

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
кафедра електричної інженерії суднових та роботизованих
комплексів

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

«22» 04 2026 р.

Кваліфікаційна робота

на здобуття рівня вищої освіти

бакалавр

на тему Розробка електропривода пасажирського
підйомника

Виконав: студент 4367ст3 групи

З.З.М.
(підпис)

Артем ЗРИБНЯК

Керівник роботи:

К.Т.Н., доц.

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

В.В.В.
(підпис)

Сергій ВОЛЯНСЬКИЙ

Миколаїв – 2026 р.

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма Електромеханіка та електроенергетика

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми
«12» 05 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття рівня вищої освіти бакалавр**

Студенту Зрибняк Артему Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка електропривода пасажирського підйомника

Керівник роботи к.т.н., доцент Волянський С. М.

Затверджені наказом ректора № _____ від «__» _____ 2026 р.

2. Термін виконання роботи 09 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи напруга 380В, частота мережі 50Гц, потужність електродвигуна 5,5кВт, частота обертання 1500 об/хв., схема з'єднання «трикутник», двигун загальнопромислового призначення.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) розрахунок електропривода пасажирського підйомника; моделювання перехідних процесів електропривода; охорона праці.

5. Перелік презентаційного матеріалу

1. Механічна та електромеханічна характеристики.

2. Пристрій і принцип роботи ліфта.

3. Діаграма навантаження двигуна.

4. Динаміка перехідних процесів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 15 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача завдання на ДП.	15.09.2025 р.	
2	Рубіжний контроль. Чернові варіанти розділів та розширеного змісту ПЗ	10.02.2026 р.	
3	Рубіжний контроль. Готовий розширений зміст ПЗ, спецрозділів, 1-3 розділи ПЗ. Розрахунки.	27.03.2026 р.	
4	Рубіжний контроль. Чернетка повної пояснювальної записки, презентації та доповіді.	08.05.2026 р.	
5	Кафедральний захист. Готова, зшита ПЗ, підписана студентом, керівником. Готова презентація та доповідь укр. мовою.	05.06.2026 р.	
6	Подання документів на захист.	09.06.2026 р.	
7	Захист ДП	15.06.2026 р. – 27.06.2026 р.	

Здобувач


(підпис)

Артем ЗРИБНЯК
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Сергій ВОЛЯНСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Анотація

В роботі здійснено проектування електропривода підйомника (ліфту): обрано та перевірено електродвигун, побудовано діаграму навантаження, що характеризує його роботу, механічні та електромеханічні характеристики, визначені енергетичні показники електропривода. Розраховані та змодельовані перехідні процеси, що відбуваються в електроприводі; також пояснювальна записка містить питання охорони праці, а саме аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на людину при роботі пасажирських ліфтів.

Ключові слова: електродвигун, енергетичні показники, пасажирський ліфт, перехідні процеси.

Abstract

This paper presents the design of an electric drive for an elevator: an electric motor was selected and tested; a load diagram characterizing its operation was constructed; and the mechanical and electromechanical characteristics, as well as the energy performance indicators of the electric drive, were determined. The transient processes occurring in the electric drive were calculated and simulated; the explanatory note also addresses occupational safety issues, specifically an analysis of hazardous and harmful factors affecting people during the operation of passenger elevators.

Keywords: electric motor, energy performance indicators, passenger elevator, transient processes.

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ.....	7
1.1 Призначення та класифікації.....	8
1.2 Конструктивні особливості вантажного ліфта.....	9
1.3 Системи керування та контролю вантажного ліфта.....	11
1.4 Основні технічні параметри вантажного ліфта.....	13
1.5 Система керування ліфтом.....	14
Висновки до розділу 1.....	16
2 ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВАНТАЖНОГО ЛІФТА.....	17
2.1 Принципова схема електроприводу вантажного ліфта.....	18
2.2. Розподілена система управління ліфтом.....	21
2.3 Електроустаткування ліфтів.....	26
Висновки до розділу 2.....	32
3 ЕЛЕКТРОПРИВОД ВАНТАЖНОГО ЛІФТА.....	34
3.1 Розрахунок кінематичної схеми вантажного ліфта.....	35
3.2 Визначення потужності електродвигуна ліфта.....	37
3.3 Вибір електродвигуна	39
3.4. Розрахунок та побудова механічних характеристик асинхронного двигуна.....	41
3.5. Побудова навантажувальної діаграми електроприводу та визначення потужності електродвигуна.....	45
Висновки до розділу 3.....	49
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	50
4.1 Обґрунтування необхідності розгляду питань з охорони праці...	51
4.2 Охорона праці й техніка безпеки при роботі з електроустановками..	52
4.3 Організація робіт.....	53
4.4 Охорона праці при виконанні електромонтажних робіт.....	54

4.5 Технічне обслуговування апаратної частини	57
Висновки до розділу 4.....	58
5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	59
5.1 Обґрунтування необхідності розгляду питань з охорони навколишнього середовища.....	60
5.2 Оцінка впливу виробу на навколишнє середовище.....	61
5.3 Енергоефективність виробу.....	62
5.4 Утилізація.....	62
Висновки до розділу 5.....	63
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	65

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АД – асинхронний двигун

АВ – автоматичний вимикач

СК – система керування

ДК – дистанційне керування

ЕД – електродвигун

ЕП – електропривод

КЗ – коротке замикання

ККД – коефіцієнт корисної дії

МК – місцеве керування

ПП – плавний пуск

ПЧ – перетворювач частоти

ВСТУП

Удосконалення конструкції, електрообладнання та системи безпеки вантажних ліфтів орієнтоване на забезпечення високої ефективності, надійності і безпеки вантажоперевезень. Сучасні технології дозволяють вдосконалювати конструкцію ліфтів, зокрема застосування більш міцних матеріалів для підвищення навантаження, оптимізація систем підйому та зупинки, а також зменшення шуму та вібрацій.

У сфері електрообладнання використовуються сучасні системи керування, які забезпечують точне та ефективне керування ліфтом, а також можливість вдалого віддаленого моніторингу та діагностики. Це сприяє зниженню витрат енергії та підвищенню продуктивності. Система безпеки включає в себе широкий спектр заходів, включаючи аварійне гальмування, систему контролю навантаження, датчики виявлення перешкод та систему аварійного виклику.

Рух ліфта забезпечується за допомогою електроприводів, які можуть бути виконані у формі гідравлічних або електричних приводів. Сучасні електроприводи мають відповідати наступним вимогам:

- енергоефективність – сучасні електроприводи для вантажних ліфтів мають високу енергоефективність;
- використання синхронних двигунів – забезпечують високу точність управління та стабільну швидкість підйому;
- регенеративне гальмування – оснащені системами регенеративного гальмування, які дозволяють використовувати енергію, що вивільняється при гальмуванні, для зарядки акумуляторів або повернення в мережу;
- можливості керування – дозволяють здійснювати різноманітні операції керування, включаючи програмовані маршрути, розумне управління навантаженням та можливість віддаленого моніторингу та діагностики.
- надійність і тривалість служби – мають високу надійність та тривалість служби, що робить їх популярними вибором для вантажних ліфтів у різних промислових та комерційних об'єктах.

1. ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

1.1. Призначення та класифікації

Ліфт – це вертикальний транспортний пристрій, який призначений для переміщення людей чи вантажів вгору або вниз в будівлях чи складських приміщеннях. Він складається з кабіни (або платформи) та системи підйому, яка може працювати на різних принципах, таких як гідравліка, електромеханіка або тросова система. Ліфти використовуються для забезпечення зручності та ефективності переміщення в будівлях з багатьма поверхами.

Вантажні ліфти використовуються в різноманітних галузях і мають широкий спектр застосувань.

Промислові комплекси: вантажні ліфти широко використовуються в промислових комплексах для переміщення вантажів і матеріалів між різними рівнями виробництва, заводів чи складських приміщень.

Склади і логістичні центри: у складських приміщеннях і логістичних центрах вантажні ліфти використовуються для ефективного переміщення товарів і палет між різними рівнями складу.

Торгові центри та готелі: у великих торгових центрах та готелях вантажні ліфти використовуються для доставки товарів, багажу та інших вантажів на різні поверхи.

Будівельні об'єкти: на будівельних об'єктах вантажні ліфти використовуються для підйому будівельних матеріалів, інструментів і обладнання на різні рівні конструкції.

Медичні установи: у лікарнях та медичних установах вантажні ліфти використовуються для переміщення медичного обладнання, лікарських засобів та інших вантажів між поверхами.

Промислові підприємства: на промислових підприємствах вантажні ліфти використовуються для переміщення важких частин обладнання, виробів та інших матеріалів між різними ділянками виробництва.

Це лише кілька прикладів застосування вантажних ліфтів, які можна зустріти в різних сферах діяльності, що підвищує ефективність та зручність переміщення вантажів.

Класифікація вантажних ліфтів може бути здійснена за різними критеріями, такими як навантаження, швидкість, призначення та конструкція.

За навантаженням:

- легкі вантажні ліфти (з невеликим навантаженням);
- важкі вантажні ліфти (з великим навантаженням).

За швидкістю:

- повільні вантажні ліфти (низька швидкість підйому);
- швидкісні вантажні ліфти (висока швидкість підйому).

За призначенням:

- вантажні ліфти для промислових будівель;
- вантажні ліфти для складських приміщень;
- вантажні ліфти для комерційних центрів.

За конструкцією:

- вантажні ліфти з приводом зверху;
- вантажні ліфти з приводом знизу;
- вантажні ліфти з бічним приводом.

Взагалі, класифікація ліфтів залежить від конкретних вимог і специфікацій, що встановлюються для конкретного проекту чи застосування.

1.2. Конструктивні особливості вантажного ліфта

Конструктивні особливості вантажних ліфтів можуть варіювати в залежності від їх призначення, типу та вимог конкретного проекту. Однак, деякі загальні конструктивні особливості включають наступні параметри [1].

Міцність і надійність: вантажні ліфти зазвичай мають міцну конструкцію, яка забезпечує безпечне та надійне переміщення великих навантажень.

Велика вантажопідйомність: конструкція вантажних ліфтів розрахована на підйом великих вантажів, таких як пакунки з товаром чи важкі промислові матеріали.

Простора кабіна або платформа: вантажні ліфти зазвичай мають просторі кабіни або платформи, щоб забезпечити достатньо місця для вантажів різних розмірів і форм.

Механізми фіксації вантажу: вантажні ліфти можуть мати спеціальні механізми фіксації, щоб забезпечити безпечний та стабільний підйом вантажів.

Спеціальні двері і системи безпеки: конструкція вантажних ліфтів часто включає спеціальні двері та системи безпеки, такі як сигналізація перевантаження, щоб забезпечити безпеку під час експлуатації.

Підсилені механізми підйому: вантажні ліфти можуть мати підсилений механізм підйому, такий як гідравліка або ланцюгова система, для забезпечення ефективного підйому великих навантажень.

Вантажні ліфти для багатоповерхових складських приміщень мають свої особливості, для забезпечення ефективного та безпечного транспортування вантажів. Вантажні ліфти для складів зазвичай мають велику вантажопідйомність, оскільки вони призначені для переміщення великих кількостей товарів та пакунків з вантажем. Для зручності завантаження та розвантаження, кабіни або платформи вантажних ліфтів зазвичай мають достатньо велику площу. Ліфти повинні мати міцну та стійку конструкцію, оскільки вони використовуються для підйому великих вантажів на великі висоти. Для запобігання небезпекам під час руху великих вантажів, вантажні ліфти можуть бути обладнані спеціальними системами безпеки, такими як системи аварійного гальмування чи датчики перевантаження. Оскільки складські приміщення можуть бути холодними, вантажні ліфти повинні мати конструкцію, яка дозволяє їм працювати надійно в умовах низьких температур.

Щоб забезпечити зручний доступ для завантаження та розвантаження вантажів, деякі вантажні ліфти можуть мати можливість відкриватися з різних

боків або мати зовнішні двері, рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд сучасного вантажного ліфту складського приміщення

Головні критерії при виборі вантажного ліфта для складського приміщення: потужність, продуктивність, міцність та зносостійкість, безпека.

Призначені для роботи в суворих умовах, здатні перевозити важкі вантажі між поверхами. Більш швидкі, тихі та плавні. Нові розробки дозволяють перевозити більше вантажів, забезпечуючи при цьому повну безпеку їзди. Антивандальне оздоблення кабіни забезпечує стійкість при завантаженні, розвантаженні та транспортуванні будь-яких вантажів. Контроль ваги, надійні перевірені механізми та двері, зручне керування, в тому числі дистанційне. Вертикальні або горизонтальні двері. [2]

1.3. Системи керування та контролю вантажного ліфта

Системи керування та контролю вантажного ліфта грають важливу роль у забезпеченні безпеки та ефективності його роботи. Ключові компоненти цих систем включають наступні елементи.

Пульт керування: це інтерфейс, за допомогою якого оператор може керувати рухом вантажного ліфта. Пульт зазвичай містить кнопки для вибору потрібного поверху, а також кнопки екстреного зупинення та інші функції безпеки.

Система безпеки: включає в себе датчики перевантаження, датчики дверей,

системи аварійного гальмування та інші пристрої, які призначені для запобігання аваріям та забезпечення безпеки під час роботи ліфта.

Система керування рухом: відповідає за регулювання швидкості та напрямку руху ліфта. Вони можуть включати в себе контрольні пристрої для обмеження швидкості, реле контролю та інші компоненти.

Система моніторингу та діагностики: призначена для відстеження роботи різних компонентів ліфта та виявлення будь-яких несправностей чи поломок. Вони можуть включати в себе датчики стану, системи збору даних та програмне забезпечення для аналізу цих даних.

Система енергозбереження: вантажні ліфти обладнані системою енергозбереження, яка дозволяє оптимізувати споживання електроенергії в залежності від умов роботи та навантаження.

Кожна конкретна система може мати свої власні особливості та функції, які відповідають вимогам конкретного застосування, рис.1.2, [3].

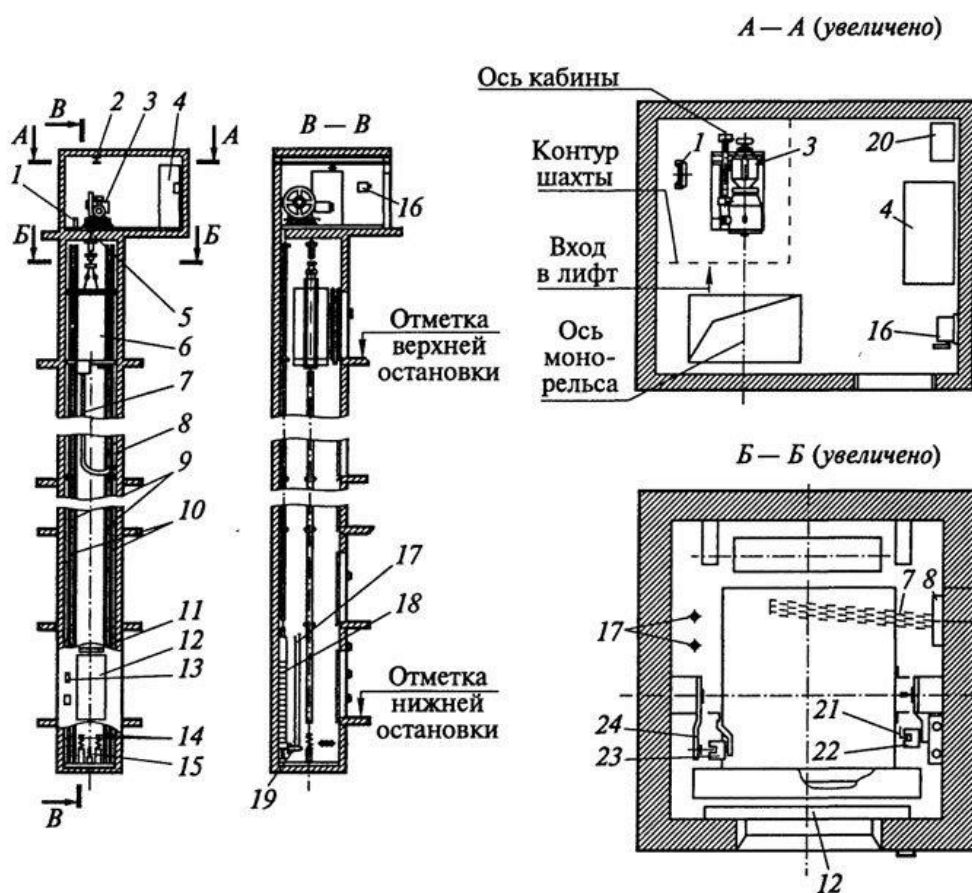


Рисунок 1.2 – Структурна схема устаткування ліфта

1.4. Основні технічні параметри вантажного ліфта

Вантажопідйомність. Вага, що припускається для підняття ліфтом, обмежена. Вага кабіни з усім обладнанням, яке міститься у ній, не враховується у межах вантажопідйомності. Номінальна вантажопідйомність ліфта залежить від площі підлоги кабіни [4].

Місткість. Це число осіб, які можуть одночасно бути в ліфті, визначається як результат ділення вантажопідйомності машини на середню вагу людини, яка приймається рівною 75 кг. Потім отримане дробове значення округлюється до найближчого цілого.

Точність зупинки ліфта. Відстань між рівнем майданчика на поверсі і підлогою, де зупинилася кабіна. Допускається відхилення в ту або іншу сторону не більше 35 мм.

Швидкість руху. Розрізняють номінальне і робоче значення. Номінальне – розрахункове значення швидкості переміщення кабіни. Робоче – фактичне при експлуатації. За швидкістю руху ліфти поділяються на чотири категорії:

- високошвидкісні (номінальна швидкість кабіни вище 4 м/с);
- швидкісні (рух відбувається зі швидкістю, розташованою в діапазоні 2,0-4,0 м/с);
- швидкохідні (1-2 м/с);
- тихохідні (до 1 м/с);
- двохшвидкісні ліфти, у яких перед зупинкою відбувається зниження швидкості до 0,4 м/с. Це підвищує точність зупинки кабіни.

Вид вантажного майданчика. Ліфт може мати стандартну кабіну або платформу.

Тип приводу дверей. Розрізняється за способом відкривання:

- автоматичний;
- напівавтоматичний;

- ручний.

За типом виконавчого механізму (виду споживаної енергії):

- гідравлічний;
- електричний.

Таблиця 1.1. Технічні характеристики вантажного ліфта

Вантажопідйомність, кг: до 5000;

Виконання: з машинним приміщенням;

Швидкість руху кабіни м/с: до 0,5;

Внутрішній розмір кабіни, мм: 2500x3500x2200;

Дверний отвір, мм: 1850x2100;

Вогнестійкість дверей шахти: E30 / EI30 / EI60;

Система керування: УЛМП-25-16;

Точність зупинки ± 20 мм;

Розташування противаги: з права, зліва;

Кабіна: прохідна/непрохідна, порошкове фарбування/нержавіюча сталь;

Двері: автоматичного відкривання – двостулкові;

Освітлення: світлодіодне.

1.5. Система керування ліфтом

Система керування класифікується за двома критеріями: місце, з якого здійснюється керування, і характер подачі і прийому команд керування, [5].

Ліфтом можна управляти з наступних місць:

- зовні кабіни (з майданчиків на поверхах) - зовнішнє управління;
- з кабіни - внутрішнє управління;
- одночасно з кабіни і з поверхової площадки - змішане управління.

Залежно від алгоритму прийому і виконання команд можлива реалізація наступних способів управління.

Просте роздільне керування. Приймається і виконується тільки одна команда.

Складне. Кілька команд приймаються та реєструються, але послідовність їх виконання визначається програмою, вбудованою у систему управління. Складний метод керування включає проміжні зупинки, під час яких можуть забиратися додаткові вантажі з поверхових площадок.

Одиночне. Ліфт керується однією кнопкою виклику.

Групове. Ця система призначена для групи ліфтів, які розташовані в одній шахті і обслуговують однаковий набір поверхів. Один з варіантів такого керування – парне управління, що широко застосовується у житлових будинках.

Режими роботи ліфта. Розрізняють такі режими роботи: робочий – переміщення вантажів; режим обслуговування – передбачає керування кабіною з машинного відділення, в якому знаходиться електромеханік, що здійснює обслуговування обладнання; ревізія – керування здійснюється електромеханіком, що знаходиться на даху кабіни; пожежна небезпека – електросхема ліфта в цьому випадку забезпечує подачу кабіни на основний посадковий поверх, ігноруючи команди, що надходять з інших місць (посадкового майданчика чи кабіни); перевезення пожежних – керування переміщенням ліфта, а також закривання/відкривання дверей шахти кабіни можливо тільки зсередини кабіни [2].

В представленій роботі застосовується система керування вантажним ліфтом з двошвидкісним двигуном змінного струму та напівзакритим регулятором напруги з системою регулювання швидкості.

Вантажний ліфт зазвичай має дві швидкості руху: швидко для вільного переміщення без вантажу та повільну для безпечного та стабільного переміщення з вантажем. Двошвидкісний двигун може забезпечувати ці різні режими швидкості.

Напівзакритий регулятор напруги використовується для контролю напруги, що живить двигун. Він регулює напругу, на двигуні, залежно від потреби. Напівзакритий регулятор напруги дозволяє забезпечити стабільну та плавну роботу двигуна, уникнувши перенапруги чи недостатньої напруги, які можуть пошкодити обладнання.

Система регулювання швидкості включає в себе електронні контролери та сенсори, які вимірюють швидкість ліфта та регулюють її згідно з заданими

параметрами. Наприклад, якщо вантажний ліфт перевозить великий вантаж, система регулювання швидкості може зменшити швидкість руху, щоб забезпечити безпеку та стабільність. Вона також може контролювати прискорення та гальмування ліфта, щоб забезпечити комфортне відчуття для пасажирів та безпечне перевезення вантажів.

Представлена система керування дозволяє ефективно та безпечно керувати рухом вантажного ліфта з використанням двошвидкісного двигуна змінного струму та відповідних систем регулювання.

Висновки до розділу 1

Перший розділ бакалаврської роботи присвячено огляду призначення та класифікації вантажних ліфтів, включаючи різноманітність за застосуванням та конструкцією. Вказано на важливість міцності, безпеки та відповідності специфічним вимогам для ефективної експлуатації, зокрема у складських приміщеннях.

Системи керування та контролю вантажного ліфта є важливими компонентами, що забезпечують ефективність його роботи. Основні елементи включають пульт керування, систему безпеки, керування рухом, моніторинг та діагностику, а також систему енергозбереження. Вантажопідйомність, місткість, точність зупинки, швидкість руху, тип майданчика та приводу дверей визначаються як основні технічні параметри вантажного ліфта.

Система керування вантажним ліфтом класифікується за місцем та характером подачі команд. Можливість управління ззовні, з кабіни чи з обох місць визначається алгоритмом прийому команд. Режими роботи ліфта включають робочий, обслуговування, ревізію та пожежний режим. Застосування двошвидкісного двигуна та системи регулювання швидкості забезпечує ефективне та безпечне переміщення вантажів.

2. ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВАНТАЖНОГО ЛІФТА

2.1 Принципова схема електроприводу вантажного ліфта

Розглянемо спрощену принципову схему приводу вантажного ліфта з асинхронним двигуном. Керування запуском двигуна здійснюється реверсивним магнітним пускачем, а гальмування - електромагнітним гальмом ЕТМ. На першому поверсі в шахті зазвичай розташована пультівна станція керування. Кількість кнопок запуску відповідає кількості поверхів. Натискання кнопки певного поверху здійснюється за допомогою поверхових перемикачів ЕР та поверхових реле ЕР. Трипозиційні перемикачі вмикаються самою кабіною під час її руху вгору та вниз.

На рис. 2.1 обидва контакти поверхового перемикача відкриті на тому поверсі, де наразі знаходиться кабіна. На всіх поверхах, що знаходяться нижче кабіни, ліві контакти замкнуті, а на поверхах, що знаходяться вище кабіни, - праві контакти. Для невідкладного зупинення кабіни слід натиснути кнопки "С". В ланцюг керування, разом із кнопкою "С", послідовно включені дверні шахтні кінцеві перемикачі всіх поверхів та контакт блокувальника КЛ [6].

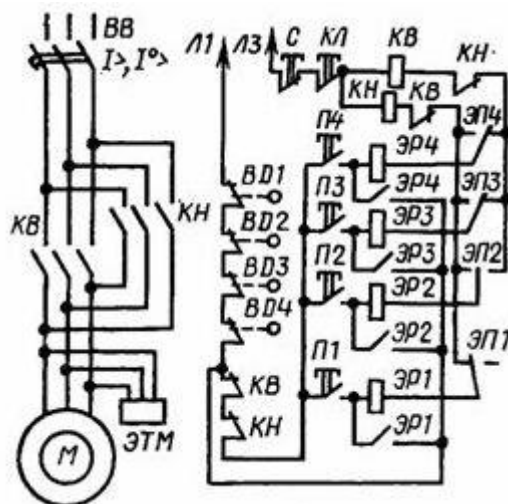


Рисунок 2.1 – Схема електроприводу вантажного ліфта

Схема електроприводу вантажного ліфта містить наступні елементи.

- основою електроприводу є двигун змінного струму, який забезпечує рух кабіни ліфта;
- магнітний пускач, використовується для пуску та зупинки двигуна, контролює електричний струм, який живить двигун;
- електромагнітне гальмо використовується для безпечної зупинки кабіни ліфта;
- пульт керування: встановлюється для вибору поверху та керування рухом кабіни ліфта;
- шахтні датчики та перемикачі для виявлення положення кабіни та керування її рухом;
- система аварійного зупинення включає датчики перевантаження, екстрені кнопки зупинки та інші пристрої, які забезпечують безпеку пасажирів та вантажів;
- блок живлення та контрольний пристрій забезпечують стабільну роботу всієї системи та контролюють її функціонування.

Розглянемо принцип роботи схеми керування ліфтом (див. рис. 2.1). Кабіна зупинилася на другому поверсі, тому контакти EP2 відкриті. При увімкненому основному вимикачу ВВ можна, наприклад, опустити кабіну на перший поверх.

Для цього натискають на пускову кнопку P1 першого поверху, тим самим замикаючи ланцюг котушки контактора КН. Тоді шлях струму буде таким: від фазового проводу L1 через дверні кінцеві перемикачі BD1, BD2, BD3, BD4, що відкривають контакти KB, KN, кнопку пуску P1, котушку реле ER1, лівий контакт EP1 поверхового перемикача, що відкриває контакти KB, котушку контактора КН, відкриваючи кнопку уловлювача кабіни КЛ, кнопку С та фазовий провід L3.

Після спрацьовування контактора КН відкриваючий контакт КН вимикається, але ланцюг живлення котушки контактора не переривається, оскільки струм в котушку КН пройде через замикальний контакт ER1 реле ER1, крім контакту КН та кнопки P1.

Електромагнітний тормоз ЕТМ отримує живлення одночасно з обмоткою статора двигуна і відпускає гальмові колодки. Двигун буде переміщувати кабіну

вниз на перший поверх до зіткнення з поверховим перемикачем EP1, який відключить свої контакти і таким чином перериває ланцюг живлення котушки контактора КН. Тормозний магніт негайно відпустить свої колодки і зупинить двигун.

Для переміщення кабіни з вантажем на четвертий поверх, необхідно спочатку закрити двері кабіни і потім натиснути кнопку четвертого поверху Р4. Електричний струм від фазового проводу L1 пройде через дверні шахтні кінцеві перемикачі BD1, BD2, BD3, BD4, які відкривають контакти КВ та КН, кнопку запуску Р4, котушку реле ER4, правий контакт поверхового перемикача EP4, що відкриває контакти КН, котушку контактора КВ, кнопку уловлювача кабіни КЛ, кнопку "С" "Стоп" та фазовий провід L3. Після отримання живлення котушка контактора КВ замкне силові контакти КV.

Електромагнітний тормоз і двигун отримають живлення. Двигун почне обертатися в протилежному напрямку та піднімати кабіну вгору. Одночасно блок-контакт КВ відкриється, але ланцюг живлення котушки контактора КВ не перерветься, оскільки після спрацювання реле ER4 воно самоблокується своїм замикальним контактом ER4, і струм пройде мимо блок-контактів КВ і КН та кнопки Р4. Коли кабіна дійде до четвертого поверху, поверховий перемикач EP4 розірве ланцюг живлення котушки контактора КВ, і відбудеться негайна зупинка двигуна.

Якщо перед запуском двигуна будь-яка дверцята залишаться відкритими або недостатньо закритими, то запуск двигуна неможливий, оскільки всі чотири дверні шахтні кінцеві перемикачі включені послідовно з котушками реверсивного магнітного пускача. Захист двигуна здійснюється автоматичним вимикачем ВВ.

Станція керування ліфтом (рис. 2.1.) "ARL300/ВМП_2" – призначена для керування пасажирськими та вантажними ліфтами зі швидкістю руху від,5 мс до 1.0 мс; вантажністю від 250 кг і до 5000 кг (20 кВт); з автоматичними або двостулковими дверима кабіни або шахти. Модель СКЛ призначена для ліфтів із верхнім машинним розташуванням (ВМП). Для ліфтових редукторних лебідок із 2 швидкостями. [7]



Рисунок 2.1 – Станція керування ліфтом "ARL300/ВМП 2"

Реалізує алгоритм роботи: збирального руху вниз або вгору. Має фізичну можливість Групового Керування до 6 ліфтів без додаткових електронних пристроїв.

Сферою застосування є ліфти пасажирські та вантажні за ГОСТ 20011-95 – для житлових і адміністративних будівель.

Станція керування ліфтом ARL300/ВМП – відповідає вимогам EN81-20.2015.

Світовий ринок ліфтів представлений наступними компаніями: "Otis" (США), конструкції ліфтів якої виробляються в Японії, Україні; KONE (Фінляндія); "Шиндлер" (Швейцарія); Shenyang Brilliant Elevator Co., Etd (Китай); "Тисен" (Німеччина); "Пілава" (Польща); "Ізамет" (Болгарія); Mitsubishi (Японія) [8].

2.2. Розподілена система управління ліфтом

Цікавою є система управління ліфтом МЛК – ЛМ, (рис. 2.2) яка є розподіленою системою управління ліфтом. За своїми характеристиками вона відповідає європейським стандартам. МЛК призначена для управління механізмами ліфта, виконання алгоритму роботи, забезпечення індикації, зв'язку та

контролю стану ліфта. Область застосування МЛК охоплює пасажирські та вантажні ліфти для адміністративних, житлових і медичних будівель з одиночним та груповим управлінням, регульованим головним приводом.

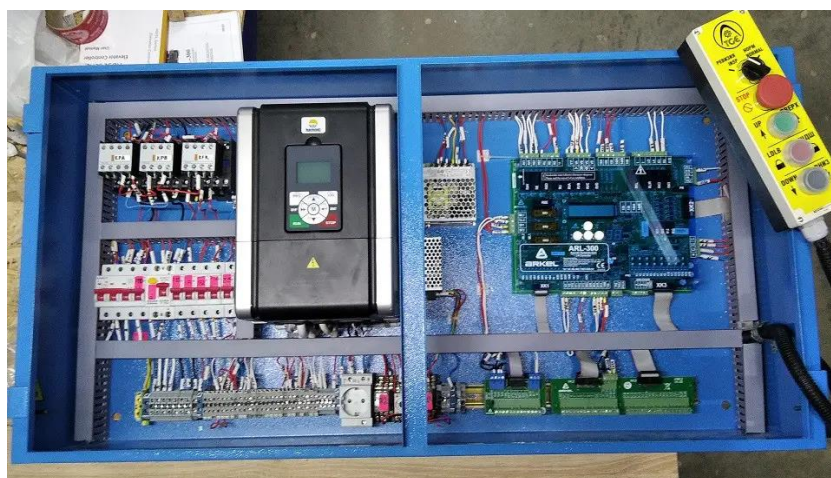


Рисунок 2.2 – Станція керування ліфтом із 2-швидкісним приводом

МЛК забезпечує керування приводом змінного струму при живленні електродвигуна від керованого перетворювача (регулятора швидкості) ліфта з такими характеристиками:

- номінальна швидкість, не більше, м/с 2.5;
- кількість зупинок, не більше 35;
- тип управління: змішане, збірне при руху вниз, збірне при руху вгору і вниз;
- двері шахти та кабіни - автоматичні горизонтально розсувні, ручні розкладні, напівавтоматичні (автоматичні двері кабіни та ручні розкладні двері шахти).
- Привід дверей кабіни - регульований, нерегульований;
- Увімкнення головного приводу при відкритих дверях неможливе/можливе.
- Напруга на входному пристрої при роботі ліфта, змінне 50 Гц, $V_{380/400} \pm 10\%$ або $220/230 \pm 10\%$;
- Напруга силової ланки, змінне 50 Гц, $V_{380/400} \pm 10\%$ або $220/230 \pm 10\%$;
- Напруга ланок керування, постійне, В 24;
- Напруга ланок безпеки, змінне 50 Гц, В 110/115;
- Ремонтна напруга, постійне, В 24.

Ступінь захисту за ГОСТ 14254-96:

- Шафи пристроїв управління ліфтом ПУЛ - Р5 - IP20;
- Ступінь захисту корпусів блоків, розміщених у шахті - IP30.

Кліматичне виконання шаф пристроїв управління ліфтом ПУЛ-Р5 та блоків, що входять до складу МЛК за ГОСТ 15150-69 - ПУЛ 4 (ТЗ) в діапазоні температур, °С:

- В шахті від 1 до 40 (55);
- У машинному приміщенні від 5 до 40 (45).

Забезпечено виведення інформації про місцезнаходження кабіни і напрямок руху на табло індикації при їх встановленні в кабіні та на посадкових майданчиках.

Забезпечений контроль:

- датчика наявності пасажирів в кабіні (завантаження кабіни 15 кг) для пасажирських ліфтів або датчика наявності вантажу (10%) для вантажних ліфтів;
- датчика завантаження кабіни на 50%;
- датчика завантаження кабіни на 90%;
- датчика завантаження кабіни на 110%;
- рівня заряду акумулятора аварійного освітлення;
- температури двигунів головного приводу та приводу дверей.

Забезпечена групова робота до 6 ліфтів у групі.

Передбачено аварійне освітлення кабіни, протягом не менше 1 години.

Забезпечено збереження заданих параметрів і кодів помилок при відключенні електропостачання ліфта.

МЛК має розвинуту систему самодіагностики, яка забезпечує контроль стану ліфта. Коди зареєстрованих помилок виводяться на дисплей контролера центрального КЦ в пристрої управління ліфтом ПУЛ.

Обмін даними між контролерами МЛК забезпечується по каналах CAN та RS-485. Склад МЛК Основні складові частини МЛК:

- пристрій управління ліфтом ПУЛ-Р5;
- панель управління ПУ;

- пристрій приводу дверей кабіни ліфта УПДКЛ (допускається заміна на інший привід дверей з аналогічною системою управління);
- викликовий пост ПКВ24;
- викликовий пост ПКВ25;
- пост вибору режимів ПВР;
- табло індикації ТІ (для розширення функціональних можливостей пристрою індикації) для установки в кабіні ліфта та на посадкових майданчиках;
- кнопковий пост для ревізії ПКР–2МК (для кабіни);
- кнопковий пост для ревізії ПКР–2МП (для приймача).

Склад та пристрій ПУЛ.

ПУЛ містить вузол живлення, комутаційний блок, центральний контролер КЦ, контактори та реле управління і контролю, панель управління.

Склад та пристрій ПУ.

ПУ містить контролер кабіни (один або два), комутаційний блок для підключення складових частин ПУ, кнопок і ключів управління, елементів освітлення та сигналізації.

Склад і пристрій викликових постів:

Пост викликовий містить контролер під'їздний КП з встановленим ПЗ КП, кнопки або ключі виклику індикатор (знакосинтезуючий або графічний).

Склад і пристрій ПРР:

ПРР містить контролер під'їздний К з встановленим ПЗ ПРР, кнопки або ключі управління та індикатор (знакосинтезуючий або графічний).

Склад і пристрій ПКР-2МК:

ПКР-2МК містить перемикачі, кнопки або ключі управління.

Склад і пристрій ПКР-2МП:

ПКР-2МП містить контролер під'їздний КП з встановленим ПЗ КП, кнопки або ключі управління та індикатор (знакосинтезуючий або графічний).

Будова та робота МЛК. МЛК побудована за принципом розподіленої системи, яка забезпечує виконання алгоритму функціонування ліфта в режимі реального часу. Для інформаційного обміну між центральним контролером КЦ,

контролером кабіни КК, контролерами під'їздних КЕ та контролером поста вибору режиму КППР використовується інтерфейс CAN. CAN1 - для обміну між КЦ та пристроями, встановленими в шахті, CAN2 - для обміну між КЦ та КК. Для інформаційного обміну між контролерами під'їздними та додатковими табло індикації, для зв'язку з іншими пристроями розширення використовується інтерфейс RS-485 або CAN3. Для обміну з диспетчерським комплексом використовується інтерфейс RS-485. Подача напруги в ПУЛ здійснюється безпосередньо в шафу пристрою. В якості електродвигуна головного приводу застосований асинхронний або синхронний двигун з постійними магнітами. Рух на номінальній швидкості, швидкості поетажного руху, швидкості дотягування до точної зупинки та швидкості режиму «Ревізія» забезпечується регулятором швидкості. Для приводу гальм лебідки застосований гальмівний електромагніт постійного струму, живлений випрямленою напругою, з форсуванням включення або без нього. В пристрої управління ліфтом застосовані магнітні пускорегулювальні пристрої на напругу 110/115 В або 220/230 В, 50/60 Гц. Проміжні реле керуються постійно стабілізованою напругою 24 В або змінною напругою 110/115 В або 220/230 В 50/60 Гц. Живлення пристроїв безпеки забезпечується напругою 110/115 В (220/230 В), 50/60 Гц.

Система МЛК-ЛМ є розподіленою системою управління ліфтом. За своїми характеристиками вона відповідає європейським стандартам. Для інформаційного обміну між контролером центральним КЦ, контролером кабіни КК, контролерами під'їздними КЕ та контролером поста вибору режиму КППР використовується інтерфейс CAN. CAN1 - для обміну між КЦ та пристроями, встановленими в шахті, CAN2 – для обміну між КЦ та КК.

МЛК-ЛМ є розподіленою системою управління ліфтом. Пристрій управління ліфтом обмінюється інформацією з панеллю команд, контролерами під'їздних поверхів, постом приймання і контролером вибору режиму за допомогою послідовного інтерфейсу CAN.

МЛК-ЛМ також має послідовні інтерфейси RS-485, PROFIBUS, SSI (RS-422), а також ethernet - інтерфейс.

Значно спрощена можливість оновлення програмного забезпечення: існує можливість отримати через Інтернет (захищене з'єднання) файл і оновити програмне забезпечення за допомогою «флешки», що значно знизить витрати на гарантійні послуги при заміні програмного забезпечення.

Діагностичні повідомлення виводяться на дисплей контролера центрального в пристрої управління ліфтом не у звичайному форматі номера помилки, а з текстовим описом несправності та рекомендацією щодо її усунення. На SD-карті ведеться журнал всіх подій.

Ethernet-інтерфейс дозволяє фахівцеві з ноутбуком проводити діагностику ліфта і, за потреби, відправляти діагностичну інформацію по електронній пошті до сервісного центру для отримання консультацій. При цьому не потрібно встановлювати на ноутбук спеціальне програмне забезпечення.

Наявність послідовних інтерфейсів значно зменшує кількість провідних зв'язків, знижує трудомісткість монтажу, забезпечує новий рівень діагностики обладнання (виходження з ладу периферійного обладнання ніколи не залишиться непоміченим системою управління, оскільки в разі несправності обмін інформацією припиниться), забезпечує сучасний рівень техніки.

Всі виходи та входи плат захищені від перенапруги, короткого замикання, а також надання вхідного сигналу невірної полярності. Є функція контролю навантаження, підключеного до дискретного виходу.

2.3 Електроустаткування ліфтів

Ліфт є підйомною машиною циклічної дії, призначеною для вертикального підйому людей і вантажів. За призначенням ліфти поділяють на пасажирські, вантажопасажирські, лікарняні, вантажні.

Залежно від швидкості руху кабіни ліфти поділяють на тихохідні (до 0,71 м/с), швидкохідні (від 1 до 1,6 м/с), швидкісні (від 2 до 4 м/с) та високошвидкісні (4 – 10 м/с). Вантажопідйомність пасажирських ліфтів становить від 320 до 1600 кг, вантажних – від 160-5000 кг. При швидкості до 1,6 м/с електродвигун з'єднується з

канатоведучим шківом через редуктор, якщо швидкість вища, то застосовують безредукторні електроприводи.

При великому розмаїтті варіантів конструкцій пасажирських та вантажних ліфтів основними вузлами обладнання для них є підйомна лебідка, канати, кабіна, противага, механічне гальмо та апаратура управління. Сучасні ліфти мають систему підвісу з противагою та з врівноважуючим канатом.

Кабіна переміщається вздовж вертикальних напрямних. Кабіна підвішена до канатів, що обгинають канатоведучий і напрямний шків приводної електричної лебідки. На кінцях каната укріплено противагу, що рухається по напрямних. Маса противаги дорівнює сумі маси кабіни і (0,42 - 0,5) маси вантажу (або половині найбільш ймовірного навантаження кабіни).

Електроприводи ліфтів. У ліфтах та вантажних підйомниках типи електроприводів вибираються в залежності від швидкості руху, поверховості будівлі та необхідної точності зупинки. В даний час застосовують такі електроприводи:

а) для будівель до 17 поверхів використовуються тихохідні та швидкохідні ліфти зі швидкістю від 0,7 до 1,4 м/с вантажопідйомністю 320, 400 кг. У цих ліфтах застосовують електропривод з асинхронним двошвидкісним електродвигуном з короткозамкненим ротором,

б) для швидкохідних пасажирських ліфтів зі швидкістю 1,6 м/с призначених для будівель до 25 поверхів застосовують електропривод за системою тиристорний регулятор напруги (ТРН) із двошвидкісним асинхронним двигуном (ТРН-АДД).

Наявність електроприводу, що регулюється, забезпечує високу плавність процесів розгону і уповільнення, високу точність зупинки на поверсі (до 20 мм), відсутність ділянки зниженої швидкості перед зупинкою. Друга обмотка двигуна служить для отримання малої швидкості при ревізії,

в) для швидкісних та високошвидкісних ліфтів застосовуються електроприводи постійного струму по системі тиристорний перетворювач-двигун ТП-Д та змінного струму по системі перетворювач частоти – короткозамкнений асинхронний електродвигун ПЧ-АД. [6]

2.3.1. Тиристорний електропривод ліфта типу УЛМП-25-16. Живлення електроприводу (рис. 2.2) здійснюється від реверсивного тиристорного регулятора напруги UZ (ТРН) при пуску і русі, що встановився, і від окремого випрямляча зібраного за однофазною бруківкою схемою UZ1 для живлення обмотки статора при динамічному гальмуванні.

Система забезпечує параметричне фазове регулювання швидкості обертання короткозамкнутого асинхронного двигуна. Система автоматичного регулювання виконана на однокристальній мікро ЕОМ типу КР1816ВБ031, яка здійснює безпосереднє цифрове регулювання швидкості обертання приводного двошвидкісного асинхронного електродвигуна.

Автоматична система регулювання дозволяє забезпечити високу точність підтримки заданої швидкості та зупинки на рівні необхідного поверху безпосередньо в задану точку без ділянки зниженої швидкості. Друга обмотка двигуна включається лише за ревізії.

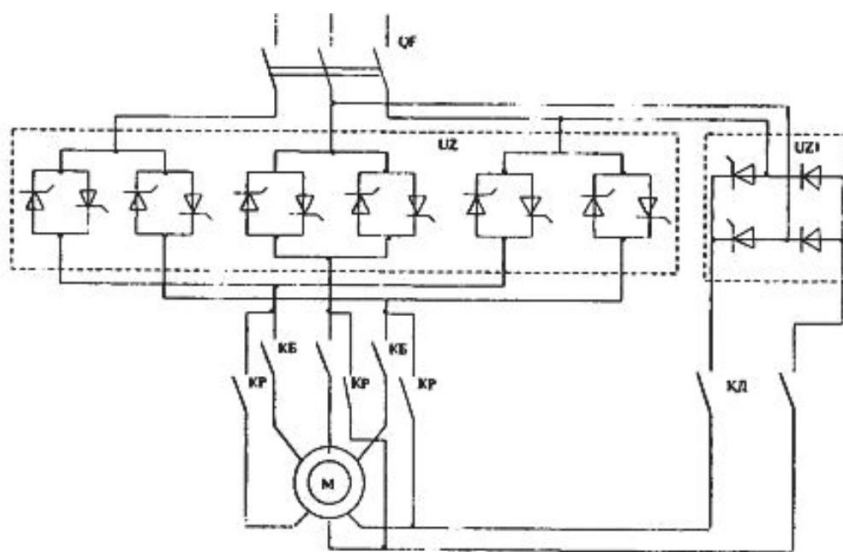


Рисунок 2.3 – Схема тиристорного електроприводу ліфта

Гальмівні електромагніти. Вантажопідйомні механізми ліфтів забезпечуються спеціальними гальмівними пристроями з довгоходовими та короткоходовими електромагнітами постійного струму, які підключаються до мережі напругою 220 або 380 через випрямляч. [9]

Апарати керування ліфтів. Поверхові перемикачі призначені для комутації ланцюгів керування рухом. Вони реєструють положення кабіни, автоматично вибирають напрямок руху ("верх" або "низ") і дають команду на відключення електроприводу при зупинці. Конструктивно це трипозиційні важільні перемикачі (коліїні командоапарати) на три положення (1-0-2), що мають рухомі (на важелі) до нерухомих (на корпусі) контакти.

Поверхові перемикачі встановлюються в шахті на рівні поверху, а на кабіні фасонне відведення, яке діє на важіль поверхового перемикача.

При ході кабіни "вгору" поворотом важеля замикається одна група нерухомих контактів, а "вниз" - інша. Коли кабіна знаходиться на рівні поверху, поверховий перемикач знаходиться в нейтральному положенні "0", а нерухомі контакти розімкнені.

Перемикачі швидкості призначені для подачі імпульсу зниження швидкості перед зупинкою кабіни. Застосовуються в швидкохідних ліфтах з електроприводом двошвидкісного виконання. Вони побудовані за принципом дії поверхових перемикачів, але конструктивний вигляд мають інший. Перемикачі швидкості встановлюються у стволі шахти комплектно вище та нижче поверху на відстані від 0,5 до 0,6 м.

Важільні перемикачі призначені для керування вантажними ліфтами з провідником. Конструктивно це трипозиційні важільні перемикачі з самоповерненням рукоятки в нейтральне положення ("верх"-0-"низ"), встановлені в кабіні. Поворотом рукоятки вибирається спрямований рух, що досягається замиканням пари нерухомих контактів. При відпусканні ручки контакти розмикаються і двигун зупиняється (вимикається). Важельні перемикачі одночасно використовуються як кінцевий вимикач у крайніх положеннях кабіни. Це досягається дією на ролик важеля спеціальних напрямних у стволі шахти.

Індуктивні датчики призначені для використання у швидкохідних ліфтах. Схема таких датчиків на змінному та випрямленому струмі показана на рис. 2.3.

У стовбурі шахти встановлюється П-подібний шихтований магнітопровід зі сталі 3, а на кабіні сталева скоба 4 являє собою магнітний шунт. На магнітопроводі

знаходиться котушка з обмоткою 2 якої підключається реле управління 1 безпосередньо або через випрямляч Вп. При відході скоби (магнітопровід розмикається) індуктивний опір котушки мало, що забезпечить спрацювання реле управління. Якщо сталева скоба перекриває магнітопровід, різко зростає індуктивний опір котушки і відпускає реле.

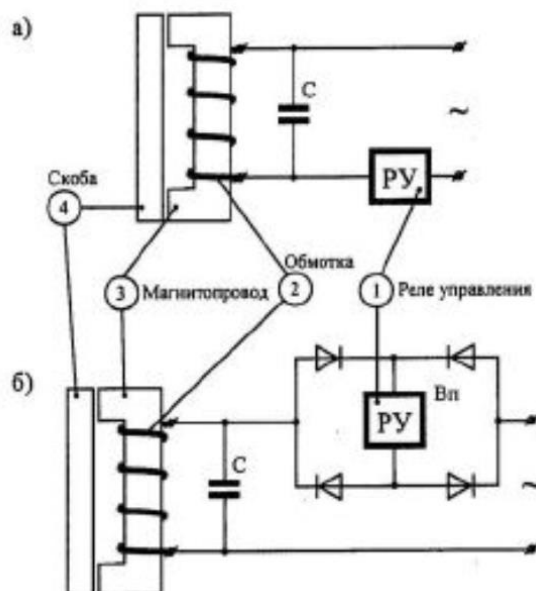


Рисунок 2.4 – Принципова електрична схема індуктивних датчиків на змінному (а) та випрямленому (б) струмі

Надійність і чіткість спрацювання реле управління забезпечена включенням ємності C паралельно до котушки, яка вибирається з умови отримання близького до резонансу струмів режиму. Застосування випрямляча живлення реле управління підвищує надійність спрацювання магнітної системи реле.

Крім того, у дорожніх датчиках знайшли широке застосування пристрою з герметичними контактами (геркони). Застосування індуктивних датчиків усуває такі недоліки поверхових перемикачів та перемикачів швидкості, як шумність та радіоперешкоди, що виникають під час роботи контактних пристроїв.

Магнітне відведення – це електромагнітний пристрій, що встановлюється на кабіні та контролює роботу замків дверей шахти. Упор магнітного відведення з'єднаний з якорем електромагніта відведення. При знаходженні кабіни на поверсі

електромагніт відведення знеструмлений, упор під дією пружини відводить засувку замка дверей шахти, дозволяючи її відкрити.

При русі електромагніт відведення під живленням – засувка введена, що забороняє відкриття дверей. Такі клямки застосовуються в ліфтах старої конструкції (або модернізованих) із ручним приводом дверей шахти.



Рисунок 2.5 – Приміщення з автоматикою ліфту

Автоматика ліфтів. Основною відмінністю роботи ліфтів та підйомників є їх багатопозиційність, що виражається в тому, що механізми можуть займати велику кількість фіксованих положень. Тому після кожної зупинки доводиться вирішувати логічне завдання вибору наступного переміщення. Розв'язання цієї задачі в даний час здійснюється за допомогою логічних мікросхем і мікропроцесорів. Перед схемою управління ліфтами ставляться такі завдання: контроль положення кабіни в шахті, автоматичний вибір напрямку руху, визначення часу початку гальмування, точної зупинки кабіни на поверсі, автоматичного відчинення та закривання дверей та захисту електроприводів та ліфта.



Рисунок 2.6 – Автоматика ліфту

Командні сигнали, що задають програму руху кабіни, поділяються на два типи: "накази", що надходять із кабіни, та "виклики", що надходять з поверхових майданчиків. Команди подаються кнопками, розташованими відповідно в кабіні та на поверхових майданчиках. Залежно від реакцію команди і методи їх відпрацювання розрізняються схеми роздільного і збирального управління. При роздільному принципі управління схема сприймає та відпрацьовує лише одну команду і під час її виконання не реагує на інші накази та виклики.

Така схема найпростіша у реалізації, але обмежує можливу продуктивність ліфта і тому застосовується лише для ліфтів житлових будинків заввишки до дев'яти поверхів із відносно невеликим потоком пасажирів. При збірному принципі управління схема сприймає одночасно кілька команд і виконує їх у певній черговості, зазвичай, у порядку прямування поверхів.

Основою системи управління ліфтами є поверхове тактове опитування. Тактове опитування може бути маятниковим, коли опитування проводиться у двох напрямках, знизу вгору та зверху вниз та одного напрямку, наприклад, тільки зверху вниз. Найчастіше застосовується маятникове опитування.

Висновки до розділу 2

Другий розділ бакалаврської роботи присвячено огляду електричного обладнання вантажного ліфту.

Розроблено схему електроприводу вантажного ліфта, яка містить наступні елементи:

- двигун змінного струму;
- магнітний пускач;
- електромагнітне гальмо;
- пульт керування;
- шахтні датчики та перевимикачі;
- систему аварійного зупинення;
- блок живлення та контрольний пристрій.

Наведено опис роботи розробленої схеми.

Розглянуто приклад існуючої автоматичної системи керування ліфтом на базі мікропроцесорного комплексу, яка призначена для управління механізмами ліфта, виконання алгоритму роботи, забезпечення індикації, зв'язку та контролю стану ліфта.

Запропоновано використання схеми тиристорного електроприводу ліфтом, яка забезпечує параметричне фазове регулювання швидкості обертання короткозамкнутого асинхронного двигуна. Система автоматичного регулювання виконана на однокристальній мікро-ЕОМ типу KP1816ВБ031, яка здійснює безпосереднє цифрове регулювання швидкості обертання приводного двошвидкісного асинхронного електродвигуна.

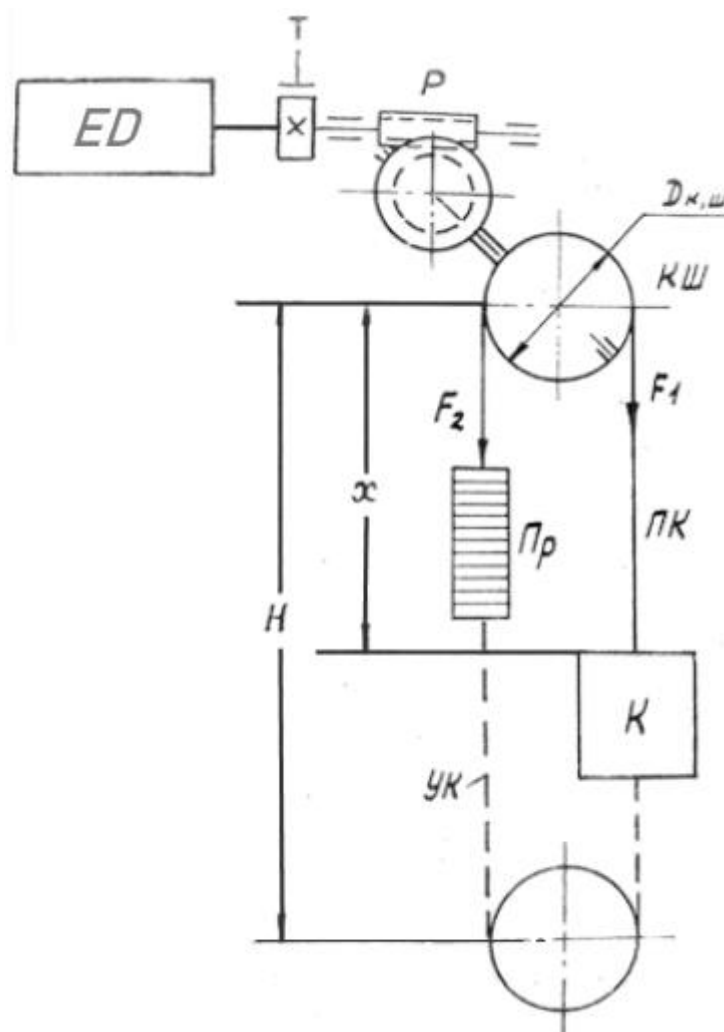
Автоматика ліфтів забезпечує ефективне керування рухом кабіни, враховуючи багатопозиційність механізмів та автоматичний вибір наступного переміщення.

Застосування логічних мікросхем і мікропроцесорів дозволяє вирішувати завдання автоматичного керування ліфтами, включаючи контроль положення, вибір напрямку, точну зупинку та безпеку руху.

Системи управління розділяються на роздільні та збиральні, залежно від методу опитування команд та їх відпрацювання, з метою забезпечення оптимальної продуктивності ліфта.

3. ЕЛЕКТРОПРИВОД ВАНТАЖНОГО ЛІФТА

3.1. Розрахунок кінематичної схеми вантажного ліфта



Риунок 3.1 – Кінематична схема вантажного ліфта:

ED – електродвигун; Pr – противага; H – висота підйому; $ПК$ – підйомний канат;
 $Г$ – гальмо; $КК$ – врівноважуючий канат; P – редуктор; $КШ$ – канатоведучий шкіф;
 K – кабіна; F_1, F_2 – натяг гілок підйомного каната;

Ліфтами як засобом вертикального переміщення вантажів обладнуються будівлі промислових та ремонтних підприємств, а також житлові та складські приміщення [5].

Вантажні ліфти встановлюються у вертикальній шахті, зазвичай угорі над шахтою розміщується машинне відділення.

Вантажні ліфти виготовляються різної вантажопідйомності на дві або більше зупинок і можуть бути виконані для роботи з провідником або без нього. Кабіни ліфтів виконуються різних розмірів залежно від вантажопідйомності, габаритів вантажів, що перевозяться, мають одну або дві двері (наскрізні кабіни).

Переміщення кабіни ліфта здійснюється підйомною лебідкою, що забезпечує передачу зусиль від приводного електродвигуна кабіні за допомогою каната.

За принципом роботи лебідки поділяються на однокінцеві та двокінцеві, а за конструкцією органу навивки каната – на барабанні лебідки та лебідки з канатоведучими шківками.

Однокінцеві лебідки є неврівноваженими механізмами, навантаження електроприводу яких визначається сумою мас всіх частин, що піднімаються - каната, кабіни і корисного вантажу. Такі механізми постійно здійснюють додаткову роботу з підйому кабіни, яка є баластним вантажем. При спуску двигуна повинен гальмувати не тільки корисний вантаж, що опускається, але і баластний вантаж. Ці фактори призводять до завищення потужності приводного електродвигуна та збільшення питомої витрати електроенергії на одиницю корисного вантажу.

Перераховані недоліки усуваються використанням двокінцевих підйомних лебідок, при яких поряд з робочою кабіною підвішується баластовий контрвантаж - противагу.

Для повного уявлення про навантаження, що створюється виконавчим механізмом на валу електродвигуна в процесі його роботи, вдаються до побудови навантажувальних діаграм електроприводу, під якими розуміють залежність моменту, що обертає, струму або потужності електродвигуна від часу протягом робочого циклу. Зазвичай будують навантажувальну діаграму $M = f(t)$. Для цього спочатку потужність електродвигуна розраховується в першому наближенні (P_1) за середньоквадратичним значенням моменту опору ($M_{ск}$) за цикл роботи і частоти обертання (n_y), що встановилася. За цією потужністю двигун вибирається з каталогу та будується навантажувальна діаграма електроприводу, яку використовують для розрахунку потужності електродвигуна у другому наближенні

[6].

3.2. Розрахунок потужності електродвигуна вантажного ліфта

Для розрахунку потужності електродвигуна використовується така формула [8]:

$$P_{p1} = \frac{k_3 \cdot M_{ск} \cdot n_y}{9550},$$

де k_3 – коефіцієнт запасу, приблизно дозволяє враховувати вплив динамічних навантажень;

n_y – частота обертання, що встановилася, об/хв;

$M_{ск}$ – середньоквадратичний момент опору, Нм.

Коефіцієнт запасу приймається рівним $k_3 = 1,1-1,5$, залежно від співвідношення часу пуску t_n до часу встановленого руху t_y при $t_n / t_y < 0,05$ слід брати менше із зазначених значень, а при $t_n / t_y > 0,2-0,3$ – більше.

Оцінка часу пуску (t_n) і гальмування (t_y) проводиться за прискоренням, що задається в межах $a = 0,5-1,5$ м/с², і швидкості підйому ліфта, що встановилася v_y .

$$t_n = t_T = \frac{v_y}{a} = \frac{2}{1} = 2c$$

По заданій висоті підйому вантажу H визначаємо шлях, що проходить ліфтом з швидкістю, що встановилася - H_y , і час встановленого руху t_y :

$$H_y = H - 2 \cdot \frac{v_y \cdot t_n}{2} = 12 - 2 \cdot \frac{2 \cdot 2}{2} = 8m$$

$$t_y = \frac{H_y}{v_y} = \frac{8}{2} = 4c$$

Після знаходження необхідних величин знаходимо k_3 :

$$\frac{t_n}{t_y} = \frac{2}{4} = 0,5 \Rightarrow k_3 = 1,5$$

Час роботи електродвигуна ліфта при підйомі t_{p1} та спуску t_{p2} приймаються однаковими та рівними:

$$t_{p1} = t_{p2} = t_y + 2 \cdot t_n = 4 + 2 \cdot 2 = 8c$$

По заданому числу циклів (цикл роботи вантажного ліфта включає – підйом вантажу, пауза, спуск порожньої кабіни, пауза) в годину визначимо час одного циклу:

$$t_{\text{ц}} = \frac{3600}{N_{\text{ц}}} = \frac{3600}{60} = 60 \text{ с}$$

Частоту обертання, що встановилася, знаходять за формулою:

$$n_y = \frac{60 \cdot i_p \cdot v_y}{\pi \cdot D_{\text{кш}}} = \frac{60 \cdot 70 \cdot 1}{3,14 \cdot 1,4} = 955,414 \text{ об/хв},$$

де i_p – передатне число.

Відповідно до заданого циклу роботи вантажного ліфта визначається середньоквадратичний момент навантаження

$$M_{\text{ск}} = \sqrt{\frac{M_{c1}^2 \cdot t_{p1} + M_{c2}'^2 \cdot t_{p2}}{t_{p1} + t_{p2}}},$$

де M_{c1} – наведений момент статичного опору при підйомі вантажу, M_{c2}' – наведений момент статичного опору при спуску порожньої кабіни:

$$M_{c1} = \frac{(G - \alpha \cdot G_H) \cdot D_{\text{кш}}}{2 \cdot i_p \cdot \eta_{\text{п}}}$$

$$M_{c2}' = - \frac{\alpha \cdot G_H \cdot D_{\text{кш}}}{2 \cdot i_p \cdot \eta_{\text{п}}},$$

де $G = mg$ – сила тяжкості реального вантажу, Н;

$G_H = m_H g$ – сила тяжкості корисного вантажу, Н.

При цьому приймається $G = G_H$, оскільки маса реального вантажу становить 100% від номінального.

$\eta_{\text{п}}$ – ККД підйомної установки, що враховує тертя у напрямних

$\eta_{\text{п}}$ – коефіцієнт врівноваження, $\eta_{\text{п}} = 0,5$.

$$G = G_H = m_H \cdot g = 15000 \text{ Н}$$

$$M_{c1} = \frac{(15000 - 0,5 \cdot 15000) \cdot 1}{2 \cdot 25 \cdot 0,9} = 166,7 \text{ Нм}$$

$$M_{c2}' = - \frac{0,5 \cdot 15000 \cdot 1}{2 \cdot 25 \cdot 0,9} = - 166,7 \text{ Нм}$$

$$M_{ск} = \sqrt{\frac{166,7^2 \cdot 10 + (-166,7)^2 \cdot 8}{8+8}} = 166,7 \text{ Нм}$$

Визначаємо тривалість включення за формулою

$$ПВ\% = \frac{t_{p1} + t_{p2}}{t_{\eta}} \cdot 100\% = \frac{8+8}{80} \cdot 100\% = 26,7\%$$

Знаючи всі вихідні дані, визначаємо потужність двигуна у першому наближенні:

$$P_{p1} = \frac{1,5 \cdot 166,7 \cdot 955,414}{9550} = 25 \text{ кВт}$$

Потім наводимо потужність двигуна до стандартного значення, призначивши $ПВ_{ст}\% = 60\%$

$$P_{p.ст.} = P_{p1} \cdot \sqrt{\frac{ПВ}{ПВ_{ст}}} = 19,9 \cdot \sqrt{\frac{26,7}{60}} = 16,45 \text{ кВт}$$

3.3. Вибір електродвигуна

Електродвигун вибирається з каталогу відповідно до умов [7,8]:

$$P_{р.ст} \leq P_{н.ст}; n_{н} \approx n_{у}.$$

У більшості випадків як приводні електродвигуни ліфтів застосовуються одно-і двошвидкісні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором.

Найбільш поширена система електроприводу ліфта, в якій використовується спеціалізовані ліфтові двошвидкісні асинхронні електродвигуни з двома незалежними обмотками на статорі, що забезпечують відношення швидкостей 1: 3 або 1: 4. Ці електродвигуни мають підвищені пускові моменти; обмежені значення максимальних моментів як у руховому, і у генераторному режимах; обмежені значення пускових струмів та ін. Двошвидкісний електродвигун дозволяє знижувати в кілька разів робочу швидкість ліфта перед зупинкою, що зменшує знос гальмівного пристрою та збільшує точність зупинки. Пуск ліфта у такій системі здійснюється підключенням до мережі обмотки більшої швидкості. При цьому ліфт розганяється та переходить на робочу швидкість. Перед зупинкою ліфта відбувається відключення від мережі цієї обмотки та увімкнення обмотки малої

швидкості. Електродвигун переходить у режим генераторного гальмування, швидкість ліфта знижується (у 3 чи 4 рази), і ліфт підходить до заданого рівня висоти. Зупинка здійснюється відключенням від мережі обмотки малої швидкості та накладенням механічного гальма. Обмотка малої швидкості також забезпечує переміщення ліфта на зниженій швидкості в режимі ревізії.

Грунтуючись на наведених вище розрахунках $P_{p.ст}=11,554$ кВт і $n_y=955,414$ об/хв, вибираємо з каталогу електродвигун: 4Ан-250-6/24 об/хв, де: 4 – порядковий номер серії;

А – асинхронний;

Н – захищеного виконання;

250 – габарит;

6/24 – число полюсів обмоток (великої/малої швидкості);

Н – малошумний;

Л – ліфтовий;

Б – із вбудованим температурним захистом;

Ф – із вбудованим вентилятором.

Основні технічні дані електродвигуна наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Технічні дані ліфтового електродвигуна

Номінальна потужність, кВт (P_n)	16/4
Синхронна частота обертання, об/хв. (n_1)	1000/250
При номінальному навантаженні	
Ковзання, % (S_n)	5/12
ККД, %	87,5/36
$\cos \varphi$	0,72/0,35
Початковий пусковий момент, Нм	412/314
Максимальний крутний момент, Нм (M_k)	540/314
Кратність пускового струму	6/2
ПВ, %	40
Момент інерції ротора, кг м ²	0,98
Допустиме число включень, год	200
Маса, кг	475

Даний електродвигун працює від мережі змінного струму частотою 50 Гц, напругою 220 та 380 В

Середній термін служби електродвигуна – 15 років, при загальному доробку 40 000 год. із заміною підшипників через кожні 12 000 год. і обмоток через 20 000 год.

3.4. Розрахунок та побудова механічних характеристик асинхронного двигуна

Розрахунок механічних характеристик асинхронного двигуна може бути виконаний з використанням формули Клосса [7, 9]:

$$M \cong \frac{2 \cdot M_K}{s/s_K + s_K/s},$$

де M_K – критичний (максимальний) момент електродвигуна;

S – ковзання;

S_K – критичне ковзання;

3.4.1. Розрахунок механічних характеристик для обмотки двигуна великої швидкості.

Критичне ковзання S_K визначається за формулою

$$s_K = \pm s_n \cdot (k_M + \sqrt{k_M^2 - 1})$$

де «+» – режим двигуна;

«-» – генераторний режим;

S_n – номінальне значення ковзання (за каталогом);

$k_M = M_K / M_n$ – кратність максимального моменту;

M_n – номінальний момент;

M_K – максимальний обертальний момент (за каталогом)

$n = n_1(1 - S_n)$ – частота обертання валу електродвигуна;

n_1 – частота обертання магнітного поля статора;

Проводимо розрахунок:

$$n = n_1 \cdot (1 - s_n) = 1000 \cdot (1 - 0,05) = 950 \text{ об/хв}$$

$$M_n = 9550 \cdot \frac{16}{950} = 160,8 \text{ Нм}$$

$$k_m = \frac{540}{160,8} = 3,36$$

$$s_k = 0,05 \cdot (3,36 + \sqrt{3,36^2 - 1}) = \pm 0,328 \quad s_k = 32,8\%$$

Задаючись різними значеннями ковзання ($S = 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 0,9$), за формулою

$$M \cong \frac{2 \cdot M_k}{s/s_k + s_k/s},$$

розраховуємо залежність $M(s)$, та за формулою $n = n_1(1 - S)$ здійснюємо перехід до механічної характеристики електродвигуна – $n = F(M)$. Оскільки формула Клосса є наближеною, що дає відчутну похибку у визначенні пускового моменту M_{Π} ($S = 1$), його значення береться безпосередньо з каталогу. Отримані дані внесено до таблиці 2.

Таблиця 3.2.

S	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	1
$n = n_1(1 - S)$	900	800	600	400	200	100	0
$M \cong \frac{2 \cdot M_k}{s/s_k + s_k/s}$	223.22	343.38	357.12	297.6	244.602	223.2	294

3.4.2. Розрахунок механічних характеристик для обмотки двигуна малої швидкості.

Для обмотки малої швидкості розрахунок проводиться аналогічно, як і обмоток з великою швидкістю. Значення величин із каталогу беруться із знаменника. У режимі генераторного гальмування беруться негативні значення ковзання ($S = -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -0,9$),

Критичне ковзання S_k визначається за формулою

$$s_k = \pm s_n \cdot (k_m + \sqrt{k_m^2 - 1})$$

де «+» – режим двигуна;

«-» – генераторний режим;

S_n – номінальне ковзання (за каталогом);

$k_M = M_K / M_H$ – кратність максимального моменту;

M_H – номінальний момент

$$M_H = 9550 \cdot \frac{P_H}{n_H}$$

M_K – максимальний обертальний момент (за каталогом);

$n = n_1(1 - S_n)$ – частота обертання валу електродвигуна;

n_1 – частота обертання магнітного поля статора.

Проводимо розрахунок:

$$n = n_1 \cdot (1 - s_n) = 250 \cdot (1 - 0,12) = 220 \text{ об/хв}$$

$$M_H = 9550 \cdot \frac{4}{220} = 173,6 \text{ Нм}$$

$$k_M = \frac{314}{173,6} = 1,81$$

$$s_K = 0,12 \cdot (2,05 + \sqrt{2,05^2 - 1}) = 0,46$$

$$S_K = 46\%.$$

Максимальне значення ковзання визначається формулою:

$$s_{\max} = 1 - \frac{n_{1б}}{n_{1м}}$$

де $n_{1б}$ і $n_{1м}$ – частоти обертання магнітного поля статора під час роботи відповідно з обмоткою малої та великої швидкості.

$$s_{\max} = 1 - \frac{1000}{250} = -3$$

Для побудови механічної характеристики під час роботи малої швидкості будується таблиця, як й у разі розрахунку механічної характеристики під час роботи великої швидкості.

Отримані дані наведено у таблиці 3 для режиму двигуна, для генераторного – у таблиці 4.

Таблиця 3.3.

S	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$n = n_1(1 - S)$	225	200	175	150	125	100	75	50	25	0
$M \cong \frac{2 \cdot M_K}{s/s_K + s_K/s}$	130	230	287	311	313	303	288	271	254	238

Таблиця 3.4.

S	-0.1	-0.5	-1	-1.5	-2	-2.5	-3
$n = n_1(1 - S)$	275	375	500	625	750	875	1000
$M \cong \frac{2 \cdot M_K}{s/s_K + s_K/s}$	-130	-313	-238	-176	-137	-112	-94

Механічні характеристики двошвидкісного асинхронного двигуна ліфта наведено на рис.2:

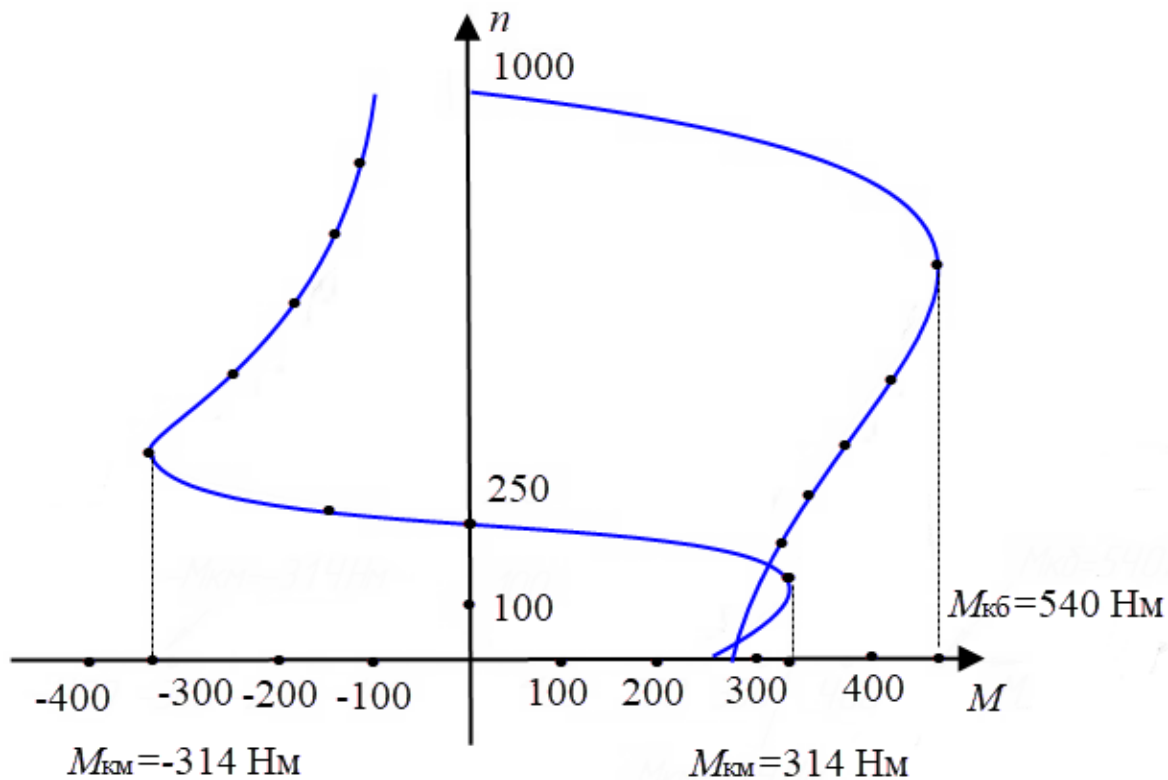


Рисунок 3.3 – Механічна характеристика двошвидкісного асинхронного двигуна

3.5. Побудова навантажувальної діаграми електроприводу та визначення потужності електродвигуна

Відповідно до даних розрахунків діаграм пуску та гальмування будується залежність $n(t)$ за цикл роботи ліфта (підйом вантажу – пауза – спуск порожньої кабіни – пауза); при цьому розрахункова крива, що відповідає режиму пуску, замінюється прямою лінією.

За діаграмами пуску та гальмування визначаються прискорення при пуску та уповільнення при гальмуванні:

$$a_{\Pi} = \frac{dv}{dt} = \frac{\Delta n_{\Pi}}{\Delta t} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{кш}}}{60 \cdot i_p} = |a_T|$$

$$a_{\Pi 1} = |a_{T1}| = \frac{\Delta n_{\Pi 1}}{\Delta t} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{кш}}}{60 \cdot i_p} = \frac{296}{1} \cdot \frac{3,14 \cdot 1}{60 \cdot 25} = 0,619 \text{ м/с}^2$$

$$a_{\Pi 2} = |a_{T2}| = \frac{\Delta n_{\Pi 2}}{\Delta t} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{кш}}}{60 \cdot i_p} = \frac{346}{1} \cdot \frac{3,14 \cdot 1}{60 \cdot 25} = 0,724 \text{ м/с}^2.$$

Розраховується пройдений ліфтом шлях при пуску та гальмуванні:

$$h_{\Pi 1} = \frac{a_{\Pi 1} \cdot t_{\Pi 1}^2}{2} = \frac{0,619 \cdot 3,05^2}{2} = 2,879 \text{ м}$$

$$h_{T1} = \frac{a_{T1} \cdot t_{T1}^2}{2} = \frac{0,619 \cdot 2,6^2}{2} = 2,092 \text{ м}$$

$$h_{\Pi 2} = \frac{a_{\Pi 2} \cdot t_{\Pi 2}^2}{2} = \frac{0,724 \cdot 2,6^2}{2} = 2,447 \text{ м}$$

$$h_{T2} = \frac{a_{T2} \cdot t_{T2}^2}{2} = \frac{0,724 \cdot 2,2^2}{2} = 1,752 \text{ м.}$$

Обчислюється шлях, що проходить ліфтом із швидкістю руху H_y , і час встановленого руху t_y :

$$H_{y1} = H - (h_{\Pi 1} + h_{T1}) = 12 - (2,879 + 2,092) = 7,029 \text{ м;}$$

$$t_{y1} = \frac{H_{y1}}{v_y} = \frac{7,092}{1} = 3,514 \text{ с};$$

$$H_{y2} = H - (h_{\Pi 2} + h_{T2}) = 12 - (2,447 + 1,752) = 7,801 \text{ м};$$

$$t_{y2} = \frac{H_{y2}}{v_y} = \frac{7,801}{1} = 3,901 \text{ с}.$$

Частота обертання електродвигуна в режимі, що встановився, визначається за механічною характеристикою і становить $n_y = 955$ об/хв.

Таким чином, усі вихідні дані для побудови графіка $n(t)$ стають відомими

За формулою $M_{\text{дин}} = I_{\Sigma} \cdot \frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{9,55} \cdot I_{\Sigma} \cdot \frac{dn}{dt}$ з урахуванням побудованого графіка $n(t)$ будується графік залежності динамічного моменту від часу $M_{\text{дин}}(t)$

$$M_{\text{дин1n}} = \frac{1}{9,55} \cdot I_{\Sigma 1} \cdot \frac{\Delta n_{\Pi 1}}{\Delta t} = \frac{1}{9,55} \cdot 3,636 \cdot \frac{296}{1} = 112,696 \text{ , Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{дин1m}} = \frac{1}{9,55} \cdot I_{\Sigma 1} \cdot \frac{\Delta n_{\Pi 1}}{\Delta t} = \frac{1}{9,55} \cdot 3,636 \cdot \frac{296}{1} = 112,696 \text{ , Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{дин2n}} = \frac{1}{9,55} \cdot I_{\Sigma 2} \cdot \frac{\Delta n_{\Pi 2}}{\Delta t} = \frac{1}{9,55} \cdot 3,08 \cdot \frac{346}{1} = 111,589 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{дин2m}} = \frac{1}{9,55} \cdot I_{\Sigma 2} \cdot \frac{\Delta n_{\Pi 2}}{\Delta t} = \frac{1}{9,55} \cdot 3,08 \cdot \frac{346}{1} = 111,589 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Графік $M_c(t)$ є заданим, відповідно до $M_{c1} = \text{const}$ і $M_{c2} = \text{const}$.

Навантажувальна діаграма $M = F(t)$ (рис. 3.2) будується шляхом підсумовування алгебри динамічного моменту і моменту опору.

$$M_1 = M_{c1} + M_{\text{дин1n}} = 166,7 + 112,696 = 279,396 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_2 = M_{c1} = 166,7 \text{ , Н} \cdot \text{м}$$

$$M_3 = M_{c1} - M_{\text{дин1m}} = 166,7 - 112,696 = 54,004 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_4 = -M_{c2} - M_{\text{дин2n}} = -166,7 - 111,589 = -278,289 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_5 = -M_{c2} = -166,7 \text{ , Н} \cdot \text{м}$$

$$M_6 = -M_{c2} + M_{\text{дин2m}} = -166,7 + 111,589 = -55,111 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

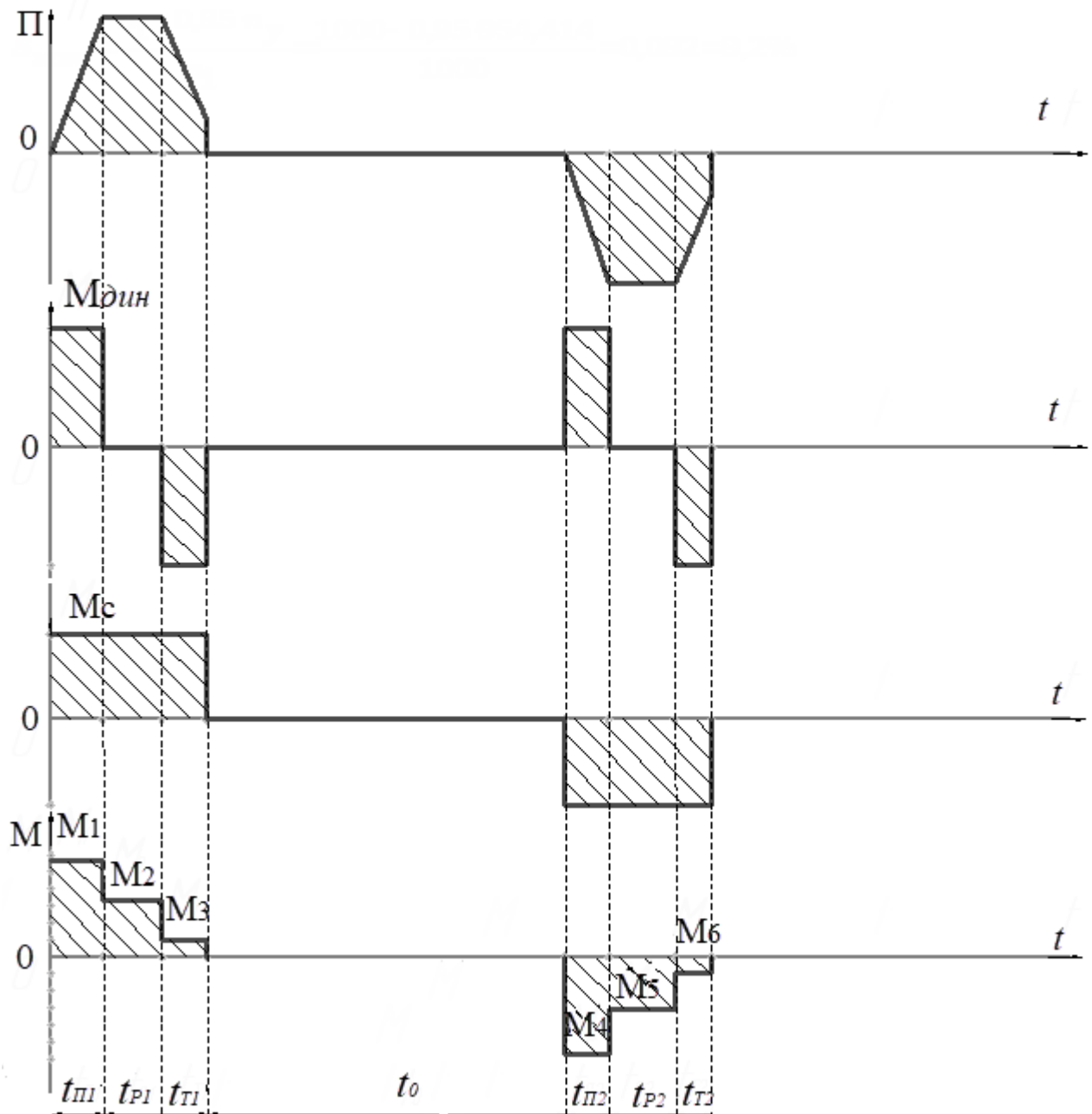


Рисунок 3.2 – Навантажувальна діаграма електроприводу

За навантажувальною діаграмою визначається дійсне значення щодо тривалості включення та еквівалентний момент.

$$ПВ = \frac{t_{n1} + t_{y1} + t_{T1} + t_{n2} + t_{y2} + t_{T2}}{t_y} \cdot 100\%$$

де $t_y = t_{n1} + t_{y1} + t_{T1} + t_0 + t_{n2} + t_{y2} + t_{T2} + t_0$,

$$M_9 = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_{n1} + M_2^2 \cdot t_{y1} + M_3^2 \cdot t_{t1} + M_4^2 \cdot t_{n2} + M_5^2 \cdot t_{y2} + M_6^2 \cdot t_{t2}}{t_{n1} + t_{y1} + t_{t1} + t_{n2} + t_{y2} + t_{t2}}}$$

Розрахуємо:

$$t_0 = \frac{t_y - (t_{n1} + t_{m1} + t_{y1} + t_{n2} + t_{m2} + t_{y2})}{2} = \frac{60 - (3,05 + 3,514 + 2,6 + 2,6 + 3,901 + 2,2)}{2} \\ = 21,068c$$

$$ПВ = \frac{3,05 + 3,514 + 2,6 + 2,6 + 3,901 + 2,2}{60} \cdot 100\% = 29,8\%$$

$$M_э = \sqrt{\frac{279,396^2 \cdot 3,05 + 166,7^2 \cdot 2,6 + 54,004^2 \cdot 3,514 + (-278,289)^2 \cdot 2,6 + \\ + (-166,7)^2 \cdot 2,2 + (-55,111)^2 \cdot 3,901}{3,05 + 3,514 + 2,6 + 2,6 + 3,901 + 2,2}} = \\ = 176,1 \text{ Нм.}$$

Потужність електродвигуна у другому наближенні визначається за формулою [9]:

$$P_{p2} = \frac{M_э \cdot n_y}{9550} = \frac{182,5 \cdot 955}{9550} = 18,3 \text{ кВт}$$

За формулою

$$P_{pcm} = P_{p2} \cdot \sqrt{\frac{ПВ\%}{ПВ_{cm}\%}}$$

P_2 приводиться до стандартного значення ПВ. Електродвигун вибирається із каталогу. Як правило, на цьому розрахунок потужності електродвигуна ліфта завершується.

$$P_{pcm} = 18,3 \cdot \sqrt{\frac{29,8}{60}} = 12,09 \text{ кВт.}$$

Таблиця 3.5.

Номінальна потужність, кВт (P_n)	12,0
Синхронна частота обертання, об/хв (n_1)	1000
При номінальному навантаженні	
Ковзання, % (S_n)	5
ККД, %	88
$\cos \varphi$	0,7
Початковий пусковий момент, Нм	294
Максимальний крутний момент, Нм (M_k)	372
Кратність пускового струму	6,0
ПВ, %	40
Момент інерції ротора, кг м ²	0,8
Допустиме число включень, год	200
маса, кг	440

Грунтуючись на наведених вище розрахунках $P_{\text{рст}} = 12.09$ кВт та $n_y = 955$ об/хв, вибираємо з каталогу електродвигун (за каталогом): 4АН-250-6/24НЛБ

Висновки до розділу 3

У цьому розділі бакалаврської роботи здійснено аналіз електроприводу для вантажного ліфта. Виконано моделювання кінематичної схеми механізму та детальний опис його конструкційних та експлуатаційних особливостей. Також був проведений розрахунок потужності та обрано двошвидкісний асинхронний двигун для електроприводу. Створено механічну характеристику двигуна та побудовано навантажувальну діаграму електроприводу для визначення потужності двигуна у другому наближенні.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Обґрунтування необхідності розгляду питань з охорони праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я й працездатності людей у процесі праці (ст. 1 Закону "Про охорону праці"). Як правовий інститут охорона праці – це чималий комплекс правових норм.

Розділ розроблений на підставі наступних нормативних документів:

- закон України «Про охорону праці» у редакції №229-IV від 21.11.2002 р.;
- зміни до Закону України «Про охорону праці»;
- «Типового положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з охорони праці» 2005 р.;
- ДБН А 2.2-3-2012 «Склад і зміст проектної документації для будівництва» (Додаток Е);
- правила з техніки безпеки й протипожежної охорони, викладені в інструкціях для експлуатації устаткування заводів-виготовлювачів;
- ГОСТ 12.4.125-83 «Захисні пристрої»;
- ГОСТ 12.2.062-81 «Огородження захисні»;
- НПАОП 41.0-1.01-79 (НАОП 9.0.00-1.01-79) «Правила техніки безпеки при експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених місць».

Основним споживачем електроенергії є асинхронний електродвигун. Живлення розроблюваного електроприводу здійснюється від запобіжників, встановлених в існуючому розподільному пристрої.

4.2 Охорона праці й техніка безпеки при роботі з електроустановками

Відповідальність за організацію експлуатації електроустановок несе керівник підприємства, на балансі якого воно перебуває.

Наказом адміністрації, із числа ІТП енерготерміну, призначається особа, відповідальна за електрогосподарство, яка зобов'язана забезпечити виконання ПТЕ й ДНАОП 0.00-1-1-98 при експлуатації електроустановок споживачів.

Оперативне обслуговування електроустаткування здійснювати відповідно до вимог розділу 2.2 «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

При монтажі встаткування й електроліній 0,4кВ і 0,23кВ повинні дотримуватися загальні правила техніки безпеки в будівництві згідно СНіП III-4-80, правила виробництва работ в електроустановках згідно СНіП 3.05.06-85.

Роботи з монтажу, налагодження, технічного обслуговування, експлуатації електроустаткування, ставляться до робіт з підвищеною небезпекою (Перелік робіт з підвищеною небезпекою Державного комітету України по нагляду за охороною праці №123 від 30.11.1993 р.), і повинні проводитися тільки спеціально навченим персоналом, що мають допуск до таких робіт, що пройшли інструктаж.

Монтаж, налагодження й введення в експлуатацію САК, згідно схеми підключення, повинні бути виконані з урахуванням вимог безпеки до заземлення встаткування, опору й міцності електричної ізоляції відповідно до вимог таких документів:

- ДЕРЖСТАНДАРТ 12.3.019;
- ДНАОП 0.00-1.21;
- СНіП 3.05.06;
- ДНАОП 0.00-1.32

До монтажу, налагодження й експлуатації електроприводу повинен допускатися персонал, який пройшов навчання на відповідність правилам експлуатації й має групу допуску по електробезпеці не нижче — до 1000 В,

знає принцип роботи, монтажу й експлуатації, пройшов інструктаж з охорони праці.

Роботи з демонтажу й монтажу насосних агрегатів, що живлять їх кабельні лінії і комутаційної апаратури в електрощитовій вести тільки при відключеній напрузі.

Роботи з підключення проєктованих ел. проводок вести при відключеній напрузі в присутності представників служби, що експлуатує електричні мережі насосної станції.

Не допускається знаходження людей під елементами, що в процесі монтування, до установки й закріплення в кінцеве положення.

Для захисту обслуговуючого персоналу від поразки електричним струмом передбачається автоматичне відключення живлення й вирівнювання потенціалів усіх металевих частин електроустаткування, які нормально не перебувають під напругою, шляхом приєднання до головної заземлювальної шини (ГЗШ).

САК відповідає вимогам ДЕРЖСТАНДАРТ 12.2.007.0, ДЕРЖСТАНДАРТ 22789, ДЕРЖСТАНДАРТ 21130, ДЕРЖСТАНДАРТ 14254.

САК відповідає вимогам пожежної безпеки відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТУ 12.1.004 [10].

4.3 Організація робіт

До монтажних робіт дозволяється приступати тільки при наявності ППР, погодженого зі службами техніки безпеки монтажних організацій і іншими зацікавленими організаціями, згідно існуючого положення.

Роботи вести, дотримуючись погоджених умов.

При виконанні монтажних робіт необхідно керуватися й строго дотримувати вимог:

- ПУЕ вид. 6 «Правила пристрою електроустановок»;
- СНіП III-4-80 «Техніка безпеки в будівництві»;

- Посібник з обліку вимог техніки безпеки при виробництві монтажних робіт;
- Правила пожежної безпеки при виробництві будівельно - монтажних робіт.

Перед початком демонтажних робіт і робіт з підключення розроблюваного встаткування до ВРП насосної станції необхідно знеструмити контакти приєднання КЛ-0,4кВ у ВРП. Виклик представників енергопостачальної організації обов'язковий.

При провадженні робіт вжити заходів по забезпеченню безпеки людей і автотранспорту й дотриманню нормованих ПУЕ габаритів.

Роботи вести тільки при відключеній напрузі.

Увага! При виконанні земляних і монтажних робіт строго дотримувати СНіП 3.02. 01-87, СНіП III-4-80 і ППР розроблений підрядною організацією.

4.4 Охорона праці при виконанні електромонтажних робіт

4.4.1 Загальні положення

До виконання робіт з монтажу силових мереж допускаються робітники не молодше 18 років, які пройшли:

- попередній медичний огляд і визнані здатними виконувати електромонтажні роботи на висоті;
- навчання в навчальних закладах для виконання робіт з підвищеною небезпекою (у професійно-технічних училищах, навчально-курсівних комбінатах, центрах підготовки й перепідготовки робочих кадрів, в організаціях) за затвердженою програмою;
- навчання й перевірку знань з електробезпеки;
- спеціальне навчання й атестацію з питань пожежної безпеки;
- вступний інструктаж у службі охорони праці;
- первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці.

Електромонтажники можуть бути допущені до виконання робіт тільки після проведення його персоналом організаційно-технічних заходів, передбачених нарядом-допуском.

Робітники повинні бути проінструктовані щодо розпорядку на робочому місці, порядку переміщення по території об'єкта, про місця відпочинку під час технологічних і обідньої перерв, порядку закінчення роботи.

Перед початком робіт здійснюється первинний інструктаж по безпечному виконанню робіт з основної й суміжної професій і ознайомлення із правилами надання першої допомоги.

Допущені повинні виконувати тільки ті роботи, по безпеці виконання яких вони проінструктовані безпосередньо керівником.

Роботи на висоті (при підйомі над поверхнею вище, ніж 1,3 м) виконуються тільки з лісів або помостів.

4.4.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Керівник робіт зобов'язаний:

- перевірити ступінь готовності будівельних робіт;
- оцінити виробничі умови, можливість взаємодії з іншими будівельно-монтажними організаціями відповідно до плану виконання робіт (ПВР);
- можливість застосування машин, механізмів, пристосувань, місця їх установки й порядок проїзду; безпечного застосування піротехнічного інструменту й подачі електричних конструкцій, електротехнічних апаратів і інших блоків;
- погодити з відповідними представниками й внести, за необхідністю, уточнення у ПВР;
- ознайомити працюючих із ПВР і технологічними картами на всі види робіт;
- здійснити первинний інструктаж;

- видати наряд-допуск на виконання робіт підвищеної небезпеки зі здійсненням цільового інструктажу й записом у журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці. Підписи, інструктуючих й інструктованих осіб у журналі обов'язкові;

- попередити працюючих, що приєднання й від'єднання від мережі оснащення, механізмів, інструмента, інвентарних шаф і т.п. (крім оперативного включення й вимикання) в умовах будівельного майданчика виконуються тільки службою експлуатації власника електромережі, якщо немає іншої письмової домовленості із власником.

Робітник перед початком робіт повинен:

- одержати необхідні для виконання робіт засоби індивідуального захисту, інструкції, інструмент, пристосування, перевірити їхню комплектність і справність;

- переконатися в наявності огороження небезпечних зон, у які можуть потрапити люди, а також знаків безпеки й відповідних написів;

- підготувати робоче місце, забрати зайві матеріали й предмети, звільнити проходи, вивести сторонніх осіб з небезпечної зони.

4.4.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи

Забороняється виконувати роботи, пов'язані з експлуатацією тимчасових або постійних електричних мереж замовника, й приєднувати електричні механізми, інструменти, зварювальне устаткування й т.п. до апаратури, що перебуває під напругою. Ці роботи повинен виконувати експлуатаційний персонал підприємства.

Необхідно виконувати вказівки працівників служби охорони праці діючого підприємства.

Не дозволяється використовувати діючі трубопроводи й оснащення, а також технологічні (будівельні) конструкції для кріплення технологічного й монтажного

оснащення без узгодження із представниками підприємства, відповідальними за правильну їх експлуатацію.

Виконувати роботи, пов'язані з використанням відкритого вогню, необхідно після оформлення дозволу на виконання вогневих робіт.

4.4.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Не залишати робоче місце до надійного закріплення монтуємого оснащення. Від'єднати від електромережі механізми й устаткування, які застосовувалися під час роботи. Звільнити робоче місце від зайвих предметів. Покласти інструмент і устаткування у відведене для них місце. Віднести спецодяг та інші засоби індивідуального захисту в приміщення, призначене для їхнього зберігання.

4.4.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку аварійної ситуації (загоряння або вибух горючих рідин і газів, розрив стропа, монтажних петель, підвищеної загазованості й т.п.) припинити роботу. Відгородити небезпечну зону, вийти з неї, не допускати в неї сторонніх осіб. Повідомити про аварійну ситуацію або нещасний випадок керівника робіт. Якщо є потерпілі, надати їм першу медичну допомогу; при необхідності викликати швидку медичну допомогу.

4.5 Технічне обслуговування апаратної частини

УВАГА! Усі роботи з технічного обслуговування та ремонту проводяться при вимкнутій напрузі живлення.

Види й періодичність технічного обслуговування встановлюються відповідно до правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і діючих галузевих норм.

Обсяг ТО регламентується щорічними планами й календарними графіками (графік планово-запобіжного ремонту ПЗР) підприємства (організації), і

затверджуються особою, відповідальною за електрогосподарство підприємства (організації).

Порядок виконання технічного обслуговування:

- очистити від пилу, бруду та вологи всі апарати, вузли й деталі;
- зробити обслуговування встановлених у щиті апаратів, приладів та пристроїв за інструкціями на ці вироби;
- перевірити затягування гвинтових затискачів та у випадку ослаблення затягти:
 - контактні з'єднання шин і кабелів;
 - приєднання до апаратів, приладів, клемних блоків і вивідних затискачів;
 - кріплення апаратів, приладів, проводів, клемних блоків і інших вузлів та деталей.
- перевірити стан контактних поверхонь заземлень і затягування гвинтових затискачів. Контактні поверхні повинні бути чистими, контактні затискачі повинні бути добре затягнуті.

Висновки до розділу 4

В даному розділі були розглянуті:

- основні відомості про охорону праці;
- охорона праці й техніка безпеки під час експлуатації електрообладнання;
- організація робіт при виконанні монтажу та демонтажу електрообладнання;
- охорона праці при виконанні електромонтажних робіт.

5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Обґрунтування необхідності розгляду питань з охорони навколишнього середовища

Охорона навколишнього природного середовища є системою державних і суспільних заходів, направлених на збереження, відтворювання і раціональне використання природних ресурсів і поліпшення природного середовища, і є частиною прикладної екології.

Відносини у галузі охорони навколишнього природного середовища в Україні регулюються Законом України № 1268-ХІІ від 26.06.91р. «Про охорону навколишнього природного середовища», а також розроблюваними відповідно до нього земельним, водним, лісовим законодавством, законодавством про надра, про охорону атмосферного повітря, про охорону і використання рослинного і тваринного світу та іншим спеціальним законодавством [17].

В міру прискорення темпів науково-технічного прогресу дія людей на природу стає все більш могутньою. І в даний час воно вже сумирно із дією природних чинників, що приводить до якісної зміни співвідношення сил між суспільством і природою. На сучасному етапі людство поставлено перед чинником виникнення в природі незворотних процесів, нових шляхів переміщення і перетворення енергії і речовини. В природу втручається все більше і більше нових речовин, чужих їй, часом сильно токсичних для організмів. Частина з них не включається в природний круговорот і нагромаджується в біосфері, що приводить до небажаних екологічних наслідків.

Накопичення промислових відходів сприяє підвищенню захворюваності людей і тварин, прискоренню корозії машин і металевого устаткування, зниженню врожайності сільськогосподарських культур і продуктивності тваринництва, прискореному і нераціональному використуванню природних ресурсів і енергії, погіршенню багатьох властивостей екологічних систем,

загибелі деяких унікальних природних територіальних комплексів, зникненню окремих видів тварин і рослин.

5.2 Оцінка впливу виробу на навколишнє середовище

При введенні в експлуатацію електроприводу вплив на навколишнє середовище будуть носити локальний характер і не призведе до істотних змін його стану.

САК розроблена з урахуванням вимог:

- Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»;
- Закону України «Про пожежну безпеку»;
- Закону України «Про охорону праці»;
- СНіП II-12-77 «Будівельні норми й правила»;
- ДБН А.2.2-1-2003 «Проектування. Состав і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні й будівництві підприємств, будинків і споруджень. Основні положення проектування».

Електропривод підйомної лебідки крана є системою, при роботі якої відсутні експлуатаційні відходи, стоки й викиди димових газів.

Шум при експлуатації не перевищує установлених норм, і не виявляє небезпечного впливу відповідно до вимог ДСН 3.3.6.037-99 [18].

Ергономічність і безпека органів управління відповідає ДСТУ EN ISO 26800:2022 [19] Для підтвердження стійкості до перешкод, що виникають при протіканні електричних процесів, система, що включає в себе перетворювач частоти (з додатковими пристроями, якщо вони істотні), екрановані кабелі керування, блок керування з потенціометром, кабель двигуна й двигун, була піддана відповідним до випробувань на вплив перешкод.

Випробування проводилися у відповідності з наступними базовими стандартами:

– EN 61000-4-3 (IEC 61000-4-3): Випромінювання, створюване проникаючим електромагнітним полем, з амплітудною модуляцією. Відтворення впливів радіолокаційного та мобільного встаткування й засобів зв'язку;

– EN 61000-4-4 (IEC 61000-4-4): Імпульсні перехідні процеси. Відтворення перешкод, пов'язаних з комутацією контакторів, реле й подібних пристроїв;

– EN 61000-4-5 (IEC 61000-4-5): Перехідні процеси з кидками напруги. Відтворення перехідних процесів, зв'язаних, наприклад, з ударом блискавки поблизу установок;

– EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6): Синфазні перешкоди ВЧ–перешкоди. Відтворення впливу радіопередаючого встаткування, підключеного до сполучних кабелів [20].

5.3 Енергоефективність

Основна ідея розробки САК полягає саме в зниженні енергоспоживання насосного устаткування й втрат у трубопроводах під час експлуатації насосної станції. Застосування частотно-регульованих електроприводів в системах водопостачання, насамперед, дозволяє істотно знизити споживання електроенергії електроприводами насосів (у середньому до 35%), так як надмірний напір у цьому випадку не створюється. При зниженні споживання електроенергії знижуються втрати при її транспортуванні та виробництві, тобто знижуються також і шкідливі викиди під час виробництва електричної енергії від не відновлювальних енергоресурсів (нафта, вугілля, природний газ), що позитивно впливає на екологію як на місцевому рівні, так і в глобальному масштабі.

5.4 Утилізація

За рахунок регулювання частоти обертання ЕД підтримується постійний тиск знижується вірогідність аварійних ситуацій, з'являється можливість

збільшення часу експлуатації електроприводу приблизно в 2-3 рази, що як наслідок приводить до уникнення швидкої утилізації.

Перед тем як приступити до утилізації, щоб уникнути ризику поразки електричним струмом, слід відключити станцію від мережі електроживлення.

Устаткування, що містить електричні компоненти, не можна утилізувати разом з побутовими відходами. Його слід утилізувати по окремій категорії відходів разом з електричними й електронними компонентами відповідно діючим місцевим нормам і правилам.

Переробку промислових відходів проводять на спеціальних полігонах, створюваних відповідно до вимог СНіП 2.01.28-85 і призначених для централізованого збору знешкодження і поховання токсичних відходів промислових підприємств, НДІ й установ.

Висновок до розділу

Усі технічні рішення зменшують ступінь ризику виникнення аварійних ситуацій і забезпечують підвищення надійності об'єкта. На підставі вищевикладеного, ступінь екологічного й санітарного ризику від електроприводу вантажного ліфту дуже низка.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській роботі надано огляд призначення та класифікації вантажних ліфтів, що вказує на їх широкий спектр застосувань у промислових, комерційних, торгових та медичних установах, а також на будівельних об'єктах. Подано різні критерії класифікації, такі як навантаження, швидкість, призначення та конструкція. Конструктивні особливості вантажних ліфтів, такі як міцність, велика вантажопідйомність, простора кабіна або платформа та системи безпеки, вказують на їхню здатність ефективно та надійно працювати в різних умовах. Текст також зазначає важливість спеціалізованих рішень для вантажних ліфтів у складських приміщеннях, де вони повинні відповідати конкретним вимогам та забезпечувати безпечне транспортування вантажів.

Системи керування та контролю вантажного ліфта є важливими компонентами, що забезпечують ефективність його роботи. Основні елементи включають пульт керування, систему безпеки, керування рухом, моніторинг та діагностику, а також систему енергозбереження. Вантажопідйомність, місткість, точність зупинки, швидкість руху, тип майданчика та приводу дверей визначаються як основні технічні параметри вантажного ліфта.

Система керування вантажним ліфтом класифікується за місцем та характером подачі команд. Можливість управління ззовні, з кабіни чи з обох місць визначається алгоритмом прийому команд. Режимми роботи ліфта включають робочий, обслуговування, ревізію та пожежний режим. Застосування двохшвидкісного двигуна та системи регулювання швидкості забезпечує ефективне та безпечне переміщення вантажів. В роботі здійснено аналіз електроприводу для вантажного ліфта. Виконано моделювання кінематичної схеми механізму та детальний опис його конструкційних та експлуатаційних особливостей. Також був проведений розрахунок потужності та обрано двошвидкісний асинхронний двигун для електроприводу. Створено механічну характеристику двигуна та побудовано навантажувальну діаграму електроприводу для визначення потужності двигуна у другому наближенні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вантажні ліфти. (2024). *SMARTLIFT*. Отримано з: <https://smartlift.com.ua/vantazhni/>
2. *Ліфти: Види, технічні параметри, режими експлуатації*. (2024). Отримано з: [://translift.com.ua/ua/statti/lifti_-vidi_-tehnichni-parametri_-rejimi-ekspluatatsiyi.html](https://translift.com.ua/ua/statti/lifti_-vidi_-tehnichni-parametri_-rejimi-ekspluatatsiyi.html)
3. Класифікація ліфтів. *Мастерліфт*. Отримано з: <https://masterlift.com.ua/novini/klasifikatsiya-liftiv.html>
4. Державний комітет України з промислової безпеки. *Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів*. Отримано з: https://masterlift.com.ua/images/docs/PUBEL_Ukraine_skachati_Masterlift_obslyzhivanie_liftov.pdf
5. *Механізація виробництва і складських робіт*. Детальніше: <https://mpsr.com.ua/ua/a290972-chto-neobhodimo-znat.html>
6. Електричне обладнання ліфтів. *Будівельна техніка* (довідник). Отримано з: <https://budtehnika.pp.ua/3409-elektrichne-obladnannya-lftv.html>
7. Швець Е. А, Касьянов Ю.І., Овсянников В.М. (2007). *Лабораторні роботи по теорії електропривода*. Частина 2. Асинхронні двигуни. Миколаїв: НУК, 64 с.
8. Колб Ант. А, Колб А. А. *Теорія електроприводу: Навчальний посібник*. – 2-е вид. перероб. і доп. –Д., Національний гірничий університет, 2011. – 540 с.
9. Гнатов, А.В., Аргун, Щ.В. *Теорія електроприводу*. Методичні вказівки до практичних занять для студентів денної форми навчання що навчаються за спеціальністю 144 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Х.:ХНАДУ, 2020. – 75 с.
10. ДСТУ 3449-96 Апарати та комплектні пристрої керування і захисту кранів, механізмів кранового типу. Отримано з: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68468

11. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. РД 153 –34.0–08.301–00 (ВППБ 01–02–95).
12. Петрович Й.М., Захарчин Г.М. Організація виробництва. – Львів.: Магнолія плюс, 2004.
13. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.М. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995.
14. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. – К.: Знання, 2000.
15. Злобін Ю.А. Основи екології. – К.: Лібра, 1998.