, кгм^2 ; $J_d = 7 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

J_m – момент інерції обертових частин механізму, кгм^2 ; $J_m = 77 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

m_m – маса частин механізму, що рухаються поступально, кг .

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Знайдемо m_m за формулою:

$$m_m = \frac{G + G_r + G_{\Pi}}{g} = \frac{355000}{9,8} = 36224,5 \text{ кг} \quad (2.71)$$

Тепер знайдемо сумарний приведений момент інерції привода:

$$J_{\Sigma} = K_J J_d + \frac{J_m}{i_p^2} + m_m R_{\Pi P}^2 =$$

$$1,1 \cdot 7 + \frac{77}{25} + 36224,5 \cdot 0,013^2 = 16,9 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.72)$$

Динамічний момент на валу двигуна

$$M_{\text{дин}} = J_{\Sigma} \cdot \xi, \quad (2.73)$$

де $\xi = \frac{\alpha}{R_{\Pi P}}$ – прискорення вала двигуна, рад/с^2 .

Знаходимо ξ :

- при підйомі:

$$\xi_{\Pi} = a_{\Pi y} / R_{\Pi P} = 0,5 / 0,013 = 38,46 \text{ рад/с}^2 \quad (2.74)$$

- при підйомі:

$$\xi_c = a_{cy} / R_{\Pi P} = 0,7 / 0,013 = 53,85 \text{ рад/с}^2 \quad (2.75)$$

Розрахуємо $M_{\text{дин}}$:

- при підйомі:

$$M_{\text{динП}} = J_{\Sigma} \cdot \xi_{\text{П}} = 16,9 \cdot 38,46 = 650 \text{Н} \cdot \text{м} \quad (2.76)$$

- при спуску:

$$M_{\text{динС}} = J_{\Sigma} \cdot \xi_{\text{С}} = 16,9 \cdot 53,85 = 910 \text{Н} \cdot \text{м} \quad (2.77)$$

Необхідний на даній ділянці момент на валу двигуна M_z визначають як алгебраїчну суму статичного і динамічного моментів, або як їх різницю.

Визначаємо M_z :

- розгону при підйомі:

$$M_{\text{зпр}} = M_{\text{динП}} + M_{\text{сп}} = 650 + 842,2 = 1492,2 \text{Н} \cdot \text{м} \quad (2.78)$$

- гальмування при підйомі:

$$M_{\text{зпн}} = M_{\text{сп}} - M_{\text{динП}} = 842,2 - 650 = 192,2 \text{Н} \cdot \text{м} \quad (2.79)$$

- розгону при спуску:

$$M_{\text{зрс}} = M_{\text{динС}} + M_{\text{сс}} = 910 + 740,2 = 1650,2 \text{Н} \cdot \text{м} \quad (2.80)$$

- гальмування при підйомі:

$$M_{\text{зтс}} = M_{\text{сс}} - M_{\text{динС}} = 740,2 - 910 = -169,8 \text{Н} \cdot \text{м} \quad (2.81)$$

(знаком «-» можна знехтувати)

Графіки сумарного моменту і його складові будують у масштабі часу, однаковому з раніше побудованими тахограмами і графіками статичної потужності.

Попередня перевірка двигуна за нагріванням здійснюється на основі уточненої навантажувальної діаграми методом еквівалентного моменту. Для повторно-короткочасного режиму роботи

$$M_{\text{ЕКВ}} = \sqrt{\frac{T_B}{T_B} \cdot \frac{\sum_1^n M_i^2 \cdot t_i}{\alpha(\sum t_p + \sum t_r) + \sum t_y}}, \quad (2.82)$$

де α – коефіцієнти погіршення охолодження двигунів у динамічних режимах і в нерухомому стані; $\alpha=1,2$.

$\sum t_p, \sum t_r, \sum t_y, \sum t_o$ – загальний час розгону, гальмування, усталеного руху і пауз у циклі роботи.

Значення α залежать від конструкції і способу охолодження двигуна і можуть змінюватися в широких межах.

Знаходимо $M_{\text{ЕКВ}}$: $M_{\text{ЕКВ}} =$

$$\sqrt{\frac{31,17 \cdot \frac{1492,2^2 \cdot 2 + 842,2^2}{1,2}}{25} + 65,125 + 192,2^2 \cdot 1,25 + 1650,2^2 \cdot 1 + 740,2^2 \cdot 100,26 + 169,8^2 \cdot 1,17}{(2 + 1 + 1,25 + 1,17) + 65,125 + 100,26}}$$

$$= 886,65 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.83)$$

Двигун проходить за нагріванням, якщо виконується умова

$$M_{\text{НОМ}} \geq M_{\text{ЕКВ}} \quad (2.84)$$

де $M_{\text{Н}}$ визначається за формулою:

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \frac{P_{\text{НОМ}}}{n_{\text{НОМ}}} = 9550 \frac{75}{515} = 1390,78 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.85)$$

Перевіримо чи виконується умова: $1390,78 \geq 886,65$ - умова виконується.

Ступінь наближення до необхідної величини моменту оцінюється у відсотках :

$$\Delta M\% = \frac{M - M_{\text{ЕКВ}}}{M_{\text{НОМ}}} \cdot 100\% = \frac{1390,78 - 886,65}{1390,78} \cdot 100\% = 36,25\%. \quad (2.86)$$

Вважається задовільним, якщо $\Delta M\%$ складає 10...15%. Якщо $\Delta M\% > 20\%$, то прийнятність обраного двигуна обґрунтовується окремо в кожному конкретному випадку. Величини $\Delta M\% < 0$ не допускаються.

Перевірка двигуна за перевантаженням проводиться прямим порівнянням максимально припустимого моменту $M_{\text{дmax}}$ з максимальним моментом навантаження, що визначено за навантажувальною діаграмою $M_{\text{навmax}}$. Двигун проходить по перевантаженню, якщо виконується умова

$$M_{\text{дmax}} \geq M_{\text{навmax}} \quad (2.87)$$

де $M_{\text{навmax}} = M_{\text{зрс}} = 1650,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

$$M_{д \max} = 2 \cdot M_H = 2 \cdot 1390,78 = 2781,56 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.88)$$

Перевіримо умову : $2781,56 \geq 1650,2$ - умова виконується .

3 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АПАРАТУРИ УПРАВЛІННЯ

3.1 Вибір частотного частоти

На сьогоднішній день є багато способів регулювання швидкості обертання вала двигуна, ми виберемо частотний спосіб, тому що такий спосіб забезпечує плавне регулювання швидкості в необхідному діапазоні, також одержані характеристики мають дуже високу жорсткість.

Визначення напруги і частоти необхідні для роботи двигуна в заданій точці, зводиться до уточненню можливості забезпечення перетворювача рівня напруги і частоти при різних навантаженнях і коливаннях напруги мережі живлення. При живленні асинхронного двигуна від частотного перетворювача в процесі перетворюється напруга промислової частоти. В напрузі регулювання амплітуди і регулювання частоти виникають втрати напруги і потужності перетворювача. Зазвичай перетворювач має внутрішнє зворотні зв'язки(Feedback), і при зміні навантаження двигуна вихідна напруга і частота практично не змінюватися. Тому в подальшому напругу і частоту на статорі електродвигуна будемо поєднувати незалежними від навантаження. Синхронна швидкість двигуна залежить від частоти живильної мережі і числа пар полюсів.

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{r}. \quad (3.1)$$

Для точної роботи двигуна необхідно зміню частоти та підтримувати превантажувальну здатність електродвигуна, що забезпечуватися регулюванням напруги на статорі за різними законами. Залежність від частоти і від характеру зміни статичного моменту. ці особливості необхідно враховувати при розрахунку частоти і амплітуди напруги. Найбільш поширений закон зміни амплітуди напруги. Найросповсудженний закон є: $U/f = const$. При такої рівності максимаьний(критичний) момент не змінний і не залежить від частоти.

$$\Delta\omega_\varepsilon = \omega_0 - \omega_\varepsilon = const \quad (3.2)$$

Заважая на цей факт в розрахунках можна використовувати прийом паралельного перенесення природними механічними характеристиками.

При цьому ці характеристики перемішатися уздовж осі « ω » і встановлюватися в $\omega_{зад}$, $M_{Зад}$.

$$I_{пч} = I_{max} / 1.5 = 36.3 / 1.5 = 24.2 \text{ А}, \quad (3.3)$$

За допомогою $I_{пч}$ і потужність двигуна вибирається частотний перетворювач з урахуванням вимоги технічного завдання. Його потужність повина перевищувати потужність двигуна на 20% тоді:

$$P_{пч} = 18.5 \cdot 1.2 = 22,2 \text{ кВт}, \quad (3.4)$$

Обираємо перетворювач частоти фірми «Danfoss» моделі VLT Midi Drive FC 280



Рис. 3.1 - зовнішній вигляд перетворювача частоти VLT Midi Drive FC 280 фірми "DANFOSS"

Таблиця 3.1

Характеристики перетворювача частоти VLT Midi Drive FC 280

Среднее время до опасного сбоя (MTTFd)	2400 лет (высокий показатель)
Клеммы питания	(L1/N, L2/L, L3)
Напряжение питания	380–480 В: от -15 % (-25 %)1) до +10 %
Частота сети питания	50/60 Гц ±5 %
Выходное напряжение	0–100 % от напряжения питания
Вихідная частота	0–500 Гц
Число коммутаций на выходе	Без ограничения
Класс защиты корпуса, преобразователь частоты	IP20 (IP21/Туре 1 как опция)
Программируемые цифровые/импульсные выходы:	2
Мощность [кВт (л. с.)]	18,5–22 (25–30)
Схема последовательной связи	RS485 гальванически изолирована от напряжения питания (PELV)

3.2 Вибір апарату керування

Поряд з апаратами ручного управління широкое застосування получила релейно-контактна апаратура, що дозволяє управляти електроприводами та іншими електроустановками дистанційно, тобто на відстані, за допомогою кнопок управління. до цієї апаратури, насамперед, відносяться магнітні пускачі і контактори.

У нашому випадку застосовується частотний перетворювач VLT Midi Drive FC 280 фірми “DANFOSS” якій може оснащуватися як дистанційним так і місцевим пультом управління. Місцевий пульт управління на лицьовій панелі, містить кнопки управління і настройки параметрів роботи, багато розрядний рідкокристалічний екран(цифровий індикатор), натискання на будь-який кнопки на пульті, якщо команда прийнята, відображається зміною стану відповідних світлодіодів розташованих поруч з кнопками.

3.3 Схема вмикання перетворювача частоти

При подачі напруги інвертор автоматичний може захистити ланцюг електропостачання. Застосування реактора змінного струму здатне погасити вищі

гармоніки в мережі на вході перетворювача частоти і поліпшити коефіцієнт реактивної потужності перетворювача.

В наступних випадках застосування реактора змінного струму рекомендується:

- якщо потужність джерела в 10 і більше разів перевищує потужність інвертора.
- якщо тиристорні перемикачі та компенсатори реактивної потужності підключені до того ж джерела живлення, що і перетворювач частоти.
- якщо існує велика асиметрія напруги в фазах (більше 3%).

Фільтр для усунення неполадок — фільтр використовується для придушення електромагнітних завад, вироблених конвертером і перешкоджає їх проходженню в мережу. При виборі електромагнітного фільтра необхідно узгодити його тип з системою електропостачання — 3-х фазна 3-х дротова, 3-х фазна 4-х дротова або однофазна. Кабель заземлення повинен бути якомога коротшим. Розташовувати фільтр необхідно якомога ближче до перетворювача частоти.

Контактор - може використовуватися в якості переривника подачі електроживлення з метою захисту від поширення аварії. Не можна використовувати контактор для включення і виключення двигуна.

Вихідний електромагнітний фільтр - фільтр обмежує шум і витоку струму на виході з приладу.

Вихідний реактор змінного струму - якщо протяжність лінії між інвертором і двигуном понад 20 м, реактор може обмежити надструми від інвертора і ємнісні струми від протяжних проводів між інвертером і двигуном.

До пускової низьковольтної апаратури відносяться різні рубильники, перемикачі, автоматичні вимикачі. Номінальний струм рубильника повинен бути не менше трикратного номінального струму електродвигуна:

$$I_{н.руб} = 3 \cdot I_{ндв}$$

(3.5)

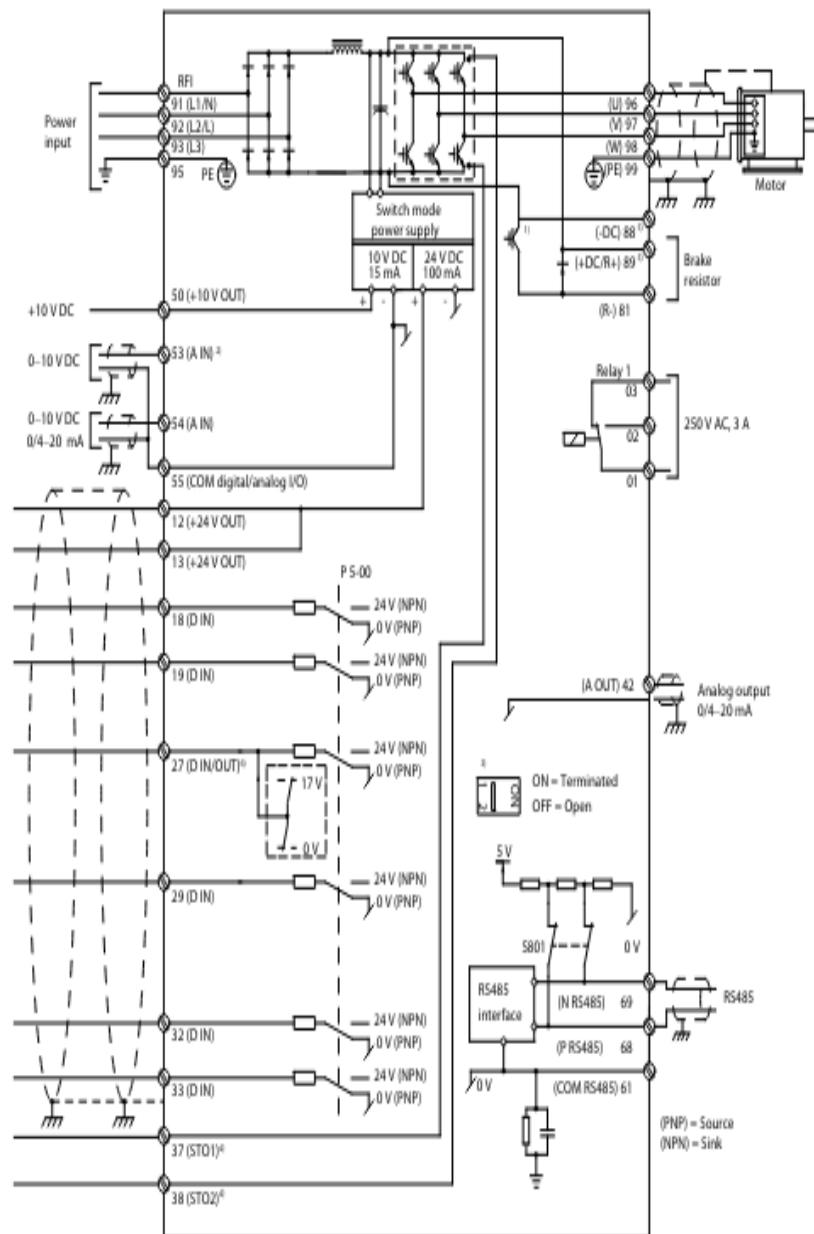


Рис 3.2 - Електрична схема підключення кіл управління ПЧ VLT Midi Drive FC 280 фірми “DANFOSS”

Пусковий струм буде

$$I_{п} = I_{н} \cdot K_i = 36.3 \cdot 7.5 = 272 \text{ A}, \quad (3.6)$$

При використанні перетворювача частоти максимальний струм при пуску електродвигуна по Таблиці 2.6, $I_{max} = 53,5 \text{ A}$.

Визначимо струм уставки теплового розщеплювача:

$$I_{\text{н.уст.}} = 1.25 \cdot I_{\text{н}}; \quad (3.7)$$

$$I_{\text{н.уст.}} = 1.25 \cdot 53.5 = 66.9 \text{ А.}$$

Виберемо автомат $I_{\text{авт}} = 25 \text{ А}$ і встановимо ток теплового розщеплювача регуляторів на 80 А . Модель S203 В 25А 6000, Фірма виробник АВВ. Визначимо необхідний струм електромагнітного розщеплювача.

$$I_{\text{ел.р}} = 1.25 \cdot I_{\text{мах}}; \quad (3.8)$$

$$I_{\text{ел.р}} = 1.25 \cdot 53.5 = 66.9 \text{ А.}$$

Перевіримо обраний автомат по току спрацьовування електромагнітного розщеплювача. За умовами пуску автомат обраний правильно, оскільки

$$I_{\text{ср ел.р}} > I_{\text{ел.р}} \text{ тобто } 80 > 66.9$$

Перевіримо комутаційну здатність автомата. Ефективне значення допустимого струму короткого замикання для обраного автомата при напруги 220 В ($I_{\text{ф КОР ЗАМ}} = 1500 \text{ А}$) має бути більше $I_{\text{ф КОР ЗАМ}}$ мережі.

Вибір захисного апарату.

Для захисту проводів і кабелів електричних мереж напругою до 1000 В від струмів короткого замикання встановлюють запобіжники. Захисним елементом запобіжника є плавка вставка, що включається послідовно в ланцюг струму. При збільшенні струму лінії вище певної величини плавка вставка розплавляється, ланцюг струму розривається, оберігаючи провід від неприпустимого перегріву.

Розрахунковий струм лінії рівним номінальному струму двигуна: $I_{\text{дл}} = 24,4 \text{ А}$. Вибравши номінальний струм плавкої вставки по тривалому току лінії ($I_{\text{В}} > I_{\text{дл}}$), отримаємо співвідношення $I_{\text{В}} > 24,4 \text{ А}$.

При виборі плавкою вставки по пусковому струму двигуна $I_{\text{В}} \geq I_{\text{мах}}$.

Згідно з вимогами вибираємо запобіжник ПР-2 220В 15-60А, з номінальним струмом спрацьовування 60 А .

Так як застосовується частотний перетворювач, проводку необхідно здійснювати екранованим кабелем, прокладених в трубах і каналах статі.

Визначимо робочий струм навантаження:

$$I_{\text{раб.}} = I_{\text{н}} = 24.4 \text{ А.} \quad (3.9)$$

3.4. Моделювання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором За допомогою програми MATLAB(Simulink) на ПЕОМ

Одним із важливіших елементів при створенні регулюючого електропривода є розробка енергоефективних законів управління і підвищення ККД самої машини. Метою математичного моделювання є створення системи управління асинхронним електроприводом і забезпечення максимального моменту на валу двигуна при низьких обертах. Тому велике значення має не тільки вибір системи моделювання, але і адекватність самої моделі до процесів, які відбуваються у перетворювачі. Велике значення при векторному управлінні має система координат, тому рівняння руху розглядаються не в стаціонарній системі координат, а системі координат Парка – Горєва [5]. Це дозволило будувати системи управління з асинхронним двигуном (АД) за тими же принципами, що і системи управління з двигуном постійного струму. При цьому характеристики асинхронного двигуна становляться близькими до характеристик двигуна постійного струму, це дозволяє суттєво підвищити економічну ефективність електропривода з АД.

Моделювання роботи асинхронної машини у режимов двигуна або генератора можна провести за допомогою блоку Asynchronous Machine у пакеті програм MATLAB. Піктограми машини приведені на рис. 3.1.

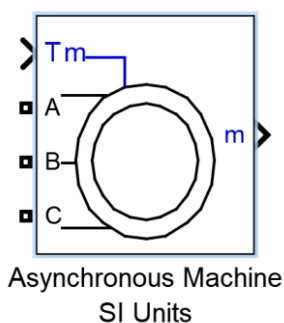


Рисунок 3.3 - Піктограма асинхронної машини

Режим роботи визначається знаком електромагнітного моменту машини.

Порти моделі A , B і C є виводами обмоток статора машини, а порти a , моменту опору руху. На вихідному порту m формується векторний сигнал, що складається із 2/1 елемента: токів, потоків і напруг ротора і статора у нерухомій і обіговій системах координат, електромагнітного моменту, кутової частоти обертання вала, а також його кутового положення. Для зручності витягання змінних машини з вектора в бібліотеці Sim Power Systems передбачений блок Machines Measurement Demux. Модель асинхронної машини включає в себе модель електричної частини, яка представлена моделлю простору стану четвертого порядку, і модель механічної частини у вигляді системи другого порядку. Всі електричні змінні і параметри машини приведені до статора. Вихідні рівняння електричної частини машини записані для двофазної (dq -вісі) системи координат. На рис. 3.2 приведені схеми заміщення машини.

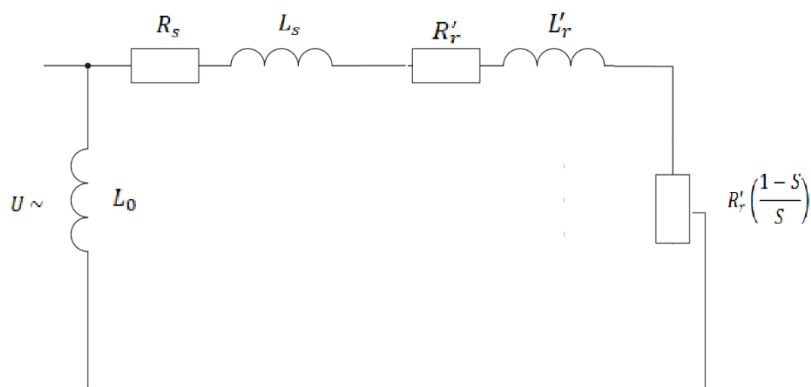


Рисунок 3.4 - Схеми заміщення фази асинхронного двигуна.

3.5. Розрахунок параметрів схеми заміщення двигуна електропривода фунікулера.

Для моделювання роботи АД з КЗ ротором на ПЕОМ у пакеті програм MATLAB потрібно розрахувати параметри схеми заміщення двигуна (рис. 3.3). Параметри схеми заміщення двигуна в технічних довідниках приведені у відносних одиницях [7].

Таблиця 3.1 - Параметри схеми заміщення фази АД серії АИР 160М6 18.5
кВт 1000 об/хв

Параметри схеми заміщення фази АД у відносних одиницях				
L_0	У номінальному режимі			
	R_s	L_s	R'_r	R'_r
26.6	0,049	0,089	0,025	0,135

Для переведення параметрів схеми заміщення з відносних одиниць у фізичні одиниці знайдемо базовий опір двигуна для схеми включення його обмоток зіркою:

$$R_B = \frac{U_{\Phi \text{ НОМ}}}{I_{\Phi \text{ НОМ}}}, \quad (3.1)$$

де $U_{\Phi \text{ НОМ}}$ – номінальна напруга двигуна:

$$U_{\Phi \text{ НОМ}} = \frac{U_{\text{Л НОМ}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В};$$

$I_{\Phi \text{ НОМ}}$ – номінальний струм двигуна, $I_{\Phi \text{ НОМ}} = I_{\text{Л НОМ}} = 6,70 \text{ А}$.

Тоді базовий опір двигуна:

$$R_B = \frac{U_{\Phi \text{ НОМ}}}{I_{\Phi \text{ НОМ}}} = \frac{220}{37,32} = 5,91 \text{ Ом.}$$

Отримавши базовий опір можна розрахувати необхідні для моделювання двигуна параметри схеми заміщення в фізичних одиницях:

Активний опір статора:

$$R_1^I = R_B \cdot r_1^I = 5,91 \cdot 0,043 = 0,26 \text{ Ом.} \quad (3.2)$$

Індуктивний опір статора:

$$X_1^I = R_B \cdot x_1^I = 5,91 \cdot 0,089 = 0,525 \text{ Ом.} \quad (3.3)$$

Активний опір ротора:

$$R_2^{II} = R_B \cdot r_2^{II} = 5,91 \cdot 0,025 = 0,148 \text{ Ом.} \quad (3.4)$$

Індуктивний опір ротора:

$$X_2^{II} = R_B \cdot x_2^{II} = 5,89 \cdot 0,135 = 0,803 \text{ Ом.} \quad (3.5)$$

Індуктивний опір гілки намагнічування в схемі заміщення АД з КЗ ротором:

$$X_\mu = R_B \cdot x_\mu = 5,91 \cdot 4,5 = 26,6 \text{ Ом.} \quad (3.6)$$

Для того щоб знайти потрібні значення індуктивностей скористаємося тим, що індуктивний опір прямо пропорційний кутовій частоті і індуктивності, звідки випливає, що індуктивність також прямо пропорційна індуктивному опору та обернено пропорційна кутовій частоті. Враховуючи цей факт індуктивність статора дорівнює:

$$L_1 = \frac{X_1^I}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,525}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.} \quad (3.7)$$

Індуктивність ротора:

$$L_2 = \frac{X_2^{II}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,803}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.} \quad (3.8)$$

Індуктивність гілки намагнічування в схемі заміщення АД з КЗ ротором:

$$L_\mu = \frac{X_\mu}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{26,6}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,085 \text{ Гн.} \quad (3.9)$$

Момент інерції ротора двигуна АД з паспортних даних:

$$J_{ДВ} = 0,09 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Приведений момент інерції механізму підйому навантаженої кабіни фунікулера під час її розгону дорівнює:

$$J_{\text{ПРЗР}} = J_{\text{ПР об}} + J_{\text{ПР рп}} = 0,15 + 0,01 = 0,16 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Це значення приведенного моменту інерції введемо у моделі електропривода фунікулера для визначення динамічного моменту навантаження двигуна.

Вихідні та розраховані параметри двигуна запишімо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 Технічні параметри двигуна електропривода ліфта та параметри схеми заміщення АД для моделі електропривода фунікулера

АИР 160М6							
$P_{\text{НОМ}}$, кВт	$n_{\text{НОМ}}$, об/хв.	$\eta_{\text{НОМ}}$, %	$\cos\varphi_{\text{НОМ}}$	$J_{\text{ДВ}}$, кг·м ²	$U_{\text{НОМ}}$, В	$I_{\text{НОМ}}$, А	$R_{\text{Б}}$, Ом
18,5	1450	89,5	0,88	0,13	380	35,60	
Параметри схеми заміщення фази АД у відносних одиницях							
x_{μ}	r_1^I	x_1^I	r_2^{II}	x_2^{II}	—	—	—
2,2	0,078	0,079	0,069	0,12	—	—	—

3.5. Прямий пуск асинхронного електродвигуна без перетворювача частоти у програмі Matlab(symulink)

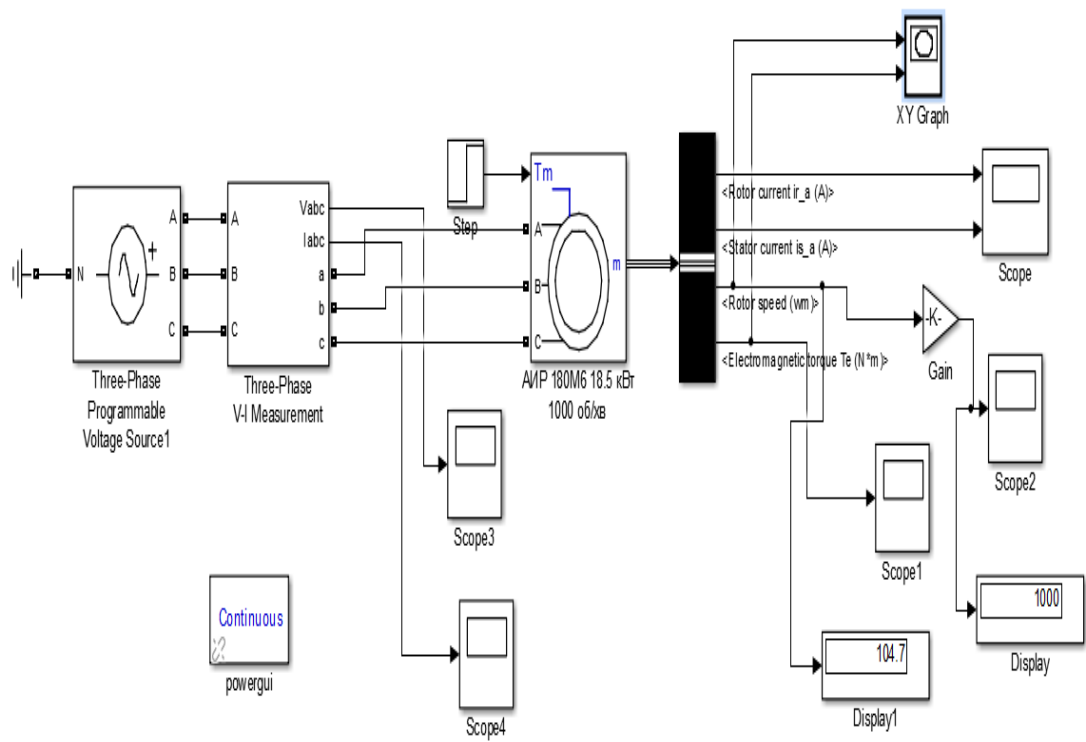


Рис. 3.5 - Схема моделювання прямого пуску подвійного похилого механізму фунікулера

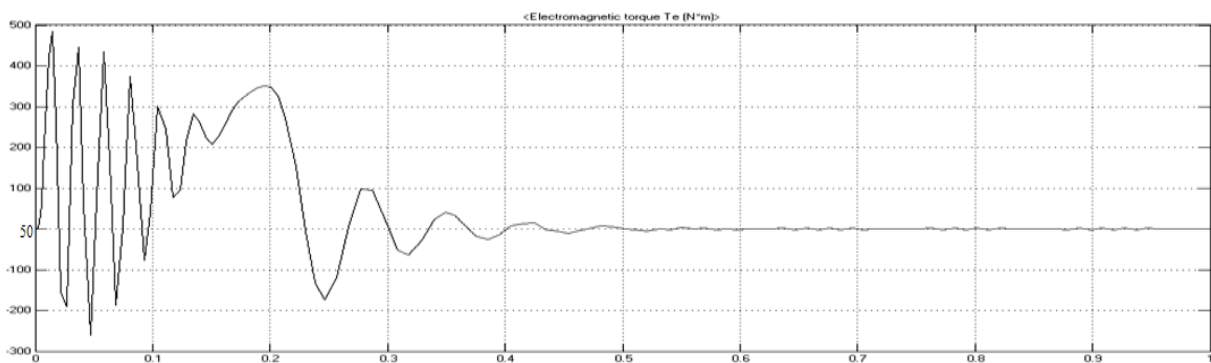


Рис. 3.6 - Діаграма електромагнітного моменту

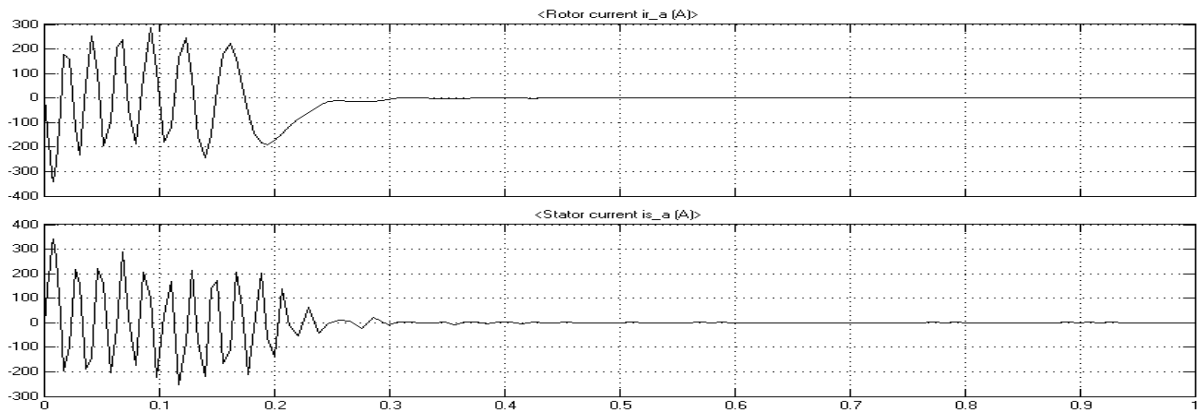


Рис. 3.7 - Діаграми струму ротора та статора АД

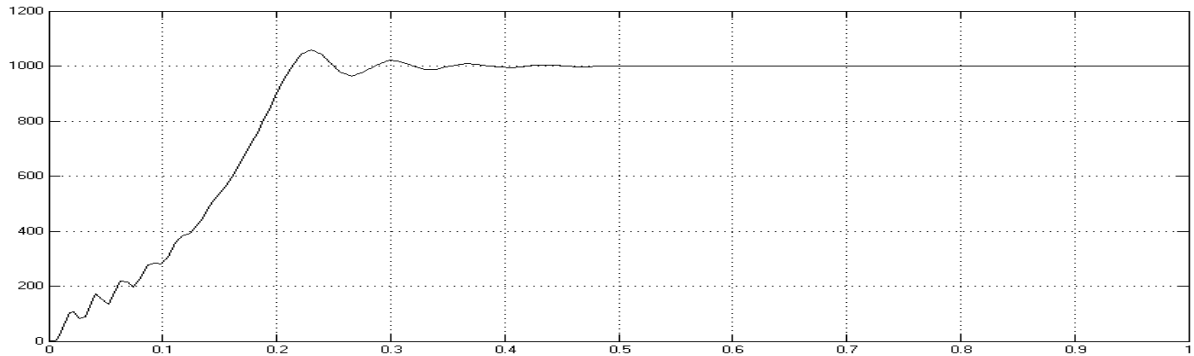


Рис. 3.8 - Діаграма швидкості ротора АД

3.6. Пуск асинхронного двигуна з частотним регулюванням за законом

$$\frac{U_1}{f_1} = const$$

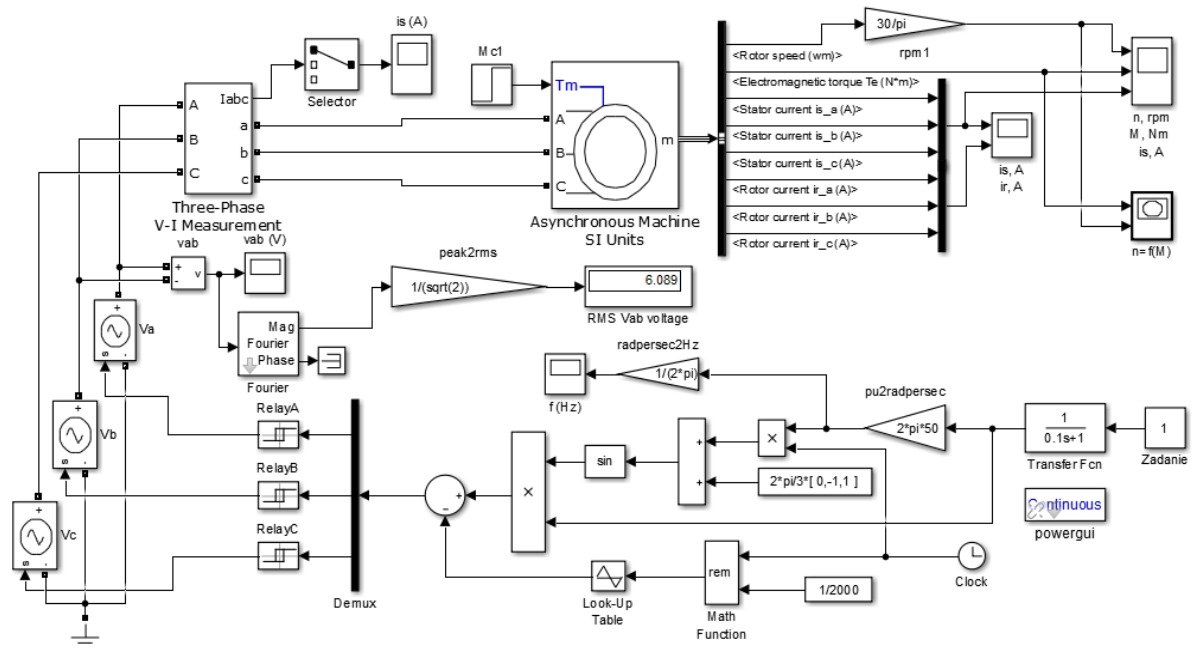


Рис. 3.9 – Модель асинхронного електродвигуна з частотним регулюванням

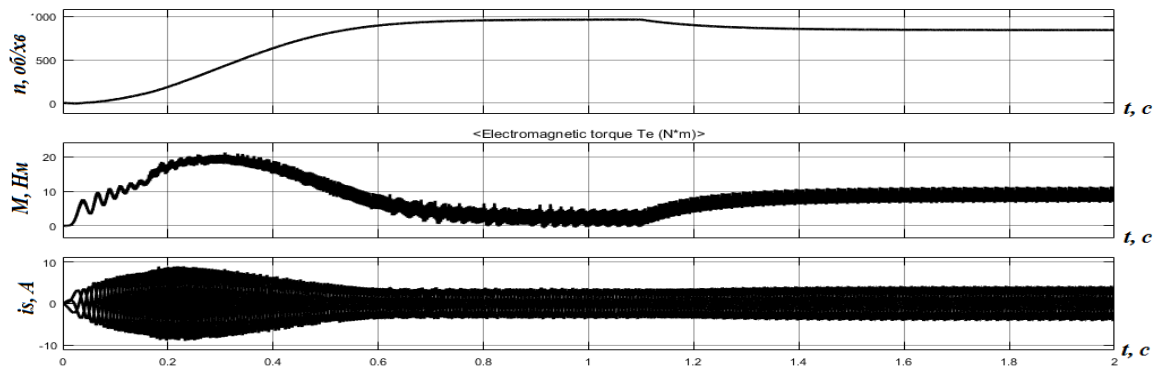


Рис. 3.10 - Динамічні характеристики асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=50$ Гц для номінального режиму роботи.

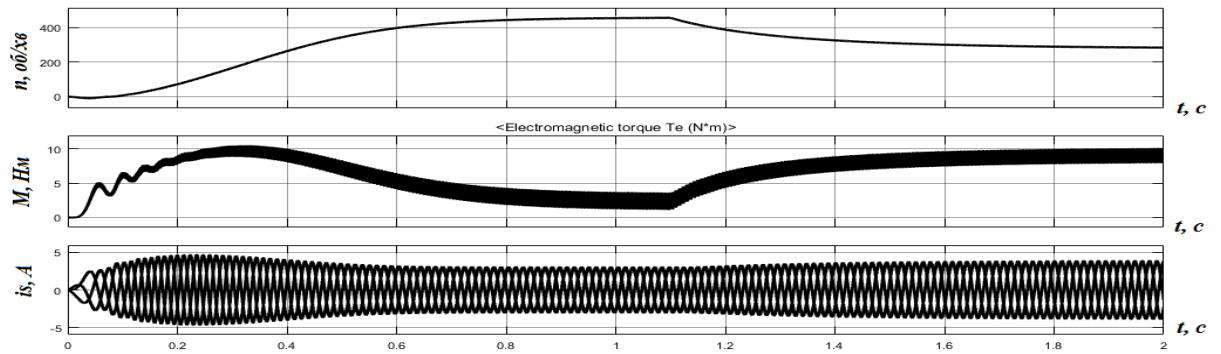


Рис. 3.11 - Динамічні характеристики асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=25$ Гц для номінального режиму роботи

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Ефективність використання похилих ліфтів залежить від того, наскільки тип і параметри обраного електрообладнання відповідають властивостям в яких протікає робочій процес. До таких умов відносяться: темп транспортування, форма траси і напрям переміщення, габарити вантажу, тощо.

Простота конструкції і порівняно низка вартість, невисока трудомісткість робіт, зумовило широке застосування похилих ліфтів у багатьох галузях народного господарства.

В дипломній роботі запропоновано вдосконалення електроприводу Одеського фунікулера. Для обґрунтування запропонованого проекту необхідно розрахувати наступні показники:

- капітальні витрати;
- експлуатаційні витрати;
- річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт;
- вартість спожитої електроенергії.

Капітальні інвестиції для технічної реалізації проекту включають:

- придбання обладнання;
- пов'язані з виконанням монтажних робіт;
- проведення налагоджувальних робіт;

Визначаємо величину проектних капіталовкладень за формулою:

$$S_i = S_{об} + Z_T + Z_M + Z_H + Z_K \quad (4.1)$$

де $S_{об}$ - вартість придбання електрообладнання за проектом;

Z_T - транспортні витрати;

Z_M - витрати на монтажні роботи;

Z_H - витрати на налагоджувальні роботи;

Z_K - вартість комплектуючих елементів, становлять приблизно 10% від вартості обладнання.

Вартість обладнання:

Асинхронний електродвигун АІР 180 М6 У2 ІМ 1081 - 26900 грн.

Перетворювача частоти VLT Midi Drive FC 280 фірми "DANFOSS" – 133900грн.

$$S_{об} = 26900 + 133900 = 160800 \text{ грн.}$$

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

$$S_i = 160800 + 16080 + 16080 = 182960 \text{ грн}$$

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

$$S_{ек} = S_{кр} + S_{обс} + S_e \quad (4.2)$$

де $S_{кр}$ - витрати на поточний ремонт і обслуговування, до яких входять річна вартість матеріалів, необхідних для ремонту і експлуатації;

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

S_e – вартість річних витрат на електроенергію, (грн./рік).

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

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

$$S_{кр} = 26900 \cdot 0,03 + 23129 \cdot 0,02 + 204390 \cdot 0,02 = 5357,38 \text{ грн.}$$

Річні витрати на обслуговування обладнання можна визначити за формулою:

$$S_{обс} = Ч_о \cdot \Phi_{ср} \cdot \frac{t_i}{t_p} \quad (4.3)$$

де $Ч_о$ - кількість обслуговуючого персоналу, (осіб);

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

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

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

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

$$S_{\text{обс}} = 2 \cdot 226836 \cdot \frac{24}{1780} = 6116,93$$

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

$$S_e = \Psi_e \cdot h \cdot K_z \cdot P_{\text{ном}} \cdot \frac{(1-\eta+\alpha)}{\eta} \quad (3.4)$$

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

h - кількість годин роботи двигуна, генератора протягом року, для цього показника рекомендовані такі значення: 2000 годин/рік – при однозмінній роботі.

Графік роботи Одеського фунікулера: щоденно з 800 до 2300, тому визначаємо $h = 3726$ год/рік.

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

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

η - к.к.д. електродвигуна;

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

$$S_e = 8,34 \cdot 3726 \cdot 0,6 \cdot 18,5 \cdot \frac{1 - 98 + 0,74}{98} = 338790,95$$

Проведячи порівняльний аналіз роботи фунікулера до модернізації і після встановлення трифазного асинхронного двигуна і частотного перетворювача, економічна ефективність становить:

- споживання електроенергії зменшилося до 30%, що в грошовому еквіваленті становить до 145100 грн. на рік.

- збільшення ефективності роботи двигуна до 97%;

- збільшився термін служби механічних частин двигуна;
- суттєво знизилися витрати на капітальний ремонт та обслуговування установки, до 60%, економія становить до 17200грн. на рік.

Термін окупності капіталовкладень:

$$T_{ок} = \frac{S_i}{E} = \frac{182960}{162300} = 1,1 \text{ року}$$

Отримані результати наочно свідчать про доцільність модернізації.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Загальні відомості

Колійний транспорт відноситься до галузей народного господарства, у яких особливо гостро відчувається специфіка праці і її підвищена небезпека. При експлуатації колійного транспорту мають місце різноманітні небезпечні фактори механічні, електричні тощо.

Механічні види небезпеки, пов'язані з підймальними операціями, обладнанням можуть бути спричинені:

- недостатньої стійкості обладнання;
- неконтрольованого завантаження, перевантаження;
- неконтрольованої амплітуди руху механізмів і складових частин обладнання;
- сходження обладнання з рейок;
- недостатньою механічною міцністю складових частин і деталей;
- невідповідною конструкцією шківів та барабанів;
- неправильним вибором ланцюгів, канатів, вантажозахоплювальних органів, пристроїв, тари і кошиків та їх неправильним установленням на обладнання;
- людський фактор (послаблення уваги при тривалому перебуванні на коліях);
- незадовільне утримання міжколійних просторів (сніг, ожеледь, калюжі, засмічення);
- невідповідними умовами для установлення, монтажу, демонтажу, налагодження, випробування, експлуатації, технічного обслуговування, ремонту, реконструкції та модернізації.

Електричні види небезпеки можуть призвести до травм або смерті від електрошоку чи опіків, а також до того, що внаслідок несподіваного електричного удару працівник упаде з причини:

- контакту працівників з частинами, що зазвичай перебувають під напругою (прямий контакт);
- контакту працівників з частинами, що перебувають під напругою через несправність (непрямий контакт);

- непридатності ізоляції для передбачених умов використання.

Вплив кліматичних факторів вносить ряд додаткових труднощів. У зимовий період через снігові замети ускладнюються умови переходів колій, пересування по міжколійях. В ожеледь різко збільшується небезпека падінь. Зміна погодних умов впливає на зчеплення коліс і рейок, на роботу рухомого складу, стрілочних переводів, контактної мережі. У сильні морози збільшується число механічних ушкоджень через зниження міцності металу, замерзання мастила й т.д. Під час ожеледиці збільшується небезпека обриву контактного проводу.

5.2. Правила безпеки при перебуванні на електрифікованих коліях

Не дозволяється наближатися до неогороджених проводів чи частин контактної мережі, що перебувають під напругою, на відстань менше 2 м, (рис. 4.1), а також торкатися до електроустаткування електрорухомого складу, до електричного обладнання вагонів, що знаходиться під напругою, як безпосередньо, так і через будь-які предмети; підніматися на дах, перебувати там або проводити будь-які роботи на даху вагона – це дозволяється тільки при вимкненій напрузі.

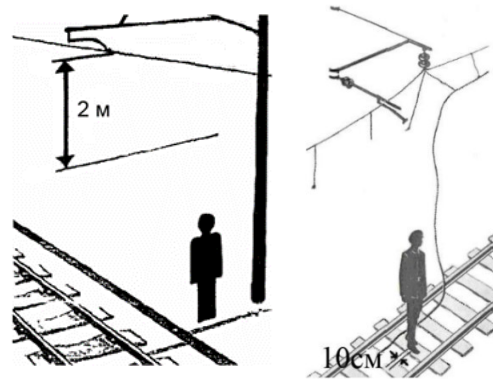


Рис. 4.1. Відстань до контактної мережі, що перебуває під напругою
Рис. 4.2. Правильне переміщення в зоні крокової напруги

На електрифікованих ділянках постійного та змінного струму роботи розташованих на відстані від 2 до 10 м від частин контактної мережі й повітряних ліній, що перебувають під напругою, можуть проводитися без вимкнення напруги

та заземлення контактної мережі і повітряних ліній під наглядом спеціально призначеного та проінструктованого керівником робіт працівника.

Забороняється доторкатися до обірваних проводів контактної мережі і сторонніх предметів, які знаходяться на них, незалежно від того, торкаються або не торкаються вони землі або заземлених конструкцій. У разі виявлення обриву проводів контактної мережі або лінії електропередач, що перетинають залізничні колії, а також звисання з проводів сторонніх предметів працівник негайно повідомляє про це на найближчий черговий пункт дистанції контактної мережі. До прибуття аварійної бригади району контактної мережі небезпечне місце огорожується і вживаються заходи щодо унеможливлення наближення людей на відстань ближче ніж 10 м в суху і 20 м у вологу погоду до місця обриву проводу. У разі обриву контактного проводу або інших елементів контактної мережі місце їх падіння огорожується до вимог нормативнотехнічних документів. Досить інтенсивні судоми при ураженні електричним струмом можуть виникнути у випадку, якщо крокова напруга дорівнює 100-150 В, що може привести до падіння людини на землю, внаслідок чого збільшиться відстань між точками землі, яких людина може торкнутися руками та ногами, а отже, струм буде протікати по більш небезпечному шляху (рука-нога). У випадку, якщо крокова напруга буде більш 250 В, людина може втратити свідомість і навіть може статися параліч дихання. У разі потрапляння в зону напруги кроку необхідно швидше її залишити, дотримуючись правила: з'єднати ступні ніг разом і, не кваплячись, виходити з небезпечної зони пересуванням ніг не більше, ніж на ширину ступні – 10 см (рис. 4.2). У разі падіння людини на землю у зоні крокової напруги її треба негайно залишити перекошуванням тіла по землі за межі цієї зони.

Захисти від ураження електричним струмом можна поділити на основні, допоміжні та спеціальні, або особливі. До основних заходів захисту відносять заходи захисту від прямого дотику - ізоляція струмопровідних частин, використання огорож та оболонки, встановлення бар'єрів, розміщення поза зоною досяжності. Допоміжні заходи захисту зводяться до автоматичного вимкнення

живлення, застосування обладнання з подвійною ізоляцією, обладнання II класу захисту, ізолювання робочого місця, застосування незаземленого місцевого вирівнювання потенціалів, електричного розділення мереж (захисне розділення).

Захисні заходи в електроустановках:

- застосування низьких напруг, ізоляція;
- подвійна ізоляція; контроль за станом ізоляції та профілактика її ушкоджень (проводиться на кожному виді ремонтів);
- захисне вимкнення;
- захисне заземлення - навмисне з'єднання з землею металевих частин обладнання, які в звичайних умовах знаходяться не під напругою, але можуть опинитися під напругою при порушенні ізоляції;
- захисне занулення - це приєднання металевих частин електрообладнання, які можуть виявитися під напругою, до неоднократно заземленого нульового проводу. Принцип дії занулення - перетворення пробую на корпус в коротке замикання з метою викликати струм великої сили, здатний забезпечити спрацьовування захисту. Таким захистом служать запобіжники, автоматичні вимикачі, магнітні пускачі, контактори з тепловими реле і т.ін.

Вирівнювання потенціалів є способом зниження напруг доторкання та кроку між точками електричного кола, до яких можливе одночасне доторкання людини, або на яких вона може одночасно стояти. Вирівнювання потенціалів досягається шляхом штучного підвищення потенціалу опорної поверхні ніг до рівня потенціалу струмопровідної частини, а також при контурному заземленні.

Вертикальні заземлювачі в контурному заземленні

розміщуються як по контуру, так і в середині захищеної зони і з'єднуються

сталевими полосами. При замиканні струмопровідних частин на корпус, що приєднаний до такого контурного заземлення, ділянки землі всередині контура набувають високих потенціалів, які наближаються до потенціалу заземлювачів. Завдяки цьому максимальні напруги доторкання та кроку знижуються до

допустимих значень.

5.3 Пожежна безпека

Основні причини пожеж у пасажирському вагоні:

- порушення правил прокладання проводів, особливо при виході з труб або металевих рукавів, а також з'єднання проводів скрутнем в непередбачених місцях;
- встановлення апаратів струмового захисту без перевірки на відповідність номінальним даним плавких вставок запобіжників і без перевірки автоматичних вимикачів;
- наявність в електричному колі, що захищається, запобіжників із підгорілими фібровими корпусами чи без наповнювача;
- зниження опору ізоляції електричних кіл споживачів і систем електропостачання, у тому числі й джерел живлення;
- слабе затягування контактних з'єднань, що призводить до надмірного нагрівання;
- паління;
- провезення легкозаймистих і горючих рідин, застосування відкритого вогню;

Причинами пожеж у підвагонному обладнанні можуть бути:

- коротке замикання елементів акумуляторної батареї;
- знижений рівень електроліту в акумуляторах;
- знижений опір ізоляції акумуляторної батареї;
- підвищений зарядний струм акумуляторної батареї через несправність блока управління зарядом або обмежника струму батареї чи генератора;
- незадовільний стан контактних з'єднань виводів батареї;
- незадовільний технічний стан контакторів, реле та інших контактних апаратів;
- відсутність дугогасильних камер або неправильне їхнє установлення;
- порушення цілісності гумових чохлів банок акумуляторної батареї;
- нещільне прилягання кришки акумуляторних ящиків.

Первинні засоби пожежогасіння призначені для ліквідації невеликих осередків пожежі, а також для гасіння пожеж на початковій стадії їх розвитку (до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони):

- пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати);
- пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо);
- вогнегасники.

Найбільш широкого використання набули вуглекислотні та порошкові вогнегасники.

Вуглекислотні вогнегасники (ВВК) призначені для гасіння палаючих твердих предметів, а також електродвигунів, генераторів, горючих рідин і приладів, що знаходяться під напругою. При виході вуглекислоти з балона вона миттєво перетворюється на вуглекислий газ, обсяг якого в порівнянні з вуглекислою збільшується в 400-500 разів і температура на разтрубі знижується до -70°C . Щоб не обморозити руки, торкатися розтруба заборонено.

Порошкові вогнегасники призначені для гасіння пожежі твердих, рідких і газоподібних речовин (класу А, В, С), а також можливе їх застосування для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В. Вогнегасники, заряджені спецпорошком і оснащені заспокоювачем

порошкового струменя, використовують для гасіння пожеж класу D.

Самоспрацьовуючий порошковий вогнегасник ОСП-1 призначений для гасіння без участі людини пожеж класу А, В, С, а також електроприладів під напругою у невеликих приміщеннях виробничого, складського та громадського призначення. Являє собою герметичний скляний посуд, заповнений спеціальним вогнегасильним порошком і газоутворювачем.

5.4. Чередування праці і відпочинку

Для забезпечення охорони здоров'я і безпеки працівників необхідна відповідна організація режиму їх праці та відпочинку. При цьому повинні враховуватися вимоги КЗпП та інших нормативно-правових актів щодо робочого часу та відпочинку, оплачуваних перерв для проведення профілактичних та лікувально-оздоровчих процедур. Ці вимоги стосуються всіх працівників. Оптимальний режим праці й відпочинку - це таке чергування періодів праці з періодами відпочинку, при якому досягається найбільша ефективність діяльності людини й добрий стан її здоров'я. Обов'язкові перерви в роботі і їхня тривалість. Працівникам надається перерва для відпочинку і харчування. Вона повинна надаватись через чотири години після початку роботи і не включається в робочі години. Перерва може не надаватись, якщо тривалість зміни не перевищує шести годин.

Відпочинок між двома робочими днями (змінами) починається з моменту закінчення роботи (зміни) в один робочий день і кінчається в момент початку роботи (зміни) у наступний робочий день. Закон прямо не встановлює хоча б мінімальну тривалість цього виду відпочинку. Але в нормативних правових актах, що діють у багатьох галузях, встановлено, що тривалість відпочинку між двома робочими днями (змінами) не може бути менш 12 годин.

ВИСНОВКИ

Завданням дипломного проекту була модернізація електроприводу Одеського фунікулера. В проекті вивчено конструкційні особливості похилих ліфтів, та сформовані вимоги до електроприводу. Відповідно проведеного розрахунку потужності двигуна, був обрано асинхронний двигун загального призначення серії AIP180M6Y2 IM 1081 та перетворювач частот серії VLT Midi Drive FC 280 фірми «DANFOSS». Вибір системи управління перевірено за допомогою розрахунків та моделювання засобами середовища MATLAB/Simulink. Дослідження виконувалось в наступних режимах: пуск в холосту, накид навантаження, підвищення швидкості без зміни навантаження, зупинка. Зроблено висновок, що модернізована система відповідає сучасним вимогам та покращує експлуатаційні дані двигуна. В результаті проведеного порівняння видно, що варіант електроприводу з асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором і перетворювачем частоти економічно доцільніше, ніж асинхронний двигун без регулювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. «Підйомно-транспортні машини»/ Підручник для студ. технічних вузів / Ф. К. Іванченко. — К.: Вища школа, 1993. — 414 с
2. Підйомники / З.М. Федорова, И.Ф. Лукин, А.П.Нестеров, - К.: В. школа, 1976. - 296 с.
3. «Ліфти та підйомники» /Методичні вказівки до практичних зайняти, самостійних і контрольних робіт з дисципліни / П.Ф. Лях, В.О. Койнаш. - Краматорськ: ДДМА, 2008. - 76 с.
4. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: підручник / В. С. Бондарев, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. – Київ: Вища шк., 2009. – 734 с.1.
5. Теорія електропривода: Підручник / М.Г. Попович, М.Г. Борисюк, В.А. Гаврилук /За ред. М.Г. Поповича. – К. Вища шк., 1993. – 494 с.
6. Збірник задач до курсу «Електропривод», Піцан Р., Бардачевский В., Бойчук Б. / Львів, Видавництво «Львівська політехніка», 1999– 426 с.
Теорія електроприводу: навчальний посібник / Колб Ант., Колб А.А. – Д.: Національний гірничий університет, 2006. – 511 с.
7. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г. (за ред. Жулая Є.Л.). – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.
8. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода: навч. посібник /М. В. Загірняк та ін./ 2-ге вид., перероб. і доповн. Харків: Точка, 2017. 206 с.
9. Методи управління та апаратна реалізація сучасних перетворювачів частоти/ Квітка С. О., Безменнікова Л. М., Вовк О. Ю., Квітка О. С. /Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2013. Вип. 3, т. 2. С. 164-171.
10. Моделювання електроприводів: Навч. посібник/ Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. - Львів: Видавництво Національного Університету «Львівська політехніка», 2004.- 404 с.