

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій
Кафедра електричної інженерії

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

	<u>О. КОЛЛАРОВ</u>
(підпис)	(ініціали, прізвище)
«__» _____	2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
БАКАЛАВРА

на тему Моделювання електромеханічної частини ліфтової підйомної
установки адміністративної будівлі

Виконав студент 4 курсу, групи ЕЛК-20
(шифр групи)

спеціальності підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та
(шифр і назва спеціальності підготовки)
та електромеханіка»

Ілля КІЯШКО
(ім'я та прізвище)

(підпис)

Керівник зав. каф. ЕлІн, к. т. н., доц. О. Ю. КОЛЛАРОВ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ініціали, прізвище)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ініціали, прізвище)

(підпис)

Нормоконтроль:

Е. НЕМЦЕВ

(підпис)

(дата)

Засвідчую, що у цій випускній
кваліфікаційній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

(дата)

ЛУЦЬК – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій

Кафедра електричної інженерії

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність: електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ (О. КОЛЛАРОВ)

« » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Іллі КІЯШКУ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи: Моделювання електромеханічної частини ліфтової
підйомної установки адміністративної будівлі

керівник роботи Олександр КОЛЛАРОВ, канд. техн. наук, доцент
(ім'я та прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ № _____

2. Строк подання студентом роботи 03 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: _____

Вантажопідйомність 630 кг, швидкість руху 1,4 м/с, число поверхів 12,
висота поверху 3,2 м, напруга живлення 380 В, тип електроприводу –
асинхронний, система керування – векторна за потокозчепленням ротора.

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

1. Огляд сучасних ліфтових установок

2. Розрахунок електромеханічної системи та вибір обладнання

3. Розробка векторної системи керування електроприводу ліфта

4. Моделювання електромеханічної системи, аналіз результатів

5. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, якщо передбачається)

Десять слайдів презентаційного матеріалу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ініціали, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1-5	О. КОЛЛАРОВ, доц. каф.		
Нормоконтроль	Е. НЕМЦЕВ, ст. викл. каф.		

7. Дата видачі завдання 29 квітня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1	29.04–05.05.24	
2.	Розділ 2	06.05–15.05.24	
3.	Розділ 3	16.05–23.05.24	
4.	Розділ 4	24.05–31.05.24	
5.	Розділ 5	01.06–03.06.24	

Студент _____
(підпис)

Ілля КІЯШКО
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олександр КОЛЛАРОВ
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Ілля КІЯШКО. Моделювання електромеханічної частини ліфтової підйомної установки адміністративної будівлі / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – ДВНЗ ДонНТУ, Луцьк, 2024.

Дипломна робота складається зі вступу, основної частини, яка включає чотири розділи, висновків, переліку джерел посилання та додатків.

У першому розділі представлені історичні відомості щодо ліфтових підйомних установок, основні структурні компоненти ліфта, класифікація ліфтів.

У другому розділі виконані розрахунки тягових канатів, визначені вага основних елементів кінематичної схеми, сил опору руху кабіни та противаги, статичних зусиль, обрані двигун, редуктор і канатоведучий шків.

У третьому розділі проведена розробка електромеханічної системи механізму підйому кабіни ліфта, приведені теоретичні відомості про принцип векторного керування, проведений математичний опис і синтез векторної системи керування.

У четвертому розділі було проведено дослідження імітаційної моделі системи електроприводу в Simulink MATLAB, отримані графіки перехідних процесів.

Ключові слова: ліфт, електромеханічна система, асинхронний двигун, редуктор, противага, тяговий канат, регулятор, векторне керування, потокозчеплення, перехідний процес, статичне навантаження, моделювання, Simulink, MATLAB

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	7
1 ОГЛЯД сучасних ліфтових установок	8
1.1 Коротка історична довідка	8
1.2 Основні структурні компоненти ліфта	9
1.2.1 Машинне приміщення	9
1.2.2 Шахта ліфта	13
1.3 Класифікація ліфтів	15
1.3.1 Пасажирський ліфт	16
1.3.2 Вантажний ліфт	16
1.3.3 Малий вантажний ліфт	17
1.3.4 Спрощений вантажний ліфт	18
1.3.5 Підлоговий ліфт	18
1.3.6 Ліфт для інвалідних візків	19
1.3.7 Підйомна платформа	19
2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	21
2.1 Розрахунок і вибір тягових канатів	21
2.2 Розрахунок та вибір ліфтового редуктора і канатоведучого шківа	25
2.3 Розрахунок сил опору руху кабіни і противаги	28
2.4 Розрахунки величини натягу тягових канатів кабіни та противаги	30
2.5 Визначення навантажень канатоведучого шківа	35
2.6 Вибір приводного двигуна і перетворювача частоти	38
3 РОЗРОБКА ВЕКТОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНА	43
3.1 Принцип векторного керування асинхронним електроприводом	43
3.2 Математичний опис і структурна схема АД для задач векторного керування	44
3.3 Функціональна схема системи векторного керування АД	48

3.4 Компенсація внутрішніх перехресних зворотних зв'язків двигуна	53
3.5 Структурна схема системи «трансвектор»	55
4 МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЛІФТА	58
ВИСНОВКИ	62
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	63
ДОДАТОК А. ОХОРОНА ПРАЦІ	64
ДОДАТОК Б. ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРОЛЕРА	68

ВСТУП

Ліфти є не тільки зручним і практичним засобом транспорту у сучасному світі, але й символом технологічного прогресу та комфорту. Вони впроваджені в будівництві як невід'ємна складова, забезпечуючи ефективне переміщення людей та вантажів на різних рівнях структур.

З розвитком суспільства зростає і потреба в їхній постійній модернізації та удосконаленні. Важливою вимогою стає якість монтажу та обслуговування, спрямована на забезпечення безпеки та надійності. Для досягнення цих цілей необхідна постійна підготовка кваліфікованих фахівців, які би мали не лише технічні знання, але й творчий підхід до вирішення завдань у сфері ліфтобудування.

Впровадження сучасних технологій та автоматизованих систем робить актуальним постійне оновлення та розвиток професійних компетенцій фахівців у цій галузі. Такий підхід сприяє забезпеченню високої якості та ефективності ліфтових систем у сучасному світі.

Електричні ліфти відіграють ключову роль у сучасній індустрії транспорту. Вони пропонують енергоефективне рішення для пересування в будівлях будь-якого типу та розміру. Електропривід дозволяє ліфтам працювати плавно і безшумно, забезпечуючи комфорт та безпеку для пасажирів. Крім того, застосування електроприводу дозволяє регулювати швидкість підйому та зупинки, що робить їх більш адаптивними до різних умов та потреб користувачів. Ефективне використання енергії та надійна робота електроприводу стають важливими факторами для забезпечення стабільної та безперебійної роботи ліфтових систем у будь-який час доби.

1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЛІФТОВИХ УСТАНОВОК

1.1 Коротка історична довідка

Невідомо, коли був встановлений перший ліфт на початку історії Землі. Проте ще в давнину існували деякі допоміжні засоби у вигляді важелів або мотузок зі шківами для підняття важких предметів.

У 1586 році інженер Доменіко Фонтана побудував блок на площі Святого Петра в Римі для встановлення обеліска. Шків та його використання залишалися незмінними до 1861 року.

Коли саме цей принцип був реалізований для будівництва підйомника, невідомо. У 1853 році засновник компанії Otis Lift, Еліша Грейвс Отіс, представив безпечний підйомник. Отіс підняли на підйомній платформі, і його помічник перерізав єдину підвісну мотузку. Ліфт не розбився, а загальмував сам. Це був вирішальний прорив, оскільки винахід цього запобіжного механізму дозволив створювати ліфтові системи набагато безпечніші, оскільки до того часу траплялися численні нещасні випадки з розбитими ліфтами, багато з яких закінчувалися летально.[1]

Завдяки цьому новому винаходу тепер стало можливим будувати набагато вищі будівлі, ніж це було звичайно в той час, оскільки тепер можна було досягати значно більшої кількості поверхів будівлі одним ліфтом, оскільки запобіжний механізм зробив систему ліфтів безпечнішою.

Лише в 1870-х роках ліфт почали використовувати в Європі після того, як він був представлений на Всесвітній виставці в Парижі в 1867 році. У 1880 році в Мангеймі Вернером фон Сіменсом був представлений перший електричний ліфт. З цього моменту почалася подальша розробка ліфта та його компонентів. Спроба довести системи до межі та розсунути межі проявилася в багатьох речах. Будь то через форму, наприклад, багатокутних кабін, кабін зі скла чи інших матеріалів, або через нові технології, такі як альтернативні засоби підвіски.

В даний час найвищий підйомник знаходиться в Дубаї, Бурдж Халіфа. При висоті понад 828 м і 163 сходових майданчиках всередині розташовано 57 підйомників з висотою підйому до 504 м і швидкістю до 10 м/с. Це лише питання часу, коли наступний хмарочос буде побудований з ліфтовими системами, які мають навіть більшу висоту підйому, ніж технічно можливо сьогодні.

1.2 Основні структурні компоненти ліфта

1.2.1 Машинне приміщення

Машинне приміщення служить для розміщення приводу, системи керування та обмежувача швидкості. Класичний ліфт має своє машинне приміщення.

- а) над шахтою;
- б) вгорі біля шахти;
- в) внизу шахти.

Наведене вище означає, що машинне приміщення розташоване безпосередньо над ліфтовою шахтою, незалежно від того, чи є площа підлоги машинного приміщення більшою, ніж площа шахти, як показано на рис. 1.1, а. Безпосередньо над шахтою ліфта розташоване приміщення блоків із відхиляючими роликками для спрямування канатів у шахту, а поруч із ним розташоване машинне приміщення. У варіанті нижче біля шахти ліфта така ж ситуація, як і вище біля шахти. На рис. 1.1, б, показана підйомна установка з машинним приміщенням на дні шахти.

Відповідно до ДСТУ EN 81-20:2015[6] непідйомне обладнання не можна встановлювати в машинному приміщенні. Винятком є, наприклад, кондиціонери для забезпечення вентиляції машинного приміщення. Інше непідйомне обладнання повинно мати вогнезахисне покриття.

Однак це допустимо лише за погодженням з удосконаленим інспекційним органом і схвалено лише у рідкісних виняткових випадках і базується на досвіді розробника. З цієї причини оператори повинні завжди дотримуватися нижче наведеної рекомендації перед виконанням робіт. Може знадобитися провести аналіз ризиків.

Мінімальний розмір вільних зон обслуговування визначено в ДСТУ EN 81-20:2015. Важливо, щоб висота над головою була не менше 2 м. Розмір машинного приміщення повинен бути якомога більшим, щоб забезпечити безпечну роботу. Крім того, відповідно до ДСТУ EN 81-20:2015 необхідно забезпечити достатнє освітлення 200 люкс на підлозі та розетку. Машинне приміщення доступне лише для компетентних осіб. Тому двері машинного приміщення повинні замикатися. Щоб мати можливість покинути машинне відділення в екстреному випадку, двері машинного приміщення повинні мати тривожний замок. Крім того, будь-яка пожежа, яка розвивається в машинному відділенні, не повинна виходити назовні, для чого потрібні двері машинного відділення, що відповідають класу вогнестійкості. У випадку ліфтів з гідравлічним приводом поріг витоку масла додатково необхідний біля дверей машинного приміщення, щоб будь-яке гідравлічне масло, яке може витікати, збиралося в разі пошкодження системи трубопроводів або агрегату та не могло проникнути назовні. У випадку гідравлічних систем підлога машинного відділення повинна бути пофарбована олійостійкою фарбою, причому висота фарби повинна бути принаймні рівною рівню заповнення, яке виникло б у разі повної розрядки гідроагрегату. Олійостійку фарбу необхідно наносити в три шари, щоб три шари було видно візуально.

З кінця 1990-х років з'явилися також ліфтові системи з тяговими ліфтами без машинного відділення, як показано на рис. 1.1, в. У цьому випадку система управління і привід розташовуються в шахті ліфта. Більшість виробників розміщують привід на поперечині в оголовку. Існують також системи, де привід розташовується в шахті. Однак, за деякими рекомендаціями, цей варіант слід застосовувати лише у виняткових випадках, оскільки встановлення приводу в шахті

викликає значне прогинання канатів, що збільшує знос канатів порівняно з системою, де машина розташована в головній кімнаті.

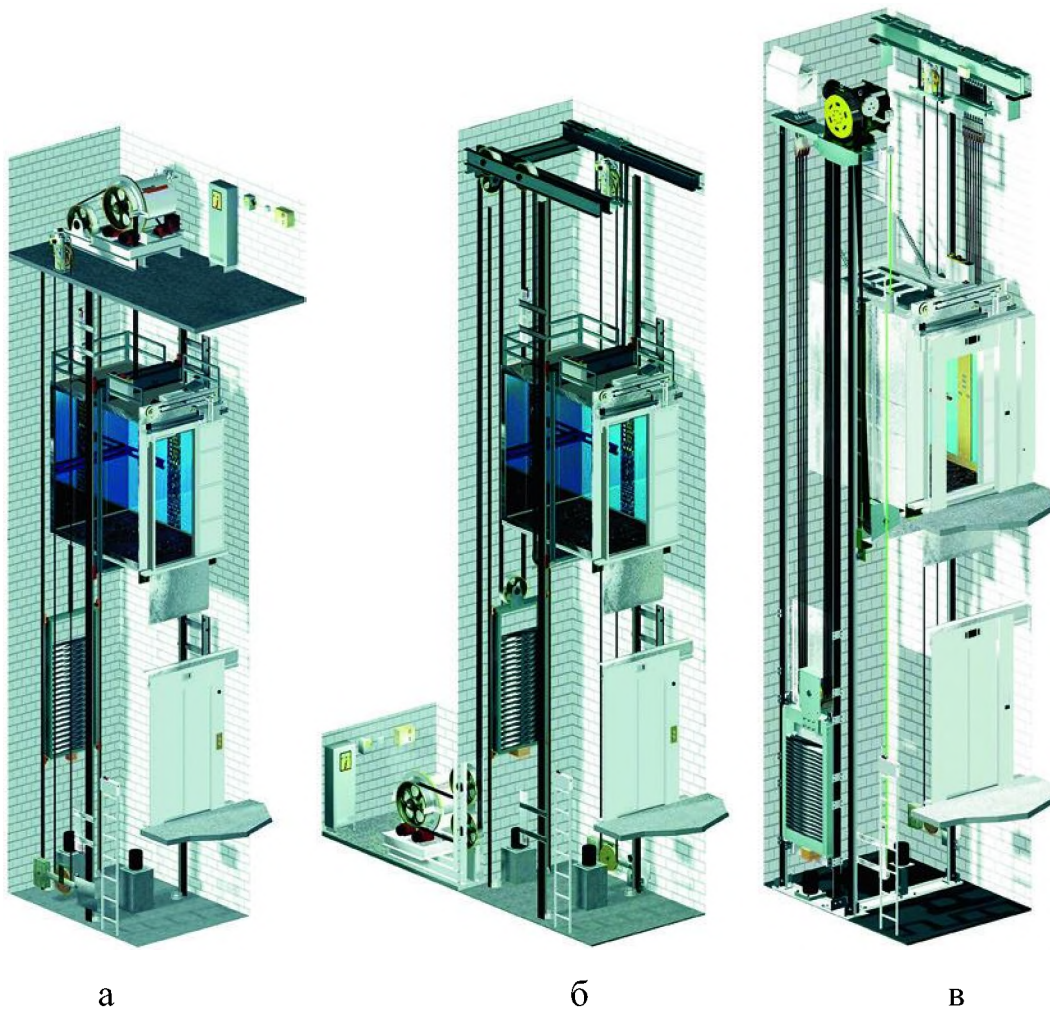


Рисунок 1.1 – Ліфт, де машинне приміщення а) згори шахти; б) знизу збоку шахти; в) відсутнє

Щоб мати можливість керувати підйомником за межами шахти ліфта в аварійних ситуаціях, невелика частина системи керування розташована поза шахтою, зазвичай біля дверей шахти ліфта на верхній сходовій площадці. Перевагою таких установок є економія машинного приміщення. У час подорожчання будівництва ці підйомники особливо популярні. Крім того, архітектори мають більше можливостей при проектуванні будівель, оскільки «дратівливе» машинне приміщення більше не потрібно. Однак у використанні таких підйомних систем є і недоліки. Під час технічного обслуговування контролер

і привід можна перевірити тільки з даху кабіни. Це вимагає підвищеної уваги технічного спеціаліста під час технічного обслуговування.

Навіть з гідравлічними підйомними системами можна реалізувати ліфт без машинного приміщення. Компактний агрегат, що складається з невеликого блоку з прикріпленим коміркою керування та огорожувальним масляним картером навколо агрегату, також робить непотрібним машинне приміщення. Компактний агрегат можна встановити як біля шахти, так і за нею. Як варіант, його також можна встановити прямо в стінку шахти в ніші. У цьому випадку нішу необхідно закрити протипожежними дверцятами. При плануванні таких систем необхідно переконатися, що пристрій не знаходиться в зоні евакуаційних шляхів. Однак є межі застосування компактного агрегату. Залежно від виробника вантажопідйомність обмежена 630 кг або 1000 кг.



Рисунок 1.2 – Компактний блок живлення для версії без машинного приміщення, встановлюваний в шахті ліфта

На рисунку 1.2 показаний компактний блок, який можна розмістити в шахтній ямі між напрямними. Блок керування можна встановити за межами свердловини з достатнім простором для обслуговування. Олійозахищена шахта ліфта також служить жолобом для збору нафти.

1.2.2 Шахта ліфта

Підйомний шахти ліфта зазвичай виконується із залізобетону. Необхідні розміри та допуски вказує виробник ліфта. Ці межі допуску зазвичай вказуються як ± 2 см і повинні суворо дотримуватися. Ці допуски менші, ніж значення допусків, зазвичай зазначені в конструкції. Як правило, будівництво ліфтової шахти - це послуга, яку надає замовник, тобто власник повинен побудувати цю шахту. Однак ліфтову шахту можна побудувати лише після оформлення замовлення в ліфтовій компанії, оскільки в ньому вказані розміри, необхідні для будівництва шахти. Це також показано на його системних малюнках. Напрямні рейки та противага розміщені в підйомній шахті. Крім того, живлення зовнішніх панелей виклику здійснюється через кабельні джгути, що проходять у свердловині. Ці кабельні джгути доставляються на будівельний майданчик у готовому вигляді, так що слюсарю залишається лише закріпити їх у шахті та з'єднати між собою.



Рисунок 1.3 – Ліфтова шахта зсередини

У приямку свердловини знаходиться буфер і відповідний шків регулятора швидкості. На рисунку 1.3 показана частина шахти підйому зсередини. [2]

Якщо шахти зроблені з цегляної кладки, необхідно переконатися, що С-профільні рейки вмонтовані в бетон тороїдального сердечника в точках, передбачених виробником ліфта.

Шахта підйому складається з приямку, оголовку та висоти підйому. У шахті знаходяться буфер і відхиляючий ролик регулятора швидкості. Сервісний технік може потрапити в яму по драбині. Шахта простирається вгору в залежності від кількості посадкових майданчиків і вміщує напрямні рейки та елементи шахти. У кінці знаходиться оголовок. Висота оголовку визначена в ДСТУ EN 81-20:2015 і залежить від номінальної швидкості ліфта. Відстань між верхнім краєм готової підлоги найнижчої зупинки і готовою підлогою верхньої зупинки називається висотою підйому. Відстань між готовою підлогою верхньої зупинки і дном стелі шахти називається оголовком. Прямок шахти визначається як відстань від готової підлоги найнижчої зупинки до дна приямка.

Однак є також можливість будівництва шахт ліфтів з сталеві рами з ламінованим безпечним склом. Складні шахти дуже часто можна побачити на залізничних станціях для створення прозорості з міркувань безпеки. Але такі шахти ліфтів можна також знайти у представницьких будівлях, таких як банки або торгові центри. Для зменшення кількості взаємозв'язків між монтажником ліфтової системи та будівельником шахти ліфта, ця робота зазвичай повністю передається виробнику ліфта. Координація, необхідна тут, іноді є дуже детальною, тому індивідуальний контракт повинен бути укладений лише з виробником каркаса шахти, а координацію взаємозв'язків з виробником ліфта повинні здійснювати лише досвідчені власники будівель, керівники будівельних майданчиків або архітектори. Як альтернатива до зашкленених шахт ліфтів, сталеві рами також можна обшивати листовим металом або термоізолюваними панелями.

У торгових центрах, де можуть бути розташовані атріуми, зазвичай можна знайти лише частково закриті шахти. Тут оточується лише нижня область головної

зупинки. Сторона з дверима шахти забетонована, а решта шахти до верхнього простору не має захисної стіни.

На рисунку 1.4 показано сталевий каркас для ліфтової системи зі склінням.

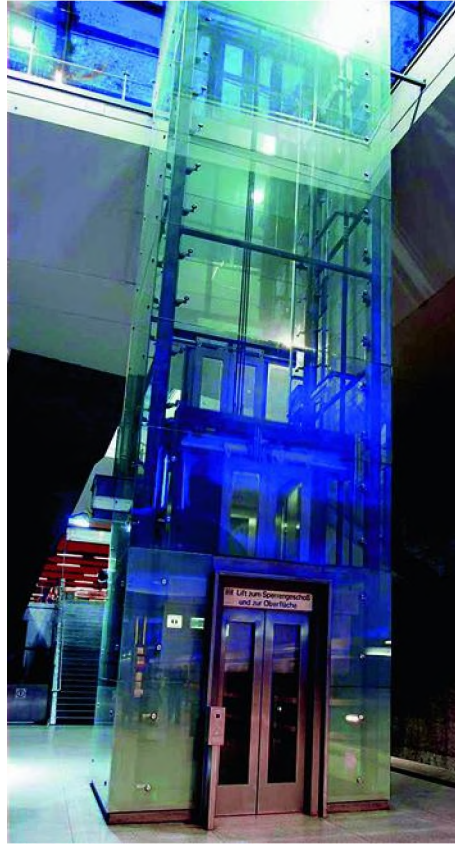


Рисунок 1.4 – Шахта ліфта, виготовлена з сталевій рами зі склінням

1.3 Класифікація ліфтів

У цьому розділі розглядаються різні типи ліфтів. Ліфтові системи можна класифікувати за типом вантажу, який потрібно, за типом приводу або за функцією. Деякі типи ліфтів перераховані нижче відповідно до вказаної класифікації.

1.3.1 Пасажирський ліфт

Пасажирський ліфт, незалежно від типу приводу, використовується виключно для перевезення людей. Факт, що він також може перевозити вантажі, є безперечним через його конструкцію, але пасажирський ліфт не обов'язково підходить для перевезення вантажів через оснащення кабіни.

Наприклад, якщо йдеться про високоякісне обладнання кабіни. Тут стіни можуть бути виготовлені зі скла або високоякісної нержавіючої сталі. Підлога кабіни може бути покрита гранітом або каменем. Перевезення вантажів за допомогою візків або піддонів несе ризик пошкодження кабіни громіздким вантажем.

Освітлення розташоване в стелі, і в сучасних ліфтових системах воно складається або зі скляної стелі з освітленням під нею, або з галогенових світильників, вбудованих безпосередньо в стелю. З дедалі більшою тенденцією сьогодні також використовуються світлодіодні (LED) світлові поля через їх низьке споживання енергії та тривалий термін служби.

1.3.2 Вантажний ліфт

Вантажні ліфти використовуються для перевезення вантажів. Кабіна виготовляється дуже просто і міцно. Стіни зазвичай виготовляються з оцинкованої листової сталі і лише покриті ґрунтовкою. Іноді вони залишаються в своєму первісному вигляді без фарбування. Підлога зазвичай виготовляється з рифленої листової сталі, щоб використання навантажувачів не спричиняло пошкоджень. Крім того, на стінах встановлені дерев'яні або пластикові буфери для поглинання ударів вантажу і захисту стін. Як і в пасажирських ліфтах, освітлення також

розташоване в стелі. На рисунку 1.5 показана кабіна вантажного ліфта зі стінами з листової сталі та сірою ґрунтовкою. Для захисту від ударів встановлено дві дерев'яні планки. Дверей в кінці кабіни немає. Альтернативно, кабіна оснащена світловою сіткою безпеки.



Рисунок 1.5 – Вигляд кабіни вантажного ліфта з світловою сіткою безпеки

1.3.3 Малий вантажний ліфт

Малий вантажний ліфт використовується для вертикального транспортування невеликих вантажів, як вже підказує його назва. Перші ліфти цього типу будувалися як ручні ліфти. За допомогою напрямних шківів і каната через шахту кабіна могла рухатися вертикально. Кабіна була закріплена гальмом. Щоб перемістити кабіну, гальмо спочатку потрібно було відпустити ногою, після чого кабіна могла рухатися за допомогою каната.

Двері закривалися вертикальними розсувними дверима, як це робиться в сучасних ліфтах, які рухалися наполовину вгору і наполовину вниз.

1.3.4 Спрощений вантажний ліфт

Спрощений вантажний ліфт використовується виключно для транспортування вантажів. Перевезення людей заборонено. Також немає можливості виклику в кабіні через відсутність панелі керування. Обладнання аналогічне до вантажних ліфтів. Система екстреного виклику не потрібна для цього типу ліфта. Привід може бути або гідравлічним агрегатом, або електродвигуном як канатний ліфт. Управління здійснюється виключно через зовнішні панелі керування. Кабіна доставляється на потрібну зупинку за допомогою керування "виклик і відправлення". Після завантаження кабіна відправляється на бажану зупинку за допомогою тієї ж панелі.

1.3.5 Підлоговий ліфт

Підлоговий ліфт також є вантажним ліфтом без перевезення пасажирів. Він здебільшого використовується для подолання однієї зупинки. Його часто можна знайти на краю будівлі для транспортування вантажів безпосередньо зовні будівлі. На нижньому поверсі вантаж можна перемістити в кабінку після відкриття дверей. На верхній зупинці немає дверей, але є кришка. Ця кришка також називається навісом. Навіс покриває отвір шахти зверху. Кабіна відкриває цю кришку під час підйому і бере її з собою. Підлоговий ліфт будується тільки як гідравлічний ліфт.

Система може керуватися тільки з верхньої зупинки, щоб можна було бачити область навісу і зону небезпеки для людей.

1.3.6 Ліфт для інвалідних візків

Ліфт для інвалідних візків складається з платформи з обрамленням з правого і лівого боку. Приводи розташовані в цих рамах. Тут використовується привід із зубчастою рейкою і невеликим гвинтом. Через цей невеликий гвинт цей тип ліфта досягає лише низьких швидкостей до 0,1 м/с. Платформа не має огорожі, тобто вона відкрита зверху, а входи лише захищені бар'єром, як показано на рис. 1.6, а, або невеликими дверима, як показано на рис. 1.6, б. Ці ліфти можна встановлювати без шахти. Вони використовуються в універмагах або громадських будівлях для подолання лише кількох сходинок. [3]



а

б

Рисунок 1.6 – Ліфти для інвалідних візків

1.3.7 Підйомна платформа

Підйомні платформи використовуються на відкритому повітрі. Їх часто можна знайти на вантажних рампах у комерційних підприємствах для полегшення розвантаження вантажівок. Вони складаються лише з однієї платформи, яка

переміщується гідравлічною системою. Під платформою є два схрещені гідравлічні домкрати. Через таке розташування їх також називають ножичними підйомниками. Вони керуються дистанційним управлінням, розташованим на кабелі. Платформа піднімається або опускається гідравлічним агрегатом. Оператор повинен використовувати це дистанційне управління для переміщення платформи. Дистанційне управління має функцію утримання для роботи. Це означає, що платформа зупиняється, коли дистанційне управління відпускається. Ще однією перевагою цього типу управління є те, що оператор може бачити зону небезпеки під платформою.

2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

2.1 Розрахунок і вибір тягових канатів

Згідно із завданням потрібно за вихідними даними, наведеними в таблиці 2.1, розробити електромеханічну систему механізму підйому пасажирського ліфта.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

Параметр	Значення
Вантажопідйомність	$Q = 630 \text{ кг}$
Швидкість руху	$v = 1,4 \text{ м / с}$
Число поверхів	$N_{\text{пов}} = 12$
Висота поверху	$h_{\text{пов}} = 3,2 \text{ м}$

Ліфт розташований в адміністративній будівлі.

Формула для визначення висоти підйому кабіни

$$H = N_{\text{пов}} \cdot h_{\text{пов}}$$

$$H = 12 \cdot 3,2 = 38,4 \text{ м}$$

Розміри кабіни:

$$A = 1,3 \text{ м}; B = 1,7 \text{ м}$$

Орієнтовну масу кабіни пасажирського ліфта визначимо за виразом:

$$Q_{\text{к}} = (500 \div 550) \cdot A \cdot B, \text{ кг}$$

де A, B – відповідні значення ширини та глибини кабіни.

$$Q_k = 520 \cdot 1,3 \cdot 1,7 = 1149 \text{ кг}$$

Формула для визначення маси противаги:

$$Q_n = Q_k + \varphi Q, \text{ кг}$$

де φ – коефіцієнт урівноваження вантажу кабіни;

Q – номінальна маса вантажу, кг.

$$Q_n = 1149 + 0,5 \cdot 630 = 1464 \text{ кг}$$

Відношення між діаметром шківу та номінальним діаметром підвісних канатів повинно бути щонайменше 40, незалежно від кількості гілок.

Коефіцієнт запасу підвісних канатів повинен бути таким, як рекомендовано в таблиці 2.2.

З'єднання між канатом та його закінченням повинно бути перевірено і має витримувати принаймні 80% мінімального руйнівного навантаження каната.

Кінці кожного канату повинні бути надійно закріплені до кабіни ліфта, противаги або точок підвіски за допомогою відповідних закінчень.

Сталеві канати повинні бути розраховані на величину статичного розривного зусилля

$$P = S \cdot K$$

де P – розривне зусилля каната, обране за ДСТУ, Н;

K – коефіцієнт запасу, що залежить від типу канатоведущого органу, призначення ліфта та його номінальної швидкості;

S – величина розрахункового статичного натягу однієї гілки підвісного каната, Н.

Таблиця 2.2 – Значення мінімального коефіцієнту запасу міцності

Лебідка	Швидкість, м/с	Тип ліфта	
		вантажний і малий [$k_{\min}$]	пасажирський, вантажопасажирський, лікарняний [$k_{\min}$]
Барабанна	≤ 1	8	9
Фрикційна	≥ 1	10	12
Фрикційна	1...2	11	13
Фрикційна	2...4	12	14
Фрикційна	≥ 4	13	15

Для визначення величини розрахункового натягу гілки канатної підвіски скористаємось наступними формулами:

Для канатів кабіни ліфта:

$$S_{\kappa} = \frac{Q + Q_{\kappa} + Q_{mk} + 0,5Q_{np}}{m} \cdot g, H$$

Для канатів противаги:

$$S_{\kappa} = \frac{Q_n + Q_{mk} + 0,5 \cdot Q_{np}}{m} \cdot g, H$$

де Q – вантажопідйомність ліфта, кг;

Q_{κ} , Q_n – відповідно маса кабіни та противаги, кг;

Q_{mk} – маса тягових канатів від місця сходу з КВШ до точки підвіски, кг;

Q_{np} – маса натяжного пристрою канатів, кг;

m – число паралельних віток канатів.

Попередньо приймемо погонну масу канату $q_{\kappa} = 0,5 \text{ кг} / \text{м}$

Маса тягових канатів

$$Q_{mk} = q_{mk} \cdot m \cdot (H + 4),$$

де L_{κ} – розрахункова довжина тягового канату, $L_{\kappa} = H + (3 \div 4)$

Підставляючи відповідні дані у формули:

$$Q_{mk} = 0,5 \cdot 3 \cdot (38,4 + 4) = 63,6 \text{ кг}$$

$$S_k = \frac{1149 + 630 + 63,6 + 0,5 \cdot 300}{3} \cdot 9,81 = 6,5 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$S_n = \frac{1464 + 63,6 + 0,5 \cdot 300}{3} \cdot 9,81 = 5,5 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$P = 6,5 \cdot 13 = 84,7 \text{ кН}$$

Приймаємо канат І666 з параметрами:

Діаметр

$$d = 13 \text{ мм}$$

Погонна маса канату

$$q_{mk.\phi} = 0,597 \text{ кг / м}$$

Розривне зусилля канату

$$P = 86150 \text{ кН}$$

Фактична маса канатів

$$Q_{mk.\phi} = m \cdot q_{mk.\phi} \cdot L_k$$

$$Q_{mk.\phi} = 3 \cdot 0,597 \cdot 42,4 = 75,9 \text{ кг}$$

Фактичний коефіцієнт запасу міцності

$$K_{\phi} = \frac{P \cdot m}{(Q + Q_{\kappa} + Q_{mk.\phi}) \cdot g}$$

$$K_{\phi} = \frac{86150 \cdot 3}{(630 + 1149 + 75,9) \cdot 9,81} = 14,2$$

При правильному виборі канату виконується наступна умова

$$K_{\phi} \geq K$$

$$14,2 > 13$$

Виходячи з цього вважаємо, що канат обрано вірно.

2.2 Розрахунок та вибір ліфтового редуктора і канатоведучого шківа

Редуктори використовуються разом з електродвигуном для зменшення швидкості або збільшення крутного моменту. Конструкція їх закрита, щоб важливі компоненти не були видимі. При використанні редуктора необхідно переконатися, що вона достатньо змащена. Через постійні рухи в різні боки через зміну напрямку руху кабіни або через велику кількість стартів з місця, редуктори піддаються дуже великому навантаженню. Тому слід приділяти велику увагу догляду та регулярним перевіркам масла.

Наступні типи редукторів широко використовуються:

- черв'ячні редуктори (в т.ч. глобоїдні);
- планетарні редуктори;
- циліндричні редуктори.

Приклад черв'ячного редуктора у розрізі наведений на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Черв'ячний редуктор у розрізі

Канатоведучий шків використовується для перетворення обертального руху машини в лінійний рух кабіни. Тертя передає рух на засоби підвіски. У даній роботі нас цікавлять тільки КВШ, на яких як засоби підвіски використовуються сталеві канати.

Попередньо обираємо редуктор із передатним числом 23,5.

Знайдемо відповідний діаметр КВШ за формулою:

$$D = \frac{v \cdot i_p \cdot 60}{\pi \cdot n_n}$$

де D – розрахунковий діаметр КВШ, м;

n_n – номінальна частота обертання валу двигуна, об/хв;

v – розрахункове значення лінійної швидкості кабіни, м/с.

$$D = \frac{1,4 \cdot 23,5 \cdot 60}{3,14 \cdot 950} = 0,661 \text{ м}$$

Обираємо КВШ зі стандартного ряду діаметром 620 мм.

Вибираємо редуктор РГ-150-23,5 з передатним числом 23,5. Загальний вигляд приведено на рисунку 2.2



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд ліфтового редуктора РГ-150-23,5

Після вибору редуктора та КВШ уточнюємо значення швидкості руху кабіни, що має задовольняти умову похибки в межах 15%:

$$v = \frac{\pi \cdot n_n \cdot D}{i_p \cdot 60}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 950 \cdot 0,62}{23,5 \cdot 60} = 1,312 \text{ м / с}$$

Похибка відхилення швидкості руху кабіни від заданої:

$$\Delta v = \frac{v_{зад} - v}{v_{зад}} \cdot 100\% = \frac{1,4 - 1,312}{1,4} \cdot 100\% = 6,26 \%$$

$$6,26 < 15\%$$

Умова виконується. Таким чином залишаємо обраними редуктор РГ-150-23,5 та КВШ діаметром 0,62 м, оскільки отримане значення швидкості руху кабіни лежить у межах норми.

2.3 Розрахунок сил опору руху кабіни і противаги

Розглянемо розрахунки спротиву руху детальніше та з урахуванням розрахункових схем, наведених на рис.2.3.

Координати X_n, Y_n приймаються в діапазоні $(0,03 \div 0,1)$ м, а координати $X_k, Y_k - (0,02 \div 0,1)$ м, $X_g = B / 6$; $Y_g = A / 6$.

Відстань між башмаками по вертикалі:

$$h_g = h_k + 0,25 = 2 + 0,25 = 2,25 \text{ м}$$

де h_k – висота кабіни;

Нормальні тиски (порожня кабіна)

$$N_{нк} = \frac{Q_k (Y_k + Y_n)}{h_g} g = \frac{1149 \cdot (0,06 + 0,05)}{2,25} \cdot 9,81 = 551,16 \text{ Н}$$

$$N_{нк} = \frac{Q_{\kappa} (X_{\kappa} + X_n)}{2h_{\phi}} g = \frac{1149 \cdot (0.06 + 0.05)}{2 \cdot 2.25} 9.81 = 275.6 \text{ H}$$

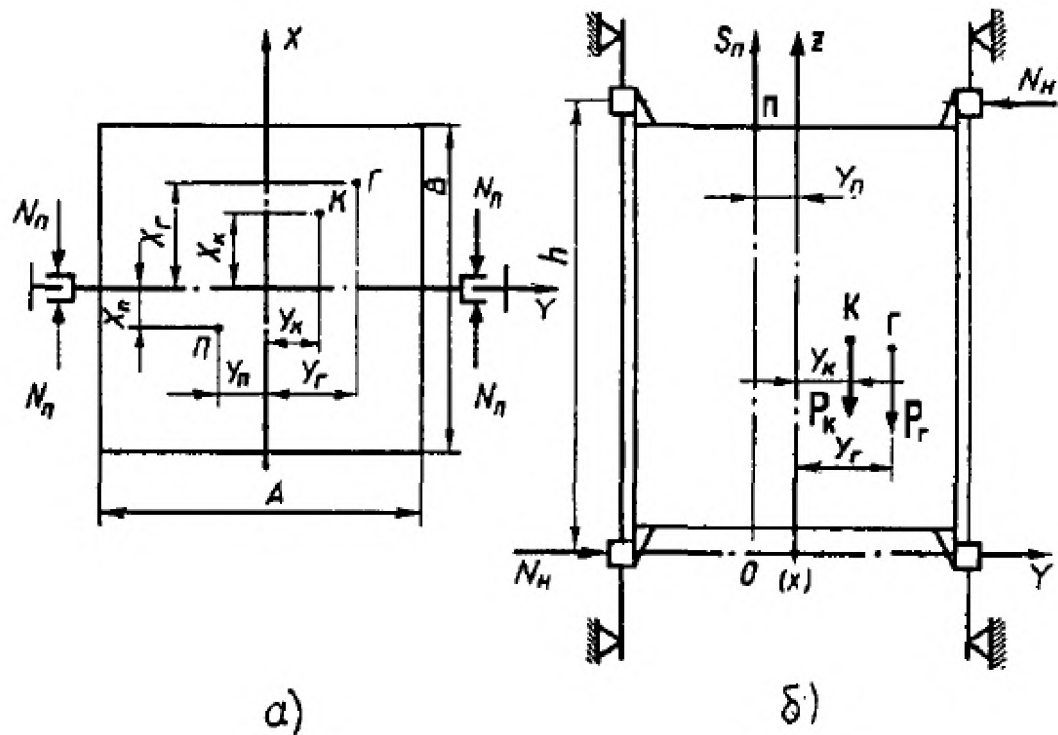


Рисунок 2.3 – Схема для визначення опорних реакцій башмаків кабіни
(горизонтальна – а,– вертикальна – б проєкції кабіни

X_n, Y_n – координати зсуву точки підвісу кабіни; X_{κ}, Y_{κ} – величина повздовжнього та поперечного зсуву центра мас кабіни; X_{ϕ}, Y_{ϕ} – визначаються припускаючи, що розрахунковий вантаж має рівномірне розподілення.

Нормальні тиски для вантажу(не враховуючи масу кабіни):

$$N_{н\phi} = \frac{Q \cdot (Y_{\phi} + Y_n)}{h_{\phi}} g = \frac{630 \cdot (0.22 + 0.05)}{2.25} 9.81 = 732.5 \text{ H}$$

$$N_{н\phi} = \frac{Q \cdot (X_{\phi} + X_n)}{2h_{\phi}} g = \frac{630 \cdot (0.28 + 0.05)}{2 \cdot 2.25} 9.81 = 457.8 \text{ H}$$

Спротив руху кабіни напрямними башмаками ковзання:

$$\begin{aligned} F_{\kappa} &= (2 \cdot N_{\kappa\kappa} + 4 \cdot N_{\kappa\kappa}) \cdot \omega + 0,0015 \cdot Q_{\kappa} \cdot g = \\ &= (2 \cdot 551.16 + 4 \cdot 275.6) \cdot 0.12 + 0.0015 \cdot 1149 \cdot 9.81 = 281.47 \text{ H} \end{aligned}$$

де ω – коефіцієнт спротиву руху башмаків ковзання, $\omega = 0.12$.

Сила спротиву руху вантажу башмаками ковзання:

$$F_e = (2 \cdot N_{ne} + 4N_{ne}) \cdot \omega = (2 \cdot 732.5 + 4 \cdot 457.8) \cdot 0.12 = 395.5 \text{ H}$$

Сила спротиву руху противаги башмаками ковзання:

$$F_{\pi} = 7,5 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\pi} \cdot g = 7.5 \cdot 10^{-3} \cdot 1464 \cdot 9.81 = 107.7 \text{ H}$$

2.4 Розрахунки величини натягу тягових канатів кабіни та противаги

Режими 5, 6 характеризуються рухом кабіни, що завантажена на 110% своєї номінальної вантажопідйомності. Останній розрахований режим відповідає режиму статичних випробувань ліфта. Згідно із вимогами, що висуваються ПУБЕЛ статичні випробування мають виконуватись впродовж 10 хвилин, у цьому випадку кабіна займає нижнє положення.

Для пасажирських ліфтів на прямій підвісці випробування проводяться з навантаженням 200% від номінального. Інші типи з вантажем на рівні 150% від номінального.

Вирази, за якими виконуються розрахунки натягу канатів, обираються виходячи з відповідного режиму роботи ліфта та кінематичної схеми. У випадку, що розглядається, кабіна і протизавага перебувають на безпосередньому підвісі.

Розрахунки величини натягу за режимами:

1. Завантажена кабіна, положення – внизу, напрям руху ліфта – вгору.
– натяг канатів кабіни

$$S_{\kappa 1} = (Q + Q_{\kappa}) \cdot g + F_{\kappa} + F_{\sigma} + Q_{m\kappa} \cdot g$$

$$S_{\kappa 1} = (630 + 1149) \cdot 9,81 + 281,5 + 395,5 + 63,6 \cdot 9,81 = 18,75 \text{ кН}$$

- натяг канатів протизаваги

$$S_{n1} = (Q_n + Q_y) \cdot g - F_n$$

$$S_{n1} = (1464 + 56,6) \cdot 9,81 - 107,7 = 14,81 \text{ кН}$$

2. Завантажена кабіна, положення – зверху, напрям руху ліфта – вниз.

- натяг канатів кабіни

$$S_{\kappa 2} = ((Q + Q_{\kappa} + Q_{m\kappa} + Q_y) \cdot g + F_{\kappa} + F_{\sigma})$$

$$S_{\kappa 2} = (630 + 1149 + 12,75 + 56,6) \cdot 9,81 + 281,5 + 395,5 = 18,8 \text{ кН}$$

- натяг канатів протизаваги

$$S_{n2} = Q_n \cdot g - F_n + Q_{m\kappa} \cdot g$$

$$S_{n2} = 1464 \cdot 9,81 - 107,7 + 63,6 \cdot 9,81 = 14,88 \text{ кН}$$

3. Незавантажена кабіна, положення – внизу, напрям руху ліфта – вгору.

– натяг канатів кабіни

$$S_{\kappa 3} = Q_{\kappa} \cdot g - F_{\kappa} + Q_{mk} g$$

$$S_{\kappa 3} = 1149 \cdot 9.81 - 281,5 + 63,6 \cdot 9.81 = 11,62 \text{ кН}$$

– натяг канатів протитяги

$$S_{n3} = (Q_n + Q_y) \cdot g + F_n$$

$$S_{n3} = (1464 + 56,6) \cdot 9,81 + 107,7 = 15,03 \text{ кН}$$

4. Незавантажена кабіна, положення – зверху, напрям руху ліфта – вниз.

– натяг канатів кабіни

$$S_{\kappa 4} = (Q_{\kappa} + Q_{mk} + Q_y) \cdot g - F_{\kappa}$$

$$S_{\kappa 4} = (1149 + 12.75 + 56.6) \cdot 9,81 - 281.5 = 11.67 \text{ кН}$$

– натяг канатів протитяги

$$S_{n4} = (Q_n \cdot g + F_n) + Q_{mk} \cdot g$$

$$S_{n4} = 1464 \cdot 9.81 + 107.7 + 63.6 \cdot 9.81 = 15.1 \text{ кН}$$

5. Завантажена на 110% кабіна, положення – внизу, напрям руху ліфта – вгору.

Динамічні випробування.

– натяг канатів кабіни

$$S_{\kappa 5} = S_{\kappa 1} + 0,1 \cdot Q \cdot g$$

$$S_{\kappa 5} = 18750 + 0.1 \cdot 630 \cdot 9,81 = 19.37 \text{ кН}$$

– натяг канатів противаги

$$S_{n5} = S_{n1} = 14,81 \text{ кН}$$

6. Завантажена на 110% кабіна, положення – зверху, напрям руху ліфта – вниз.
Динамічні випробування.

– натяг канатів кабіни

$$S_{к6} = S_{к2} + 0,1 \cdot Q \cdot g$$

$$S_{к6} = 18810 + 0,1 \cdot 630 \cdot 9,81 = 19,43 \text{ кН}$$

– натяг канатів противаги

$$S_{n6} = S_{n2} = 14,88 \text{ кН}$$

7. Завантажена кабіна, положення – внизу, напрям руху ліфта – вниз.

– натяг канатів кабіни

$$S_{к7} = ((Q + Q_{к}) \cdot g - F_{к} - F_{с}) + Q_{тк} \cdot g$$

$$S_{к7} = (630 + 1149) \cdot 9,81 - 281,5 - 395,5 + 63,6 \cdot 9,81 = 17,4 \text{ кН}$$

– натяг канатів противаги

$$S_{n7} = S_{n3} = 15,03 \text{ кН}$$

8. Завантажена кабіна, положення – зверху, напрям руху ліфта – вниз.

— натяг канатів кабіни

$$S_{\kappa 8} = \left((Q + Q_K + Q_{mk} + Q_y) \cdot g - F_{\kappa} - F_e \right)$$

$$S_{\kappa 8} = (630 + 1149 + 12,75 + 56,6) \cdot 9,81 - 281,5 - 395,5 = 17,46 \text{ кН}$$

— натяг канатів противаги

$$S_{n8} = S_{n4} = 15,1 \text{ кН}$$

9. Незавантажена кабіна, положення — внизу, напрям руху ліфта — вгору

— натяг канатів кабіни

$$S_{\kappa 9} = Q_{\kappa} \cdot g + F_{\kappa} + Q_{mk} \cdot g$$

$$S_{\kappa 9} = 1149 \cdot 9,81 + 281,5 + 63,6 \cdot 9,81 = 12,2 \text{ кН}$$

— натяг канатів противаги

$$S_{n9} = S_{n1} = 14,81 \text{ кН}$$

10. Незавантажена кабіна, положення — зверху, напрям руху ліфта — вгору

— натяг канатів кабіни

$$S_{\kappa 10} = (Q_{\kappa} + Q_{mk} + Q_y) \cdot g$$

$$S_{\kappa 10} = (1149 + 12,75 + 56,6) \cdot 9,81 = 11,95 \text{ кН}$$

— натяг канатів противаги

$$S_{n10} = S_{n2} = 14,88 \text{ кН}$$

11. Статичні випробування, кабіна на 200%, положення – вниз.

– натяг канатів кабіни

$$S_{\kappa 11} = (2Q + Q_{\kappa}) \cdot g + Q_{mk} \cdot g$$

$$S_{\kappa 11} = (2 \cdot 630 + 1149) \cdot 9.81 + 63,6 \cdot 9.81 = 24,26 \text{ кН}$$

– натяг канатів противаги

$$S_{n11} = Q_n \cdot g$$

$$S_{n11} = 1464 \cdot 9.81 = 14,36 \text{ кН}$$

2.5 Визначення навантажень канатоведучого шківа

Співвідношення натягів канатів визначається для всіх 11 режимів розглянутих в пункті 2.4 за формулою:

$$\psi_i = \frac{S_{i\max}}{S_{i\min}}$$

де $S_{i\max}$ та $S_{i\min}$ – найбільше та найменше значення величини натягу канатів підвіски кабіни в і-ому режимі.

$$\psi_1 = \frac{18,75}{14,81} = 1,266$$

$$\psi_2 = \frac{18,81}{14,88} = 1,264$$

$$\psi_3 = \frac{15,03}{11,62} = 1,294$$

$$\psi_4 = \frac{15,1}{11,62} = 1,293$$

$$\psi_5 = \frac{19,37}{14,81} = 1,308$$

$$\psi_6 = \frac{19,43}{14,88} = 1,306$$

$$\psi_7 = \frac{17,4}{15,03} = 1,158$$

$$\psi_8 = \frac{17,46}{15,1} = 1,156$$

$$\psi_9 = \frac{14,81}{12,18} = 1,216$$

$$\psi_{10} = \frac{14,88}{11,95} = 1,245$$

$$\psi_{11} = \frac{24,26}{14,36} = 1,689$$

Консольне навантаження КВШ визначається таким же чином для кожного режиму за формулою:

$$P_{K\bar{i}} = S_{K\bar{i}} + S_{II\bar{i}}$$

де i – порядковий номер режиму.

$$P_{K1} = 18,75 + 14,81 = 33,57 \text{ кН}$$

$$P_{K2} = 18,81 + 14,88 = 33,69 \text{ кН}$$

$$P_{K3} = 11,62 + 15,03 = 26,64 \text{ кН}$$

$$P_{K4} = 11,67 + 15,1 = 26,77 \text{ кН}$$

$$P_{K5} = 19,37 + 14,81 = 34,18 \text{ кН}$$

$$P_{K6} = 19,43 + 14,88 = 34,31 \text{ кН}$$

$$P_{K7} = 17,4 + 15,03 = 32,43 \text{ кН}$$

$$P_{K8} = 17,46 + 15,1 = 32,55 \text{ кН}$$

$$P_{K9} = 12,18 + 14,81 = 26,99 \text{ кН}$$

$$P_{K10} = 11,95 + 14,88 = 26,83 \text{ кН}$$

$$P_{K11} = 24,26 + 14,36 = 38,62 \text{ кН}$$

Знаходимо величину окружного навантаження КВШ для режиму підйому неврівноваженого вантажу:

$$P_i = S_{i\max} - S_{i\min} + 0.02 \cdot S_{i\max}$$

Тоді для кожного режиму:

$$P_1 = 18,75 - 14,81 + 0.02 \cdot 18,75 = 4,3 \text{ кН}$$

$$P_2 = 18,81 - 14,88 + 0.02 \cdot 18,81 = 4,3 \text{ кН}$$

$$P_3 = 15,03 - 11,62 + 0.02 \cdot 15,03 = 3,71 \text{ кН}$$

$$P_4 = 15,1 - 11,67 + 0.02 \cdot 15,1 = 3,725 \text{ кН}$$

$$P_5 = 19,37 - 14,81 + 0.02 \cdot 19,37 = 4,95 \text{ кН}$$

$$P_6 = 19,43 - 14,88 + 0.02 \cdot 19,43 = 4,94 \text{ кН}$$

$$P_7 = 17,4 - 15,03 + 0.02 \cdot 17,4 = 2,72 \text{ кН}$$

$$P_8 = 17,46 - 15,1 + 0.02 \cdot 17,46 = 2,71 \text{ кН}$$

$$P_9 = 14,81 - 12,18 + 0.02 \cdot 14,81 = 2,93 \text{ кН}$$

$$P_{10} = 14,88 - 11,95 + 0.02 \cdot 14,88 = 3,22 \text{ кН}$$

$$P_{11} = 24,26 - 14,36 + 0.02 \cdot 24,26 = 10,38 \text{ кН}$$

2.6 Вибір приводного двигуна і перетворювача частоти

Розрахунок необхідної потужності приводу лебідки:

$$N_{\delta} = \frac{P_{\max} \cdot V}{\eta_{\text{леб}}} = \frac{4,319 \cdot 10^3 \cdot 1,4}{0.8} = 7,085 \text{ кВт}$$

Беручи до уваги коефіцієнт запасу для врахування динамічних навантажень маємо:

$$P_{\delta\phi} = K_z \cdot N_{\delta\phi} = 1.2 \cdot 7.56 = 9.07 \text{ кВт}$$

Обираємо двигун WEG IE2 W22 160L потужністю 9,2 кВт, частотою обертання 970 об/хв. Параметри обраного приводного двигуна зведені в таблицю 2.3. Зовнішній вигляд двигуна представлений на рисунку 2.4



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд двигуна WEG IE2 W22 160L

Таблиця 2.3 – Паспортні дані асинхронного двигуна серії WEG IE2 W22 160L

Номінальна потужність	9,2 кВт
Номінальна частота напруги	50 Гц
Номінальна напруга	$U_n=380$ В
Синхронна швидкість	1000 об/хв
Момент інерції	$0.16107 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
Номінальний ККД	89%
Коефіцієнт потужності	0.8
Перевантажувальна здатність	2,7
Номінальне ковзання	0.03
Критичне ковзання	0.156
Маса	130 кг

Вибір перетворювача частоти для виконання задач в парі з асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором потребує врахування кількох важливих технічних вимог та параметрів.

Перетворювач частоти повинен мати номінальну потужність, яка відповідає або перевищує потужність двигуна. Це гарантує, що перетворювач зможе забезпечити необхідний крутний момент і продуктивність двигуна.

Вхідні та вихідні параметри перетворювача повинні відповідати напрузі та частоті живлення двигуна. Наприклад, якщо двигун працює від мережі 380 В і 50 Гц, то перетворювач повинен відповідати цим параметрам.

Перетворювач повинен мати максимальний вихідний струм, який дорівнює або перевищує номінальний струм двигуна. Це важливо для уникнення перевантаження та забезпечення стабільної роботи.

Обраний перетворювач частоти має бути здатний реалізовувати векторне керування.

Перетворювач частоти повинен відповідати кількості фаз двигуна (зазвичай трифазний).

Залежно від умов експлуатації, може бути необхідним вибір перетворювача з активним або пасивним охолодженням. Це забезпечить надійну роботу в умовах високих температур або важких режимів роботи.

Залежно від умов експлуатації (пил, волога, агресивні середовища) необхідно обирати перетворювач з відповідним ступенем захисту (наприклад, IP20, IP54).

Перетворювач повинен підтримувати необхідні інтерфейси для управління та моніторингу (наприклад, Modbus, Profibus, Ethernet).

Додаткові функції, такі як можливість програмування, вбудовані захисти, функції енергозбереження, гальмування тощо, можуть бути важливими в залежності від конкретних вимог до системи.

Важливо вибирати продукцію від надійного виробника з хорошою репутацією, а також враховувати доступність сервісної підтримки та запчастин.

Беручи до уваги розрахунки, проведені вище, обираємо перетворювач частоти Schneider Electric Altivar 61 11 кВт 3-фаз. - ATV61HD11N4 рис. 2.5 з паспортними даними, що зведені до таблиці 2.4.

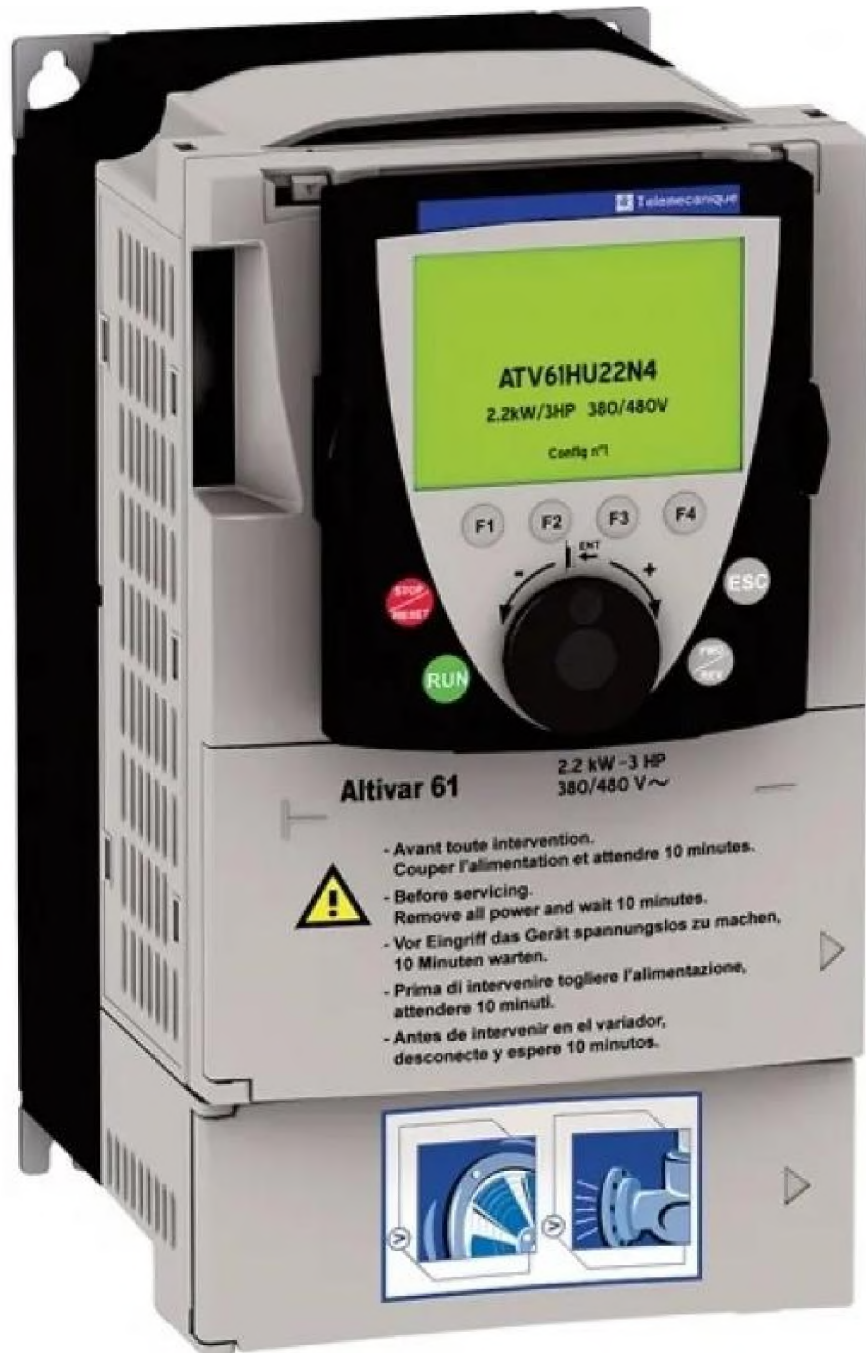


Рисунок 2.5 – Вигляд перетворювача частоти Schneider Electric Altivar 61
11 кВт 3-фаз. - ATV61HD11N4

Таблиця 2.4 – Паспортні дані перетворювача частоти Schneider Electric
Altivar 61 11 кВт 3-фаз. - ATV61HD11N4

Потужність, кВт	11
Панель управління	В комплекті
Захист, клас	IP20
Тип управління	вектор
Фазність	3 фаз-380 В
Вхідна фазність	3-ф/380
Вихідна фазність	3-ф/380
Вихідна частота, Гц	1000
Робоча температура, °С	0+50
Серія	ATV61
Гарантія, міс	12

3 РОЗРОБКА ВЕКТОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНА

3.1 Принцип векторного керування асинхронним електроприводом

Векторне управління, на відміну від скалярного, передбачає забезпечення закону частотного управління не тільки в усталених, але і в перехідних режимах роботи електропривода (ЕП). Це дозволяє забезпечити високу якість характеристик ЕП як в статичних, так і в динамічних режимах.[5]

При векторному управлінні моментом і швидкістю короткозамкненого асинхронного двигуна (АД) найбільше поширення отримав закон управління, який описується формулою:

$$\vec{\Psi}_R = const. \quad (3.1)$$

Цей закон полягає в безперервній поточній стабілізації як модуля $\Psi_R = |\vec{\Psi}_R|$, так і кутового положення $\theta_C = \arg[\vec{\Psi}_R]$ вектору потокозчеплення ротора $\vec{\Psi}_R$. Даний закон дозволяє отримати найкращі статичні характеристики, і в той же час характеризується найбільш простим алгоритмом реалізації.

Перша промислова система векторного регулювання швидкості асинхронного електропривода була розроблена на початку 1970-х років німецькою фірмою Siemens, і отримала назву Transvektor.

Для реалізації закону управління система регулювання будується в системі координат, традиційно позначуваних d, q, орієнтованих по вектору потокозчеплення ротора, коли вісь d системи координат суворо суміщається з узагальненим вектором потокозчеплення ротора:

$$\psi_{Rd} = |\vec{\Psi}_R| = \Psi_R, \psi_{Rq} = 0. \quad (3.2)$$

3.2 Математичний опис і структурна схема АД для задач векторного керування

При виводі рівнянь АД в системі координат (3.2), з рівнянь Парка виключають вектори $\vec{I}_R, \vec{\Psi}_S$ з допомогою рівнянь:

$$\vec{I}_R = \frac{1}{L_R} \vec{\Psi}_R - k_R \vec{I}_S, \quad (3.3)$$

$$\Psi_S = \sigma L_S I_S + k_R \vec{\Psi}_R \quad (3.4)$$

В результаті після перетворень можна отримати рівняння балансу напруг статора та ротора АД:

$$\sigma L_S p \vec{I}_S = \vec{U}_S - R_l \vec{I}_S - j \omega_C L_S \vec{I}_S + \frac{k_R}{T_R} \vec{\Psi}_R - j \omega_R k_R \vec{\Psi}_R; \quad (3.5)$$

$$p \vec{\Psi}_R = -\frac{1}{T_R} \vec{\Psi}_R - j(\omega_C - \omega_R) \vec{\Psi}_R + k_R R_R \vec{I}_S, \quad (3.6)$$

де $R_l = R_S + k_R^2 R_R$ – еквівалентний активний опір АД;

$T_R = L_R / R_R$ – стала часу роторного кола АД.

Розкладемо (3.5), (3.6) на складові, підставимо в них

$$\vec{U}_S = u_{sd} + j u_{sq}; \vec{I}_S = i_{sd} + j i_{sq}; \vec{\Psi}_R = \Psi_R + j 0,$$

Як результат отримаємо дві системи скалярних рівнянь:

$$\begin{cases} \sigma L_S p i_{Sd} = u_{Sd} - R_l i_{Sd} + \omega_C \sigma L_S i_{Sq} + \frac{k_R}{T_R} \Psi_R; \\ \sigma L_S p i_{Sq} = u_{Sq} - R_l i_{Sq} - \omega_C \sigma L_S i_{Sd} - \omega_R k_R \Psi_R. \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\begin{cases} p \Psi_R = -\frac{1}{T_R} \Psi_R + k_R R_R i_{Sd}; \\ \omega_C = \omega_R + k_R R_R \frac{i_{Sq}}{\Psi_R}. \end{cases} \quad (3.8)$$

Рівняння (3.7) представляють собою рівняння балансів напруг електромагнітних контурів асинхронного двигуна (АД) по осях d та q. Перше рівняння (3.8) описує магнітний контур АД. Друге рівняння (3.8) представляє собою умову точної орієнтації системи координат d, q по вектору потокозчеплення ротора, яке для забезпечення закону управління (3.1) повинно виконуватися постійно засобами системи автоматичного регулювання.

Рівняння електромагнітного моменту:

$$M = \frac{3}{2} z_p k_R \operatorname{Im} [\vec{\Psi}_R \vec{I}_S^*]$$

після підстановки комплексних значень векторів з врахуванням умови (3.2) приймає вид:

$$M = \frac{3}{2} z_p k_R \Psi_R i_{Sq}. \quad (3.9)$$

Рівняння руху ЕП:

$$M - M_C = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (3.10)$$

$$e_{\psi} = \frac{k_R}{T_R} \Psi_R; e_d = -\sigma L_S \omega_C i_{sd}; e_q = \sigma L_S \omega_C i_{sq}; e_{\omega} = -k_R \omega_R \Psi_R. \quad (3.11)$$

Припустімо, що вплив сигналів ПЗЗ незначний, і ним можна знехтувати. У цьому випадку можна вважати, що стабілізація в системі регулювання складової u_{sd} напруги статора (отже, і складової струму статора i_{sd}) веде до стабілізації модуля вектора потокозчеплення ротора Ψ_R , а зміна складової u_{sq} напруги статора (отже, і струму) при $\Psi_R = const$ дозволяє забезпечити відповідну зміну електромагнітного моменту АД, відповідно, формувати необхідну тахограму ЕП.

З огляду на зазначені закономірності, складову струму статора i_{sd} називають намагнічувальною або потокостворювальною складовою, а i_{sq} – моментостворювальною складовою вектора струму статора.

На основі структурної схеми АД (рис. 3.1), розглянутої без урахування ПЗЗ e_d, e_q та e_{ψ} можна провести аналогію зі схемою ДПТ при управлінні по колах якоря і збудження. При цьому струм i_{sd} відповідає струму кола збудження ДПТ, а струм i_{sq} – струму кола якоря.

Таким чином, якщо формувати напруги статора в системі координат d, q , яка точно орієнтується по вектору потокозчеплення ротора, то принцип побудови системи управління стає аналогічним принципу організації системи двозонного регулювання швидкості ДПТ з роздільним управлінням магнітним потоком і напругою на якорі. Цей принцип лежить в основі більшості сучасних систем векторного управління асинхронним електроприводом, і також використовується при векторному управлінні електроприводами на основі двигунів інших типів (синхронних, вентильних).

3.3 Функціональна схема системи векторного керування АД

Функціональна схема системи Transvektor представлена на рис. 3.2. Силова частина системи містить ПЧ на основі автономного інвертора напруги з ШІМ і короткозамкнений АД.

У системі передбачено безпосереднє вимірювання фазних струмів статора у двох фазах (датчики струму ДТ1 і ДТ2), швидкості (тахогенератор МГ) та складових $\psi_{m\alpha}$ і $\psi_{m\beta}$ головного магнітного потокозчеплення Ψ_m .

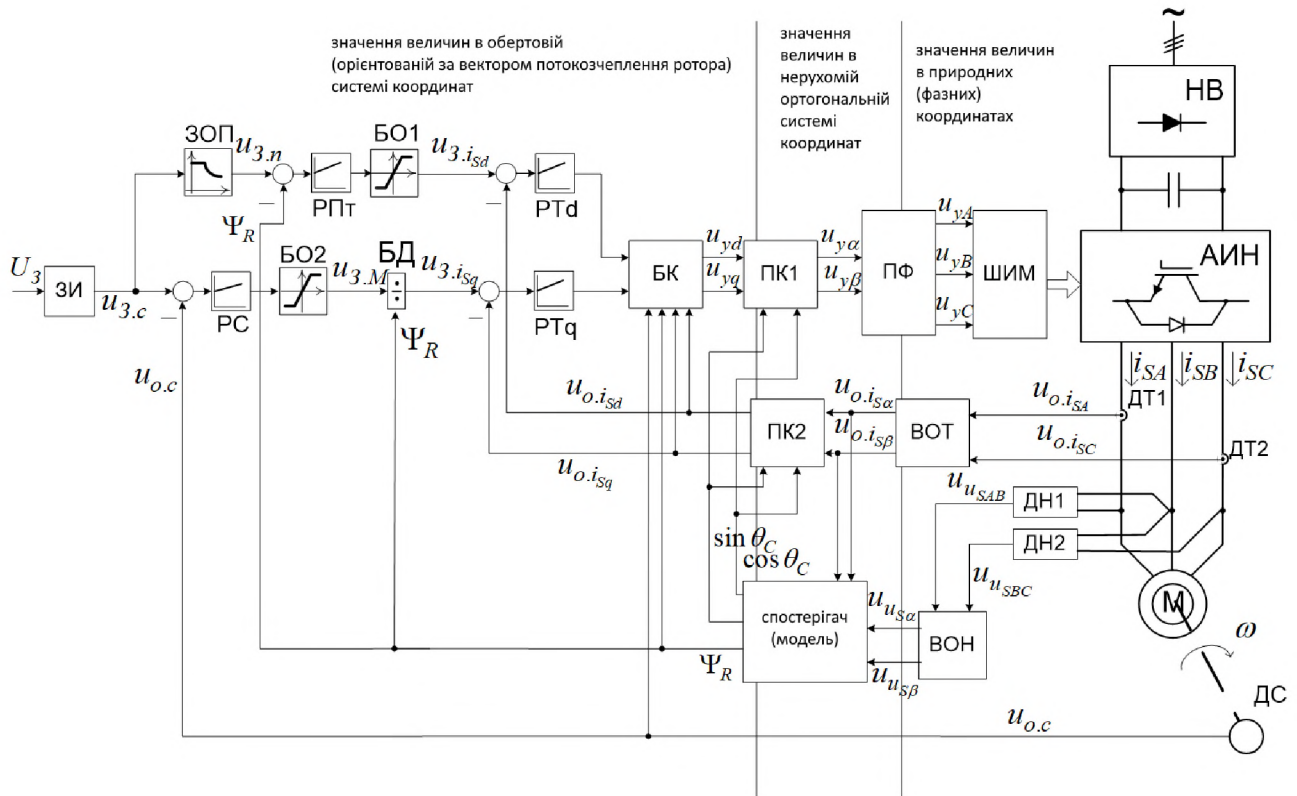


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи векторного керування асинхронним двигуном із орієнтацією за вектором потокозчеплення ротора

Вимірювання потокозчеплення може бути виконане за допомогою двох датчиків Холла, встановлених у зазорі двигуна, зміщених в площині поперечного перерізу АД на 90 ел. градусів один відносно одного. Датчики перебувають під дією

магнітного потоку у зазорі, який обертається у просторі, тому напруги на виходах датчиків мають синусоїдальну форму і зміщені один відносно одного на 90 ел. градусів, тобто представляють собою взяті в певному масштабі проекції головного вектору потокозчеплення на осі нерухомої системи координат α , β .

Формування задаючих сигналів (рис. 3.2) виконується в системі координат d , q , що обертається з кутовою швидкістю (ω_c і орієнтованою відносно вектора потокозчеплення ротора. Саме орієнтування виконується за допомогою перетворювачів координат ПК1 і ПК2, що виконують перетворення у функції вихідних гармонічних функцій $\sin \theta_c$, $\cos \theta_c$ спостерігача.

Вимірювані за допомогою датчиків струму фазові струми статора АД надходять в пристрій обчислення ортогональних струмів (ВОТ), які обчислюють ортогональні проекції струму на осі системи координат α , β за формулами (без урахування коефіцієнтів передачі датчиків струму):

$$\begin{cases} i_{s\alpha} = i_{sA}; \\ i_{s\beta} = \frac{1}{\sqrt{3}}(i_{sB} - i_{sC}). \end{cases} \quad (3.12)$$

Обчислені значення $i_{s\alpha}, i_{s\beta}$ надходять в координатний перетворювач ПК2, що формує на виході ортогональні складові струмів в обертовій системі координат d , q орієнтованій за вектором потокозчеплення ротора, за формулами:[4]

$$\begin{cases} i_{sd} = i_{s\alpha} \cos \theta_c + i_{s\beta} \sin \theta_c; \\ i_{sq} = -i_{s\alpha} \sin \theta_c + i_{s\beta} \cos \theta_c. \end{cases} \quad (3.13)$$

Інформація про необхідний кут орієнтації θ_c отримується наступним чином.

Виміряні за допомогою датчиків Холла ортогональні проекції $\psi_{m\alpha}$ та $\psi_{m\beta}$ вектору головного магнітного потокозчеплення надходять у пристрій обчислення потокозчеплення ротора (ВПР), який реалізує наступні залежності (без урахування коефіцієнтів передачі датчиків Холла):

$$\begin{cases} \psi_{R\alpha} = k_R^{-1} \psi_{m\alpha} - L_{R\sigma} i_{S\alpha}; \\ \psi_{R\beta} = k_R^{-1} \psi_{m\beta} - L_{R\sigma} i_{S\beta}. \end{cases} \quad (3.14)$$

Далі ортогональні проекції вектора потокозчеплення ротора надходять у векторний аналізатор (ВА), який обчислює модуль вектора потокозчеплення ротора

$$\Psi_R = \sqrt{\psi_{R\alpha}^2 + \psi_{R\beta}^2} \quad (3.15)$$

і гармонічні функції його кутового положення

$$\cos \theta_C = \frac{\psi_{R\alpha}}{\Psi_R}; \sin \theta_C = \frac{\psi_{R\beta}}{\Psi_R}, \quad (3.16)$$

які і беруть участь у координатних перетвореннях ПК1 і ПК2 для орієнтації системи координат, в якій реалізується управління.

Власне система управління має два канали регулювання - модуля вектора потокозчеплення ротора Ψ_R і кутової швидкості ω двигуна. Кожен з каналів виконаний у вигляді двоконтурної СПР, причому два підпорядкованих внутрішніх контури виконують регулювання складових струму статора i_{sd} (струму збудження) і i_{sq} (моментного струму) в осях ортогональної системи координат d, q.

Сформовані на виході регуляторів струму РТd і РТq напруги надходять на блок компенсації БК, призначений для компенсації внутрішніх ПЗЗ двигуна. На

виході БК напруги управління u_{yd} і u_{yq} ПЧ за допомогою перетворювача координат ПК1 перетворюються в напруги управління $u_{y\alpha}$ і $u_{y\beta}$ в нерухомій ортогональній системі координат α, β відповідно до формул:

$$\begin{cases} u_{y\alpha} = u_{yd} \cos \theta_C - u_{yq} \sin \theta_C; \\ u_{y\beta} = u_{yd} \sin \theta_C + u_{yq} \cos \theta_C, \end{cases} \quad (3.17)$$

і потім (за допомогою перетворювача фаз ПФ) – до напруг u_{yA}, u_{yB}, u_{yC} в фазних координатах за формулами:

$$\begin{cases} u_{yA} = u_{y\alpha}; \\ u_{yB} = -\frac{1}{2}u_{y\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2}u_{y\beta}; \\ u_{yC} = -\frac{1}{2}u_{y\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2}u_{y\beta}. \end{cases} \quad (3.18)$$

Отримані напруги надходять в систему управління комутацією силових ключів ПЧ.

Завдання на електромагнітний момент АД формується вихідним сигналом регулятора швидкості РС, обмеження якого забезпечує відповідне обмеження моменту двигуна. У функції завдання на момент формується завдання на моментний струм (за допомогою блоку ділення БД).

Контур регулювання модуля потокозчеплення ротора повинен забезпечувати стабілізацію модуля на заданому рівні. Це завдання повинно бути постійним при регулюванні частоти і швидкості тільки в першій зоні (нижче номінальної). У другій зоні завдання на модуль потокозчеплення повинно зменшуватися обернено пропорційно швидкості.

З метою універсалізації системи в канал формування напруги завдання на модуль потокозчеплення ротора включають задавач ослаблення поля (ЗОП), який реалізує залежність (рис. 3.3), аналогічну тій, яка реалізується в системах двозонного регулювання швидкості ДПТ з роздільним управлінням.

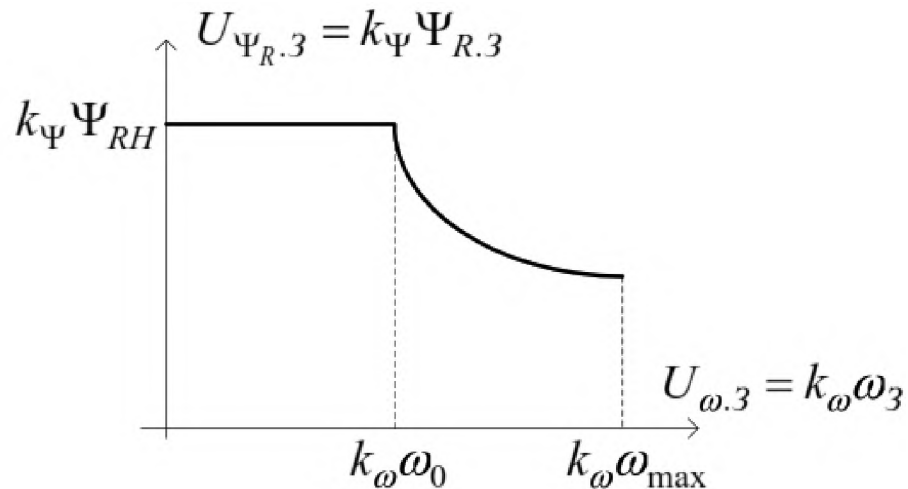


Рисунок 3.3 – Залежність, що формується задавачем ослаблення поля (ЗОП).

Основними недоліками системи Transvektor прийнято вважати:

1. Складність системи регулювання і громіздкість обчислень, пов'язаних з необхідністю орієнтації системи координат. Тому в даний час реалізація систем векторного управління виконується тільки засобами мікропроцесорної техніки. Розроблені в 1970-х - 1980-х рр. пристрої аналогової реалізації систем векторного управління не отримали широкого розповсюдження в промисловості через похибки регулювання, що вносяться, та дрейф параметрів елементів.

2. Неефективність вимірювання потокозчеплення ротора за допомогою датчиків Холла (або додаткових вимірювальних обмоток) через їх низьку надійність. Наразі замість безпосереднього вимірювання потоку використовують його опосередковане визначення за допомогою математичних моделей потоку або спостерігачів, які будуються на підставі математичного зв'язку вектора потокозчеплення з векторами електричних величин, а також швидкості АД, які легко доступні для вимірювання.

3.4 Компенсація внутрішніх перехресних зворотних зв'язків двигуна

Вище зазначалося, що внутрішні ПЗЗ двигуна обумовлюють взаємний нелінійний вплив складових струму статора один на одного. При цьому ступінь впливу цих зв'язків залежить як від параметрів двигуна, так і від його режиму роботи. Для отримання якісного незалежного управління струмом збудження і моментним струмом АД цей взаємний вплив повинен бути виключене.

Це завдання вирішується шляхом введення в систему блоку компенсації БК. Принцип компенсації математично аналогічний тому, який використовувався для компенсації проти-ЕРС двигуна в електроприводі постійного струму, а саме — сигнали (ЕРС) заводяться з протилежним знаком на вхід АІН (в область сигналів в орієнтованій системі координат d, q). Відмінність полягає лише в більшій кількості сигналів, що підлягають компенсації.

Залежно від вимог, що пред'являються до електроприводу в конкретному випадку, може виконуватися часткова компенсація (тобто компенсація тільки найбільш впливових) ПЗЗ. У низьковольтних електроприводах малої і середньої потужності такими зазвичай є ЕРС обертання e_d і e_q , меншою мірою впливають e_ψ проти-ЕРС e_ω .

У найзагальнішому випадку компенсації всіх ПЗЗ двигуна варіант структурної схеми блоку БК може мати вигляд, показаний на рис. 3.4. Очевидно, що структура БК повторює структуру внутрішніх зв'язків двигуна. У схемі враховується, що датчики струму, потокозчеплення і швидкості мають коефіцієнти передачі $k_{\sigma.m.}$, $k_{\sigma.n.}$ і $k_{\sigma.c.}$ відповідно. Тому на входах БК виконується ділення на відповідні коефіцієнти.

Крім того, тут використовується та властивість, що модель реального АІН справедлива і в ортогональній системі координат d, q , причому для кожної

складової (оскільки сигнали не є гармонічними) можна використовувати апроксимуючу ПФ.

$$W_{AII}(p) = \frac{u_{sd}(p)}{U_{yd}(p)} \approx \frac{k_\mu}{T_\mu p + 1}, \quad (3.19)$$

що і показано на рис. 3.4.

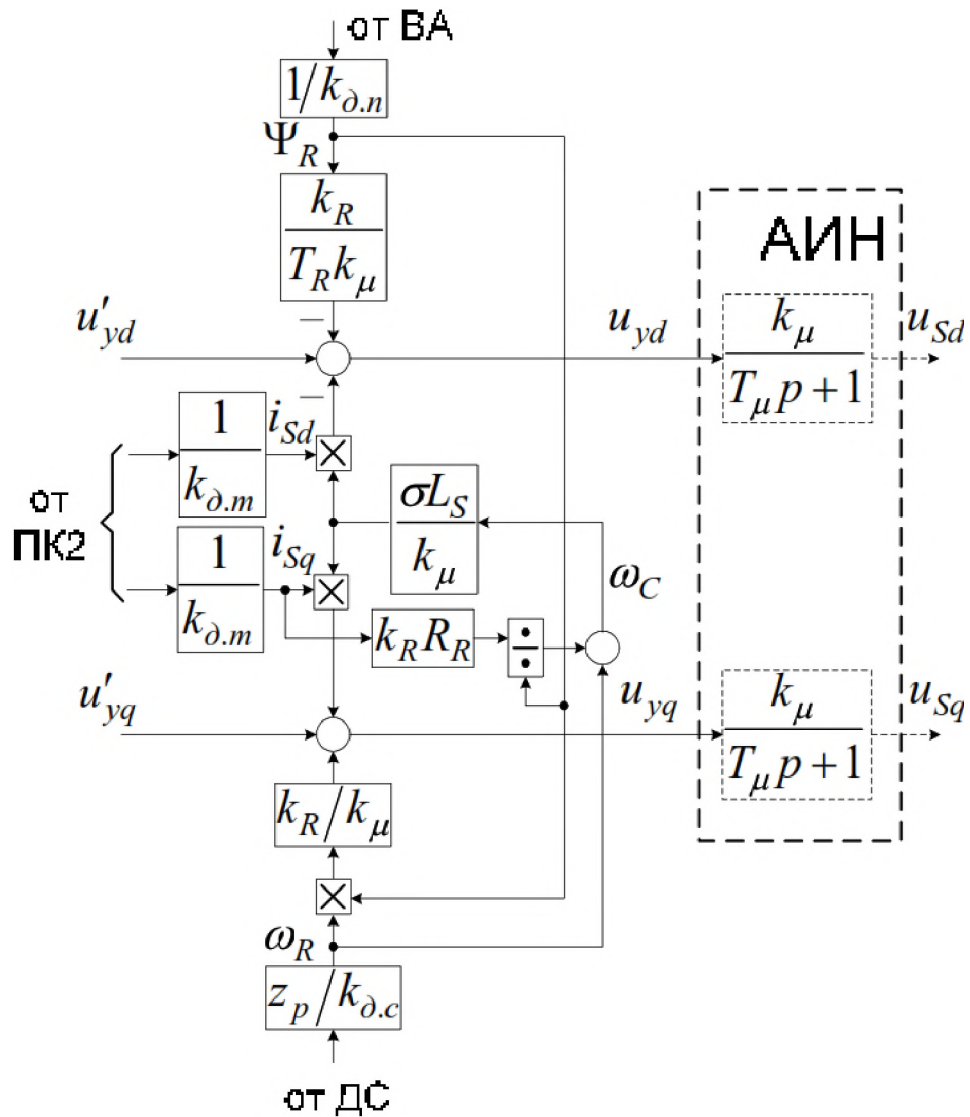


Рисунок 3.4 – Структурна схема блоку компенсації впливу внутрішніх ПЗЗ двигуна

При виборі передавальної функції регулятора струму у вигляді (3.20), передаточна функція замкнутого контуру регулювання струму стане рівною:

$$K_{KPT}(p) = \frac{i(p)}{U_{3.I}(p)} = \frac{1/k_{\partial.m}}{T_{\mu}T_T p^2 + T_T p + 1}, \quad (3.21)$$

Часто використовують аперіодичне налаштування контуру регулювання струму, приймаючи $T_T \geq 4T_{\mu}$, оскільки через малу реальну інерційність T_{μ} АІН з ШІМ контури струмів у цьому випадку стають достатньо швидкодіючими.

Контур регулювання модуля потокозчеплення ротора синтезують, представляючи внутрішній контур струму i_d за допомогою передавальної функції (3.21). Тоді за традиційним підходом до синтезу отримаємо наступну передавальну функцію РП:

$$W_{RP}(p) = \frac{k_{\partial.m}}{L_m k_{\partial.n}} \cdot \frac{T_R p + 1}{T_{\Pi} p}, \quad (3.22)$$

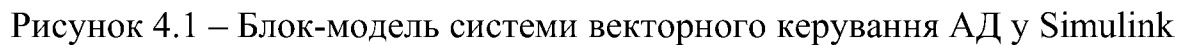
де приймають $T_{\Pi} = 2T_T$.

Підхід до синтезу контуру швидкості аналогічний, але, оскільки в об'єкті регулювання присутній коефіцієнт Ψ_R , який може значно змінюватися при регулюванні швидкості в другій зоні і ослабленні потоку АД, для лінеаризації контуру послідовно з регулятором швидкості включають блок ділення БД, що виконує ділення на поточне значення модуля вектора $\vec{\Psi}_R$. Тоді, відповідно до схеми (рис. 3.5), можна прийняти:

$$W_{PC}(p) = \frac{2k_{\partial.m}J}{3z_p k_R k_{\partial.c} T_C}, \quad (3.23)$$

де $T_C = 2T_T$, що відповідає П-регулятору швидкості.

Статичні характеристики системи векторного управління аналогічні характеристикам системи двохзонного управління швидкістю ДПТ з роздільним управлінням, а динамічні характеристики виявляються на порядок кращими через малу в порівнянні з ТП інерційністю ПЧ.



П-регулятор швидкості представлений блоком Gain SpeedController. Регулятор потокозчеплення виражається передавальною функцією в блоці FluxController. Регулятори CurrentControllerd, CurrentControllerq, відповідно, потокоутворюючої та моментоутворюючої складових представлені у вигляді блоків Transfer Fcn. Перетворювач частоти виражений блоками FCd, FCq. Прикладання статичного моменту навантаження відбувається у вигляді стрибкоподібного сигналу на вході M_c підсистеми асинхронного двигуна.

Блочна модель асинхронного двигуна у системі координат d-q із блоком компенсації впливу перехресних зворотних зв'язків на перехідні процеси в системі векторного керування, зібрана в Simulink зображена на рисунку 4.2, схована у InductionMotor підсистему рис. 4.1.

У зміст моделі покладено наявність двох каналів регулювання, які мають місце в системах векторного управління типу «трансвектор» – модуля потокозчеплення ротора й електромагнітного моменту.

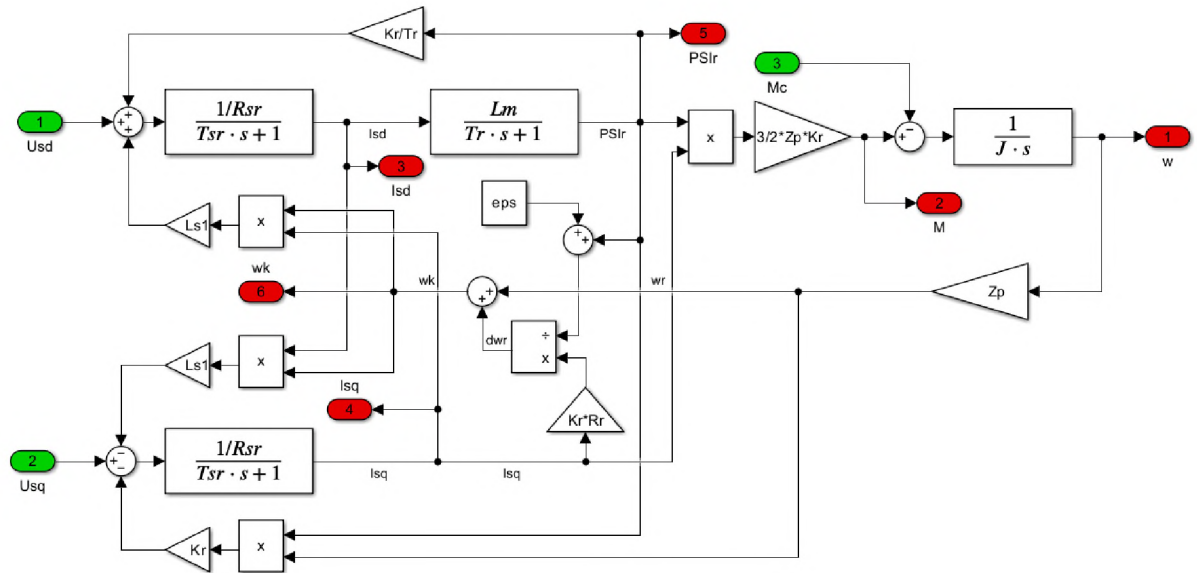


Рисунок 4.2 – Блок-модель асинхронного двигуна у системі координат d-q

Миттєві значення вимірюваних величин організовано у відносних одиницях, заведення сигналів у підсистему, що зображена на рисунку 4.3. У даному блоці проводиться ділення вхідних змінних на їх відповідні базисні значення. Перед тим, як подати сигнали на порт Out вони проходять об'єднання у блоці Mix для передачі на блок Score.

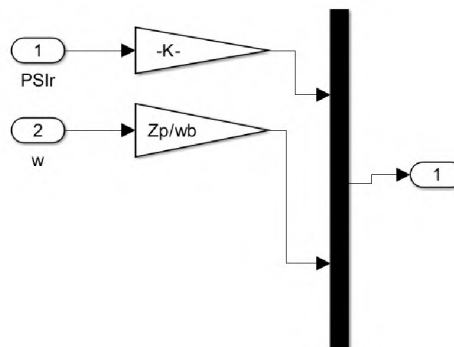


Рисунок 4.3 – Підсистема для нормування й об'єднання сигналів

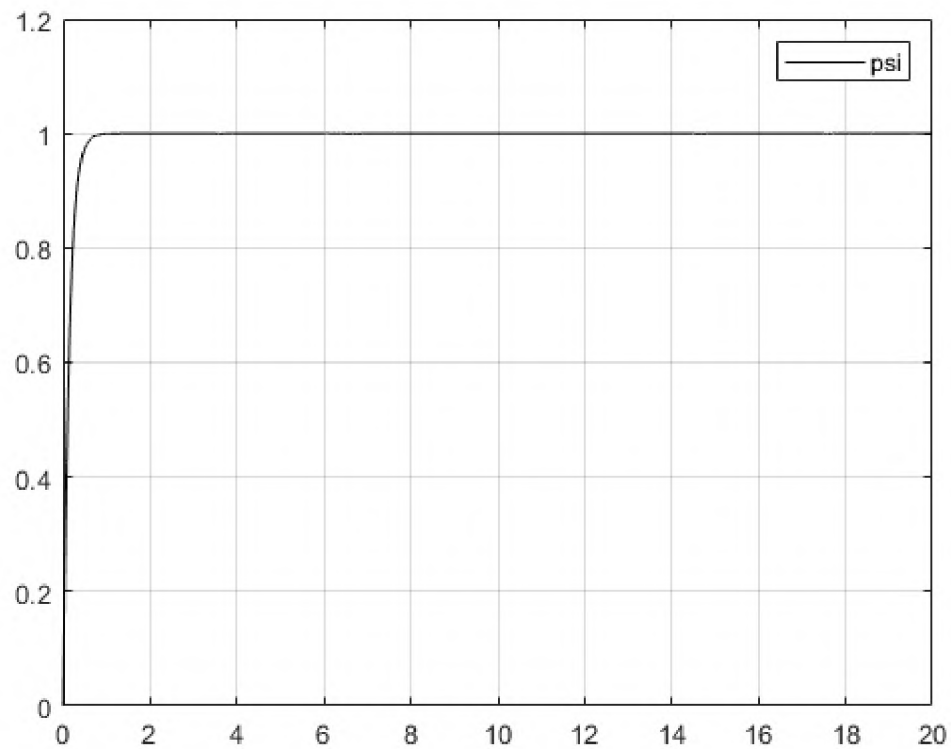


Рисунок 4.4 – Осцилограма потокозчеплення ротора у відносних одиницях

За отриманими графіками, що зображені на рисунку 4.4, 4.5 можна дійти висновку, що розроблена електромеханічна система приводить до руху і зупиняє кабінку ліфта з бажаним рівнем прискорення до усталеної швидкості, продовжує рух і знижує швидкість до посадковою перед тим як зупинитись. Цей процес аналогічний як для підйому, так і опускання кабінки ліфта. Таким чином отримуємо відпрацювання закладеної теоретичної тахограми ліфта.

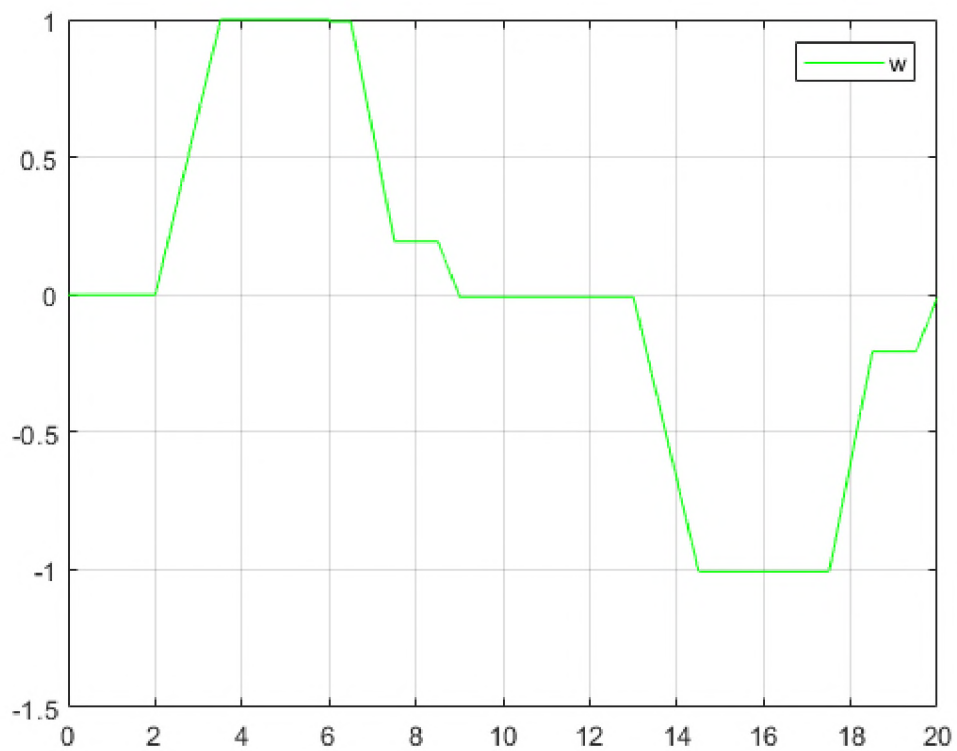


Рисунок 4.5 – Осцилограма швидкості двигуна у відносних одиницях

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було розглянуто питання історії розвитку ліфтової індустрії, розглянуті основні структурні компоненти ліфтів, їх класифікація.

За наданими вихідними даними розраховані параметри кабіни ліфта, противаги, проведено розрахунок і вибір тягових канатів. Обраний тип канатів підданий перевірці згідно критерію статичного розривного зусилля. Остаточного затверджено канат І666 діаметром 13 мм, погонною масою 0,597 кг/м та розривним зусиллям не менше 86150 Н. Для забезпечення руху кабіни ліфта з потрібною швидкістю обрано редуктор РГ-150-23,5 з передатним числом 23,5. Як привод обрано асинхронний двигун з короткозамкненою обмоткою WEG IE2 W22 160L потужністю 9,2 кВт і частотою обертання 970 об/хв. Обрано перетворювач частоти Schneider Electric Altivar 61 потужністю 11 кВт здатний забезпечити векторне керування асинхронним електроприводом.

Наведений математичний опис асинхронного двигуна в системі координат орієнтований за потокозчепленням ротора з урахуванням компенсації перехресних зворотніх зв'язків. Отримані передатні функції регуляторів струму, потокозчеплення та швидкості, складена структурна схема векторного керування. За допомогою інструментарію бібліотеки Simulink програмного пакету Mathworks MATLAB складена імітаційна модель розробленої електромеханічної системи. Отримані графіки перехідних процесів.

Аналізуючи отримані результатами моделювання стає зрозумілим, що розроблена система векторного керування асинхронним двигуном працює з очікуваними динамічними можливостями, а перехідні процеси досліджуваних величин і тахограма руху задовольняють висунуті вимоги. Процес розгону та гальмування приводного електродвигуна відбувається із допустимим прискоренням.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. D. Unger, Lifts and Escalators. Springer Berlin Heidelberg, 2024. doi: 10.1007/978-3-662-67822-0.
2. T. Bangash and M. Y. H. Bangash, Lifts, Elevators, Escalators and Moving Walkways/Travelators. Taylor & Francis, 2005.
3. G. R. Strakosch and R. S. Caporale, The Vertical Transportation Handbook. Wiley, 2010.
4. Методичні вказівки до лабораторних і практичних робіт з курсу “Моделювання електромеханічних систем”(для студентів спеціальності 7.0922.03 “Електромеханічні системи автоматизації і електропривод”). Розділ 2 “Моделювання систем електроприводу змінного струму”/Укл.: О. І. Толочко, Г. С. Чекавський, О. В. Пісковатська – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – 92 с. 3. Лифты : учебник для вузов / под общ. ред. Д. П. Волкова. -М. : Изд-во АСВ, 1999. - 480 с.
5. Белікова Л. Я. Електричні машини: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів /Л. Я. Белікова, В. П. Шевченко. – О.: Наука і техніка, 2012.– 480 с. ISBN 978-966-1552-11-0
6. ДСТУ EN 81-20:2015 Норми безпеки щодо конструкції та експлуатації ліфтів. Ліфти для перевезення пасажирів та вантажів. Частина 20. Ліфти пасажирські та вантажопасажирські (EN 81-20:2014, IDT)

ДОДАТОК А. ОХОРОНА ПРАЦІ

А.1 Загальні вимоги щодо безпеки устаткування та будови ліфтів

Ліфти, їх складові частини, прилади та пристрої безпеки мають відповідати вимогам чинних нормативних документів.

Основні розміри ліфтів мають відповідати вимогам ДСТУ ISO 4190-1, ДСТУ ISO 4190-2, ДСТУ ISO 4190-3 в залежності від їх призначення.

Пристрої керування, сигналізації та інші додаткові пристрої мають відповідати вимогам ДСТУ ISO 4190-5.

Умови і терміни зберігання устаткування мають відповідати вимогам таблиці 4 ДСТУ 7309.

Планування і вибирання ліфтів для встановлення в житлових будівлях має відбуватися відповідно до вимог ДСТУ ISO 4190-6.

Зручність доступу до ліфтів має відповідати вимогам ДСТУ EN 81-70.

Ліфти, призначені для роботи у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних середовищах мають відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.32.

Ліфти пожежні, призначені для перевезення пожежних підрозділів, мають відповідати вимогам ДСТУ EN 81-72.

Режим роботи ліфтів у випадку пожежі згідно з вимогами ДСТУ EN 81-73.

Улаштування ліфтів для транспортування пожежних підрозділів має відповідати вимогам НАПБ Б.007.

Установлення нових ліфтів у наявних будівлях треба виконувати відповідно до вимог ДСТУ EN 81 -21.

Оснащеність електромеханіків, необхідна для виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту ліфтів, має відповідати вимогам ДСТУ 8665.

Відхилення від конструкторської документації, необхідність яких виникає в процесі монтажу, реконструкції та модернізації, мають бути узгоджені з

підприємством-виробником ліфта або організацією розробником конструкторської документації.

В проектах на улаштування ліфтів має бути передбачено забезпечення відповідності будівельної частини вимогам ДСТУ EN 81-20 та ДСТУ EN 81-21.

A.2 Регулювання електроапаратури

Регулювання апаратури виробляють при знятій напрузі. Перед цим апаратуру очищають від пилу і бруду. Особливо ретельно розглядають апаратуру в шафі керування. Контактні поверхні повинні бути чистими і сухими, а зв'язані контакти замикатися одночасно і щільно.

Автоматичний вимикач в ланцюзі живлення статорних обмоток двигуна лебідки, як правило, не регулюється. При огляді лише перевіряють затягування гвинтів кріплення автомата на панелі і гвинтів кріплення проводів.

Для перевірки теплових розчіплювані в автоматичних вимикачів з струмами уставки 10 або 12,5 А:

- 1) від'єднують всі дроги з верхніх і нижніх клем автоматичного вимикача;
- 2) намотують у вільний простір трансформатора ОСО - 0,25 напругою 380/24 В кілька витків гнучкого мідного ізольованого проводу перерізом не менше 4 mm² таким чином, щоб при замиканні цієї додаткової обмотки через один з полюсів автоматичного вимикача по ній протікає струм 40 - 46, при неможливості отримання струму в заданих межах при напрузі 380 В трансформатор включають на 220 В, змінивши число витків додаткової обмотки;
- 3) вимірюють час спрацьовування автоматичного вимикача при пропущеній струму по черзі через кожен полюс; випробування кожного полюса проводять з інтервалом часу не менше 15 хв.

Вимикач вважається таким, що витримав випробування, якщо час спрацювання двох з трьох полюсів знаходиться в межах 7 - 30 с, а третього - не менше 7 с. Для отримання необхідного часу спрацювання використовують можливість регулювання струму уставки.

Для вимикачів з уставкою на 12,5 А рекомендується до початку випробувань встановити регулятор уставки в положення 44 0,91 ”,

Автоматичний вимикач, захищає двигун привода дверей, має регульовану уставку спрацювання теплових розчіплювачів. Час спрацювання цього автомата при струмі 1,35 І_н не більше 30 хв, а при струмі 6 І_н від 1,5 до 10 с.

Регулювання часу спрацювання здійснюється за допомогою важеля уставки автомата, який фіксується в відрегульованому положенні гвинтом.

При огляді і перевірці контакторів всі роботи проводять при вимкненому ввідному пристрої. Контактори не повинні мати механічних пошкоджень, всі болтові і гвинтові з'єднання повинні бути затягнуті.

Включивши і відключивши контактор кілька разів від руки, перевіряють, чи немає механічних заїдань. Помічені недоліки усувають. При цьому рухливі контакти повинні стикатися з нерухомими по всій площі. Допускається відхилення порядку 0,5 мм. Контакти та блок - контакти контакторів повинні мати провал і необхідний розчин (зазор між рухомим і нерухомим контактами). Перевірку проводять наступним чином. Включають контактор і перевіряють наявність провалу блок - контактів, який повинен бути близько 2-4 мм.

При огляді магнітної системи звертають увагу на:

- якір повинен легко повертатися з мінімальним переміщенням вздовж осі призми;
- між бічною поверхнею котушки і магнітопроводом повинен бути зазор не менше 2 мм;
- при включеному контакторі якір повинен щільно прилягати до капелюшку' сердечника. Допускається зазор між якорем і кінцем капелюшки сердечника, зверненим до осі обертання якоря, не більше 0,5 мм.

При огляді реле часу перевіряють:

- кріплення реле на панелі і кріплення проводів, приєднаних до затискачів реле;
- схему з'єднання контактів по принциповій схемі ліфта;
- відсутність затирання рухомої системи при повороті якоря від руки;
- правильність регулювання параметрів контактної системи.

Регулювання розчинів (зазорів) і провалів контактів виробляють шляхом переміщення нерухомих контактів. Розчини (проміжки) між нерухомими і рухомими контактами повинні бути: у розмикаються - не менше 3,5 мм, у замикаються - не менше 4 мм. Провал контактів як замикаються, так і розмикаються повинен бути не менше 1,5 мм.

Регулювання витримки часу реле виробляють зміною товщини немагнітної прокладки (груба регулювання) - чим тонше прокладка, тим більше витримка часу - і натягом натяжна пружини за допомогою гайок (плавне регулювання).

Поворотну пружину затягують тільки до забезпечення чіткого відпадання якоря і провалу розмикає контакти. Зачищати контакти наждачним полотном забороняється. Для цього застосовують оксамитовий напилек.

При огляді поверхових реле оглядають контактну систему. При натиснутому якорі нормально розімкнуті контакти повинні замкнутися, нормально замкнуті - розімкнутися. Рухлива система реле повинна чітко повертатися у вихідне положення.

Перевіряють також стан клем понижуючих трансформаторів, пінцетів і ножів ввідного пристрою (рубильника).

Контактні гвинти затягують до відмови.

ДОДАТОК Б. ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРОЛЕРА

Позначення документа	Документ	Умовне позначення	Зміст зауваження

Дата _____