

Бакалаврська дипломна робота на тему:
«МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПАСАЖИРСЬКОГО ЛІФТА»

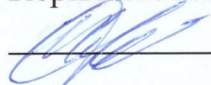
Виконав: студент 4 курсу, гр. 1ЕМ-206
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка



В'ячеслав НЕКРУТЕНКО

(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

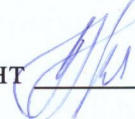
Керівник: к.т.н., доцент кафедри КЕМСК



Олексій ЖУКОВ

(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

Рецензент



к.т.н., доц. каф. ЕЕМСН Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

« 10 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри

« 21 » 05 20 р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 – Електрична інженерія

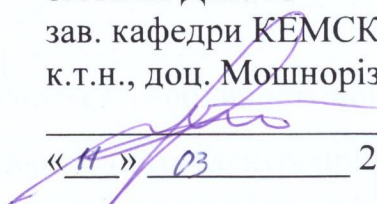
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма «Електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри КЕМСК

к.т.н., доц. Мошноріз М.М.


«11» 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Некрутенку В'ячеславу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація електроприводу пасажирського ліфта

керівник роботи Жуков Олексій Анатолійович к.т.н. доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «11» 03 2024 року № 80.

2. Строк подання студентом проекту (роботи): _____

3. Вихідні дані до роботи: Вантажопідйомність 600 кг. Швидкість руху 0,72 м/с. Маса кабіни 1000 кг. Коефіцієнт завантаження кабіни 0,8. Діаметр канатоведучого шківa 0,52 м. ККД системи 0,8. Кількість поверхів 10 шт. Висота поверху 3,2 м. Максимально допустиме прискорення та сповільнення 1,5 м/с². Пасажиропотік по поверхах рівномірний. Несучі канати врівноважені.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Коротка характеристика виробничого механізму і режимів його роботи. Розрахунок статичних навантажень і тахограми руху робочого органу виробничого механізму. Попередній розрахунок потужності приводного двигуна. Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода. Вибір електродвигуна. Розрахунок динамічних навантажень та побудова навантажувальної діаграми електропривода. Перевірка вибраного двигуна за нагрівом, перевантажувальною здатністю та умовами пуску. Розрахунок статичних характеристик двигуна. Розробка системи керування електричного привода. Розробка математичної моделі САЕП. Моделювання перехідних процесів САЕП. Оцінка стійкості та якості. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Зовнішній вигляд, кінематична схема та тахограми роботи. Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода. Схема електрична структурна. Моделювання перехідних процесів. Схема електрична принципова.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Основна частина	Жуков О.А. к.т.н., доц, каф. КЕМСК	11.03.24	28.05.24
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н, зав.каф. БЖД	11.03.24	28.05.24

7. Дата видачі завдання « 11 » 03 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

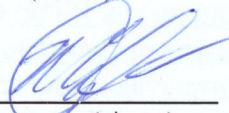
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Приміт
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.2024	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	21.05.2024	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	28.05.2024	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	28.05.2024	
5	Попередній захист БДР	28.05.2024	
6	Нормоконтроль БДР	28.05.2024	
7	Рецензування БДР	10.06.2024	
8	Захист БДР	11.06.2024	

Студент


(підпис)

В'ячеслав НЕКРУТЕН

Керівник роботи


(підпис)

Олексій ЖУКОВ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 108 сторінок формату А4, на яких є 24 рисунків, 12 таблиць, список використаних джерел містить 13 найменування.

Метою даної бакалаврської роботи є підвищення ефективності функціонування електроприводу пасажирського ліфта за рахунок модернізації системи електроприводу. Це дозволить покращити динамічні характеристики системи, показники якості роботи та знизити загальні економічні витрати при його експлуатації.

У загальній частині дослідження розглядаються особливості конструкції ліфта та рішення по модернізації системи керування його електроприводом. В рамках цієї модернізації, на основі техніко-економічних показників, було обрано найбільш підходящу систему електропривода, розраховано навантажувальну діаграму та вибрано двигун за необхідною потужністю, визначено особливості апаратури керування та запропоновано схему керування електроприводом.

У розділі охорони праці розглянуто причини виникнення, вплив на організм людини та нормування шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Надано рекомендації щодо покращення умов праці.

Ключові слова: ліфт, система керування, електропривод, безпека, модернізація.

ABSTRACT

The bachelor thesis consists of 108 pages of A4 format, on which there are 24 figures, 12 tables, the list of used sources contains 13 names.

The purpose of this bachelor's thesis is to improve the efficiency of the electric drive of the passenger elevator due to the modernization of the electric drive system. This will improve the system's dynamic characteristics, work quality indicators, and reduce the overall economic costs of its operation.

In the general part of the study, the features of the elevator design and the decision to modernize the control system of its electric drive are considered. As part of this modernization, on the basis of technical and economic indicators, the most suitable electric drive system was chosen, the load diagram was calculated and the engine was selected according to the required power, the features of the control equipment were determined, and the electric drive control scheme was proposed.

The occupational health and safety section examines the causes, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors. Recommendations for improving working conditions are provided.

Keywords: elevator, control system, electric drive, safety, modernization.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕХАНІЗМУ ЛШФТА І РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ	6
2 ПОПЕРЕДНІЙ РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА.....	11
2.1 Розрахунок приведених статичних моментів та тахограм виробничого механізму	16
2.2 Розрахунок еквівалентної потужності	25
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	29
4 ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЗА ПОТУЖНІСТЮ І ШВИДКІСТЮ ОБЕРТАННЯ	38
5 РОЗРАХУНОК І ВИБІР СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ.....	39
6 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ	42
6.1 Вибір системи електроприводу та її обґрунтування	42
6.2 Заміна релейно-контакторної схеми управління мікропроцесорною	43
6.3 Розробка функціональної схеми системи автоматизованого електроприводу	47
6.4 Розробка принципової схеми.....	50
7 РОЗРАХУНОК СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДНОГО ДВИГУНА.....	69
8 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	73
9 ОХОРОНА ПРАЦІ	77
ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89
Додаток А Технічне завдання.....	90
Додаток Б Графічна частина	93
Додаток В Протокол перевірки дипломної роботи на наявність текстових запозичень	107

ВСТУП

Актуальність. Пасажирський ліфт - це стаціонарна підйомна машина періодичної дії, призначена для підйому та спуску людей і (чи) вантажу в кабіні, що рухається по жорстким прямолінійним направляючим, у яких кут нахилу до вертикалі не більше 15 градусів.

У зв'язку з швидким розвитком та широким впровадженням різноманітних електромеханічних систем та електроприводів, а також завдяки легкому доступу до сучасної перетворювальної техніки, виникає потреба у вдосконаленні існуючих методів і алгоритмів керування пасажирськими ліфтами для зниження енергоспоживання та подовження їх терміну експлуатації.

Електромеханічна частина пасажирських ліфтів зазвичай працює в умовах частих запусків і зупинок, що призводить до швидкого зношування металевих деталей ліфта та релейно-контакторної системи керування.

На сьогоднішній день у частотно-регульованих електроприводах, які включають перетворювачі частоти, використовуються різні налаштування режимів роботи електродвигуна. Ці налаштування дозволяють змінювати частоту живлення за лінійним законом, збільшуючи її при розгоні і зменшуючи при гальмуванні. У тих випадках, де важлива плавність розгону і зупинки, як, у пасажирських ліфтах, існуючі релейно-контакторні схеми не забезпечують належного комфорту і не оптимізують використання ресурсів ліфта.

Для вирішення цих проблем необхідно розробити нові алгоритми керування, які дозволять створити систему керування електроприводом, що забезпечить максимально плавний розгін і зупинку кабін ліфта.

Мета роботи. Підвищити надійність системи керування електроприводом пасажирського ліфта за рахунок застосування мікропроцесорних пристроїв, що дозволить зменшити витрати електроенергії на

живлення електроприводу та зменшити сумарні приведені затрати при експлуатації електропривода.

Мета досягається шляхом вирішення наступних задач:

- Вивчити існуючий стан системи електроприводу.
- Показати недоліки існуючої релейно-контакторної системи електроприводу.
- Провести техніко-економічне обґрунтування різних систем електроприводу і вибрати найбільш доцільну.
- Провести розрахунок потужності двигуна та перевірки електродвигуна відповідно до параметрів технологічного процесу.
- Побудувати електричні структурну, функціональну та принципову схеми САЕП та розрахувати їх параметри.
- Розробити математичну модель САЕП та дослідити перехідні процеси режимів роботи електродвигуна, а також дослідити статичні та динамічні режими роботи САЕП.
- Вибрати основне електрообладнання силового кола САЕП.

Об'єкт дослідження – процес керування електроприводом пасажирського ліфта.

Предмет дослідження – різні системи електропривода пасажирського ліфта.

Методи досліджень. У роботі використані методи теорії автоматичного керування, теорії ймовірностей, математичної статистики, моделювання на ЕОМ, методи частотного аналізу стійкості замкнутих систем.

Практичне значення одержаних результатів:

Розроблено комп'ютерні моделі та розраховано техніко-економічні показники таких систем електроприводів: релейно-контакторна система – двигун постійного струму, релейно-контакторна система – асинхронний двигун, система перетворювача частоти підведеної напруги, що забезпечує

живлення приводного асинхронного двигуна. Це дозволяє виконати аналіз ефективності роботи кожної з них в різних умовах і вибрати оптимальну за певним критерієм.

Особистий внесок здобувача. Усі результати, які складають основний зміст бакалаврської дипломної роботи, отримані автором самостійно.

Публікації. За темою бакалаврської роботи було опубліковано тези доповіді «Аспекти модернізації електромеханічної системи пасажирського ліфта» у збірнику XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем», 23-24 травня, 2024 р., м. Чернігів, том 2, с. 206.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АД – асинхронний двигун;

АСР – автоматична система регулювання;

ЕП – електропривод;

РШ – регулятор швидкості;

РС – регулятор струму;

СС – сенсор струму;

СІФК – система імпульсно-фазового керування;

СШ – сенсор швидкості.

САЕП – система керування електроприводом.

1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕХАНІЗМУ ЛІФТА І РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ

Схема підйомника представлена на рисунку. 1.1.

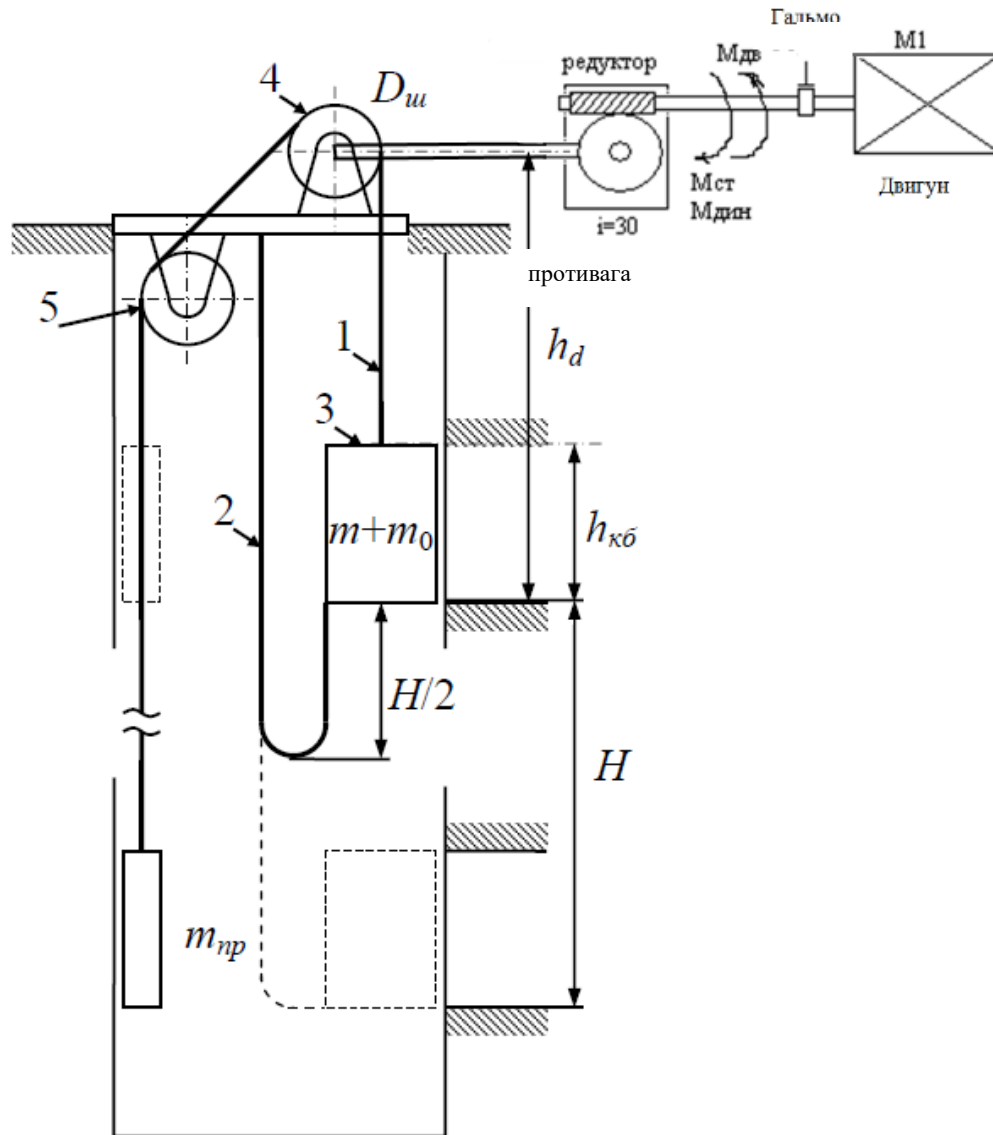


Рисунок 1.1 – Кінематична схема пасажирського підйомника

Основні компоненти схеми:

- Двигун, який забезпечує створення моменту на валу канатоведучого шківа (КВШ);
- Електромагнітне гальмо, що створює гальмівний момент;
- Черв'ячний редуктор – передає момент від швидкохідного валу двигуна до тихохідного валу КВШ;

- КВШ (канатоведучий шків) – створює момент;
- Противага;
- Тяговий канат;
- Кабіна;
- Врівноважуючий канат.

На несучому канаті 1 підвішена кабіна 3 з власною масою m_0 і противага з власною масою $m_{пр}$, m_n – номінальна вантажопідйомність ліфта. До кабіни також підвішена частина кабелів 2, які забезпечують підключення органів керування, розміщених у кабіні, до системи управління ліфтом. Канатоведучий шків 4 з діаметром $D_{ш}$ приводить у рух кабіну і противагу. Відвідний шків 5 розводить кабіну і противагу в шахті ліфта.

Кінематична схема (рисунок 1.1) демонструє взаємодію основних вузлів ліфта та ілюструє сили, що діють між ними. Кабіна ліфта прикріплена до тягового каната, який проходить через канатоведучий шків (КВШ) і з'єднується з противагою. Коли подається напруга на двигун лебідки, він починає обертатися, передаючи обертальний рух через редуктор на КВШ. Канатоведучий шків і тяговий канат перетворюють обертальний рух на лінійний, піднімаючи кабіну ліфта. Врівноважуючий канат компенсує вагу тягового каната. Завдяки конструкції черв'ячного редуктора він дозволяє кабіні залишатися нерухомою. Гальмо зупиняє обертання двигуна, забезпечуючи точну зупинку кабіни на рівні поверху і утримуючи її на місці. Ліфт складається з компонентів, розташованих у шахті та машинному приміщенні. Будівельні конструкції будівлі (цегляна кладка, бетонні блоки тощо) формують машинне приміщення і шахту ліфта.

Основні компоненти ліфта включають: лебідку, кабіну, противагу, напрямні кабіни і противаги, двері шахти, обмежувач швидкості, вузли та деталі прямику, електрообладнання та електророзводку.

Транспортування пасажирів і вантажів здійснюється в кабіні, яка рухається по вертикальних напрямних. Пересування кабінки та протизаги забезпечується лебідкою, встановленою в машинному приміщенні, за допомогою тягових канатів. У машинному приміщенні також знаходяться обмежувач швидкості, пристрій управління і ввідний пристрій.

Кнопки виклику розташовані на сходових майданчиках. Для зупинки кабінки на визначеному поверсі використовується мікроконтролер: сигнал з датчика уповільнення та точної зупинки надходить до мікроконтролера, який передає сигнал уповільнення та зупинки на привід.

Шахта ліфта утворена будівельними конструкціями споруди (бетонні блоки). Для входу в кабінку і виходу з неї шахта обладнана дверима, кількість яких відповідає кількості зупинок ліфта. Стулки дверей шахти відкриваються автоматично. На верхній частині кабінки ліфта встановлено електропривод дверей, який через систему важелів відкриває стулки дверей. Живлення до двигуна дверей, а також до апаратури керування і сигналізації, розташованої в кабінці ліфта, подається через гнучкий кабель. Цей кабель також забезпечує зв'язок з електроустаткуванням поза кабінкою. Усі двері шахти мають механічні замки для замикання ступок дверей. Відмикання замку автоматичної ступки здійснюється за допомогою відводки, встановленої на дверях кабінки. Дверні контакти забезпечують блокування, дозволяючи кабінці ліфта рухатися лише при закритих дверях кабінки та шахти, що необхідно для безпеки. Дверні контакти – це малогабаритні кінцеві вимикачі для керуючих ланцюгів, які замикаються при закритті дверей. Кабінка підвішена на сталевих канатах за допомогою балансирної підвіски. Підвіска має спеціальний пристрій, який запобігає запуску кабінки у разі, якщо один або декілька канатів небезпечно ослабли або відірвалися. Канати укладені в клиновидні струмки канатоведучого шків лебідки, встановленої в машинному приміщенні.

На рисунку. 1.2. приведено загальний вигляд ліфта в шахті.

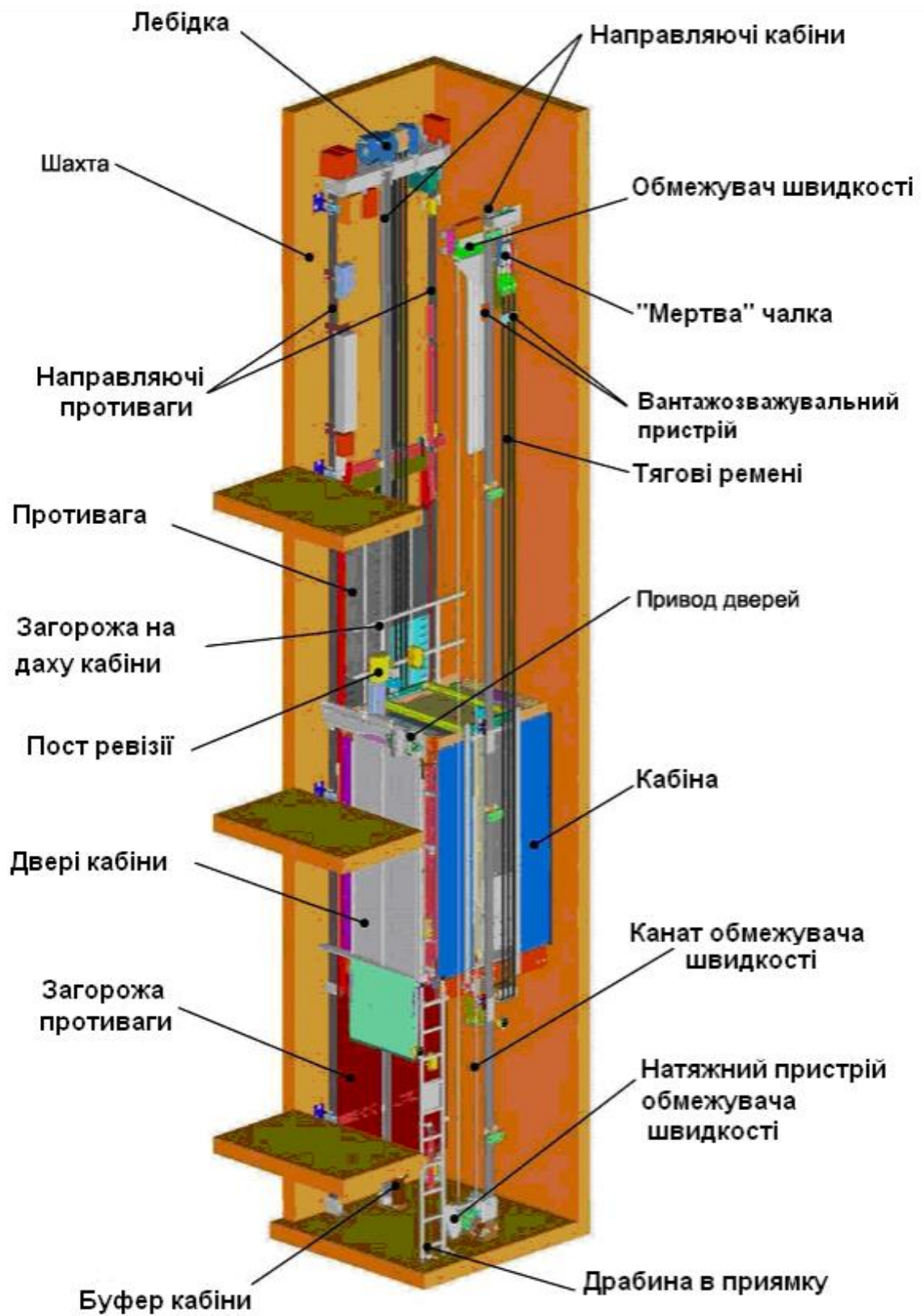


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд ліфта в шахті

Продуктивність ліфта визначається вантажопідйомністю і числом циклів за годину. За кожний цикл величина вантажу, що переміщується, неоднакова і в більшості випадків менша номінального, в результаті середня величина навантаження двигуна не перевищує 60-70 % номінальної потужності.

В даному типі механізму можна використовувати наступні типи електропривода: з двошвидкісним асинхронним електричним двигуном з К.З.Р., з двома незалежними обмотками на статорі. В цих системах застосовують спеціальні підйомникові електродвигуни з відношенням швидкостей 1:4 або 1:3. Ці двигуни характеризуються підвищеними пусковими моментами, обмеженим значенням пускових струмів і т.д. А також одношвидкісний асинхронний двигун з однією статорною обмоткою.

Електропривід ліфта має задовольняти наступним критеріям: обмежити максимальні показники швидкості, прискорення та ривків; забезпечити мінімальний час перехідного процесу; здійснювати точну зупинку; мати можливість реверсування.

Додатково, поряд з основною швидкістю руху кабіни, має бути передбачена ревізійна (ремонтна) швидкість, що не повинна перевищувати 0,36 м/с, це необхідно для перевірки обладнання у шахті. Максимальне прискорення для пасажирських ліфтів не повинно перевищувати $1,5 \text{ м/с}^2$, а максимальний ривок - 5 м/с^3 . Такі обмеження знижують динамічне навантаження на канати та кабіну ліфта, забезпечуючи комфорт пасажирів, але водночас забезпечуючи високу продуктивність ліфта.

Висновок. Основними даними для розрахунку електроприводу ліфта є: кінематична схема, задана швидкість переміщення робочого механізму при певному навантаженні, допустимі показники прискорення з урахуванням механічної міцності, кількість циклів на годину та тривалість роботи. У процесі розрахунку важливо визначити найбільш навантажений режим роботи двигуна.

2 ПОПЕРЕДНІЙ РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА

Для вибору електродвигуна необхідно обчислити еквівалентну потужність навантаження. Для подальших розрахунків необхідно мати навантажувальну діаграму електроприводу. Тому спочатку виконаємо розрахунок приведених статичних моментів та тахограм виробничого механізму.

2.1 Розрахунок приведених статичних моментів та тахограм виробничого механізму

Під час підйому та спуску кабіна ліфта здійснює $N_{\uparrow}$ і $N_{\downarrow}$ зупинок відповідно. Для попереднього розрахунку навантажувальної діаграми приймається наступний розрахунковий цикл:

- а) на нижньому посадковому поверсі в кабіну заходить E чоловік;
- б) поступово на $N_{\uparrow}$ зупинках під час руху вгору кількість людей в кабіні зменшується до 0;
- в) під час руху вниз кабіна поступово заповнюється людьми до номінальної вантажопідйомності.

Оскільки режим роботи електроприводу ліфта є повторно-короткочасним з частими запусками і електричним гальмуванням, що еквівалентно частим реверсам, то навіть на попередньому етапі розрахунку необхідної потужності необхідно враховувати вплив перехідних процесів.

Для кожного i -го етапу розрахункового циклу необхідно розрахувати статичні сили на канатоведучому шквіві на початку $F_{ст.поч}$ та в кінці ділянки $F_{ст.кін}$, а також під час пуску і гальмування.

Схематичне зображення розрахункового циклу представлено на рисунку 2.1.

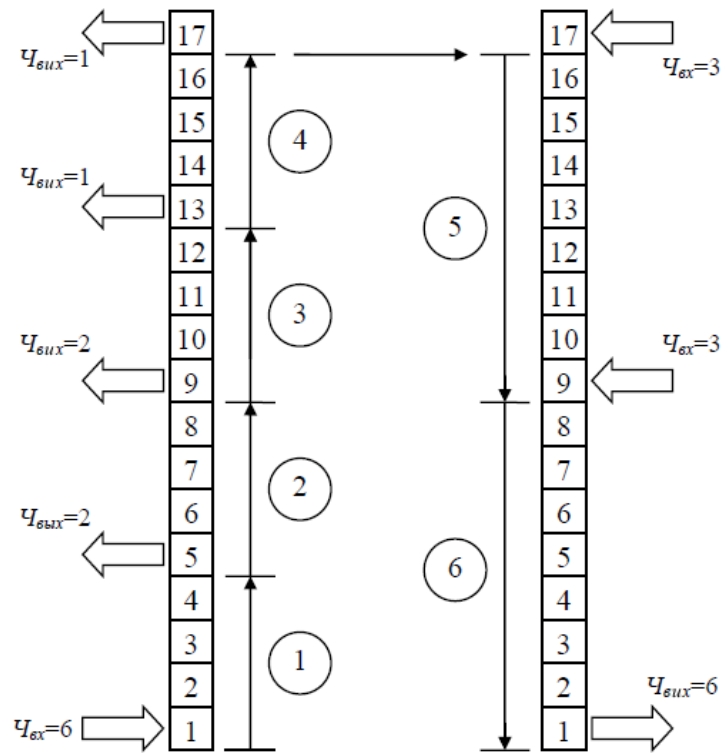


Рисунок 2.1 – Схематичне зображення розрахункового циклу

Приклад навантажувальної діаграми в режимі підйому кабіни з номінальним вантажем наведено на рисунку 2.2

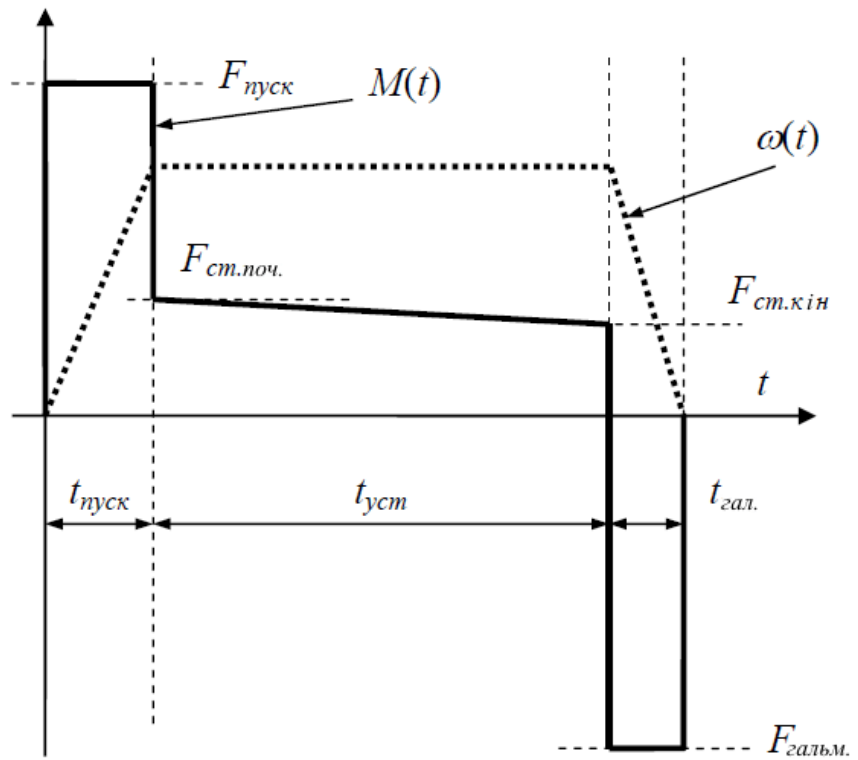


Рисунок 2.2 – Приклад навантажувальної діаграми

Час кругового циклу:

$$T = \frac{2H_B - h(N_B^{\text{п}} + N_B^{\text{с}} + 1)}{v} + K_t \cdot [(t_1 + t_2 + t_3) \cdot (N_B^{\text{с}} + N_B^{\text{с}} + 1) + t_4^{\text{п}} + t_5^{\text{п}} + t_4^{\text{с}} + t_5^{\text{с}}], \quad (2.1)$$

де H_B – імовірна висота підйому,

K_H – коефіцієнт імовірної висоти підйому ($K_H = 0,9$);

H_{max} – максимальна висота підйому ($H_{\text{max}} = 43,2\text{м}$);

h – шлях, що проходить підйомник при розгоні до номінальної швидкості ($h = 3.2\text{м}$);

V – номінальна швидкість підйомника;

$N_B^{\text{п}}, N_B^{\text{с}}$ – число імовірних зупинок підйомника відповідно при підйомі і спуску.

$$H_B = K_H H_{\text{max}}, \quad (2.2)$$

$$N_B^{\text{п}} = N_1 - N_1 \cdot \left(\frac{N_1 - 1}{N_1} \right)^{\gamma^{\text{пЕ}}}, \quad (2.3)$$

$$N_B^{\text{с}} = N_1 - N_1 \cdot \left(\frac{N_1 - 1}{N_1} \right)^{\gamma^{\text{сЕ}}}, \quad (2.3)$$

де N_1 – число імовірних зупинок підйомника вище посадочного поверху ($N_1 = 9$);

K_t – коефіцієнт, що враховує додаткові затрати часу при роботі підйомника ($K_t = 1.08$);

t_1 – затрати часу на прискорення і сповільнення підйомника;

t_2 – затрати часу на пуск підйомника;

t_3 – затрати часу на відкривання та закривання дверей згідно з ГОСТ 5746-67 $t_1 + t_2 + t_3 = 13\text{с}$;

$t_4^{\text{п}}, t_4^{\text{с}}$ – затрати часу на вхід пасажирів в кабінку відповідно при підйомі та спуску;

$t_5^{\text{п}}, t_5^{\text{с}}$ – затрати часу на вихід пасажирів з кабінки відповідно при підйомі та спуску;

$$t_4^{\bullet} + t_5^{\bullet} = 2 \cdot \Delta t \cdot \gamma^{\bullet} \cdot E, \quad (2.4)$$

$$t_4^c + t_5^c = 2 \cdot \Delta t \cdot \gamma^c \cdot E, \quad (2.5)$$

де Δt - час на вхід (вихід) одного пасажера в кабінку;

$\gamma^{\bullet}, \gamma^c$ – коефіцієнти заповнення кабінки підйомника відповідно при підйомі та спуску ($\gamma^{\bullet} = 0.8, \gamma^c = 0.4$);

E – номінальна місткість кабінки ($E = 6$ чол.).

Імовірна висота підйому:

$$H = 0.9 \cdot 32 = 28.8 (\text{м}).$$

Число імовірних зупинок:

$$N_B^{\bullet} = 9 - \left(\frac{9-1}{9} \right)^{0.8 \cdot 6} \approx 4,$$

$$N_B^c = 9 - \left(\frac{9-1}{9} \right)^{0.4 \cdot 6} \approx 2.$$

$$t_4^{\bullet} + t_5^{\bullet} = 2 \cdot 1.5 \cdot 0.8 \cdot 6 = 14.4 (\text{с}),$$

$$t_4^c + t_5^c = 2 \cdot 1.5 \cdot 0.4 \cdot 6 = 7.2 (\text{с}).$$

Час кругового рейсу:

$$T = \frac{2 \cdot 28.8 - 3.2 \cdot (4 + 2 + 1)}{0.72} + 1.08 \cdot [13 \cdot (4 + 2 + 1) + 14.4 + 7.2] = 170.5 (\text{с}).$$

Продуктивність підйомника:

$$n = \frac{3600 \cdot E (\gamma^{\bullet} + \gamma^c)}{T}, \quad (2.7)$$

$$n = \frac{3600 \cdot 6 \cdot (0.8 + 0.4)}{170.5} \approx 152 \quad (\text{чол/год}).$$

Маса противаги:

$$m_{\text{пв}} = m_0 + \alpha \cdot m_{\text{ном}}, \quad (2.8)$$

де $m_{\text{ном}}$ – номінальний вантаж ($m_{\text{ном}} = 600$ кг);

α – коефіцієнт урівноваження ($\alpha = 0.5$);

m_0 – маса кабіни ($m_0 = 1000 \text{ кг}$).

$$m_{\text{пв}} = 1000 + 0.5 \cdot 600 = 1300 \text{ (кг)}.$$

Розрахункові довжини канатів:

* підйомного

$$L_{\text{п}} = H + 2 \cdot (h_1 + h_2), \quad (2.9)$$

$$h_1 = 3 \text{ м},$$

$$h_2 = 1.5 \text{ м}.$$

$$L = 32 + 2 \cdot (1.5 + 3) = 41 \text{ (м)};$$

* врівноважуючого

$$L_{\text{вп}} = H + 2 \cdot h_1, \quad (2.10)$$

$$L_{\text{кп}} = 32 + 2 \cdot 1.5 = 35 \text{ (м)}.$$

* кабелю

$$L_{\text{к}} = H + h_1, \quad (2.11)$$

$$L_{\text{к}} = 32 + 1.5 = 33.5 \text{ (м)}.$$

Маса 1 м канату:

- підйомного $q_{\text{п}} = 6 \cdot 7 \text{ кг/м}$;

- врівноважуючого $q_{\text{п}} = 3 \cdot 9.3 \text{ кг/м}$;

- кабелю $q_{\text{п}} = 2 \cdot 3.35 \text{ кг/м}$.

Маса всього канату:

$$m_i = L_i \cdot q_i, \quad (2.12)$$

$$m_{\text{п}} = 41 \cdot 6 \cdot 7 = 1722 \text{ (кг)},$$

$$m_{\text{п}} = 35 \cdot 6 \cdot 7 = 1470 \text{ (кг)},$$

$$m_{\text{кп}} = 35.5 \cdot 3 \cdot 9.3 = 990.45 \text{ кг},$$

$$m_{\text{к}} = 33.5 \cdot 2 \cdot 3.35 = 224.45 \text{ (кг)}.$$

Приведена маса підйомника:

$$m_{\text{під}} = \frac{m_{\text{нг}} + m_{\text{оп}}}{i_{\text{нд}}} + m_{\text{пр}}, \quad (2.13)$$

де $m_{\text{нг}}, m_{\text{оп}}$ – маса рухомих частин, що піднімаються та опускаються поступово;

$i_{\text{нд}}$ – кратність полістпаста ($i_{\text{пл}} = 1$);

$m_{\text{пр}}$ – обертові маси.

До мас, що здійснюють поступсвий рух, відносяться:

$$m_{\text{нг}} = m_{\text{ном}} + m_0 + n_q \cdot m_{\text{вр}} + m_k + n_p \cdot m_{\text{п}} \cdot i_{\text{пл}}, \quad (2.14)$$

де n_p, n_q – кількість підйомних і врівноважуючих канатів ($n_p = n_q = 6$),

$$m_{\text{нг}} = 600 + 1000 + 6 \cdot 1470 + 6 \cdot 1722 \cdot 1 = 18015.5 \text{ (кг)};$$

$$m_{\text{оп}} = m_0 + \psi_{\text{пр}} \cdot m_{\text{пв}} + n_q \cdot m_{\text{вр}} + n_p \cdot m_{\text{п}} \cdot i_{\text{пл}}, \quad (2.15)$$

де ψ – частина ваги противаги, що врівноважує корисний вантаж ($\psi = 0.5$).

$$m_{\text{пр}} = 1000 + 0.5 \cdot 1350 + 6 \cdot 1470 + 6 \cdot 1722 \cdot 1 = 17866 \text{ (кг)}.$$

До мас, що здійснюють обертовий рух, відносяться [5]: канатоведучий шків, редуктор, з'єднувальна муфта з гальмівним ободом, ротор двигуна. Ці маси приводяться до маси канатоведучого шківа:

$$m_{\text{пр}} = 1.1 \cdot \frac{(G_i D^2)_{\text{тм}} + (G_i D^2)_{\text{рт}}}{D_{\text{ш}}^2} \cdot i_{\text{р}}^2, \quad (2.16)$$

де $(G_i D^2)_{\text{тм}}, (G_i D^2)_{\text{рт}}$ – махові моменти гальмівної муфти і ротора двигуна; $((G_i D^2)_{\text{тм}} = 5.2 \text{ мм}^2, (G_i D^2)_{\text{рт}} = 9.2 \text{ мм}^2)$;

$D_{\text{ш}}$ – діаметр шківа;

$i_{\text{р}}$ – передатне число редуктора (вибираємо черв'ячну передачу, з $i_{\text{р}} = 25$).

$$m_{\text{під}} = 1.1 \cdot \frac{5.2 + 9.2}{0.52^2} \cdot 25^2 = 19702.42 \text{ (кг)}.$$

Приведена маса підйомника:

$$m_{\text{П-КА}} = \frac{18015.5 + 17866}{1} + 19702.42 = 58828.47 \text{ (кг)}.$$

Приведений момент опору:

$$M_c = \frac{F_{\text{мех}} \cdot D_{\text{ш}} / 2}{\eta}, \quad (2.17)$$

де $F_{\text{мех}}$ – сила опору виробничого механізму:

η -ККД системи.

$$F_{\text{мех}} \approx G = m_{\text{П-КА}} \cdot g, \quad (2.18)$$

$$F_{\text{мех}} = 58828.47 \cdot 9.8 = 558870.46 \text{ (Н)},$$

$$M_c = \frac{558870.46 \cdot 0.52 / 2}{0.8} = 327100.72 \text{ (Н)}.$$

Тахограма робочого механізму рисунок 2.3 є несиметричною п'ятиперіодною, яка складається з слідуєчих періодів: t_1 -тривалість пуску, t_2 -рівномірний рух, t_3 -зменшення швидкості при підході до поверху, t_{p3} -дотяжка, t_{p4} -зупинка, t_g -тривалість руху.

Тахограма розбивається на дві частини: верхню і нижню. Лінія розподілу тахограми відповідає зменшеній швидкості V_{min} при підході кабіни до поверху. Верхня частина тахограми представляє собою трапецію, яка називається умовною.

$$V_{\text{max}}=V_{\text{ном}}=0,72 \text{ м/с}; V_{\text{min}}=0.5 \text{ м/с}; a_1=a_{\text{пуск}}=a_3=a_{\text{спов}}=1.5 \text{ м/с}^2.$$

Знаходимо час на кожній ділянці тахограми:

$$t_1 = \frac{V_{\text{max}}}{a_1}, \quad (2.19)$$

$$t_1 = \frac{0.72}{1.5} = 0.48 \text{ (с)};$$

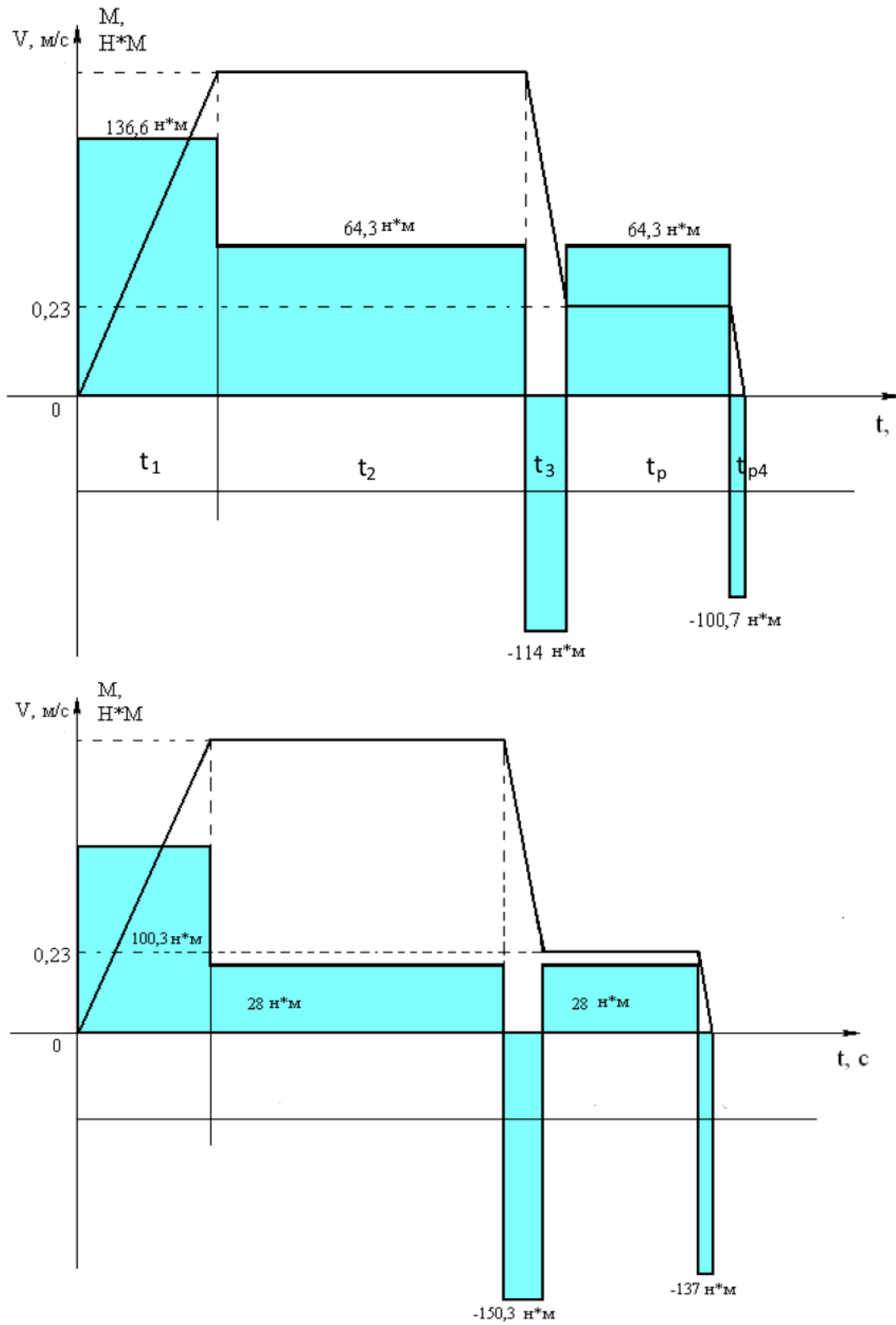


Рисунок.2.3 – Тахограма робочого механізму для пустої і завантаженої кабіни

Шлях, що проходить кабіна на кожній ділянці тахограми: $h_1=3.2$ м, $h_3=1.8$ м, $h_{p3}=1.1$ м, $h_{p4}=0.3$ м.

Час на третій ділянці:

$$t_3 = \frac{h_3}{V_{\min}}, \quad (2.20)$$

$$t_3 = \frac{1.8}{0.5} = 3.6 \text{ с};$$

Прискорення при сповільненні:

$$a_p = \frac{V_{\min}^2}{2 \cdot h_{p4}}, \quad (2.21)$$

$$a_p = \frac{0.5^2}{2 \cdot 0.3} = 0.417 \text{ м/с}^2;$$

Час на дотяжку:

$$t_{p3} = \frac{h_{p3}}{V_{\min}} - \frac{V_{\min}}{2 \cdot a_p}, \quad (2.22)$$

$$t_{p3} = \frac{1.1}{0.5} - \frac{0.5}{2 \cdot 0.417} = 1 \text{ с};$$

Час на зупинку:

$$t_{p4} = \frac{V_{\min}}{a_p}, \quad (2.23)$$

$$t_{p4} = \frac{0.5}{0.417} = 1.2 \text{ с}.$$

Тривалість руху:

$$t_g = \frac{V_{\max} \cdot E_a}{2} + \frac{H}{V_{\max}}, \quad (2.24)$$

де $E_a=1.33$.

$$t_g = \frac{1.5 \cdot 1.333}{2} + \frac{32}{1.5} = 29.8 \text{ (с)}.$$

$$t_y = t_g - t_1 - t_{p3} - t_{p4}, \quad (2.25)$$

$$t_y = 29.8 - 1 - 1 - 1.2 = 26.6 \text{ (с)}.$$

Час на другій ділянці:

$$t_2 = t_y - t_3, \quad (2.26)$$

$$t_2 = 26.6 - 2.25 = 24.35 \text{ (с)}.$$

2.2 Розрахунок еквівалентної потужності

На початку пуску при $t=0$; $V=0$:

$$F_1^{\odot} = (1 - \Psi_{\cdot p} + \xi) \cdot m_{\dots} - (n_q \cdot q_{\%op} - n_p \cdot q_n) \cdot H + m_{\cdot \cdot \cdot} \cdot \epsilon_1, \quad (2.27)$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує шкідливі опори в відсотках корисного вантажу ($\xi = 0.02$);

$$F_1' = (1 - 0.5 + 0.02) \cdot 600 - (6 \cdot 3 \cdot 9.3 - 6 \cdot 6 \cdot 7) \cdot 32 + 58828.47 \cdot 1.5 = 98438 \text{ (Н)}.$$

В кінці пуску при $t=t_1$; h_1 ; $dx/dt=V_{\max}$:

$$F_1'' = (1 - \Psi_{\cdot p} + \xi) \cdot m_{\dots} - (n_q \cdot q_{\%op} - n_p \cdot q_n) \cdot (H - 2h_1) + m_k \cdot h_1 / 2 + m_{\cdot \cdot \cdot} \cdot \epsilon_1, \quad (2.28)$$

$$F_1' = (1 - 0.5 + 0.02) \cdot 600 - (6 \cdot 3 \cdot 9.3 - 6 \cdot 6 \cdot 7) \cdot (32 - 2 \cdot 3.2) + 299.49 \cdot \frac{3.2}{2} + 58828.47 \cdot 1.5 = 98376 \text{ Н}$$

Період рівномірного руху:

- на початку періоду

$$F_2' = (1 - \Psi_{\text{пр}} + \xi) \cdot m_{\text{ном}} - (n_q \cdot q_{\text{вп}} - n_p \cdot q_n) \cdot (H - 2h_1) + m_k \cdot h_1 / 2, \quad (2.29)$$

$$F_2' = (1 - 0.5 + 0.02) \cdot 600 - (6 \cdot 3 \cdot 9.3 - 6 \cdot 6 \cdot 7) \cdot (32 - 2 \cdot 3.2) + 299.49 \cdot \frac{3.2}{2} = 4133 \text{ Н}$$

- в кінці періоду

$$F_2'' = (1 - \Psi_{\text{пр}} + \xi) \cdot m_{\text{ном}} - (n_q \cdot q_{\text{вр}} - n_p \cdot q_n) \cdot (H - 2h_1 - 2h_2) + m_k \cdot \frac{h_1 + h_2}{2}, \quad (2.30)$$

$$F_2' = (1 - 0.5 + 0.02) \cdot 600 - (6 \cdot 3 \cdot 9.3 - 6 \cdot 6 \cdot 7) \cdot (32 - 2 \cdot 3.2) + \\ + 299.49 \cdot \frac{3.2 + 37.2}{2} = 3460H$$

На початку сповільнення:

- на початку періоду

$$t_{\text{рз}} = \frac{1.1}{0.5} - \frac{0.5}{2 \cdot 0.417} = 1 \quad (2.31)$$

$$F_3' = (1 - 0.5 + 0.02) \cdot 600 - (6 \cdot 3 \cdot 9.3 - 6 \cdot 6 \cdot 7) \cdot (32 - 2 \cdot 3.2) + \\ + 299.49 \cdot \frac{3.2 + 37.2}{2} - 58828.47 \cdot 1.5 = -90833 (H).$$

- в кінці:

$$F_3'' = (1 - \Psi_{\text{пр}} + \xi) \cdot m_{\text{ном}} - (n_q \cdot q_{\text{вр}} - n_p \cdot q_n) \cdot (H - 2h_1 - 2h_2 - 2h_3) + \\ + m_k \cdot \frac{h_1 + h_2 + h_3}{2} - m_{\text{п-ка}} \cdot a_3, \quad (2.32)$$

$$F_3'' = (1 - 0.5 + 0.02) \cdot 600 - (6 \cdot 3 \cdot 9.3 - 6 \cdot 6 \cdot 7) \cdot (32 - 2 \cdot 3.2 - 2 \cdot 1.8) + \\ + 299.49 \cdot \frac{3.2 + 37.2 + 1.8}{2} - 58828.47 \cdot 1.5 = -90868H.$$

Рівномірний рух з пониженою швидкістю:

- на початку періоду

$$F_4' = (1 - \Psi_{\text{пр}} + \xi) \cdot m_{\text{ном}} - (n_q \cdot q_{\text{вр}} - n_p \cdot q_n) \cdot (H - 2h_1 - 2h_2 - 2h_3) + \\ + m_k \cdot \frac{h_1 + h_2 + h_3}{2}, \quad (2.33)$$

- в кінці періоду

$$F_4'' = (1 - \Psi_{\text{пр}} + \xi) \cdot m_{\text{ном}} - (n_q \cdot q_{\text{вр}} - n_p \cdot q_n) \cdot (H - 2h_1 - 2h_2 - 2h_3 - 2h_{\text{рз}}) + \\ + m_k \cdot \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_{\text{рз}}}{2}, \quad (2.34)$$

$$F_4'' = (1 - 0.5 + 0.02) \cdot 600 - (6 \cdot 3 \cdot 9.3 - 6 \cdot 6 \cdot 7) \cdot (32 - 2 \cdot 3.2 - 2 \cdot 1.8 - 2 \cdot 1.1) + \\ + 299.49 \cdot \frac{3.2 + 37.2 + 1.8 + 1.1}{2} = 3353H.$$

На початку гальмування:

$$F_5' = (1 - \Psi_{\text{пр}} + \xi) \cdot m_{\text{ном}} - (n_q \cdot q_{\text{вр}} - n_p \cdot q_n) \cdot (H - 2h_{p4}) + \\ + m_k \cdot \frac{H - h_{p4}}{2} - m_{\text{п-ка}} \cdot a_p, \quad (2.35)$$

$$F_5' = (1 - 0.5 + 0.02) \cdot 600 - (6 \cdot 3 \cdot 9.3 - 6 \cdot 6 \cdot 7) \cdot (32 - 2 \cdot 0.3) + \\ + 299.49 \cdot \frac{43.2 - 0.3}{2} - 58828.47 \cdot 1.07 = -63867 \text{ (Н)}.$$

В кінці гальмування:

$$F_5'' = (1 - \Psi_{\text{пр}} + \xi) \cdot m_{\text{ном}} - (n_q \cdot q_{\text{вр}} - n_p \cdot q_n) \cdot H + m_k \cdot \frac{H}{2} - m_{\text{п-ка}} \cdot a_p, \quad (2.36)$$

$$F_5'' = (1 - 0.5 + 0.02) \cdot 600 - (6 \cdot 3 \cdot 9.3 - 6 \cdot 6 \cdot 7) \cdot 32 + \\ + 299.49 \cdot \frac{43.2}{2} - 58828.47 \cdot 1.07 = -63867 \text{ (Н)}.$$

Знаходимо середнє значення на кожному інтервалі:

$$F_{\text{ср.і}} = \frac{F_i^{\odot} + F_i^{\odot\odot}}{2}, \quad (2.37)$$

$$F_{\text{ср.1}} = \frac{98738 + 98376}{2} = 98407 \text{ (Н)}.$$

Аналогічно знаходимо інші сили: $F_{\text{ср.2}}=3771.5\text{Н}$; $F_{\text{ср.3}}=-90850\text{Н}$;
 $F_{\text{ср.4}}=3364\text{Н}$; $F_{\text{ср.5}}=-63867\text{Н}$.

Еквівалентне навантаження:

$$F_e = \sqrt{\frac{\sum_i F_i^2 \cdot t_i}{\sum_i t_i}}, \quad (2.38)$$

$$F_e = \sqrt{\frac{98407^2 \cdot 3.2 + 3771.5^2 \cdot 37.2 + (-90850)^2 \cdot 1.8 + 3364^2 \cdot 1.1 + (-63867)^2 \cdot 0.3}{3.2 + 37.2 + 1.8 + 1.1 + 0.3}} = 33045 \text{ (Н)}$$

Еквівалентний момент:

$$M_e = \frac{F_e \cdot V_{\text{ном}}}{\omega_d \cdot \eta \cdot i_p}, \quad (2.39)$$

$$M_e = \frac{33045 \cdot 1.5}{93.83 \cdot 0.8 \cdot 25} = 26.412 \text{ (Нм)}.$$

Еквівалентна потужність двигуна:

$$P_e = M_e \cdot \omega_d, \quad (2.40)$$

$$P_e = 26.412 \cdot 93.83 = 2.5 \text{ кВт}.$$

Висновок. Розраховано і побудовано навантажувальну діаграму роботи електроприводу ліфта.

З ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Вибір конкретної системи електроприводу ліфта визначається вимогами до точності зупинки, швидкості руху та допустимих прискорень. Основний тип приводу ліфта – електричний привід на змінному струмі. Використовуються системи з одно- та двошвидкісними асинхронними електродвигунами (АД) з короткозамкненим ротором (К.З.Р.). Двигуни з фазним ротором (Ф.Р.) зазвичай застосовуються тільки на вантажних підйомниках при обмеженій потужності живильної мережі. Застосування АД з Ф.Р. дозволяє покращити якісні характеристики під час розгону приводу, але не забезпечує точної зупинки.

Система електроприводу з одношвидкісним АД є найпростішою. Запуск двигуна здійснюється безпосереднім підключенням обмотки статора до живлячої мережі, а зупинка – відключенням двигуна від мережі з одночасним накладанням колодок механічного гальма.

Поширеною є система з двошвидкісним асинхронним електричним двигуном з К.З.Р., з двома незалежними обмотками на статорі. В цих системах застосовують спеціальні підйомникові електродвигуни з відношенням швидкостей 1:4 або 1:3. Ці двигуни характеризуються підвищеними пусковими моментами, обмеженим значенням пускових струмів і т.д. Пуск підйомника в такій системі здійснюється під'єднанням до мережі обмотки більшої швидкості. При цьому підйомник розганяється і переходить на робочу швидкість. Перед зупинкою підйомника відбувається відключення від мережі цієї обмотки і вмикання обмотки малої швидкості. Електричний двигун переходить в режим генераторного гальмування, швидкість підйомника знижується (в 3-4 рази), підйомник підходить до рівня поверху. Зупинка здійснюється відключенням від мережі обмотки малої швидкості і накладанням механічного гальма.

Використання двигуна постійного струму для приводу ліфта дозволяє підвищити їх продуктивність.

Основною перевагою двигуна постійного струму в порівнянні з асинхронним двигуном змінного струму є можливість регулювання числа обертів в широких межах.

Найкращі регульовальні властивості має система перетворювач частоти-асинхронний двигун (ПЧ-АД).

Проаналізуємо чотири варіанти реалізації системи керування підйомником: релейно-контакторна система – двигун постійного струму (РКС-ДПС), АД з фазним ротором із релейно-контакторною системою керування (РКС-АД з ФР), система тиристорний перетворювач-двигун постійного струму (ТП-ДПС), перетворювач частоти – асинхронний двигун (ПЧ-АД).

Двигуни з короткозамкненим ротором застосовуються в електроприводі, де не вимагається регулювати частоту обертання, або в якості другого (допоміжного) двигуна для одержання знижених швидкостей. Недоліком електродвигунів з короткозамкненим ротором є великий пусковий струм, який у 5...7 разів перевищує струм двигуна при роботі в номінальному режимі.

Використання частотно-регульованого асинхронного електроприводу з короткозамкненим асинхронним двигуном дозволяє істотно підвищити надійність роботи підйомного крана, збільшити період його безаварійної роботи і зменшити електроспоживання. Перетворювач частоти забезпечить плавний пуск асинхронного двигуна, а значить, плавну зміну моменту двигуна, тому що електропривод переміщення крана при пуску має великі махові маси і великим діапазоном регулювання по швидкості в порівнянні з іншими приводами.

Використовуючи критерій приведених витрат визначаємо використання якої з розглянутих систем ЕП буде найбільш економічно вигідним для даного механізму.

Покажемо приклад розрахунку для системи електропривода ПЧ-АД.

Приведені витрати:

$$З_i = E_n \cdot K_i + C_i, \quad (3.1)$$

де i – кількість розглянутих варіантів;

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (приймається 0,17 для всіх галузей промисловості), 1/рік;

K_i – капітальні вкладення, грн;

C_i – загальні щорічні відрахування, які враховуються в собівартості продукції (враховуючи і амортизаційні відрахування), грн/рік.

Здійснимо розрахунок для системи ПЧ-АД.

Капітальні вкладення:

$$K = D + CK, \quad (3.2)$$

де D – вартість приводного двигуна ($D = 3000 \text{ 5200}$ грн);

CK – вартість системи керування ($CK = 3500 \text{ 7586}$ грн),

$$K = 3000 + 3600 = 6600 \text{ (грн)}.$$

Річні капітальні витрати:

$$K_{\text{річні}} = E_n \cdot K, \quad (3.3)$$

$$K_{\text{річні}} = 0,17 \cdot 6600 = 1122 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування:

$$C = C_A + C_D + C_P + C_O, \quad (3.4)$$

де C_{Ai} – амортизаційні відрахування, грн/рік;

C_{Pi} – відрахування на ремонт, грн/рік;

C_{Di} – додаткові відрахування, грн/рік;

C_{Oi} – відрахування на обслуговування, грн/рік.

Величина амортизаційних відрахувань в середньому приймається 10% від капітальних вкладень:

$$C_A = 0,1 \cdot K, \quad (3.5)$$

$$C_A = 0,1 \cdot 6600 = 660 \text{ (грн/рік)}.$$

Відрахування на ремонт електрообладнання приймають в розрахунку 2% від капітальних вкладень:

$$C_P = 0,02 \cdot K, \quad (3.6)$$

$$C_P = 0,02 \cdot 6600 = 132 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії системі електричного привода у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік:

$$C_D = C_{D1} + C_{D2}, \quad (3.7)$$

де C_{D1} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік, грн/рік;

C_{D2} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік, грн/рік.

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік:

$$C_{D1} = \Delta P_{\Sigma \text{дв}} \cdot c, \quad (3.8)$$

де ΔP_{Σ} – сумарні втрати потужності в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік, (кВт·год)/рік;

c – вартість для промисловості одного кіловата потужності за годину, грн/(кВт·год) ($c = 0,70$ грн/(кВт·год)).

Сумарні втрати потужності в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік:

$$\Delta P_{\Sigma \text{дв}} = (\Delta P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{перех.}}) \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (3.9)$$

де $\Delta P_{\text{ном}}$ – втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи, кВт;

$\Delta P_{\text{перех.}}$ – додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи, кВт;

k_3 – коефіцієнт завантаження по потужності (приймають рівним 0,8);

Φ – дійсний фонд часу роботи системи електричного привода за рік, год/рік.

Втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи:

$$\Delta P_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}}, \quad (3.10)$$

де $P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність електричного двигуна ($P_{\text{ном}} = 3,5$ кВт);

$\eta_{\text{ном}}$ – номінальний ККД двигуна ($\eta_{\text{ном}} = 0,72$),

$$\Delta P_{\text{ном}} = 3.5 \cdot \frac{1 - 0,72}{0,72} = 0,75 \text{ (кВт)}.$$

Додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи приймають рівними 10% від номінальних:

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot \Delta P_{\text{ном}}, \quad (3.11)$$

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot 0,75 = 0,075 \text{ (кВт)}.$$

Дійсний фонд часу роботи електричного привода за рік:

$$\Phi = \varepsilon \cdot Z_{\text{р.д.}} \cdot Z_{\text{р.з.}} \cdot t_{\text{р.з.}}, \quad (3.12)$$

де ε – відносна тривалість ввімкнення згідно тахограми ($\varepsilon = 0,40714$);

$Z_{\text{р.д.}}$ – кількість робочих днів за рік ($Z_{\text{р.д.}} = 365$ 1/рік);

$Z_{\text{р.з.}}$ – кількість робочих змін ($Z_{\text{р.з.}} = 2$);

$t_{p.з.}$ – тривалість робочої зміни ($t_{p.з.} = 8$ год),

$$\Phi = 0,40714 \cdot 365 \cdot 2 \cdot 8 = 2378 \text{ (год/рік)}.$$

Сумарні втрати потужності в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи згідно формули (4.9):

$$\Delta P_{\Sigma дв} = (0,75 + 0,075) \cdot 0,8 \cdot 2378 = 1569 \text{ ((кВт·год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (4.8):

$$C_{д1} = 1569 \cdot 0,70 = 1098 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік:

$$C_{д2} = \Delta P_{\Sigma ск} \cdot c, \quad (3.13)$$

де $\Delta P_{\Sigma ск}$ – втрати потужності в системі керування за рік, (кВт·год)/рік.

Втрати потужності в системі керування за рік:

$$\Delta P_{\Sigma ск} = \Delta P_{ск} \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (3.14)$$

де $\Delta P_{ск}$ – втрати потужності в системі керування, кВт.

Втрати потужності в системі керування:

$$\Delta P_{ск} = P_{сп} \cdot \frac{1 - \eta_{пп}}{\eta_{пп}}, \quad (3.15)$$

де $P_{пп}$ – номінальна потужність перетворюючого пристрою ($P_{пп} = 5$ кВт);

$\eta_{пп}$ – номінальний ККД перетворюючого пристрою ($\eta_{пп} = 0,98$),

$$\Delta P_{ск} = 5 \cdot \frac{1 - 0,98}{0,98} = 0,0918 \text{ (кВт)}.$$

Втрати потужності в системі керування згідно формули (4.14):

$$\Delta P_{\Sigma ск} = 0,0918 \cdot 0,8 \cdot 2378 = 174,6 \text{ ((кВт·год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (4.13):

$$C_{д2} = 174,6 \cdot 0,70 = 122,2 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (4.7):

$$C_{д} = 1098 + 122,2 \approx 1220,2 \text{ (грн/рік)}.$$

Відрахування на обслуговування електрообладнання приймають рівним 5% від суми відрахувань на амортизацію, ремонт та додаткових витрат:

$$C_{O} = 0,05 \cdot (C_{A} + C_{д} + C_{P}), \quad (3.16)$$

$$C_{O} = 0,05 \cdot (660 + 1220,2 + 132) = 94,52 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування згідно формули (4.4):

$$C = 1660 + 1220,2 + 132 + 94,52 = 1985 \text{ (грн/рік)}.$$

Приведені витрати згідно формули (4.1):

$$З = 0,17 \cdot 6600 + 1985 = 3107 \text{ (грн/рік)}.$$

Для інших систем електричного привода проведемо аналогічні розрахунки, результати розрахунків зведемо в порівняльну таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна таблиця

Показники	Системи електричного привода			
	РКС-ДПС	РКС-АД з ФР	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	16500	15200	16500	13000
Вартість системи керування СК, грн	12800	13100	13000	13600
Капітальні вкладення К, грн	29300	28300	29500	26600
Річні капітальні витрати $K_{річн}$, грн/рік	1581	1411	1615	1122
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	1930	1830	1950	1660
Відрахування на ремонт C_R , грн/рік	1186	1166	1190	1132
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	1420,7	1128,4	1420,7	1098
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	1110,7	1104,7	1111,9	194,5
Загальні відрахування С, грн/рік	22325	22199	22350	21985
Приведені витрати З, грн/рік	33906	30610	31965	28107

АД з КЗР є найпростішим і надійнішим електричним двигуном. Так як він має найменші розміри і масу та є простим у виконанні він буде мати менші втрати (безконтактний), через це з точки зору затрат на обслуговування і ремонт він буде найбільш економічним.

Впровадження частотно-регульованого електроприводу підйомного пристрою (лебідки) ліфта значно підвищує комфорт під час руху кабіни, забезпечує безшумність і високу точність зупинки, збільшує довговічність механічного обладнання, а також дозволяє знизити споживання електроенергії на 40-60%. Комфортність руху кабіни ліфта та довговічність механічного обладнання підвищуються завдяки плавним перехідним процесам. Експлуатаційні витрати на капітальний ремонт обладнання зменшуються через значне зниження динамічних навантажень в елементах кінематичного ланцюга. Зниження споживання електроенергії досягається завдяки суттєвому (в 5-6 разів) зменшенню обертових махових мас лебідки, що усуває непродуктивні втрати в перехідних пуско-гальмівних режимах: плавні перехідні процеси дозволяють знизити динамічні навантаження в елементах кінематичного ланцюга приводу ліфта, що призводить до збільшення терміну служби редуктора головного приводу, канатоведучого шківів, гальмівних колодок, електродвигуна, тягових канатів і елементів підвіски противаги.

Висновок. Як показують результати розрахунків та аналізу, найбільш вигідним є використання системи ПЧ-АД.

4 ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЗА ПОТУЖНІСТЮ І ШВИДКІСТЮ ОБЕРТАННЯ

Згідно розрахункових даних для приводу механізму ліфта вибираємо АД з КЗ ротором (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Технічні дані приводного двигуна

Тип двигуна	МТКФ111-6
Номінальна потужність $P_{\text{ном}}$, кВт	3,5
Номінальна напруга $U_{\text{ном}}$, В	380
Номінальна швидкість обертання $n_{\text{ном}}$, об/хв	885
$\cos\varphi_{\text{ном}}$	0,79
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{ном}}$, %	72
Пусковий момент $M_{\text{пуск}}$, Н·м	83
Максимальний момент $M_{\text{мах}}$, Н·м	105
Номінальний струм статора $I_{1 \text{ ном}}$, А	9,36
Пусковий струм $I_{\text{ном.п}}$, А	35
Момент інерції ротора $J_{\text{рот}}$, кг·м ²	0,045

Номінальний момент приводного двигуна:

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}}, \quad (4.1)$$

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{3,5}{885} = 37,76 \text{ (Н·м)}.$$

Номінальна кутова швидкість обертання:

$$\omega_{\text{ном}} = 0,1047 \cdot n_{\text{ном}}, \quad (4.2)$$

$$\omega_{\text{ном}} = 0,1047 \cdot 885 = 92,65 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Висновок. За результатами розрахунків, для приводу механізму ліфта, виберемо попередньо асинхронний двигун з короткозамкненим ротором типу МТКФ111-6.

5 РОЗРАХУНОК І ВИБІР СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Можливість регулювання частоти швидкості асинхронного двигуна змінного струму впливає з особливостей його математичного моделювання. Основна перевага даного способу керування полягає в тому, що регулювання швидкості здійснюється разом з оптимізацією споживання енергії з мережі, тобто втрати енергії при застосуванні цього методу набагато менші порівняно з параметричними методами регулювання.

Сучасні досягнення в областях електроніки та силової перетворювальної техніки дозволяють розробляти потужні та надійні перетворювачі частоти. Ці пристрої можуть бути оснащені системами оптимального управління двигунами, що знижує енергетичні втрати і підвищує якість регулювання частоти, зокрема для асинхронних електродвигунів.

В нашому випадку, потреба встановлення перетворювача частоти виникає через такі вимоги до ліфта, як плавний рух (здатність регулювати в широких межах), мінімальні та стабільні енергетичні втрати, а також можливість зміни напрямку обертання валу двигуна. При виборі перетворювача частоти слід виходити з конкретної задачі, яку повинен вирішувати електропривод:

- тип та потужність електродвигуна;
- точність і діапазон регулювання швидкості;
- точність підтримки моменту обертання на валу двигуна.

Так само, можна враховувати конструктивні особливості перетворювача, такі як:

- розміри;
- форма;
- можливість винесення пульта управління та ін.

При роботі зі стандартним асинхронним двигуном перетворювач слід вибирати з відповідною потужністю. Якщо потрібен великий пусковий момент чи короткий час розгону / сповільнення, вибирають перетворювач вище заданої потужності.

При виборі перетворювача для роботи зі спеціальними двигунами слід керуватися, перш за все, номінальним струмом перетворювача, який повинен бути більше номінального струму двигуна, а також особливостями настройки параметрів перетворювача.

Для збільшення точності підтримки моменту і швидкості на валу двигуна в найбільш досконалих перетворювачах реалізовано векторне керування, що дозволяє працювати з повним моментом двигуна в області нульових частот, підтримувати швидкість при змінному навантаженні без датчиків зворотного зв'язку, точно контролювати момент на валу двигуна.

Якщо необхідно забезпечити найкращу динаміку системи, наприклад швидкий реверс за мінімально можливий час, гарним вибором є, так званий, алгоритм векторного керування, фактично забезпечує амплітудно-фазове керування. Цей алгоритм дозволяє отримати високий пусковий момент і зберегти його до номінальної швидкості асинхронного електродвигуна. Алгоритм забезпечує високу якість регулювання за швидкістю, навіть при стрибкоподібному зміні моменту опору на валу. Важливо і те, що векторне управління дозволяє найкращим чином забезпечити енергозбереження, тому що перетворювач частоти (інвертор) передає у двигун рівно стільки потужності, скільки необхідно для обертання навантаження із заданою швидкістю, навіть якщо вхідна напруга більше ніж 380В (наприклад 440-460В, що часто зустрічається в промисловій мережі).

Відповідно до розрахункових даних вибираємо стандартний, промисловий перетворювач частоти. Необхідна потужність перетворювача вибирається відповідно номінальній потужності приводного двигуна:

$$P_{\text{пер}} \geq P_{\text{ном}}, \quad (5.1)$$

$$P_{\text{пер}} \geq 3,5 \text{ (кВт)}.$$

Максимальна потужність, яку повинен забезпечувати перетворювач:

$$P_{\text{пер. max}} \geq M_{\text{max}} \cdot \omega_{\text{ном}}, \quad (5.2)$$

де M_{max} – максимальний момент, який розвиває приводний двигун за цикл роботи, Н·м;

$\omega_{\text{ном}}$ – номінальна кутова швидкість приводного двигуна, с⁻¹.

Значення максимального моменту M_{max} , який розвиває привідний двигун, можна визначати по навантажувальній діаграмі приводу з врахуванням складової динамічного моменту, що зумовлена інерцією ротора привідного двигуна:

$$M_{\text{max}} = M_1 = 42,75 \text{ (Н·м)}. \quad (5.3)$$

$$P_{\text{пер. max}} \geq 42,75 \cdot 92,65 = 3960 \text{ (Вт)} \approx 3,96 \text{ (кВт)}.$$

Необхідний струм перетворювача:

$$I_{\text{пер}} \geq \frac{M_{\text{max}} \cdot I_{\text{ном}}}{M_{\text{ном}} \cdot \lambda_{I \text{ пер}}}, \quad (5.4)$$

де $\lambda_{I \text{ пер}}$ – перевантажувальна здатність перетворювача ($\lambda_I = 1,2 \dots 1,7$),

$$I_{\text{пер}} \geq \frac{42,75 \cdot 9,36}{37,76 \cdot 1,2} = 8,8 \text{ (А)}.$$

Висновок. Обраховано параметри перетворювача частоти для вибраного приводного двигуна типу МТКФ111-6.

6 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

6.1 Вибір системи електроприводу та її обґрунтування

Для керування електродвигуном, що приводить в рух кабінку підйомника, передбачаються наступні самостійні електричні кола [6]:

- 1) силова частина;
- 2) коло управління підйомником;
- 3) коло сигналізації, ремонтного освітлення; коло освітлення (шахти, машинного і блочного приміщень і площадок біля дверей шахти).

Самостійність цих кіл полягає в тому, що кожне із названих кіл захищається своїми запобіжниками. Електричне ці кола з'єднані між собою паралельно, а робота цих кіл зв'язана між собою. Кожне коло має свою електричну схему, яка визначає характер і різну ступінь взаємодії кіл.

Головними схемами ЕП підйомника є силові схеми ЕД. Всі інші схеми кіл призначаються для приведення в дію апаратів силового кола при здійсненні необхідних заходів застережності.

В залежності від характеру окремих операцій піднімаючих пристроїв до приводних двигунів застосовуються наступні основні вимоги:

- 1) Забезпечення можливості пуску в хід механізму, реверс двигуна і зупинка механізмів з відповідною точністю;
- 2) двигун повинен регулюватися в заданому діапазоні швидкості в залежності з вимогами технологічних процесів;
- 3) при заданих частоті і числі включення в годину двигун не повинен перегріватися;
- 4) привідний двигун по потужності піднімаючої установки, володіти необхідною перевантажувальною здатністю;
- 5) напруга двигуна повинна відповідати напрузі живлячої мережі, випадкові коливання напруги повинні враховуватися при розрахунку

потужності двигуна, особливо змінного струму, для яких зниження напруги сильно відображається на їх пускових і перевантажувальних здатностях;

б) конструктивно двигун повинен бути виконаний з врахуванням безпеки і зручності обслуговування.

Вибір конкретної системи ЕП підіймача залежить від вимог точності зупинки, швидкості руху, допустимими величинами прискорень, що визначаються діапазоном регулювання системи, а також типом електродвигуна (ЕД). В сучасних системах ЕП підійомників широке розповсюдження отримали асинхронні двигуни (АД). Для підвищення точності зупинки на підійомниках встановлюють двошвидкісні АД з короткозамкнутим ротором (КЗР) із числом пар полюсів $2p=6$ і $2p=18$.

6.2 Заміна релейно-контакторної схеми управління мікропроцесорною

На рисунку 6.1 зображена існуюча релейно-контакторна система керування ліфтом, яка є громіздкою, характеризується високим енергоспоживанням та низькою надійністю через наявність у своєму складі великої кількості електромеханічних реле.

Працює дана схема наступним чином. При натисканні кнопки виклику на відповідному поверсі кабіна викликається на цей поверх. Коли кабіна прибуває на викликаний поверх, вона автоматично зупиняється, і відкриваються двері кабіни та шахти. Якщо кабіна вже знаходиться на викликаному поверсі, то після натискання кнопки виклику двері відкриваються. Ліфт – це технічна споруда зі спеціальною кабіною для вертикального переміщення людей або вантажів у спеціальних кабінах (клітках), що рухаються в жорстких напрямних пристроях.

Після входу пасажирів у кабіну, вони натискають на панелі кнопку номера потрібного поверху. Двері зачиняються, і кабіна підіймається або

опускається на вибраний поверх. Після прибуття на обраний поверх двері відчиняються і приблизно через секунду зачиняються після виходу останнього пасажера. Якщо після виклику кабіни та відкриття дверей ніхто не увійшов, двері зачиняються самостійно через секунду. При цьому, якщо кабіна зайнята, то виклики ліфта не реєструються.

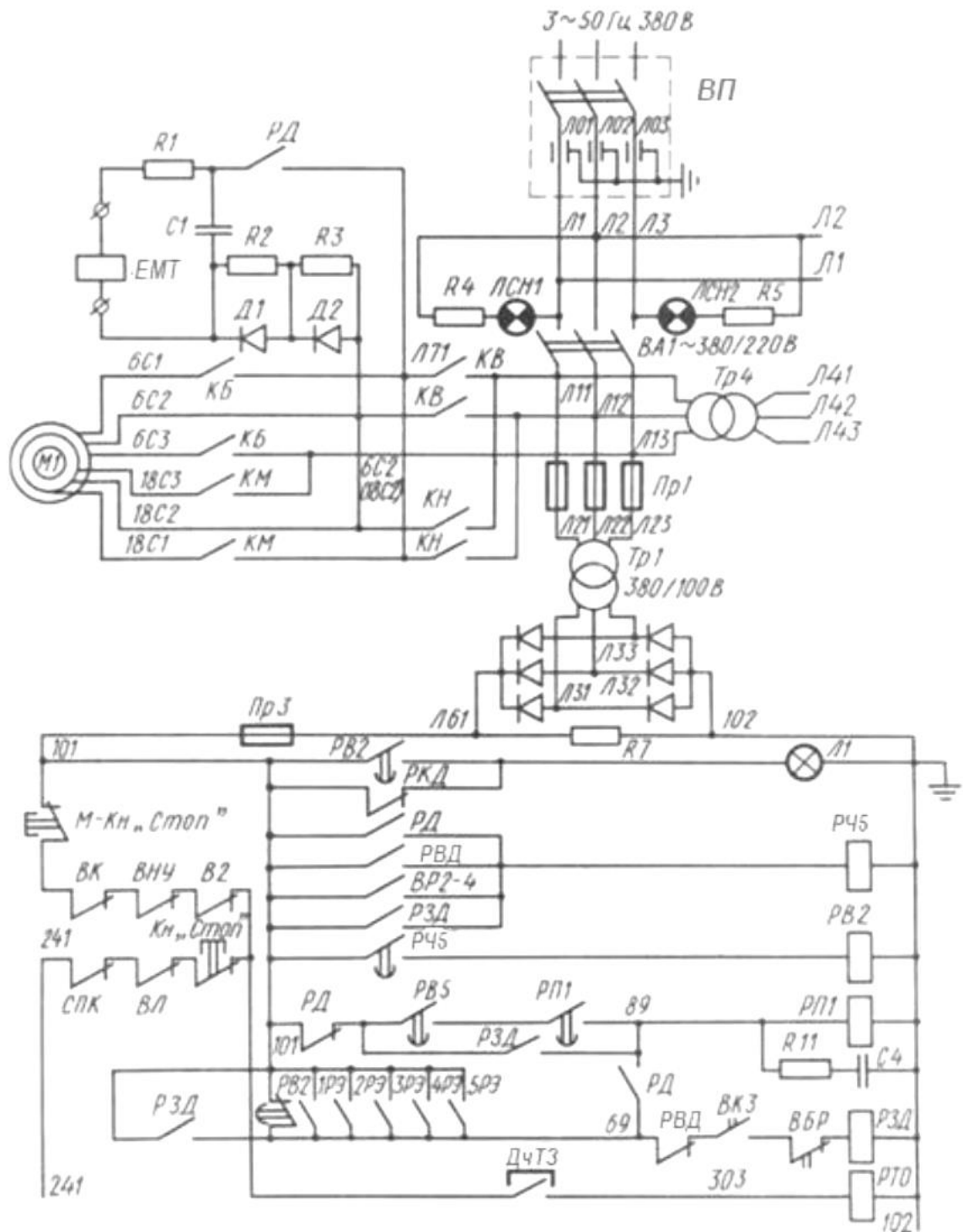


Рисунок 6.1 – Релейно-контакторна схема управління ліфтом

Мікропроцесори все частіше замінюють релейно-контакторні системи управління. Перехід від релейно-контакторних схем до мікропроцесорних систем управління надає такі переваги: безконтактна робота; висока надійність; висока швидкодія; компактні розміри; мала маса; відносно низька вартість та інші переваги.

Система, що розробляється в даній бакалаврській роботі, має виконувати обробку сигналів від великої кількості датчиків та кнопок, за допомогою яких виконується керування підйомником та визначається його положення та видавати сигнали завдання на перетворювач частоти.

Давачі умовно можна розділити на три групи:

- кнопки виклику підйомника на поверхах
- кнопки завдання номеру поверху
- давачі положення підйомника відносно поверху.

Перші дві групи виконують практично однакові функції, тому їх можна функціонально можна об'єднати. Наприклад: при натисканні кнопки виклику на сьомому поверсі та при натисканні кнопки із номером сім в кабіні відбуваються однакові дії - закриваються двері підйомника, подається сигнал на перетворювач частоти котрий плавно розганяє головний двигун до основної швидкості в напрямку руху до сьомого поверху, при наближенні до сьомого поверху двигун перемикається в режим дотягування, тобто вмикається понижена швидкість.

Давачі положення підйомника можна функціонально розділити на три підгрупи: датчики положення при русі кабіни підйомника догори, датчики положення при русі кабіни підйомника вниз та датчики положення кабіни при порівнянні з поверхом. В кожній з цих підгруп кількість датчиків така ж як в попередній групі, тобто відповідає кількості поверхів. Така велика кількість датчиків потребує спеціального апаратного обладнання.

Крім того необхідно обслуговувати індикатори кабіни, на яких виконується індикація про положення підйомника. Найкраще вирішення задачі виводу інформації виконує символний семисегментний світлодіодний індикатор.

Отже, в мікропроцесорній системі що проектується слід використовувати однокристальний мікроконтролер, для обробки сигналів від кнопок і шляхових вимикачів та перетворювач частоти для керування двигуном.

Зважаючи на те, що переважна більшість мікроконтролерів, які випускаються серійно, мають вбудований постійний та оперативний запам'ятовуючі пристрої, використання мікроконтролерів значно спростить мікропроцесорну систему в цілому.

Система складається з таких блоків. Блок мікропроцесорного пристрою - CPU, реєстри сенсорів та кнопок керування (DD2, DD3), блок індикації - БІ, інтерфейсу комутації –ІК, перетворювач частоти ПЧ.

За допомогою реєстрів сенсорів і кнопок керування, мікропроцесор опитує давачі і кнопки викликів та наказів, визначаючи який з сенсорів спрацював чи яка кнопка була натиснута і видає сигнал про пуск чи зупинку двигуна на перетворювач частоти, за допомогою блока індикації виконується виведення інформації про положення кабіни підйомника на індикацію, що складається з семисегментного світлодіодного індикатора.

Інтерфейс комутації забезпечує узгодження сигналів, що їх генерує мікропроцесор з системою керування двигунами, забезпечуючи керування головним двигуном та двигуном відкривання і закривання дверей.

6.3 Розробка функціональної схеми системи автоматизованого електроприводу

Схеми управління ліфтами включають набір елементів або блоків, кожен з яких виконує певну функцію. Загальну структурну схему ліфта можна представити у вигляді, показаному на рис. 6.2



Рисунок 6.2 – Структурна схема керування ліфтом

Згідно з цією схемою, робота ліфта відбувається наступним чином. Команда на початок руху подається через пристрій команд і викликів у вузол, який зберігає і зчитує команди після їх виконання. Одним із найважливіших вузлів схеми є позиційно-узгоджувальний пристрій, який визначає положення кабіни в шахті та подає сигнали для руху і зупинки кабіни. Позиційно-узгоджувальний пристрій складається з електромеханічних перемикачів, які з'єднані з кабіною механічним або електричним зв'язком.

Сигнали з позиційно-узгоджувального пристрою керують електроприводом підйомної лебідки та механічними гальмами з

електромагнітним приводом. Вузол точної зупинки переводить кабінку на знижену швидкість або вмикає контур регулювання положення в системі електроприводу. Після зупинки кабінки автоматично вмикається електропривод дверей кабінки і шахти.

Вузол захисту і блокування забезпечує безпеку роботи ліфта. Він запобігає руху кабінки при відкритих або незаблокованих дверях і відкриванню дверей шахти за відсутності кабінки на поверсі. Також вузол зупиняє кабінку у разі обриву канатів, перевищення допустимої швидкості, натискання аварійної кнопки «Стоп» або спрацювання захисту. Схема управління включає також пристрої сигналізації і освітлення кабінки. Сигналізація виклику інформує про зайнятість кабінки, напрямок її руху, прийняття виклику і стан пристроїв виклику. Позиційна світлова сигналізація повідомляє пасажирів і обслуговуючий персонал про місцезнаходження кабінки в будь-який момент часу. На рисунку 6.3 приведено функціональну схему системи керування електроприводом ліфта.

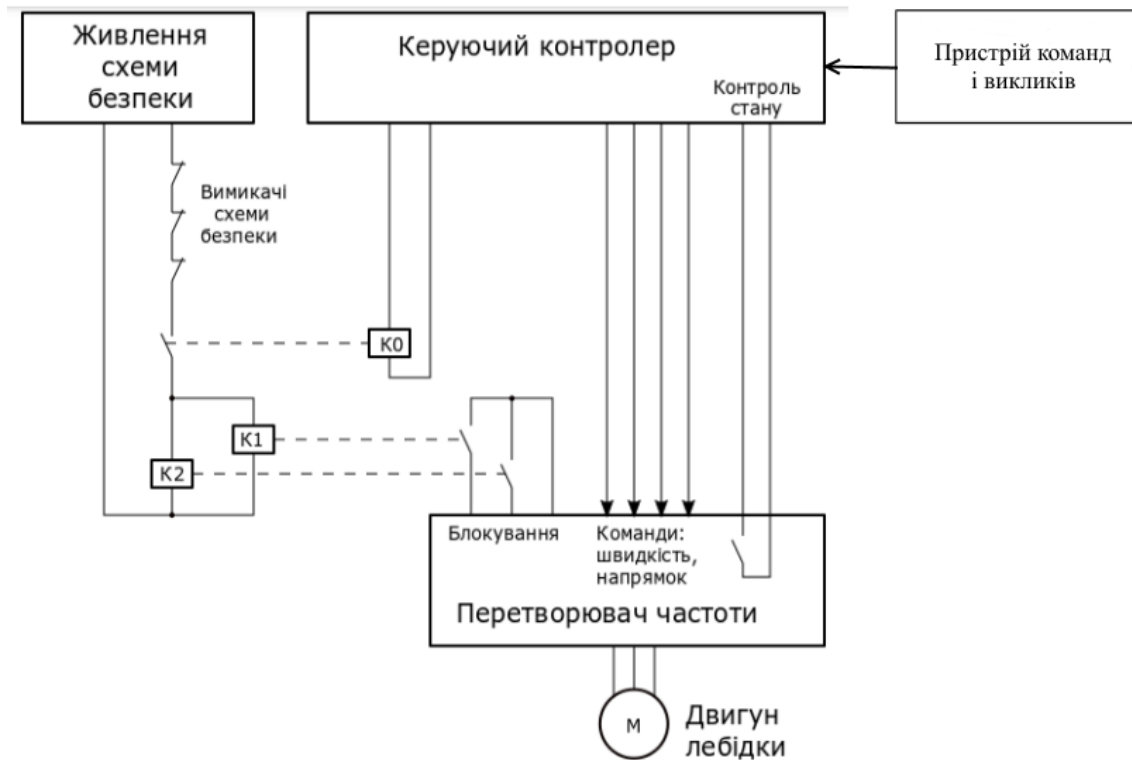


Рисунок 6.4 – Функціональна схема електроприводу

Основним функціональним елементом системи є керуючий контролер та перетворювач частоти ПЧ.

Система керування ліфтом, яка керує роботою перетворювача частоти і лебідки, складається з двох незалежних підсистем: системи безпеки та системи керування.

Система безпеки контролює стан пристроїв безпеки і генерує сигнали дозволу та блокування роботи перетворювача частоти за допомогою незалежних контактів реле K1 і K2. Входи перетворювача частоти повинні бути сертифіковані згідно з EN81-20 і забезпечувати миттєве блокування роботи силових ключів. Дублювання дозволяє забезпечити безпечну експлуатацію навіть при одній несправності. Додатково в схему безпеки включаються контакти реле K0, яке керується іншою підсистемою, що дозволяє заблокувати роботу системи безпеки і всього ліфта при виявленні несправності керуючої підсистеми.

Система керування контролює стан електроприводу, схему безпеки, стан дверей кабіни, керуючі сигнали з пультів ручного керування, виклики, накази, датчики позиціонування і формує відповідні керуючі сигнали для електроприводу.

Взаємне блокування двох підсистем забезпечує високий рівень безпеки при експлуатації та обслуговуванні ліфта, оскільки початок руху можливий тільки при справності всіх пристроїв і підсистем ліфта.

Функціонально інтерфейс датчиків і кнопок керування складається з двох буферних 8-розрядних регістрів RG1, RG2, що мають можливість переводу виходів у високоімпедансний стан. Двійковий код сканування датчиків та кнопок надходить з мікроконтролера і опитує вихід того регістра, на Z-вхід якого надійшов сигнал логічної одиниці з виводів PD6 чи PD7, виходи іншого регістра знаходяться у високоімпедансному стані. Синхровходи регістрів заземлені, тому інформація на їх виходах з'являється відразу при зміні

сигналів на вході. На семисегментний індикатор виводиться інформація про положення підйомника. Інтерфейс індикації та сенсорів і кнопок з'єднується з мікропроцесором за допомогою шини даних.

На матрицю семисегментних індикаторів надходять сигнали вибору сегментів з порта РА. За їх допомогою відбувається засвічування відповідних сегментів індикаторів стану кабіни підйомника.

Інформація про стан датчиків надходить з порта РС у відповідності до сигналу сканування. Якщо на вході якогось регістра спрацює кнопка чи сенсор, то при скануванні цього виводу сигнал низького рівня надійде через регістр на відповідний розряд порту РС і активізує процедуру запису коду цього сенсору у внутрішній ОЗП контролера, це активізує процедуру обробки переривання. Ця процедура опитує стан ОЗП і визначає номер (і призначення) сенсора, який спрацював. Після цього контролер видає з порта РВ сигнал на перетворювач частоти, який керує двигуном.

Керування двигуном виконується за допомогою інтерфейсів комутації та перетворювача частоти.

6.4 Розробка принципової електричної схеми

На основі розроблених структурної та функціональних схем можливо розробити схему електричну принципову. Одним із основних елементів системи, що розробляється, є мікропроцесор AT90S8515. Коротко розглянемо його архітектуру і принцип роботи, тому що ця мікросхема є головною складовою частиною всієї системи.

AT90S8515 є 8-ми розрядним CMOS мікроконтролером з низьким рівнем енергоспоживання, заснованим на удосконаленій AVR RISC архітектурі. Завдяки використанню високопродуктивних інструкцій за один період тактового сигналу, AT90S8515 досягає продуктивності, що наближається до

рівня 1 MIPS на МГц, забезпечуючи розроблювачу можливість оптимізувати рівень енергоспоживання відповідно до необхідної обчислювальної продуктивності.

Використання цього мікроконтролера у якості основного елемента мікропроцесорної системи виправдане і доцільне з таких міркувань: розширена архітектура портів вводу-виводу дуже заощадить апаратні ресурси для керування системою в цілому. Вбудовані запам'ятовуючі пристрої, ємності яких цілком вистачить для відведених мікропроцесору функцій, дозволить обійтись без зовнішніх пристроїв запам'ятовування і схем керування їхньою роботою.

Синхронізація мікроконтролера проводиться за допомогою кварцового резонатора ZQ1, резонансна частота якого дорівнює 8 МГц. Конденсатори C4 і C5 потрібні для фільтрації частот вищих гармонік, що виникають при роботі кварцового резонатора і можуть шкодити роботі системи.

Скидання мікроконтролера виконується за допомогою кола, яке складається з резистора R1 та конденсатора C3. Коли подається напруга живлення, конденсатор C1 починає заряджатися через резистор R1, і цей процес триває певний час. У цей момент на вході інвертора DD3.1 з'являється низький логічний рівень, а на вході RST – високий логічний рівень. Це призводить до скидання мікроконтролера в початковий стан. У цьому стані всі порти встановлюються у вихідне положення, внутрішні та зовнішні переривання вимикаються, таймери-лічильники та оперативна пам'ять очищуються, а в покажчик стека та програмний лічильник записуються нулі. Час, протягом якого відбувається скидання системи, визначається сталою часу заряду ланцюга R1 і C3.

Для керування частотним перетворювачем і магнітними пускачами двигуна дверей M2 використовується комутаційний блок, виконаний на базі насичених транзисторних ключів VT1-VT5. Сигнали з виходів PB.0-PB.4 порту PB мікропроцесора керують відкриванням і закриванням цих ключів. Після

відкриття одного з ключів активується відповідне електромеханічне реле (KY1-KY5). Реле KY1-KY3 своїми контактами замикають відповідні дискретні входи частотного перетворювача (L11-L14), що забезпечує запуск двигуна вгору або вниз, а також перехід на низьку швидкість руху кабіни при спрацюванні KY3.

Крім того, здійснюється керування контакторами реле закриття дверей KY4 та реле відкриття дверей KY5. Таким чином, до контактів реле KY1-KY5 підключені кола керування частотним перетворювачем і пусковими реле двигуна дверей. Діоди VD1-VD5 виконують захисну функцію, запобігаючи виникненню імпульсів зворотної полярності під час спрацювання чи відпускання реле, тим самим забезпечуючи надійність та стабільність роботи системи. В якості магнітних пускачів основного двигуна та двигуна дверей (KM1, KM2, KM3) використовуються реле типу МК1-20ДУ3 (схема наведена у додатку).

Вибір реле KY1-KY5 здійснюємо виходячи з умов:

$$U_k \geq U_p,$$

$$I_k \geq I_p,$$

де U_k – максимальна комутуєма змінна напруга;

I_k – максимальний комутуємий змінний струм.

Вибираємо електромагнітні реле типу РЭС32, паспорт РФ4.500.335-01.01 з такими параметрами:

Тип струму живлення обмотки – постійний;

Поляризація – нейтральне;

Струм спрацювання – 36 мА;

Струм відпускання – 8 мА;

Номинальна робоча напруга – 12 В;

Максимальна комутуюча змінна напруга – 220 В;

Максимальний комутуючий змінний струм – 500 мА;

Час спрацювання – 15 мс;

Час відпускання – 8 мс.

Вибір транзисторів VT1-VT6 здійснюємо виходячи з умов:

$$I_{k \max} \geq I_{cp}, \quad (6.1)$$

$$P_{k \max} \geq P_{cp}, \quad (6.2)$$

$$U_{ke} \geq U_p, \quad (6.3)$$

де $I_{k \max}$ – максимальний струм колектора транзистора;

$P_{k \max}$ – максимальна потужність розсіювання колектора;

U_{ke} – напруга колектор-емітер;

I_{cp} – струм спрацювання реле;

U_p – робоча напруга обмотки реле;

P_{cp} – потужність спрацювання реле.

$$P_{cp} = I_{cp} U_p, \quad (6.4)$$

$$P_{cp} = 0,036 \cdot 12 = 0,42 \text{ (Вт)}.$$

Цьому задовільняє транзистор КТ608А, його параметри в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Параметри транзистора КТ608А

Параметри	Значення
Структура	п-р-п
Максимально допустима напруга колектор-база, В	60
Постійна напруга колектор-емітер, В	60
Максимально допустимий постійний струм колектора, А	0,4
Максимальна потужність розсіювання колектора (без радіатора), Вт	0,5
Коефіцієнт передачі струму в схемі зі спільним колектором h_{21}	30
Зворотній струм колектора, мкА	10
Гранична частота передачі струму в схемі зі спільним емітером, МГц	-
Ємність колекторного переходу, пФ	15

Транзистори VT1-VT5 використовуються в ключовому режимі, отже працюють в режимі насичення. Для забезпечення достатнього струму бази використані резистори R1-R5.

Коефіцієнт підсилення за струмом:

$$h_{21} = \frac{I_{k \max}}{I_B}$$

Звідки струм бази для режиму насичення:

$$I_B = \frac{I_{k \max}}{h_{21}} \quad (6.6)$$

$$I_B = \frac{400}{30} = 13.5 \text{ мА}$$

Розрахуємо значення опору резисторів в колі бази:

$$R_B = \frac{U_{\text{л.о.}}}{I_B} \quad (6.7)$$

де $U_{\text{л.о}}$ – напруга логічної одиниці.

$$U_{\text{л.о}} = 2,5 \div 5 \text{ В}$$

$$R_B = \frac{2,5 \div 5}{0,0135} = 185 \div 370 \text{ Ом}$$

Зі стандартного ряду E24 вибираємо резистор номіналом 220 Ом, потужністю 0,25 Вт.

Вибираємо діоди VD1-VD7 КД212А з такими параметрами:

Максимальна зворотня напруга – 100 В;

Прямий максимальний струм 1,0 А;

Зворотній максимальний струм 50 мкА.

Для виводу інформації на індикатор про положення кабіни підйомника та для опитування сенсорів і кнопок в розробленій системі використовується

інтерфейс давачів та індикації. Цей блок, як було сказано вище, складається з регістрів K555IP22, матриці резисторів HR1 та семисегментного індикатора HL1.

Мікросхема K555IP22 являє собою вісьмирозрядний регістр з виходами підвищеної потужності, який може бути використаний в якості магістрального формувача. Базовий елемент мікросхеми D-тригер. При подачі високого рівня сигналу на вхід С проходить вхідному сигналу на вихід, обминаючи тригер, при подачі низького рівня на вхід стробування С регістр запам'ятовує подану на нього інформацію. Високий рівень на вході Z переводить виходи мікросхеми у високоімпедансний стан, при цьому в регістр може записуватися нова інформація і зберігатися попередня.

Розглянемо докладніше призначення призначення регістрів. В даному випадку об'єднано виходи двох регістрів для збільшення кількості сенсорів, підключених до одного порту мікроконтролера. Таке об'єднання можливе, коли в кожен момент часу будуть працювати виходи тільки однієї мікросхеми, виходи іншої відключаються і не впливають на роботу схеми. При цьому опір виходів стає настільки великим, що не створюється перешкод в роботі шини даних. Для того, щоб прочитати код з виходу одного з регістрів на його Z вхід подається сигнал логічного нуля, а на Z вхід іншого регістра обов'язково подається сигнал логічної одиниці, що являється відключенням його виходів від шини даних.

На синхровхід С одного з регістрів одночасно із сигналом логічного нуля на Z вхід подається сигнал низького рівня, що дозволяє інформації із входу записатися у регістр, відповідно її і прочитає мікроконтролер.

Блок індикації складається з семисегментного індикатора типу АЛС324Б із спільним катодом (позначений на схемі електричній принциповій як HL1). Для забезпечення нормальних робочих струмів індикатора кожен розряд індикатора приєднано до виходів керування інтерфейсу індикації за

допомогою буферних інверторів та резисторів опором 270 Ом. Ці резистори функціонально об'єднані і входять до складу матриці резисторів.

Алгоритм роботи мікропроцесорної системи має замкнуту структуру, що складається з нескінченного циклу, в основі якого лежить порівняння коду положення кабіни підйомника відносно поверху з кодом найближчого поверху, на який необхідно піднятися чи опуститись. При досягненні цього поверху головний двигун зупиняється, виконується підпрограма входу-виходу пасажирів, статус цього поверху встановлюється неактивним і відбувається порівняння з наступним найближчим поверхом.

В нормальному режимі за допомогою програми, записаної в регістри статусу відбувається визначення поточного положення кабіни по комбінації замкнутих давачів положення кабіни. Після визначення положення виконується визначення стану кнопок викликів, збільшуючи показчик поверху на одиницю, допоки не буде досягнуто показчика максимального поверху, далі відбувається встановлення показчика на попередній поверх і послідовне зменшення поверху, поки не буде визначено натиснуту кнопку поверху. Коли визначено стан натиснутої кнопки відбувається запуск двигуна на високій швидкості. Йде очікування спрацювання датчика дотягування. Якщо датчик дотягування спрацював, двигун запускається в режимі дотягування, поки спрацює сенсор порівняння кабіни з поверхом. Після цього двигун зупиняється і завантажується підпрограма посадки-висадки пасажирів.

До структури програмного коду, входить також процедура обробки переривань. Вона виконується, коли надходить сигнал від інтерфейсу датчиків та індикації. Ця процедура зчитує код активованого датчика, аналізує його для визначення групи належності та відповідно змінює статуси регістрів керування. Наприклад, якщо була натиснута кнопка виклику, активізується статус активного поверху. Якщо ліфт рухається до певного поверху,

встановлюється статус режиму дотягування. Коли ліфт досягає потрібного поверху, активізується статус зупинки.

6.4.1 Вибір перетворювача частоти

Перетворювач частоти ідеально підходить майже до всіх двигунів ліфтових лебідок: від стандартних асинхронних до сучасних, що відповідають вимогам енергоефективності. Особливо ефективною є інтегрована система управління при роботі з високодинамічними синхронними електродвигунами на постійних магнітах. Двигун налаштовується на перетворювач частоти всього за кілька секунд шляхом введення параметрів моделі двигуна в базу пам'яті. Якщо параметри двигуна відсутні в базі даних, їх легко додати за допомогою графічного інтерфейсу управління перетворювача.

Перетворювач частоти для приводних електродвигунів змінного струму отримує живлення від силового кола з фіксованою напругою та частотою, і перетворює його на змінну регульовану напругу змінного струму з варіативною частотою, відповідно до заданої швидкості. Для забезпечення необхідної перевантажувальної здатності двигуна при будь-якій швидкості, важливо підтримувати постійний магнітний потік у двигуні. Це досягається шляхом одночасної зміни напруги та частоти в одному і тому ж співвідношенні [10].

Силова частина перетворювача частоти складається з двох основних компонентів: випрямляча та інвертора. Випрямляч перетворює змінну напругу на постійну, а інвертор використовує цю випрямлену напругу для генерування змінної напруги з регульованою амплітудою і частотою (рисунок 6.5). Інвертор забезпечує необхідні параметри живлення для електродвигуна, дозволяючи йому працювати в широкому діапазоні швидкостей з оптимальною ефективністю.

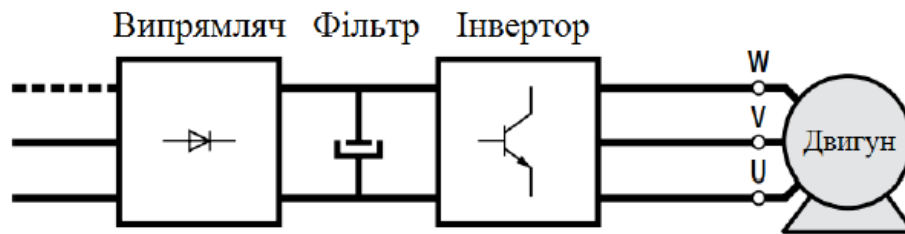


Рисунок 6.5 – Спрощена структурна схема перетворювача частоти

Завдяки такій схемі, перетворювач частоти дозволяє точно контролювати роботу приводного електродвигуна, знижуючи енергоспоживання і покращуючи його продуктивність. Це є особливо важливим для сучасних систем, які вимагають високої точності та ефективності в управлінні рухом.

З каталогу вибираємо ПЧ, потужність якого рівна чи більша номінальної потужності двигуна.

Вибираємо ПЧ типу ATV58HU90N4S309, його параметри приведені в таблиці 6.1, а зовнішній вигляд на рисунку. 6.6.

Таблиця 6.1 – Параметри перетворювача частоти.

Тип	$U_{\text{ж}}$	$I_{\text{л}}$	$I_{\text{макс. к.з.}}$	Потужність	$I_{\text{ном}}$	Макс. перех. струм	Втрати потужності	Маса
	В	А	кА	кВт.	А	А	Вт	кг
ATV58 HU90N 4S309	380	17	5	5,5	13	17,7	200	6,9



Рисунок 6.6 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти

Схема підключення ПЧ до двигуна показана на рисунку 6.7

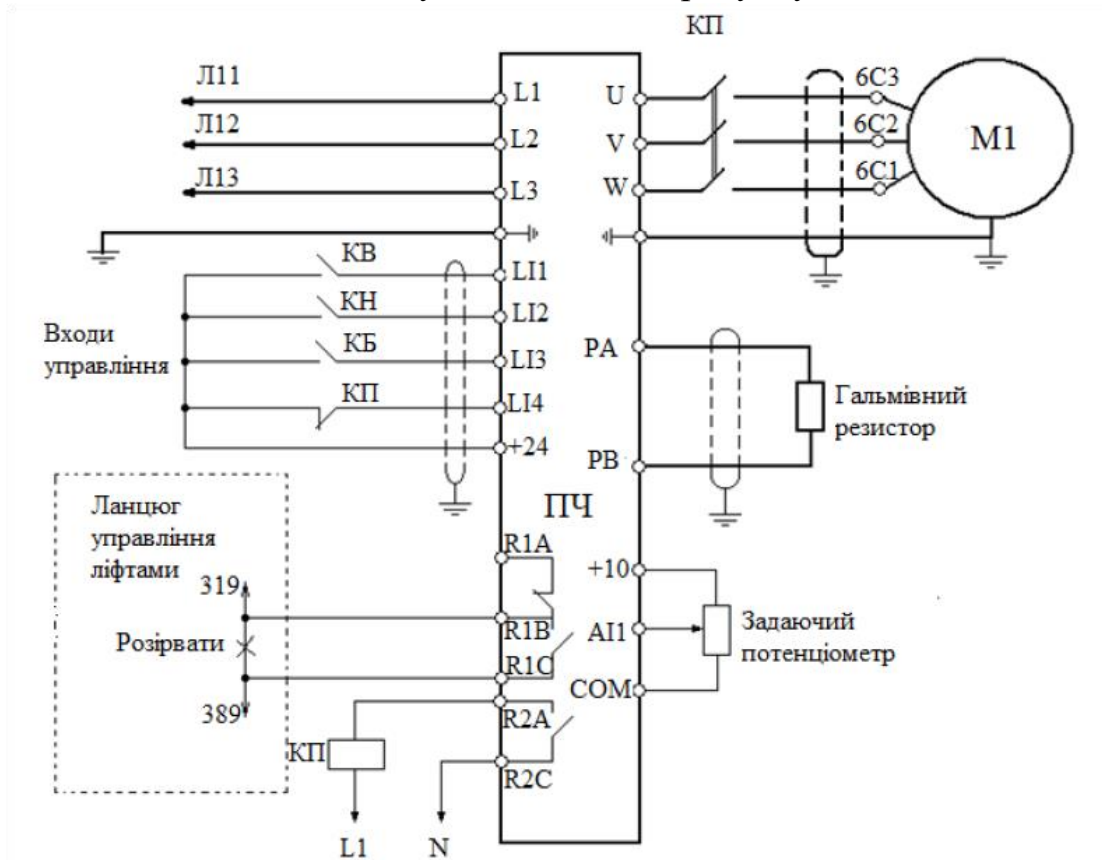


Рисунок 6.7 - Схема підключення ПЧ до мережі та до двигуна

Силові клеми наведені в таблиці 6.2:

Таблиця 6.2 – Призначення клем силових кіл

Клеми	Призначення	Для ПЧ ATV58
	Клема заземлення ПЧ	Всі типи
L1	Силове живлення	Всі типи
L2		
L3		
+	Ланка постійного струму	D28N4 – D79N4
-		
PA	Гальмівний опір	Всі типи
PB		
U	Підключення двигуна	Всі типи
V		
W		
	Клема заземлення ПЧ	Всі типи

Доступ до кола постійного струму: підключення зовнішнього джерела живлення постійного струму

Для ПЧ ATV58HU90N4S309, потрібно підключити «+» джерела до клем PA і «-» до наконечника J16, розташованому з боку силового клемника.

Клеми керування показані на рисунку 6.8 і в таблиці 6.3

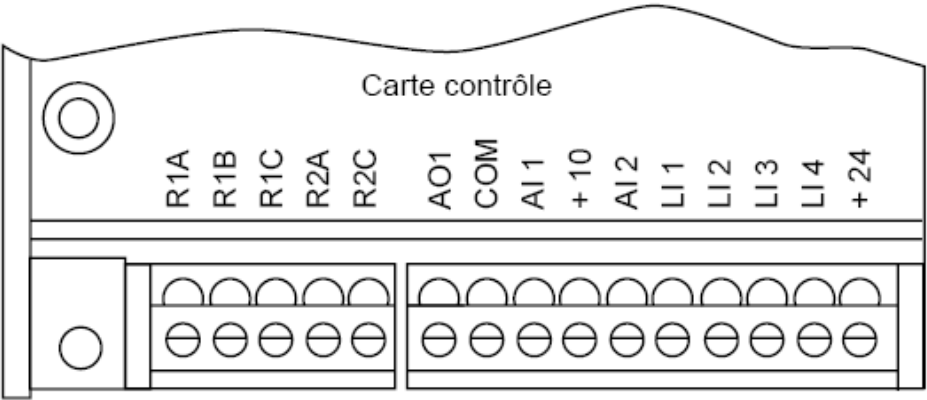


Рисунок 6.8 – Клеми кола керування

Таблиця 6.3– Призначення клем кіл керування

Клема	Призначення	Електричні характеристики
R1A R1B R1C	Перемикаючий контакт із спільною точкою (R1C) реле безпеки R1	Мінімальна комутаційна здатність: - 10 мА для 24 В зм. струму - 20 мА для 24 В пост. струму
R2A R2C	НВ контакт програмує мого реле R2	Макс. комутаційна здатність при індуктивному навантаженні: - 1,5 А для 250 В зм. і 30 В пост. струму
АО1	Аналоговий вихід по струму	Аналоговий вихід по струму X-Y мА, де X та Y можуть програмуватися. Заводська настройка 0-20 мА Повний опір 500 Ом
COM	Спільна клема для дискретних і аналогових входів	
Al1	Аналоговий вхід по напрузі	Аналоговий вхід 0 – 10 В Повний опір 30 кОм
+10	Живлення для задаючого потенціометра	+ 10 В (- 0, + 10%) 10 мА макс. З захистом від кз і перевантаження.
Al2	Аналоговий вхід по струму	Аналоговий вхід по струму X-Y мА, де X та Y можуть програмуватися. Заводська настройка 4-20 мА Повний опір 100 Ом
L11 L12 L13 L14	Дискретні входи	Програмуємі дискретні входи Повний опір 3,5 кОм Живлення +24 В (макс. 30 В) Стан 0, якщо < 5 В, стан 1, якщо > 11 В
+24	Живлення входів	+24 В, із захистом від кз та перевантажень Мінімум 18 В, максимум 30 В Максимальний струм 200 мА

6.4.2 Опис схеми роботи ліфта із застосуванням ПЧ

Застосування перетворювача частоти (ПЧ), що підключається до високошвидкісної обмотки двигуна, забезпечує переміщення кабіни ліфта з підвищеною (робочою) та зниженою (дотягування) швидкостями, а також зі

швидкістю ревізії. Рух здійснюється з плавним пуском і гальмуванням при обмежених ривках і прискорення та високому рівні комфорту проїзду в кабіні ліфта.

Цикл роботи головного приводу ліфта в нормальному режимі наступний. У вихідному стані кабіна ліфта нерухома. При необхідності пересування з мікроконтролера на ПЧ надходить сигнал завдання напрямку руху, а замиканням контактів пускача КМ1 обмотка двигуна підключається до перетворювача. З контактів вбудованого в ПЧ реле на пристрій керування приходить сигнал про готовність ПЧ до роботи. На двигун подається напруга, необхідна для створення моменту утримання. Після наростання струму в обмотках двигуна до величини, що забезпечує момент утримання, на пристрій керування через замкнуті контакти іншого вбудованого в ПЧ реле надходить відповідний сигнал. При цьому знімається механічний гальмо, а на ПЧ поступає сигнал завдання рівня робочої (підвищеної) швидкості, шляхом замикання реле КУ1 чи КУ2 (вверх або вниз). Після отримання цього сигналу ПЧ формує на обмотці двигуна напругу так, що при цьому забезпечується плавний пуск кабіни ліфта з необхідними прискореннями і ривком до робочої швидкості. Після наїзду на датчик уповільнення з пристроєм управління на ПЧ надходить сигнал завдання зниження швидкості, внаслідок замикання реле КУ3. ПЧ формує напругу, що забезпечує плавне гальмування до швидкості дотягування. Ліфт продовжує рух зі зниженою швидкістю до наїзду на датчик точної зупинки, після чого по команді з пристроєм керування, ПЧ формує напругу, що забезпечує остаточне гальмування й утримання. Після зупинки двигуна з ПЧ подається сигнал про закінчення руху, і накладається механічне гальмо, двигун відключається від ПЧ, а всі командні сигнали з ПЧ знімаються. Цикл роботи головного приводу при цьому закінчено.

Використання частотного перетворювача забезпечує такі переваги: розширений діапазон регулювання швидкості, що покращує точність зупинки;

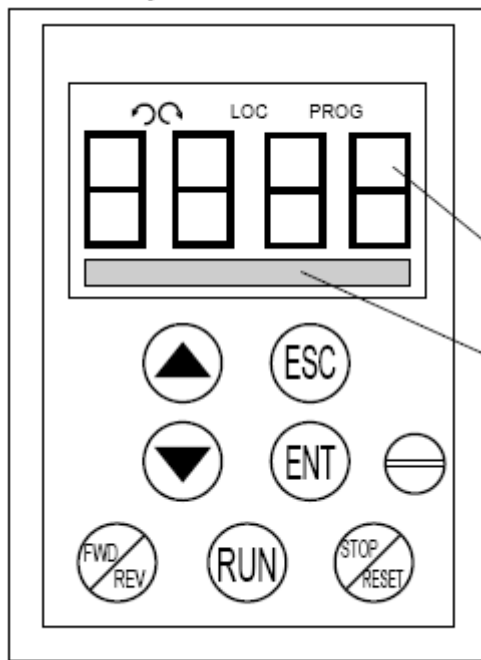
висока точність підтримки швидкості ліфта, незалежно від завантаження кабіни, що підвищує ефективність; обмежені пускові струми двигуна, що зменшує витрати електроенергії, зменшує нагрів і збільшує термін служби; відсутність потреби у додаткових маховиках, що також знижує витрати електроенергії.

Механічне гальмо активується та знімається при повністю зупиненому роторі двигуна, що зменшує знос гальмівних колодок і підвищує надійність роботи.

6.4.4 Програмування ПЧ

Програмування ПЧ є одним з найважливіших етапів при модернізації електроприводу. Від правильного програмування залежать: точність зупинки, механічні характеристики і економічні показники приводу.

Програмування ПЧ здійснюється за допомогою робочого терміналу. Його зовнішній вигляд показаний на рисунку 6.9.



4-х символний індикатор:
відображення числових значень і кодів

Шестнадцатисимвольная рядок:
відображення текстових повідомлень

Рисунок 6.9 – Зовнішній вигляд робочого терміналу спереди

Призначення входів управління ПЧ

Для того, щоб призначити на входи управління функції, треба вибрати тип управління. Тип управління вибираємо в меню «управління», призначення дискретних входів вибираємо в меню «призначення входів-виходів». У зв'язку з особливостями схеми управління ліфтом, вибираємо двопровідне управління. На рисунку 6.10 показаний принцип роботи двопровідної управління.

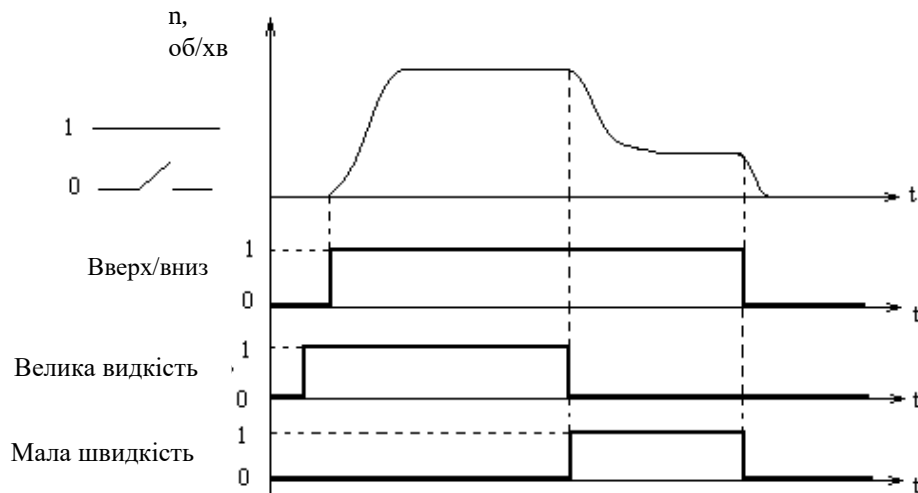


Рисунок 6.10 – Часова діаграма роботи контактів управління.

6.4.4 Розрахунок і вибір гальмівного резистора

Резистор забезпечує роботу перетворювача частоти Altivar 58 при гальмуванні до повної зупинки або під час зниження швидкості шляхом розсіювання гальмівної енергії.

Гальмівний момент з резистором розраховується по малюнку 6.11.

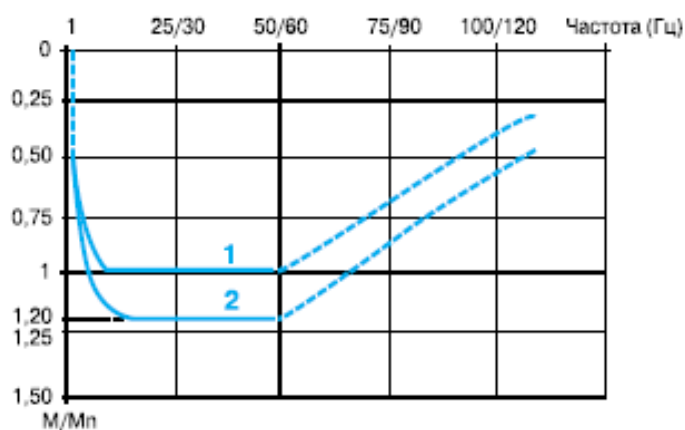


Рисунок 6.11- Гальмівний момент з резистором

1 - Тривалий гальмівний момент (активний момент). Коефіцієнт навантаження: 100%.

2 - Максимальний перехідний гальмівний момент (протягом 60 с).

З графіка видно, що гальмівний момент буде дорівнює номінальному моменту на частотах рівній 10 Гц і 50 Гц.

Для ПЧ типу ATV58HU90N4S309 рекомендується використовувати резистор типу VW3-A58735, опором не менше 47 Ом.

Визначаємо коефіцієнт навантаження за формулою 6.8

$$f_m = \frac{t}{T} * 100\% , \quad (6.8)$$

де f_m – коефіцієнт навантаження, %;

t – час гальмування, с;

T – тривалість циклу, с;

$$f_m = \frac{1}{14} = 0,071 * 100\% = 7,1 \%$$

З графіка 6.12 визначаємо коефіцієнт K_1 , відповідний гальмівним моментом рівному номінальному моменту і коефіцієнту навантаження 5,5%.

Як видно з графіка коефіцієнт $K_1 = 0,039$

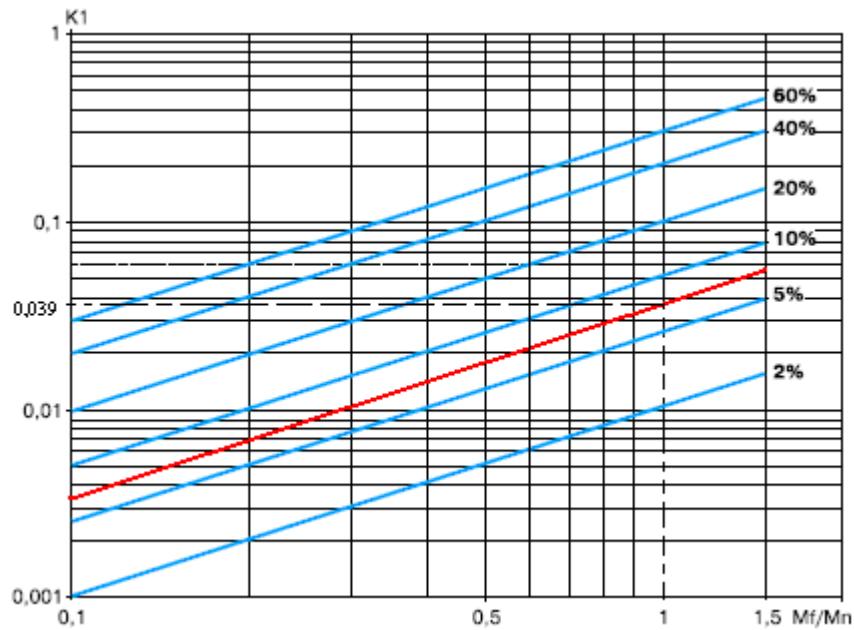


Рисунок 6.12 – Значення коефіцієнта K_1 , в залежності від гальмівного моменту і f_m

Допустима перевантаження резистора в залежності від часу показано на рисунку 6.13. З нього ми визначаємо коефіцієнт K_2 , відповідно до часу гальмування 1 с. Як видно з графіка $K_2 = 20$.

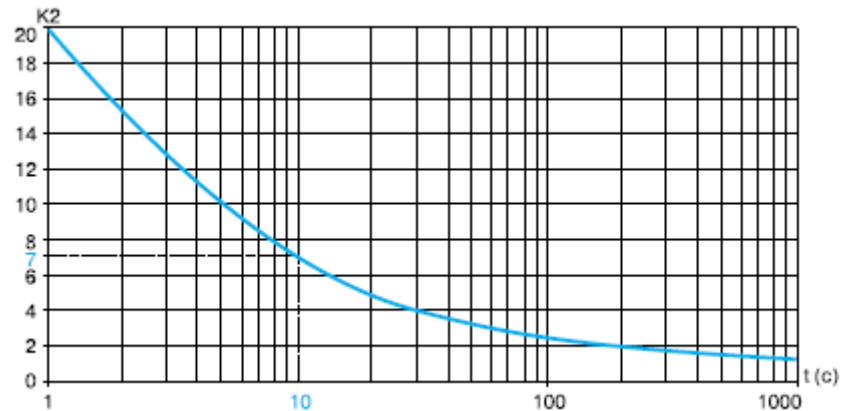


Рисунок 6.13 – Допустиме перевантаження резистора

Номінальна потужність резистора:

$$P_n = P_m \times K_1 \times \eta \left(1 + \frac{1}{K_2 \times f_m} \right), \quad (6.9)$$

де P_n – розрахункова потужність резистора, Вт;

P_m – потужність двигуна, Вт;

K_1 – коефіцієнт відповідний гальмівному моменту і коефіцієнту навантаження;

η – ККД двигуна;

K_2 – коефіцієнт, що відповідає часу гальмування;

f_m – коефіцієнт навантаження, %.

$$P_n = 5600 \cdot 0,039 \cdot 0,83 \cdot (1 + 0,05) = 190 \text{ Вт.}$$

Потужність гальмівного резистора повинна бути не менше 190 Вт, а опір не менше 47 Ом.

Вибираємо гальмівної модуль VW3-A58735, що складається з двох резисторів $P_n = 96 \text{ Вт}$, $R = 60 \text{ Ом}$;

Висновок. На основі розроблених структурної та функціональних схем була створена електрична принципова схема. Ця схема відображає ключові елементи та їх взаємодію в системі.

7 РОЗРАХУНОК СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Для побудови природної механічної характеристики АД з КЗ ротором можна скористатись формулою Чекунова.

Всі необхідні параметри знайдемо з паспортних даних електродвигуна.

Перевантажувальна здатність двигуна за моментом:

$$\lambda_{m \max} = \frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}}, \quad (7.1)$$

$$\lambda_{m \max} = \frac{105}{37,76} = 2,78.$$

Перевантажувальна здатність двигуна за моментом при пуску:

$$\lambda_{m \text{ пуск}} = \frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}}, \quad (7.2)$$

$$\lambda_{m \text{ пуск}} = \frac{83}{37,76} = 2,2.$$

Критичний момент двигуна:

$$M_k = M_{\max} = 105 \text{ (Н} \cdot \text{м)}. \quad (7.3)$$

Синхронна кутова швидкість двигуна:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{p}, \quad (7.4)$$

де f_1 – частота напруги живлення ($f_1 = 50$ Гц);

p – число пар полюсів електричної машини ($p = 4$),

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{3} = 104,6 \text{ (с}^{-1}\text{)},$$

Синхронна швидкість обертання двигуна:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f_1}{p}, \quad (7.5)$$

$$n_0 = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ (об/хв)}.$$

Номінальне ковзання:

$$S_{\text{НОМ}} = \frac{n_0 - n_{\text{НОМ}}}{n_0}, \quad (7.6)$$

$$S_{\text{НОМ}} = \frac{1000 - 885}{1000} = 0,115.$$

Критичне ковзання:

$$S_k = S_{\text{НОМ}} \cdot (\lambda_{\text{m max}} + \sqrt{\lambda_{\text{m max}}^2 - 1}), \quad (7.7)$$

$$S_k = 0,115 \cdot (2,78 + \sqrt{2,78^2 - 1}) = 0,618.$$

Механічні втрати приймають рівними 5% від номінальної потужності:

$$P_{\text{МЕХ}} = 0,05 \cdot P_{\text{НОМ}}, \quad (7.8)$$

$$P_{\text{МЕХ}} = 0,05 \cdot 3,5 = 0,175 \text{ (кВт)} = 175 \text{ (Вт)}.$$

Розрахунковий активний опір ротора приведений до статора:

$$R'_p = \frac{1}{3} \cdot \frac{P_{\text{НОМ}} + P_{\text{МЕХ}}}{I_{\text{НОМ}}^2 \cdot \frac{1 - S_{\text{НОМ}}}{S_{\text{НОМ}}}}, \quad (7.9)$$

$$R'_p = \frac{1}{3} \cdot \frac{3500 + 175}{9,36^2 \cdot \frac{1 - 0,115}{0,115}} = 1,817 \text{ (Ом)}.$$

Номінальна фазна напруга:

$$U_{\phi, \text{ном}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3}}, \quad (7.10)$$

$$U_{\phi, \text{ном}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,393 \text{ (В)}.$$

Розрахунковий активний опір статора:

$$R_c = \frac{U_{\phi, \text{ном}} \cdot \cos \varphi \cdot (1 - \eta_{\text{ном}})}{I_{\text{ном}}} - C^2 \cdot R'_p - \frac{P_{\text{мех}}}{3 \cdot I_{\text{ном}}^2}, \quad (7.11)$$

де C – розрахунковий коефіцієнт ($C = 1,04$).

$$R_c = \frac{219,393 \cdot 0,79 \cdot (1 - 0,72)}{9,36} - 1,04^2 \cdot 1,817 - \frac{175}{3 \cdot 9,36^2} = 2,554. \quad (7.12)$$

Механічна характеристика за формулою Чекунова:

$$M(S) = M_k \cdot \frac{2 + (S^2 - S_k^2) \cdot K_s}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S}}, \quad (7.13)$$

де K_s – розрахунковий коефіцієнт.

Коефіцієнт K_s :

$$K_s = \frac{\frac{\lambda_{\text{м пуск}}}{\lambda_{\text{м max}}} \cdot \left(\frac{1}{S_k} + S_k \right) - 2}{1 - S_k^2}, \quad (7.14)$$

$$K_s = \frac{\frac{2,2}{2,78} \cdot \left(\frac{1}{0,618} + 0,618 \right) - 2}{1 - 0,618^2} = 0,373.$$

Вираз (9.13) набуде вигляду:

$$M(S) = 105 \cdot \frac{2 + (S^2 - 0,618^2) \cdot 0,373}{\frac{S}{0,618} + \frac{0,618}{S}}.$$

Рівняння, яке описує залежність швидкості обертання двигуна від ковзання має вигляд:

$$\omega(S) = \omega_0 \cdot (1 - S). \quad (7.17)$$

Для побудови механічної характеристики побудуємо за формулою Чекунова, використавши пакет Mathcad.

На рисунку 7.1 представлено механічні характеристики АД з КЗ ротором побудовані за формулою Чекунова, на якій показано точку номінальної частоти обертання та моменту.

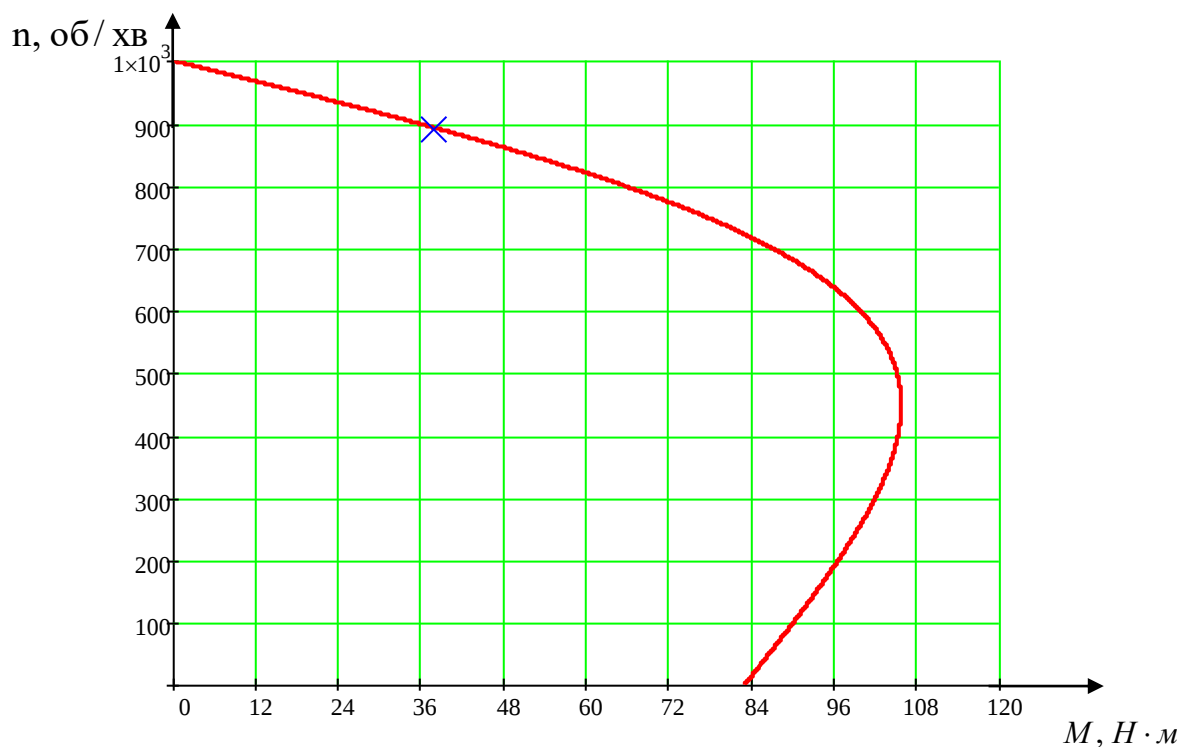


Рисунок 7.1 – Природна механічна характеристика АД з КЗ ротором побудована за формулою Чекунова

Висновок. Було розраховано і побудовано механічну характеристику вибраного асинхронного двигуна з КЗ ротором

8 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Режим роботи електроприводу, який існує під час переходу від одного стабільного стану до іншого, наприклад, під час запуску, гальмування або реверсу, називається перехідним або динамічним. У цьому режимі відбувається складна взаємодія механічних, електромагнітних і теплових процесів.

Під час швидкоплинних процесів зміна теплового стану двигуна зазвичай не має значного впливу на інші процеси. Тому при аналізі перехідних процесів тепловий стан двигуна часто не враховується, і увага зосереджується на механічних та електромагнітних перехідних процесах. Ці процеси разом утворюють електромеханічний перехідний процес, який визначає поведінку системи під час переходу.

Аналізуючи режими роботи електроприводу при переході між стабільними станами, можна отримати відповідні залежності та характеристики. ($\omega=f(t)$; $M=f(t)$; $I=f(t)$).

Важливо розуміти взаємодію механічних і електромагнітних компонентів, оскільки саме вони визначають динамічну відповідь системи на зміну режиму роботи. Такі залежності дозволяють оптимізувати роботу електроприводу, забезпечуючи плавний перехід між режимами та зменшуючи зношування механічних компонентів, а також підвищуючи загальну ефективність системи.

Аналіз і власне моделювання процесів будемо здійснювати в ППП Simulink. Параметри АД, що були використані для моделювання перехідних процесів пуску та гальмування, відповідають вибраним у попередніх розділах:

Модель електроприводу пасажирського ліфта з АД в ППП Simulink (Matlab) приведено у додатках. Параметри АД, що були використані для моделювання перехідних процесів пуску та гальмування, відповідають вибраним у попередніх розділах:

Модель ПЧ-АД в ППП Simulink (Matlab) має вигляд:

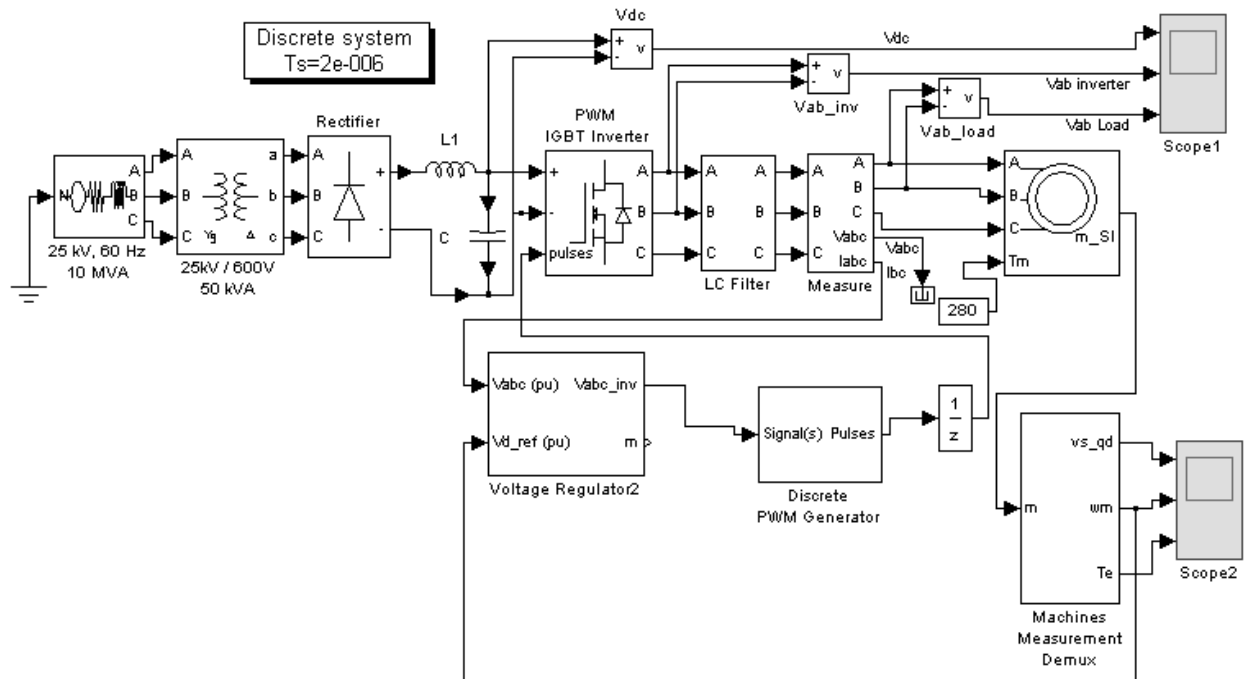


Рисунок 8.1 - Модель ПЧ-АД в ППП Simulink (Matlab).

Параметри АД, що були використані для моделювання перехідних процесів пуску та гальмування, відповідають вибраним:

Розглянуті перехідні процеси основних координат АД побудовані для випадку відсутності людей в кабіні ліфта.

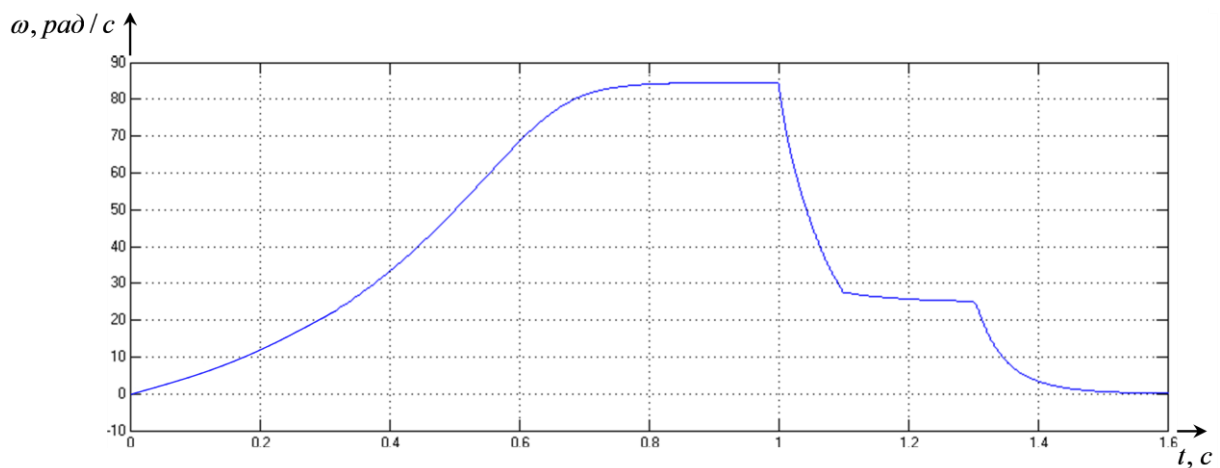


Рисунок 8.2 – Перехідний процес кутової швидкості (відповідно пуск та гальмування)

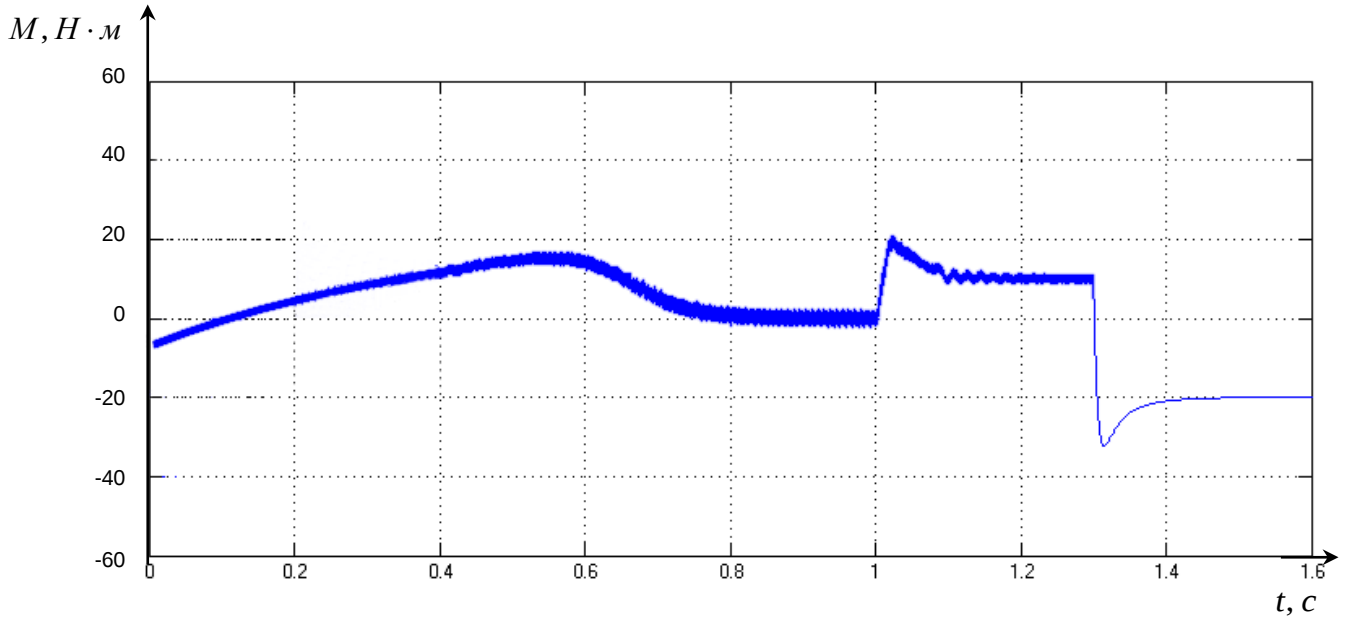


Рисунок 8.3 – Перехідний процес електромагнітного моменту

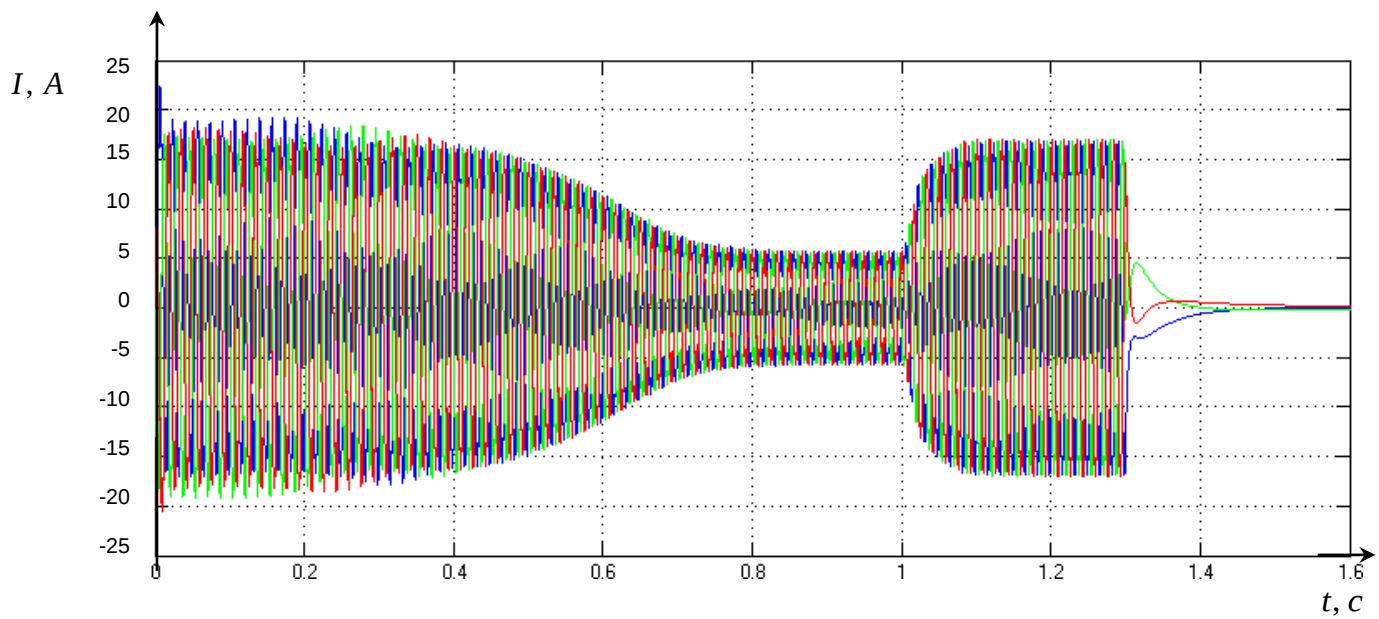


Рисунок 8.4 – Перехідні процеси трифазного струму статора

Таким чином при навантажувальному режимі на відповідних ділянках пуску, усталеного руху та гальмування відбувається деякий спад швидкості обертання, зростання коливань моменту і струму статора двигуна та збільшення часу пуску (гальмування).

В ППП Simulink (Matlab) було змодельовано електропривод ліфта з використанням перетворювача частоти і АД.

На графіках перехідних процесів зображено один повний цикл роботи електроприводу згідно з передбаченою логікою.

Необхідна умова працездатності системи електроприводу - її стійкість, оскільки лише стійка система може виконувати покладені на неї функції.

Якщо система після зміни деякого задаючого параметру повертається до стану рівноваги через затухаючий перехідний процес, такий стан рівноваги вважається стійким, і відповідно, вся система класифікується як стійка. Навпаки, якщо система після невеликих змін заданого параметру не повертається до початкового стану рівноваги, а проявляє незатухаючі коливання або зміни контрольованої величини, що не корелюють зі зміною задаючого параметру, то такий стан рівноваги вважається нестійким, і сама система є нестійкою.

Отже, стійкість системи полягає в її здатності повернутися до попереднього стану рівноваги після того, як припинено вплив якоїсь збурювальної або задаючої дії.

Висновок. Після проведеного моделювання, в якому на систему подавались збурення для перевірки її на стійкість, робимо висновок, що система стійка, оскільки навіть при подачі збурень перехідні процеси виходять на усталене значення.

9. ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі модернізації та експлуатації системи керування електропривода пасажирського ліфта. Шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний оперативно-ремонтний персонал підприємства:

- фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

- фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

Електропривод ліфтів потребує постійного обслуговування оперативно-ремонтним персоналом. Під час роботи, пов'язаної з дотиком до струмопровідних частин електродвигуна або до частин електродвигуна, що обертаються, і механізму, який вони приводять у рух, необхідно зупинити електродвигун і на його пусковому пристрої або ключі керування вивісити плакат «Не вмикати! Працюють люди».

Під час роботи на електродвигуні заземлення встановлюється на кабелі (з від'єднанням або без від'єднання його від електродвигуна) або на його приєднанні в РУ. Під час роботи на електродвигуні напругою до 1000 В або

механізмі, який приводиться ним у рух, зняття напруги і заземлення струмопровідних жил кабелю слід виконувати згідно з вимогами.

Перед допуском до роботи на електродвигунах насосів, димососів і вентиляторів, якщо можливе обертання електродвигунів від з'єднаних з ними механізмів, слід зачинити і замкнути на замок засувки і шибери цих механізмів, а також вжити заходів щодо гальмування роторів електродвигунів.

Забороняється знімати огороження тих частин електродвигунів, що обертаються, під час їх роботи. Обслуговувати щітковий апарат електродвигуна, що працює, допускається одноособово оперативному працівнику або виділеному для цього навченому працівнику з групою III. В цьому разі необхідно дотримуватися таких заходів безпеки:

- працювати в головному уборі і застібнутому спецодязі, остерігаючись захвату його частинами машини, що обертаються;
- користуватися діелектричним взуттям або гумовими килимками;
- не торкатися руками одночасно до струмопровідних частин двох полюсів або струмопровідних і заземлених частин.

Кільця ротора допускається шліфувати на електродвигуні, що обертається, лише за допомогою колодок з ізоляційного матеріалу, із застосуванням захисних окулярів.

У багатошвидкісного електродвигуна, що працює, обмотка, яка не використовується, і кабель, що її живить, потрібно розглядати як такі, що перебувають під напругою. Під час роботи на електродвигуні заземлення може бути встановлене на будь-якій ділянці кабельної лінії, що з'єднує електродвигун з РУ (збіркою). Під час роботи на механізмі, не пов'язаній з доторканням до частин, що обертаються, і у випадку роз'єднання з'єднувальної муфти, заземлювати кабельну лінію не слід.

Якщо на відключеному електродвигуні роботи не провадять або їх перервано на кілька днів, то від'єднана від нього кабельна лінія має бути

заземлена з боку електродвигуна. В тих випадках, коли перетин жил кабелю не дозволяє застосовувати переносні заземлення, допускається у електродвигунів напругою до 1000 В заземлювати кабельну лінію мідним провідником, перетином не меншим від перетину з жили кабелю, чи з'єднувати між собою жили кабелю та ізолювати їх. Таке заземлення і з'єднання жил кабелю слід враховувати в оперативному журналі нарівні з переносним заземленням.

На однотипних або близьких за габаритом електродвигунах, встановлених поряд з тим, на якому провадять роботи, слід вивісити плакати «Стій! Напруга» незалежно від того, перебувають вони в роботі чи у резерві.

Випробування електродвигуна спільно з виконавчим механізмом слід провадити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені.

Під час видавання дозволу робиться запис в оперативному журналі технологічного цеху, а про отримання цього дозволу – в оперативному журналі цеху (дільниці), що провадить випробування.

Ремонт і налагоджування електросхем електроприводів, не з'єднаних з виконавчим механізмом, регулювальних органів і запірної арматури, можна проводити за розпорядженням. Дозвіл на їх випробування дає працівник, який дав розпорядження на виведення електроприводу в ремонт, налагодження. Про це слід зробити запис під час оформлення розпорядження.

Вмикання електродвигуна для випробування до повного закінчення роботи здійснюється після виведення бригади з робочого місця. Після випробування провадиться повторний допуск з оформленням у наряді. Під час виконання роботи за розпорядженням на повторний допуск розпорядження дається знову.

Електробезпека

Живлення силового обладнання ліфтів і системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0")

– 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що реконструюються та будуються, є струмопровідною.

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися ЗІЗ – спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх потрібно захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізольованими струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями – 5 см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустаткуванням. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробоя і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів.

Мікроклімат виробничого приміщення

Оперативно-ремонтні з обслуговування електропривода відносяться до категорії Пб по важкості праці [6]. Енерговитрати за цією категорією становлять – до 140-174Вт. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 – Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С Допустима		Відносна вологість	Швидкість руху, X
		Верхня межа	Нижня межа	Допустима	Допустима
Холодний	Пб	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	19-30	55 при 27 °С	0,1-0,3

Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [6].

При здійсненні монтажних робіт виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні в приміщення може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при оздоблювальних технологічних процесах в будівництві, що знаходяться в повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно наведено в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні для обслуговуючого персоналу

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ДСН [7] проектом передбачені наступні рішення [7]: застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановленні безпосередньо на дільницях біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення; необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні; застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

Виробниче освітлення.

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. 5% травм можна пояснити недостатнім освітленням, а у 20% випадків воно сприяло їх появі. Погане освітлення може призвести до професійних захворювань: погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 9.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп [E27 LED 15W NW A60 "SG"](#). Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів).

Таблиця 11.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньо і точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Виробничий шум

Під час виконання монтажних робіт виникає виробничий шум з такими характеристиками: за характером спектру – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням – механічний і гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 3.3.6.037 [9] і наведені в таблиці 9.4.

Для зменшення рівня шуму до допустимого двигуни будівельних машин і механізмів виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

Таблиця 9.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці).

Допустимі рівні загальної вібрації на постійних місцях у виробничих приміщеннях наведені в таблиці 9.5.

Таблиця 9.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях										

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019, за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою.

Приміщення багатоповерхових будинків, де встановлюється обладнання ліфтів, за вибухонебезпечністю та пожежонебезпечністю відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини).

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи

горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 9.6. Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 наведено в таблиці 9.7.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 9.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 9.8 (знаменник).

Таблиця 9.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, настили, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Таблиця 9.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	3	REI 45	2	1

Таблиця 9.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IV, V
III	8/9	8/12	10/15

В приміщенні, де знаходиться обладнання ліфта, встановлено 1 вогнегасник ВП-5.

Висновок: розроблено рекомендації з охорони праці та технічні рішення з правил безпечної експлуатації.

ВИСНОВКИ

У даній бакалаврській кваліфікаційній роботі було проведено розрахунок і вибір системи електроприводу, що включає підбір двигуна, та розробку його схеми керування. Система електроприводу перевірено на здатність до перевантажень, що забезпечує її надійну роботу в різних умовах експлуатації.

Проведено модернізацію системи електроприводу, у результаті чого розроблено мікропроцесорну систему керування, яка замінює існуючу релейно-контакторну систему, використовуючи перетворювач частоти. Це підвищує надійність роботи системи та зменшує її енергоспоживання.

Отримано графіки перехідних процесів, які демонструють, що система є стійкою і здатна працювати без збоїв. Впровадження мікропроцесорного керування дозволяє створювати різноманітні алгоритми роботи ліфта, що відповідають конкретним завданням, лише змінюючи програму роботи мікропроцесорного пристрою.

Проведено моделювання розрахованої системи, результати якого підтвердили адекватність поведінки системи реальним фізичним та електромеханічним процесам. Результати показали, що система відповідає всім вимогам, які були поставлені перед нею.

Розроблено рекомендації з охорони праці та дотримання правил техніки безпеки, що забезпечують безпечну експлуатацію системи.

Ці заходи та проведені дослідження дозволяють стверджувати про підвищення ефективності та надійності роботи електроприводу ліфта, а також про його відповідність сучасним вимогам енергоефективності та безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів: НПАОП 00.00-1.02-08: Затв. ...01.09.2008 №190 / Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. - Х.: Вид-во "Індустрія", "Основа", 2008. - 192 с.
2. Колб Ант. А, Колб А.А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп. –Д., Національний гірничий університет, 2011. – 540 с.
3. Василега П. О. Електропривод робочих машин : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 290 с
4. Електропривод виробничих машин і механізмів: Навчальний посібник / О.Ю. Синявський, В.В. Савченко, В.Я. Бунько, В.Ю. Рамш; За ред. О.Ю. Синявського. – К.: ФОП Ямчинський О.В. , 2020. – 444 с.
5. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.К.: "Основа", 1998 р.
6. Електропривод у питаннях і відповідях / Савченко П. І., Лисиченко М. Л., Тищенко О. К., Гузенко В. В. Харків : ХНТУСГ, 2012. 500 с.
7. Електропривод : підручник / Лавріненко Ю. М. та ін. ; за ред. Ю. М. Лавріненка. Київ, 2009. 504 с.
8. Практикум з електропривода / Олійник В. С., Марченко О. С., Жулай Є. П., Лавріненко Ю. М. Київ : Урожай, 1995. 190 с.
9. Електронний каталог Шнайдер [Електронний ресурс]. Schneider / Режим доступу: <http://www.schneider-electric.ua>
10. ДСТУ 3552-97, Ліфти пасажирські та вантажні. Терміни та визначення.
11. ДНАОП 0.00-1.02-99 Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів.
12. Мікроконтролери та мікропроцесори. Точка доступу: http://www.chipinfo.ru/shop/ps_resistors.html
13. http://www.elvpr.ru/poluprovodnikprib/tiristory/nizkochast_tabl.php

Додаток А

(Обов'язковий)

Міністерство освіти і науки України

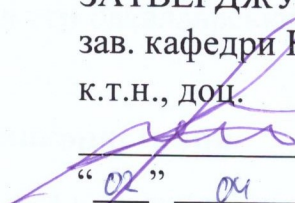
Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри КЕМСК

к.т.н., доц.

 М.М. Мошноріз

« 02 » 04 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На бакалаврську дипломну роботу

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПАСАЖИРСЬКОГО ЛІФТА

08-24.БДР.010.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц.

 Олексій ЖУКОВ

« 02 » 04 2024 р.

Виконав: ст. гр. 1ЕМ-206

 В'ячеслав НЕКРУТЕНКО

« 02 » 04 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки – «Модернізація електроприводу пасажирського ліфта».

Скорочене найменування розробки – «Електропривод ліфта».

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем бакалаврських дипломних робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Електропривод ліфта призначений для переміщення людей вертикальній площині будівель.

4 Вимоги до розробки

Електропривод локомотиву повинен забезпечувати надійну роботу в робочих шахтах з частими реверсами. Експлуатація здійснюється в приміщеннях(шахтах) з стабільним мікрокліматом.

5 Комплектація розробки

Виріб складається з електродвигуна, системи керування та робочого органу у вигляді колеса.

6 Технічні характеристики

Кількість двигунів, шт.

1

7 Елементна база

Двигун, апаратура керування і захисту, провідники, кабелі і т.п. виробництва України, країн близького зарубіжжя та Європи.

8 Конструктивне виконання

Електропривод виготовляється окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки у пилозахищеному виконанні.

9 Показники технологічності

Електропривод ліфта – двигун, апаратура керування і захисту, провідники, кабелі і т.п. Виконується на сучасній елементній базі, його монтаж, заземлення, струмопровід повинні відповідати правилам улаштування електроустановок.

10 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками відповідної кваліфікації. Технічний огляд пристрою здійснюється мінімум один раз на місяць. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

11 Живлення електропривода

Живлення електропривода повинно бути виконане напругою 380 В від силової мережі житлового будинку.

**Додаток Б
(обов'язковий)**

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПАСАЖИРСЬКОГО ЛІФТА

Мета роботи: Підвищити ефективність роботи електроприводу пасажирського ліфта за рахунок застосування мікропроцесорних пристроїв, що дозволить зменшити витрати електроенергії на живлення електроприводу та зменшити сумарні приведені затрати при експлуатації, а також покращити динамічні показники роботи електроприводу.

Мета досягається шляхом вирішення наступних задач:

- Вивчення існуючого стану системи електроприводу.
- Виявлення недоліків існуючої системи керування.
- Побудова структурної, функціональної та принципової електричної схеми і вибір необхідного обладнання.
- Розробка математичної моделі та дослідження перехідних режимів роботи електроприводу.

Об'єкт дослідження – процес керування електроприводом пасажирського ліфта.

Предмет дослідження – різні типи систем електроприводу пасажирського ліфта.

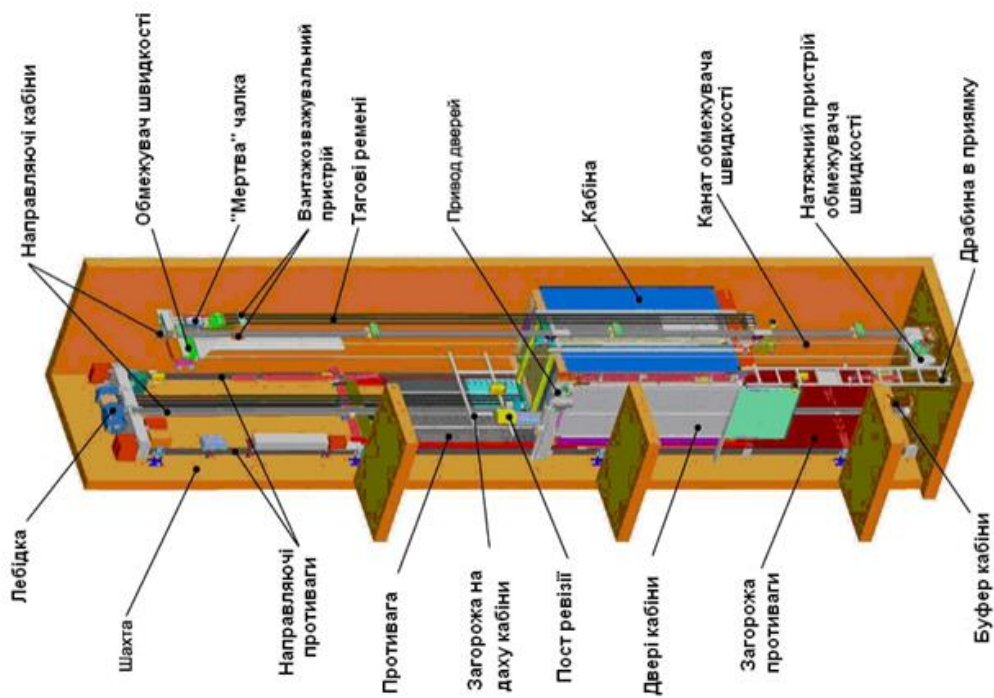
Методи досліджень. У роботі використані методи теорії автоматичного керування, моделювання у пакетах прикладних програм, методи частотного аналізу стійкості замкнених систем.

Постановка задачі проектування.

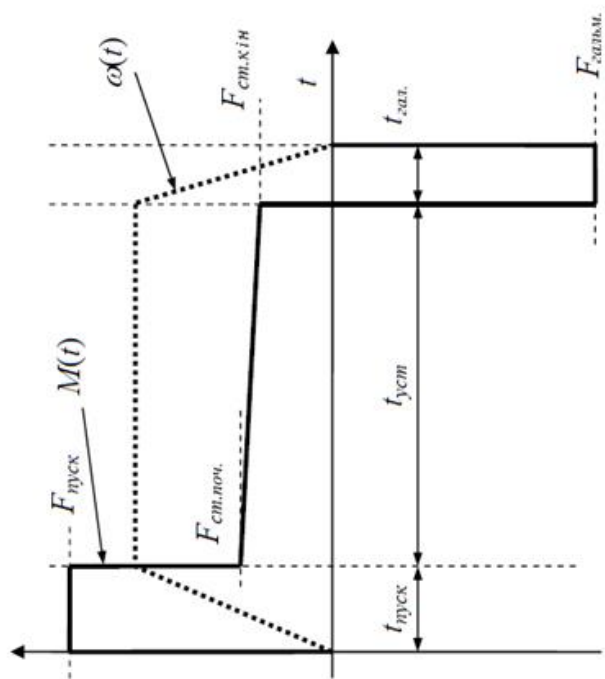
- 1) провести аналіз існуючих систем електроприводу ліфта;
- 2) розрахувати параметри систем електропривода ліфта;
- 3) розробити модель системи керування електроприводом ліфта;
- 4) промодельювати роботу електроприводу ліфта при різному навантаженні і зробити висновки про ефективність її роботи. Обрати систему електропривода, яка буде найбільш ефективною.

Практичне значення одержаних результатів:

Розроблено комп'ютерні моделі та розраховано техніко-економічні показники різних систем електроприводів. Що дозволяє виконати аналіз ефективності роботи кожної з них в різних умовах і вибрати оптимальну за певним критерієм.

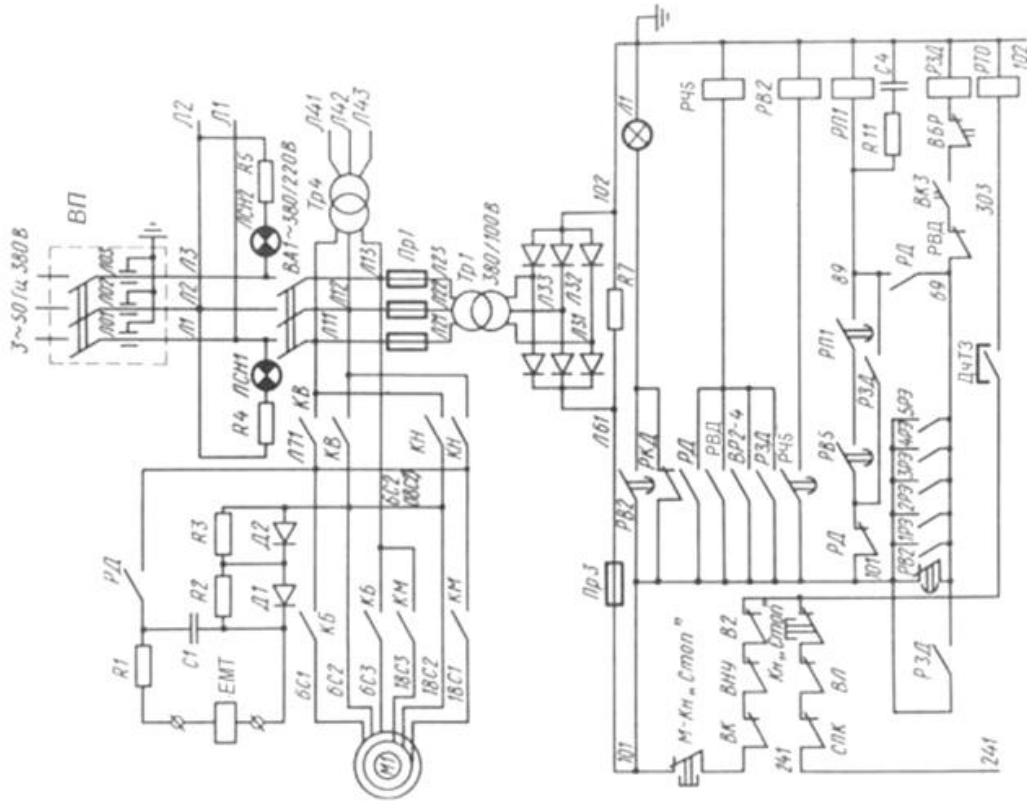


Загальний вигляд ліфта в шахті будинку



Діаграма навантажень під час роботи пасажирського ліфта

6



Релейно-контакторна схема управління ліфтом

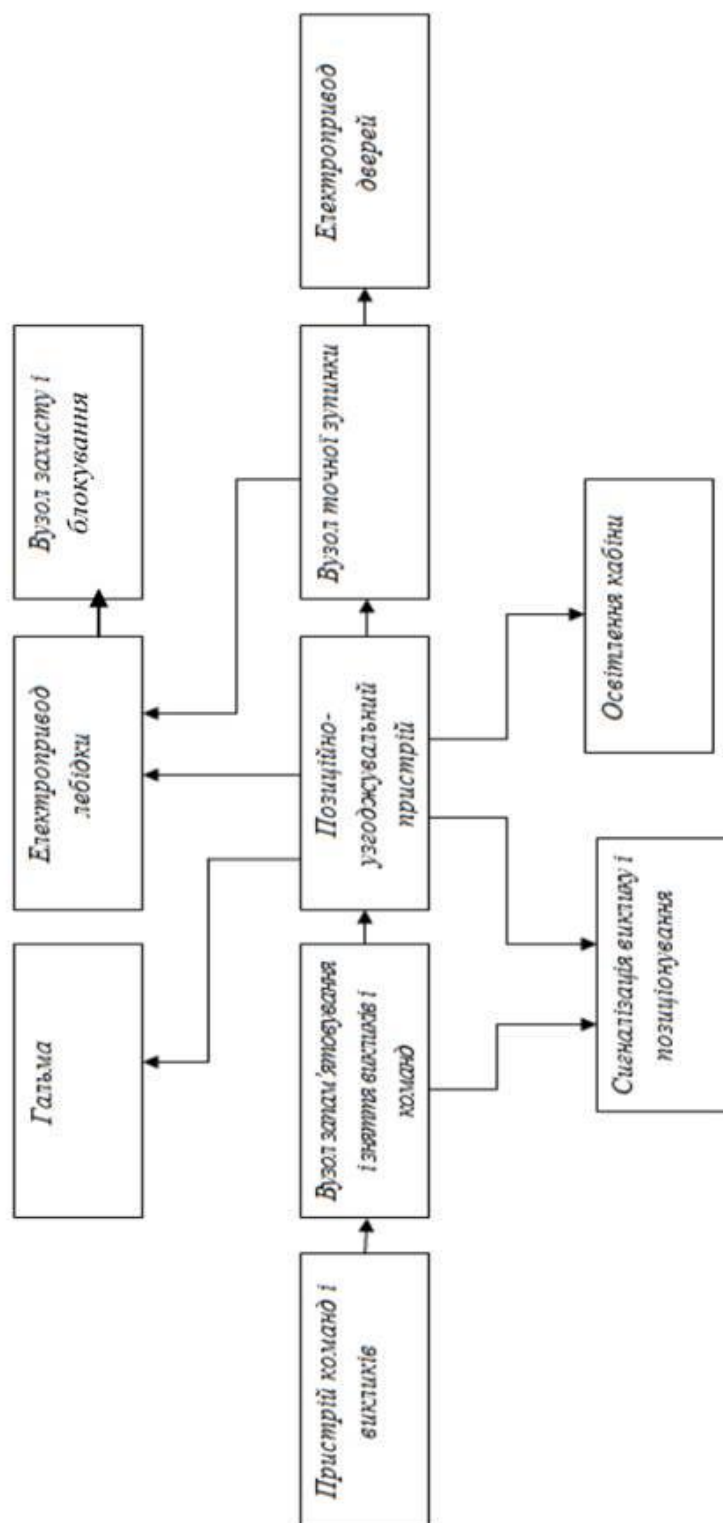
Згідно техніко-економічного обґрунтування було вибрано двигун марки МТКФ111-6

Технічні дані приводного двигуна

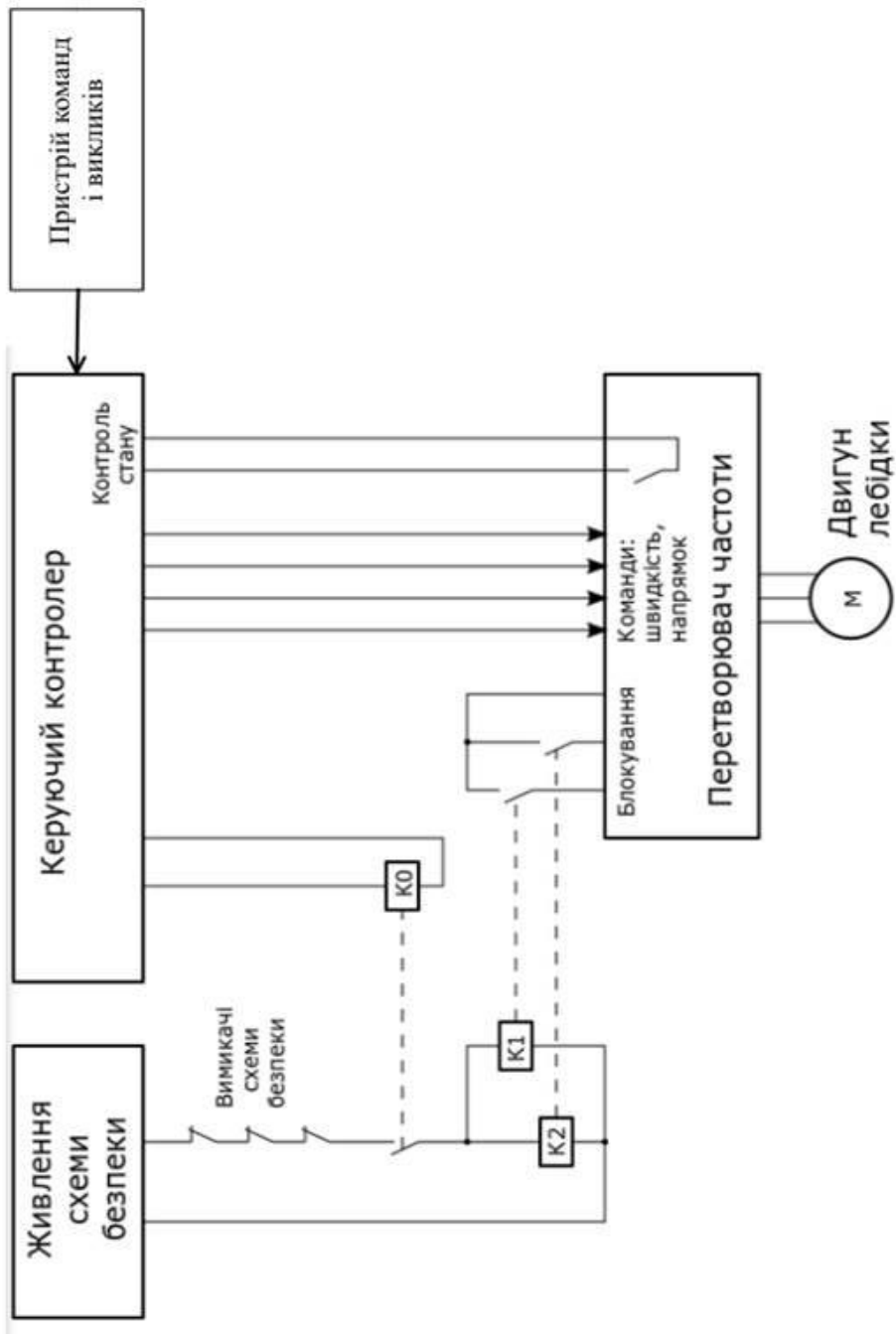
Тип двигуна	МТКФ111-6
Номінальна потужність $P_{ном}$, кВт	3,5
Номінальна напруга $U_{ном}$, В	380
Номінальна швидкість обертання $n_{ном}$, об/хв	885
$\cos\varphi_{ном}$	0,79
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{ном}$, %	72
Пусковий момент $M_{пуск}$, Н·м	83
Максимальний момент M_{max} , Н·м	105
Номінальний струм статора $I_{1ном}$, А	9,36
Пусковий струм $I_{ном.п}$, А	35
Момент інерції ротора $J_{рот}$, кг·м ²	0,045



Паспортні дані та зовнішній вигляд вибраного двигуна

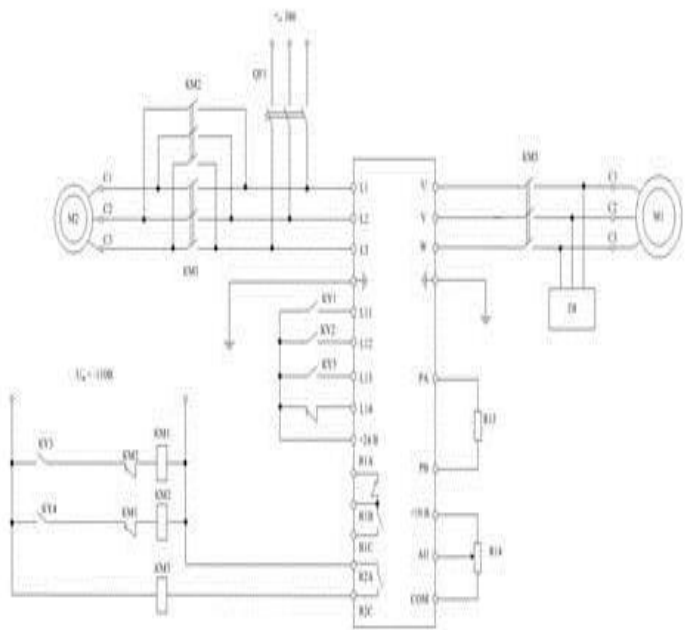
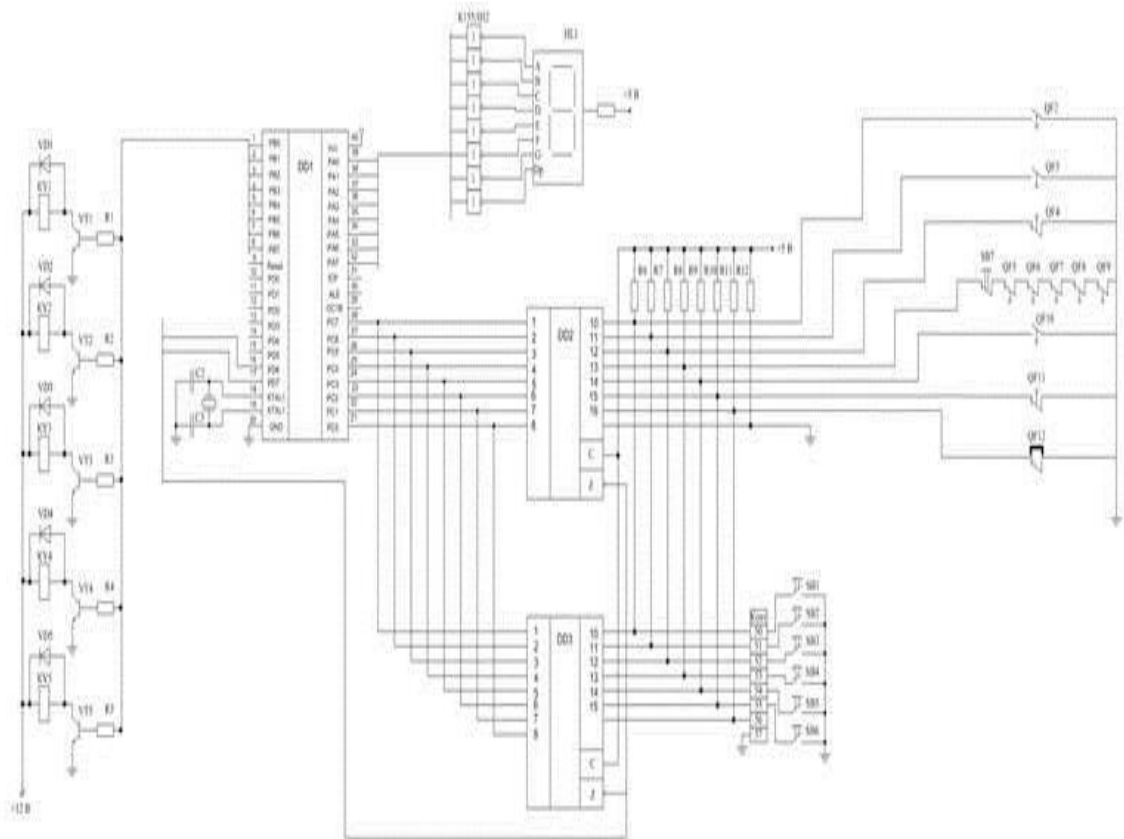


Структурна схема керування ліфтом



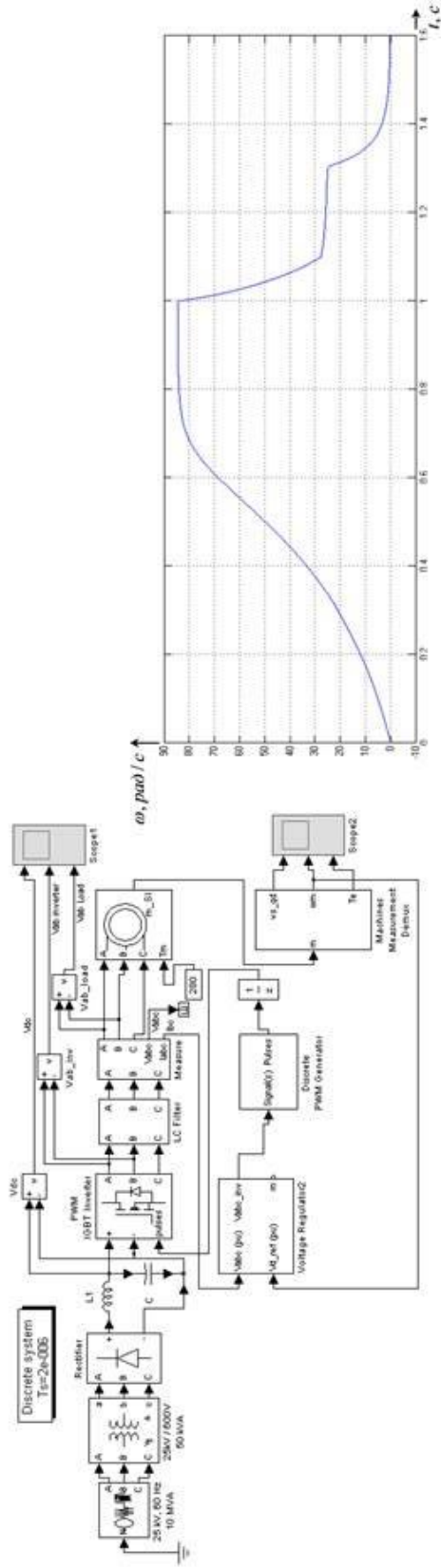
Функціональна схема електроприводу ліфта

08-24.53P.010.00.000



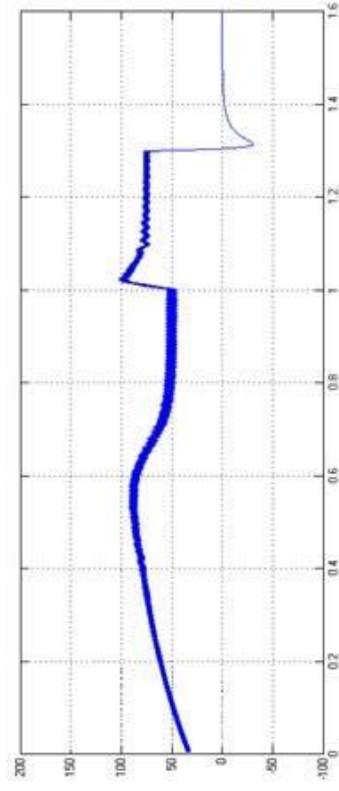
08-24.53P.010.00.000			
№ докум. в проект	Дата	Стр.	Всего
Подпись (подпись)	Исполнитель: И.И.И.		
Проверка: А.А.А.	Содержит: 1		
Дата:	08.08.2018		
Лист:	1		
Итого:	1		

Результати моделювання системи електропривода



Модель ПЧ-АД у середовищі Matlab

Перехідний процес кутової швидкості, пуск та гальмування



Перехідний процес моменту двигуна

Підсумки проектування

- В даній бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблялась модернізована система автоматизованого електроприводу пасажирського ліфта. Проведено вибір системи електроприводу, а саме: двигуна, необхідних захистів та схеми керування. Систему електроприводу перевірено на перевантаження та пускову здатність.
- Проведено модернізацію системи електроприводу. Розроблено мікропроцесорну систему керування електроприводом із застосуванням перетворювача частоти взамін існуючої релейно-контакторної. Що дозволяє збільшити надійність роботи системи та зменшити енергоспоживання, підвищити комфорт проїзду у кабіні.
- Отримані графіки перехідних процесів показують, що система є стійкою.
- Застосування мікропроцесорного керування дає змогу розробляти будь-які алгоритми роботи ліфта, залежно від поставлених задач, при цьому лише необхідно змінити програму роботи мікропроцесорного пристрою.

В процесі роботи було зроблено доповідь на конференції і опубліковано тези доповіді

УДК 621.876.11

**О. А. Жуков
В. О. Некрутенко**

ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЛІФТІВ У МІСТАХ

Вінницький національний технічний університет.

Анотація

Проаналізовано актуальні проблеми та виклики, з якими стикається житлово-комунальне господарство у контексті експлуатації та модернізації ліфтового обладнання. Розглянуто питання старіння інфраструктури, необхідності пошуку нових джерел фінансування та впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій. Наголошено на важливості своєчасного технічного обслуговування та капітального ремонту, як ключових факторів для забезпечення ефективної працездатності ліфтів.

Ключові слова: ліфтове обладнання, ліфтове господарство, модернізація ліфтів, безпека ліфтів, обслуговування ліфтів.

Abstract

Current problems and challenges faced by the housing and communal economy in the context of operation and modernization of elevator equipment are analyzed. The issues of infrastructure aging, the need to find new sources of financing and the introduction of innovative energy-saving technologies were considered. The importance of timely maintenance and overhaul as key factors to ensure efficient operation of elevators is emphasized.

Keywords: elevator equipment, elevator management, elevator modernization, elevator safety, elevator maintenance.

Вступ

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Модернізація електроприводу пасажирського ліфта

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. 1ЕМ-206

Науковий керівник: к.т.н., доц. Жуков О.А.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність	83,2 %
Схожість	16,8 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ☐ ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Некрутенко В.О.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Жуков О.А.

(прізвище, ініціали)

Маса

Висота

Апрель

, гр.1ЕМ-206

Назва роботи

Тип роботи

Підрозділ:

Науковий

Аналіз

☐ Заповнення
плагіату.

☐ Виявлено
кількість
автора. Ресурс

☐ Виявлено
та/або в
приховуванні

Особа,

Озна
Unicheck п

Авто

Керів

					08-24.БДР.010.00.000			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Модернізація електроприводу пасажирського ліфта	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Некрутенко В.О.		28.05				
Перевір.		Жуков О.А.		28.05				
Реценз.		Бабенко О.В.		10.06		Аркуш	Аркушів	
Н. Контр.		Жуков О.А.		28.05		ВНТУ, гр.1ЕМ-206		
Затверд.		Мошноріз М.М.		28.05				