

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Автоматизована система управління електроприводом ліфта

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТ-41
спеціальності 141
електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

| | | | |
|-------------------|-------|----------------|------------------------|
| _____ | _____ | _____ | _____ |
| (підпис) | | Андрійчук Ю.Ю. | (прізвище та ініціали) |
| Керівник | _____ | _____ | Наконечний М.С. |
| (підпис) | | | (прізвище та ініціали) |
| Нормоконтроль | _____ | _____ | Коваль В.П. |
| (підпис) | | | (прізвище та ініціали) |
| Завідувач кафедри | _____ | _____ | Коваль В.П. |
| (підпис) | | | (прізвище та ініціали) |
| Рецензент | _____ | _____ | Федак С.І. |
| (підпис) | | | (прізвище та ініціали) |

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Андрійчуку Юрію Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система управління електроприводом ліфта

Керівник роботи Наконечний Мирослав Степанович (к.т.н.)
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2024 року № 4/7-50

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Розрахунок потужності електродвигуна та вибір програмованих логічних контролерів

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

Актуальність теми, мета та завдання роботи

Програмовані логічні контролери.

Розрахунок потужності електроприводу.

Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Загальні висновки.

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

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Безпека життєдіяльності, основи охорони праці | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання

26 квітня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1 | Вступ | 1.05.2024 | |
| 2 | Аналітичний розділ | 05.05.2024 | |
| 3 | Проектно-конструкторський розділ | 15.05.2024 | |
| 4 | Розрахунковий розділ | 25.05.2024 | |
| 5 | Безпека життєдіяльності, основи охорони праці | 31.05.2024 | |
| 6 | Висновки | 31.05.2024 | |
| 7 | Оформлення пояснювальної записки | 31.05.2024 | |
| 8 | Оформлення графічного матеріалу | 31.05.2024 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент

 (підпис)

Керівник роботи

 (підпис)

Андрійчук Ю.Ю.

 (прізвище та ініціали)

Наконечний М.С.

 (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Андрійчук Юрій Юрійович. Автоматизована система управління електроприводом ліфта. Група ЕТ-41. – Тернопіль.: ТНТУ, 2024.

У кваліфікаційній роботі бакалавра на тему автоматизована система управління електроприводом ліфта була розроблена система, яка призначена для контролю доступу та роботи в ліфтовій системі, а також виконано розрахунок та вибір силового обладнання. Складена схема регульованого електроприводу та вибрані програмовані логічні контролери ліфтів.

Стор.– 50; рис. - 17; табл. - 5;; джерел - 23; додатків - __ .

Перелік ключових слів: PLC, ПІДЙОМНА МАШИНА, КЕРУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, КАБІНА ЛІФТА, ШАХТНИЙ ЛІФТ, КОМПЕНСАЦІЙНІ ТРОСИ,

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ЗМІСТ | 4 |
| ВСТУП | 6 |
| 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ | 8 |
| 1.1 Загальні відомості про функціонування та будову ліфтів | 8 |
| 1.2 Конструкція вузлів електричного ліфта | 10 |
| 1.3 Інтеграція ліфтових систем | 12 |
| 1.4 Структурна та функціональна схема управління ліфтом | 13 |
| 1.5 Основні підсистеми шахтного ліфта | 15 |
| 1.6 Основні вузли підйомного обладнання | 16 |
| 2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ | 17 |
| 2.1 Програмований логічний контролер | 18 |
| 2.2 Релейний контролер (електромеханічне перемикання) | 21 |
| 2.3 Автоматизована система управління електроприводом ліфта | 22 |
| 2.4 Основні принципи функціонування програмованих логічних контролерів ліфтів | 23 |
| 2.5 Блок схеми апаратних засобів рівнів системи | 25 |
| 3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ | |
| 3.1 Автоматизований електропривід ліфта | 26 |
| 3.2 Автоматизована система та безпека управління електроприводом | 28 |
| 3.3 Розрахунок та вибір силового обладнання регульованого електроприводу | 29 |
| 3.4 Розрахунок потужності двигуна та попередній його вибір | 30 |
| 3.5 Електроустаткування. Вибір перетворювального пристрою для системи регульованого електроприводу. | 34 |
| 3.6 Розрахунок статичних та динамічних характеристик для розімкнених систем регульованого електроприводу | 35 |
| 3.7 Складання силової схеми регульованого електроприводу | 39 |

| | |
|---|-----------|
| | 5 |
| 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІАЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ | 40 |
| 4.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління електроприводом ліфта | 40 |
| 4.2 Вимоги до електроприводу та пожежної безпеки | 41 |
| | |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 46 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ | 48 |

ВСТУП

Автоматизована система управління електроприводом ліфта є важливою складовою сучасних ліфтових систем. Вона забезпечує безпечну та ефективну роботу ліфтів, керуючи всіма параметрами їх функціонування. Ця система дозволяє здійснювати точне позиціонування кабіни, плавне рушення та зупинку, контролювати швидкість, забезпечувати своєчасне відкривання та закривання дверей, а також виявляти несправності та аварійні ситуації.

Автоматизоване управління ліфтами - це передові технології, які значно підвищують ефективність та зручність експлуатації ліфтових систем у сучасних будівлях. Ця система забезпечує інтелектуальне керування рухом ліфта, оптимізуючи його маршрут та час доставки пасажирів до необхідних поверхів. Використання датчиків, контролерів та складних алгоритмів дозволяє вдосконалити процес управління, підвищити безпеку, комфорт та надійність ліфтового обладнання.

Автоматизація охоплює всі аспекти роботи ліфта - від виклику кабіни до розподілу пасажирських потоків та координації руху. Завдяки передовим технологіям автоматизоване управління ліфтами стає невід'ємним компонентом сучасної розумної будівлі, забезпечуючи високий рівень обслуговування та енергоефективність.

Автоматизація систем управління ліфтами має широкі перспективи подальшого розвитку. Очікується, що майбутні системи будуть ще більш інтегровані та інтелектуальні, забезпечуючи комфортні та безпечні поїздки для пасажирів. Ще однією перспективною тенденцією є інтеграція ліфтових систем з іншими інженерними мережами будівлі, такими як системи кондиціонування, освітлення, безпеки тощо. Це дозволить оптимізувати енергоспоживання, покращити координацію між різними системами та підвищити загальну ефективність експлуатації будівлі. Крім того, очікується розвиток сервісних функцій автоматизованих ліфтових систем, таких як голосові інтерфейси, відеомоніторинг та інформаційні панелі для пасажирів.

Програмовані логічні контролери відіграють ключову роль у сучасному управлінні ліфтами.

Мета і завдання дослідження: Метою дипломної роботи є розрахунок потужності електродвигуна та вибір програмованих логічних контролерів, які забезпечать надійну та ефективну роботу всієї системи.

Для досягнення вказаної мети в роботі вирішувалися наступні завдання:

1. При виборі двигуна необхідно врахувати місце його експлуатації, робочий режим та умови навколишнього середовища.
2. Визначити витрати електроенергії за цикл роботи, та коефіцієнти потужності електроприводу.
3. Програмування контролера та розробка алгоритмів управління рухом кабіни.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні відомості про функціонування та будову ліфтів

Ліфтова система являє собою складний механізм, який забезпечує вертикальне переміщення кабіни між поверхами будівлі. Принцип роботи такої системи базується на використанні електричного двигуна, що приводить в рух систему тросів, роликів та противаги. Кабіна ліфта рухається вгору чи вниз завдяки силі тяги, створюваної двигуном, при цьому противага допомагає зменшити навантаження на привідний механізм. Система управління ліфтом відповідає за контроль та координацію всіх процесів, пов'язаних з переміщенням кабіни. Вона реагує на виклики пасажирів, визначає найбільш ефективний маршрут, керує швидкістю руху та зупинками ліфта. Також система відстежує поточний стан ліфтового обладнання та забезпечує безпечну і надійну експлуатацію.

Сучасні ліфтові системи впроваджують технології автоматизації, що дозволяють підвищити ефективність, енергоефективність та надійність роботи ліфта. Ця автоматизація охоплює всі аспекти, від управління рухом кабіни до діагностики обладнання та інтеграції з іншими системами будівлі.

Найпопулярніший вид ліфта є канатний. У канатному ліфті стоїть машина яка піднімається та опускається за допомогою сталевого канату [1]. Ліфт обладнаний електромагнітними гальмами, які спрацьовують, коли машина зупиняється. Електромагніт зберігає гальма у відкритому положенні. Якщо ліфт втрачає живлення, гальма автоматично закриваються. Є також ліфти які обладнанні системою автоматичного гальмування у верхній та нижній частинах шахти ліфта.

Багато сучасних ліфтів управляються комп'ютером. Робота полягає в тому, щоб обробити всю відповідну інформацію про ліфт і перемістити кабіну ліфта в правильне положення. Електрична система є одним із ключових компонентів сучасного ліфта, що відповідає за його безпечну та ефективну роботу. Вона складається з кількох основних елементів, які забезпечують

управління рухом кабіни, освітлення, сигналізацію та інші функції.

В електричній системі ліфта є головний керувальний пристрій – це мікропроцесорний контролер, який отримує і обробляє сигнали від різних датчиків, а потім формує команди для виконавчих механізмів та пристроїв. Він координує роботу всіх електричних систем ліфта, забезпечуючи плавне та безпечне переміщення кабіни з одного поверху на інший. Окрім контролера, електрична система ліфта також включає в себе двигун приводу дверей, що керує відкриванням і зачиненням дверей кабіни, двигун підйому, що приводить в рух кабіну, та систему освітлення кабіни, шахти та інших елементів (рис 1.1). Ці компоненти працюють у тісній взаємодії під керівництвом центрального контролера ліфта.

Важливою складовою електричної системи є також система безпеки, що моніторить стан ліфта і негайно реагує на небезпечні ситуації, зупиняючи рух кабіни та подаючи аварійні сигнали. Вона захищає як пасажирів, так і обслуговуючий персонал від ризиків, пов'язаних з несправністю ліфтового обладнання.

Механічна система ліфта відповідає за переміщення кабіни ліфта між поверхами будівлі. Вона складається з ряду важливих компонентів, які працюють узгоджено для забезпечення безпечного та плавного руху ліфта. До основних елементів механічної системи належать: напрямні рейки, вантажопідйомний механізм, канати та противаги [4].

- **Напрямні рейки** забезпечують стабільне та точне переміщення кабіни ліфта вертикально між поверхами. Це сталеві конструкції, які надійно встановлюються в шахті ліфта і напрямляють рух кабіни вгору та вниз.
- **Вантажопідйомний механізм** складається з електродвигуна, редуктора та барабана для намотування тягових канатів. Електродвигун забезпечує обертальний рух для підйому та опускання кабіни, а редуктор перетворює високі оберти двигуна у необхідний крутний момент.
- **Канати** є ключовим елементом, адже вони передають зусилля від вантажопідйомного механізму до кабіни ліфта, забезпечуючи її

переміщення. Зазвичай використовуються сталеві канати, які відрізняються високою міцністю та довговічністю.

- **Противаги** урівноважують вагу кабіни ліфта, забезпечуючи ефективність вантажопідйомного механізму. Противаги рухаються вертикально в окремій шахті, синхронно з кабіною, зменшуючи навантаження на двигун.

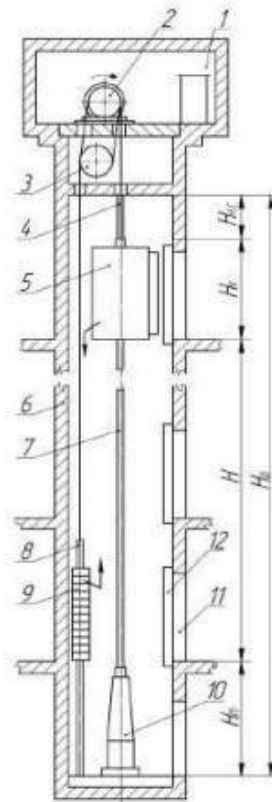


Рисунок 1.1 – Загальна будова ліфта:

1 – машинне приміщення; 2 – лебідка; 3 – контролюючий блок; 4 – вантажні канати; 5 – кабіна; 6 – шахта; 7 – напрямні кабіни (дві); 8 – протипази; 9 – буфер кабіни; 10 – проріз шахти; 11 – двері шахти.

1.2 Конструкція вузлів електричного ліфта

Конструкція сучасних пасажирських електричних ліфтів складається з низки важливих вузлів, які забезпечують їх надійну та безпечну роботу. До основних вузлів ліфта належать кабіна, рама кабіни, двері кабіни та шахти, привід (електродвигун, редуктор, канати), система керування, обмежувач

швидкості, парашутний пристрій, а також купа допоміжних елементів.

Кабіна ліфта - це герметичний простір, де розміщуються пасажери. Вона конструктивно виконана з міцного металевого або скляного каркасу, обшита естетичними панелями. Рама кабіни забезпечує її надійне кріплення до канатів, якими вона піднімається та опускається. Двері кабіни та шахтні двері відкриваються синхронно, дозволяючи безпечно входити та виходити пасажерам. Привід ліфта зазвичай складається з електродвигуна, редуктора, канатів, шківів та противаги, що забезпечують плавне та точне переміщення кабіни. Система керування обробляє сигнали від кнопок, датчиків та іншого обладнання, керуючи рухом кабіни. Додаткові пристрої, такі як обмежувач швидкості та парашутний пристрій, гарантують безпечне гальмування кабіни у критичних ситуаціях.

Для забезпечення безпечної та надійної експлуатації пасажирського електричного ліфта важливо дотримуватися чітких вимог щодо розміщення та встановлення його основних вузлів [18]. Ці вимоги регулюються відповідними нормативно-правовими актами та будівельними нормами і правилами. Перш за все, ліфтові шахти та машинні приміщення повинні бути достатньо просторими, добре освітленими та правильно вентильованими. Усі елементи конструкції, включаючи напрямні для кабіни та противаги, мають бути надійно закріплені, щоб забезпечити стійкість та безпеку руху ліфта. Розміщення електричних шаф та іншого обладнання повинно забезпечувати вільний доступ для технічного обслуговування та ремонту. Окрема увага приділяється вимогам до розміщення точок кріплення підвісної системи ліфта. Вони мають бути достатньо міцними та розташовуватись на належній відстані один від одного, щоб витримувати максимальні навантаження.

Експлуатація вузлів пасажирського електричного ліфта регулюється чіткими правилами, які мають бути неухильно дотримані. Перш за все, використання ліфта дозволяється лише особам, ознайомленим з правилами безпечної експлуатації та правильного використання всіх його механізмів.

Пасажири повинні дотримуватись вимог Правил та інструкцій, розміщених у кабіні ліфта. Недопустимим є перевантаження ліфта понад

встановлену вантажопідйомність, а також його використання для перевезення вантажів, що можуть пошкодити обладнання (рис. 1.2).

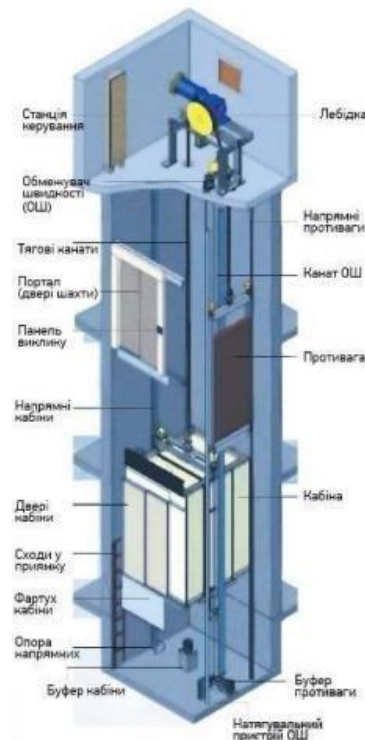


Рисунок 1.2 – Положення вузлів електричного ліфта

1.3. Інтеграція ліфтових систем

Інтеграція ліфтових систем є важливим аспектом сучасного будівництва та управління будівлями. Вона дозволяє об'єднувати різні компоненти ліфтових систем в єдину, керовану систему, що підвищує ефективність, безпеку та енергозбереження. Це дозволить оптимізувати енергоспоживання, покращити координацію між різними системами та підвищити загальну ефективність експлуатації будівлі. Крім того, очікується розвиток сервісних функцій автоматизованих ліфтових систем, таких як голосові інтерфейси, відеомоніторинг та інформаційні панелі для пасажирів [2].

Ліфтові системи складаються з кількох ключових компонентів, які мають бути інтегровані для ефективної роботи (рис. 1.3). До них належать:

- Системи управління рухом ліфтів;
- Системи контролю доступу та безпеки;

- Датчики та системи моніторингу;
- Системи енергоефективності та управління електроспоживанням;
- Інтерфейси та програмне забезпечення для взаємодії з іншими системами будівлі.

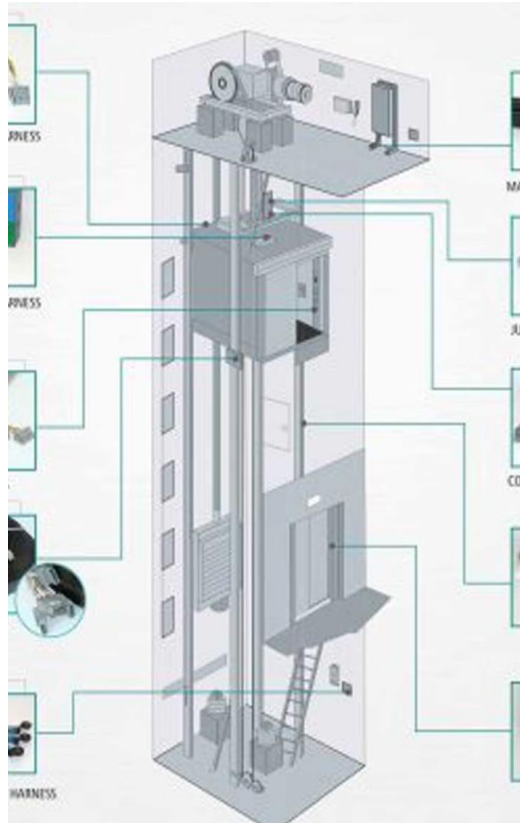


Рисунок 1.3 - Компоненти ліфтової системи.

Ключовими напрямками розвитку інтегрованих ліфтових систем є поглиблення взаємодії з іншими системами будівлі, вдосконалення діагностики та попереджувального обслуговування, а також впровадження нових енергоефективних рішень.

1.4 Структурна та функціональна схема управління ліфтом

Ефективне управління ліфтом є ключовим фактором для забезпечення безпеки пасажирів та безперебійної роботи. Від правильного проектування та налаштування органів керування до чіткого розподілу обов'язків між оператором та автоматичними системами - все це відіграє вирішальну роль у створенні надійного та комфортного ліфтового сервісу [19].

Структурна схема системи управління ліфтом включає в себе основні компоненти, які забезпечують функціонування ліфта, контроль його роботи та взаємодію з пасажиром. До цих компонентів належать:

1. Контролер ліфта, який відповідає за загальне управління рухом кабіни, дверима, сигналами поверхових та кабінних панелей.
2. Привід ліфта, що складається з електродвигуна, редуктора, гальма та муфти, відповідає за переміщення кабіни за командами контролера.
3. Система безпеки, яка контролює наявність людей в кабіні, стан дверей, граничні положення кабіни та аварійні ситуації.

Основні компоненти системи управління ліфтом:

Центральний процесор: Важливим у системі управління ліфтом – це центральний процесор, який координує роботу всіх компонентів. Він отримує сигнали від різних датчиків, опрацьовує їх та видає команди для управління рухом кабіни, відкриттям/закриттям дверей, зупинками на поверхах та іншими функціями

Панель управління: Панель управління є основним інтерфейсом між людиною та системою. Вона дозволяє пасажиром викликати ліфт, вибрати поверх призначення, а також надає інформацію про стан ліфта. Сучасні панелі оснащені сенсорними екранами та голосовим управлінням для комфортного та інтуїтивного користування.

Привід двигуна: Привід двигуна забезпечує перетворення електричної енергії на механічну роботу, необхідну для переміщення кабіни ліфта. Він може бути виконаний на базі асинхронних або синхронних двигунів, які забезпечують плавний, точний та енергоефективний рух кабіни.

Алгоритм роботи системи управління ліфтом включає в себе декілька ключових етапів. Спочатку, пасажир на поверсі викликає ліфт, натискаючи відповідну кнопку. Система управління аналізує поточне положення та доступність ліфтів і спрямовує найближчий до поверху, де зроблено виклик. Після прибуття ліфта, двері автоматично відкриваються, дозволяючи пасажиром увійти або вийти. Коли двері закриваються, пасажиром всередині ліфта задають поверхи свого призначення, а система управління формує

оптимальний маршрут руху. Таким чином, робота системи управління ліфтом є чітко структурованою та автоматизованою для забезпечення швидкої, безпечної та ефективного транспортування людей між поверхами.

1.5. Основні підсистеми шахтного ліфта

Основними елементами шахти ліфта є направляючі, якими рухається кабіна, а також весь каркас, який включає горизонтальні перекриття та вертикальні стіни. Напрямні мають бути міцними та прямолінійними, щоб забезпечити плавний хід кабіни. Каркас шахти має бути надійно закріплений та виготовлений з міцних матеріалів, здатних витримувати значні навантаження [3].

Шахтний ліфт - це складний механізм, що складається з чотирьох основних підсистем, які забезпечують його ефективно та безпечно функціонування. Ці підсистеми включають шахту ліфта, підйомне обладнання, монтаж строп і автомобілів, а також засоби безпеки. Кожен з цих компонентів відіграє важливу роль у забезпеченні надійної та безперебійної роботи шахтного ліфта. Ці компоненти будуть представлені на (рис. 1.4).

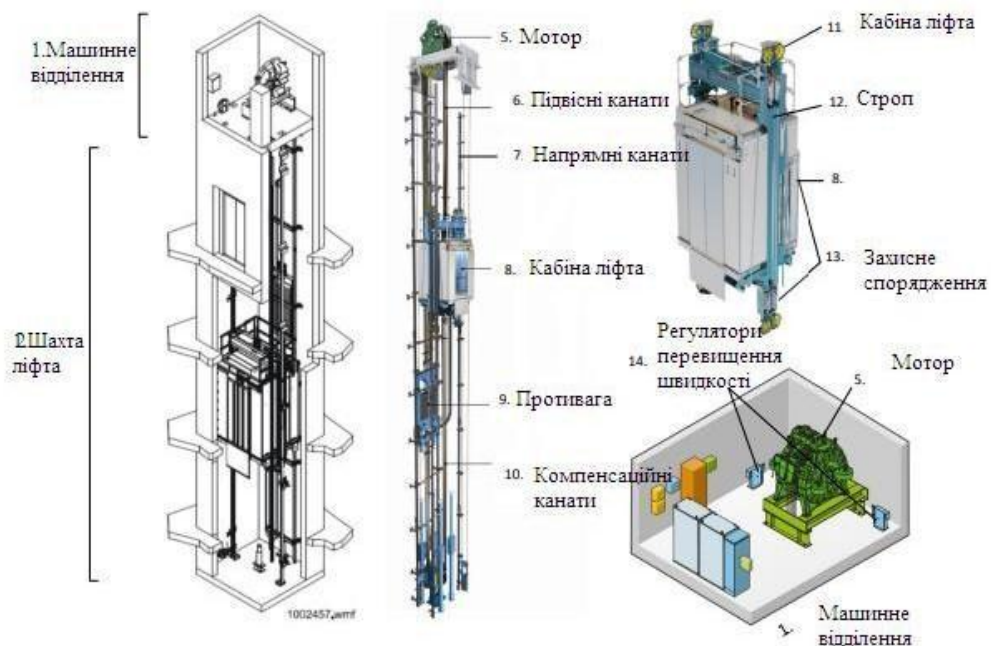


Рисунок 1.4 - Компоненти шахти ліфта

На основі детального аналізу основних підсистем шахтного ліфта, можна зробити важливі висновки та розробити ряд рекомендацій щодо їх ефективної експлуатації. По-перше, надзвичайно важливим є дотримання стандартів безпеки на всіх етапах: від конструкції та монтажу до постійного технічного обслуговування. Це включає в себе використання сертифікованого обладнання, регулярні перевірки, навчання персоналу та впровадження передових систем аварійного реагування. Також необхідно забезпечити злагоджену взаємодію між усіма підсистемами ліфта, від підйомного механізму до системи управління та системи зв'язку.

1.6. Основні вузли підйомного обладнання

Основними підйомними вузлами є електродвигун, підвісні та напрямні канати, противага і компенсаційні канати. Електродвигуни відіграють ключову роль у функціонуванні підйомного обладнання, забезпечуючи необхідну потужність та управління для безпечної та ефективної роботи.

Підйомна машина(двигун) - це електродвигун, який перевозить кабіну ліфта і противагу вгору та вниз шахти, шляхом передачі енергії через підвісні троси (рис.1.5). Одним із найважливіших параметрів є потужність електродвигуна. Вона має бути достатньою для піднімання та переміщення заданого вантажу, але не надмірною, щоб уникнути перевитрат енергії та можливих пошкоджень обладнання.

Канати відіграють ключову роль у підйомному обладнанні, забезпечуючи надійне і ефективне піднімання вантажів різної ваги та розмірів. Ці гнучкі сталеві троси є основою будь-якої підйомної системи, передаючи зусилля від приводного механізму до піднімального гака чи платформи. Завдяки високій міцності на розтягування та витривалості, канати можуть витримувати значні навантаження і забезпечувати безпеку робочого процесу.

Напрямні рейки це металеві Т-подібні рейки (рис.1.6), призначені для спрямування автомобіля та противаги в вал і витримує силу спрацювання механізму безпеки. Напрямні рейки простягаються по всій довжині вала.

Противага - це рухома маса, з'єднана з автомобілем через підвіску каната для створення тяги між шківом і підвісним канатом і для економії енергії шляхом балансування автомобіля. Противага важить більше, ніж порожня машина.

Компенсаційні троси – це троси, що з'єднують машину та шків в ямі. Компенсаційні канати допомагають збалансувати навантаження під час руху (крутний момент балансу), сприяють зчепленню та заощаджують енергію.

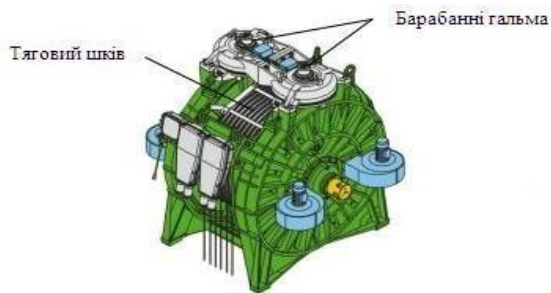


Рисунок 1.5 - Двигун і тяговий шків

Рисунок 1.6 - Напрямна рейка ліфта

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Програмований логічний контролер

Важливим у автоматизованій системі управління ліфтом є контролер – це електронний пристрій, який забезпечує обробку сигналів, прийняття рішень та управління всіма компонентами. Контролер отримує дані від датчиків, обробляє їх відповідно до заданого алгоритму, та видає команди виконавчим механізмам для маневрування кабіною ліфта [8]. Автоматизована система оснащена різноманітними датчиками, які безперервно відстежують параметри роботи ліфта - положення кабіни, швидкість, прискорення, навантаження, тиск, температуру тощо. Вся ця інформація надходить до контролера для аналізу та прийняття необхідних управляючих дій. Для безпосереднього руху кабіни ліфта використовуються спеціальні виконавчі механізми - електродвигуни, гідравлічні приводи, гальма тощо. Вони приводяться в дію сигналами від контролера, забезпечуючи плавне та точне позиціонування кабіни на потрібному поверсі.

Автоматизована система управління ліфтом забезпечує високий рівень безпеки для пасажирів. Вона постійно контролює і аналізує роботу всіх систем, негайно реагуючи на будь-які відхилення та запобігаючи можливі небезпечні ситуації. Сучасні системи безпеки та аварійного гальмування гарантують безперебійну і надійну роботу ліфта [9]. Автоматизована система управління дозволяє значно підвищити енергоефективність роботи ліфта. Вона оптимізує швидкість, прискорення та гальмування, мінімізуючи витрати електроенергії. Сенсорні панелі, голосове управління та розширені функції дистанційного доступу дозволяють пасажиром легко вибирати поверхи та відслідковувати стан ліфта. Це особливо важливо для людей з обмеженими можливостями, літніх людей та дітей.

Впровадження автоматизованої системи управління ліфтами дозволяє значно підвищити енергоефективність всього комплексу. Сучасні ліфтові системи обладнані інтелектуальними алгоритмами керування, що оптимізують

споживання електроенергії. Зокрема, система здатна визначати найбільш завантажені періоди і динамічно регулювати потужність електроприводу, уникаючи непотрібних втрат. Окрім цього, використання рекуперативного гальмування дає змогу повертати частину енергії, витраченої на піднімання, в мережу. Це досягається за рахунок перетворювачів, які змінюють напрямок потоку електричної енергії. Таким чином, автоматизована система дозволяє не лише знизити витрати на електроенергію, а й зменшити екологічний слід ліфтового господарства.

Інша технологія, яка може бути використана для керування ліфтом, — це попередньо розроблений мікроконтролер дошки. Ці плати постачаються з усім необхідним обладнанням для введення та виведення підключення до мікроконтролера. Одна з найцікавіших характеристик такого роду плат є те, що відносно легко додати нові функції, просто підключивши те, що відомо як «щити», які також є попередньо зібраними платами, які покращують основну плату Raspberry Pi. (рис. 3.1.)



Рисунок 2.1- Плата Raspberry Pi

Raspberry Pi — це недорогий комп'ютер з ОС Linux розміром із кредитну картку. Він підтримує великий список мов програмування, але найпоширенішою є Python. Він керується Broadcom. Нище наведені характеристики плати (див.табл.2.1).

Таблиця 2.1 Характеристики плати Raspberry Pi

| | |
|---------------------|----------------------------|
| Ціна | 40 € |
| Розмір | 8.6cm x 5.4cm x 1.7cm |
| Пам'ять | 1024 MB |
| Мікроконтролер | Broadcom BCM2835 |
| Частота | 900 MHz |
| Внутрішня мережа | 10/100 wired Ethernet RJ45 |
| Багатозадачність | |
| Вхідна напруга | 5 V |
| Флеш пам'ять | SD card (from 2 to 16 GB) |
| USB-порти | Four |
| Операційна система | Linux |
| Інтегрована система | Any Linux IDE |

Ліфтовий контролер має кілька типів пам'яті - оперативну для тимчасового зберігання даних, постійну для збереження програмного забезпечення та налаштувань, а також енергонезалежну пам'ять для збереження важливих параметрів навіть при відключенні живлення. Контролер забезпечує підключення до різноманітних систем будівлі, таких як SCADA, система диспетчеризації, пожежна сигналізація, тощо. Для цього він обладнаний сучасними інтерфейсами зв'язку, такими як Ethernet, CAN bus, Modbus [8].

Програмовані логічні контролери (ПЛК) відіграють ключову роль у сучасному управлінні ліфтами. Ці мікропроцесорні пристрої забезпечують надійне та ефективне керування рухом кабіни, викликами пасажирів, безпекою, а також інтеграцію з іншими системами будівлі. ПЛК дозволяють легко адаптувати та налаштовувати системи ліфтів під конкретні потреби проекту. У цьому вступному розділі ми розглянемо основні принципи функціонування програмованих логічних контролерів ліфтів, їх ключові компоненти та переваги їх застосування.

2.2 Релейний контролер (електромеханічне перемикання)

Електромеханічне реле в основному є перемикачем у ланцюзі, який керує електричним потоком і виконує логічну операцію. Прилад складається з електромагніту, який відкриває та закриває контакти. Електромеханічне реле діє як логічний елемент та можуть бути підключені для виконання логічних і керуючих функцій. Релейний автоматичний контролер (рис.2.2), використовував принцип колективного керування [9]. Саме тут механізм зупиниться при найближчому виклику в напрямку їх руху. Однак, недоліками схеми є явище, коли кілька механізмів прибувають на поверх у той самий час, що значно подовжує середній час очікування. Кількість реле також ускладнює усунення несправностей, якщо виникає проблема. Контролер на основі реле може обслуговувати простий ліфт із кількома зупинками.



Рисунок 2.2 - Релейний контролер U-Prox RM

Модуль керування зовнішніми пристроями (ліфтами) у системі U-Prox IP. 8 релейних виходів NC/NO 5A 30VDC 240VAC, 8 входів з контролером струму, 1 вхід розблокування реле, тампер, порт RS485, напруга живлення +10,5...+15,0 В, максимальний струм: не більше 250 мА. Робочий діапазон температур 0...55 °С.

2.3 Автоматизована система управління електроприводом ліфта

Контролер ліфта є центральним пристроєм автоматизованої системи управління електроприводом ліфта [10]. Він отримує сигнали від різних датчиків, аналізує їх і видає команди для керування роботою електроприводу, дверей, освітлення кабіни тощо. Контролер забезпечує плавне і безпечне переміщення кабіни ліфта між поверхами. Сучасні контролери ліфтів оснащені потужними мікропроцесорами, що дозволяє реалізовувати складні алгоритми управління. Вони також мають вбудовані модулі зв'язку, що дає можливість дистанційного моніторингу та налаштування системи.

Система базується на централізованій архітектурі, де основні функції координуються центральним контролером. Це забезпечує ефективне управління, швидке реагування та надійність роботи ліфта. Підсистеми моніторингу та контролю. Система обладнана зручним та інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом для моніторингу стану ліфта та оперативного управління його роботою. Деякі з удосконалень, які використовувалися для досягнення кращої якості та вдосконалення ліфта системи можуть винагородити велику різницю в робочих лініях, використовуючи надійні компоненти, щоб працювати роками без будь-яких пошкоджень, повторно застосував нове програмування, коли це було необхідно, у простий спосіб, більша точність у роботі, набагато менше час для відповіді та простота обслуговування.

Автоматизована система управління ліфтом складається з низки ключових компонентів, які працюють злагоджено для забезпечення ефективного та надійного контролю над ліфтовим обладнанням. Серцем системи є програмований логічний контролер PLC 154 (рис. 2.3), який отримує дані від різноманітних датчиків та здійснює централізоване управління рухом ліфта, реагуючи на виклики пасажирів, завантаження кабіни та інші фактори, характеристики якого представлені в таблиці 2.3. Важливими складовими системи є також приводи, що приводять в дію механізми ліфта, та інтерфейси

для взаємодії з пасажирями - панелі керування всередині кабіни та на поверхах.



Рисунок 2.3 - Контролер PLC 154

Інтелектуальні алгоритми маршрутизації та планування руху дозволяють оптимізувати переміщення ліфта, мінімізуючи час очікування пасажирів та енергоспоживання. Крім того, система містить модулі моніторингу та діагностики для відстеження стану обладнання та своєчасного виявлення несправностей.

Таблиця 2.3 Характеристики контролера PLC 154

| | |
|--|--|
| Центральний процесор | 32-розрядний RISC-процесор 200 МГц на базі ядра ARM9 |
| Об'єм оперативної пам'яті | 8 МВ |
| Об'єм енергонезалежної пам'яті зберігання ядра | 4 МВ |
| Розмір Retain-пам'яті | 4 КВ |
| Час виконання циклу ПЛК | Мінімальний 250 мкс (нефіксований), типовий від 1 мс |

2.4 Основні принципи функціонування програмованих логічних контролерів ліфтів

Сучасні контролери використовують багатоядерні процесори, що забезпечують швидку та надійну обробку інформації навіть при великому навантаженні. Програмований логічний контролер ліфта працює на основі циклу "введення обробка-виведення", постійно моніторячи та реагуючи на зміни в системі. Він отримує сигнали від різноманітних датчиків, таких як кнопки виклику на поверхах, дверні контакти, датчики положення кабіни, та

обробляє їх відповідно до алгоритмів, закладених у його програмне забезпечення. На основі отриманих даних, ПЛК приймає рішення щодо керування рухом ліфта - він дає команди на пуск двигуна, відкриття/закриття дверей, зупинку на поверсі тощо. При цьому він постійно контролює стан системи, забезпечуючи безпечну та ефективну експлуатацію ліфта.

Програмування контролера ліфта вимагає розроблення спеціалізованого програмного забезпечення, яке визначає логіку роботи системи управління рухом кабіни, викликами пасажирів, режимами безпеки та аварійними ситуаціями. Програмісти використовують спеціалізовані середовища розробки, які дозволяють зручно створювати, налагоджувати та завантажувати програми до контролера. Програмний код контролера повинен точно відповідати підключеним датчикам, кнопкам, двигунам та іншим пристроям.

Найскладніша частина програмування контролера - розробка алгоритмів управління рухом кабіни, обслуговуванням викликів, реагуванням на нештатні ситуації. Інженери створюють логічні схеми, враховуючи численні фактори, нормативи безпеки та комфорт пасажирів для забезпечення оптимального функціонування ліфта. Після написання програмного коду, інженери проводять всебічне тестування контролера в лабораторних умовах. Вони імітують різноманітні сценарії роботи, перевіряють реакцію на аварійні ситуації, оптимізують параметри та алгоритми. Лише після успішного тестування програма завантажується до контролера(рис.2.4), встановленого на об'єкті, для запуску в експлуатацію.



Рисунок 2.4 - Контролер системи управління ліфтом ARL-500

Безпека та надійність функціонування ліфтового контролера є ключовими

вимогами для забезпечення безпечного перевезення пасажирів та вантажів [9].

Сучасні контролери оснащені розвинутими системами діагностики, самоконтролю та резервування, які дозволяють миттєво реагувати на будь-які нештатні ситуації. Контролер постійно моніторить стан датчиків, виконавчих механізмів та пристроїв безпеки, негайно виявляючи та нейтралізуючи несправності чи загрози.

2.5 Блок схеми апаратних засобів рівнів системи.

Вибір апаратних засобів всіх рівнях управління. Варіант принципової схеми з'єднання між апаратними блоками системи (рис.2.5).

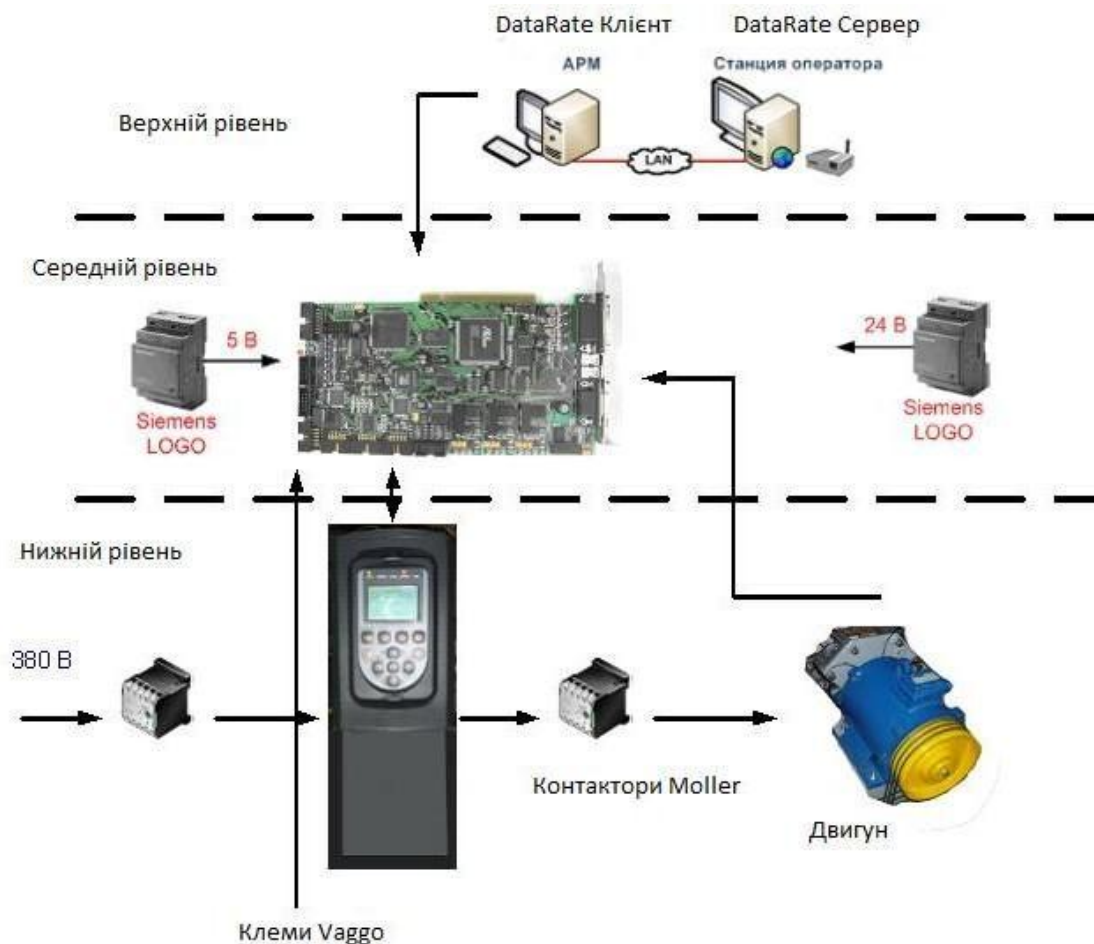


Рисунок 2.5 – Блок-схема з'єднання апаратних засобів рівнів управління

3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1. Автоматизований електропривід ліфта

Ліфти є невід'ємною частиною сучасних будівель, забезпечуючи швидке та зручне пересування між поверхами. Автоматизований електропривід дозволяє забезпечити плавний, безпечний і надійний рух ліфтової кабіни, підвищуючи комфорт користувачів. Ця система використовує електричні двигуни, датчики і контролери для автоматичного управління всіма функціями ліфта без необхідності постійного нагляду оператора. Завдяки цьому технологія набула широкого поширення в новобудовах, підвищуючи комфорт та безпеку пересування на вертикальних транспортних будівлях. В основі цього процесу лежить електродвигун, що приводить в рух канати, які піднімають і опускають кабіну [21].

Система управління постійно контролює швидкість і положення кабіни, регулюючи потужність електродвигуна для забезпечення плавного старту, зупинки та зміни напрямку руху. Крім електродвигуна, важливими елементами автоматизованого електроприводу ліфта є тягові канати, противаги, гальма, гальмівні колодки, а також системи безпеки, такі як датчики положення, дверні замки та аварійні вимикачі. Усі ці компоненти працюють в узгодженій взаємодії, дозволяючи ліфту рухатись точно за заданим маршрутом та зупинятися на необхідних поверхах. Основними режимами роботи є:

- **Руховий режим** для переміщення кабіни ліфта, режим зупинки та режим утримання кабіни на поверсі. У руховому режимі електропривід забезпечує плавний розгін, плавну зупинку та точне позиціонування кабіни на необхідному поверсі. Режим зупинки дозволяє надійно утримувати кабіну на поверсі під час посадки та висадки пасажирів.
- **Режим утримання** призначений для підтримки кабіни на поверсі у разі відсутності пасажирів або необхідності тривалої зупинки.

Під автоматизованим електроприводом розуміють електромеханічну систему, яка складається з передавального, перетворювального,

електрорухового пристрою, які служать для того, щоб привести виконавчі механізми у рух, а також керувати ними. Важко собі уявити, яке сучасне виробництво, у кожній галузі техніки, де чинним механізмом не є автоматизований електропривід. Головне завдання, за допомогою автоматизованого електроприводу, забезпечити оптимальний режим роботи машини, щоб досягти найбільшої продуктивності. Виділяють три основні елементи (рис 3.1) автоматизованого електроприводу:

- Механічна частина приводу, яка служить для включення механізму, а також пристрою, який передає механічну енергію до робочого органу машини для посилення крутного моменту;
- Електро-руховий пристрій служить для того, щоб перетворювати механічну енергію на електричну і навпаки;
- Система управління, що складається з різних перетворювачів, датчиків зворотного зв'язку.

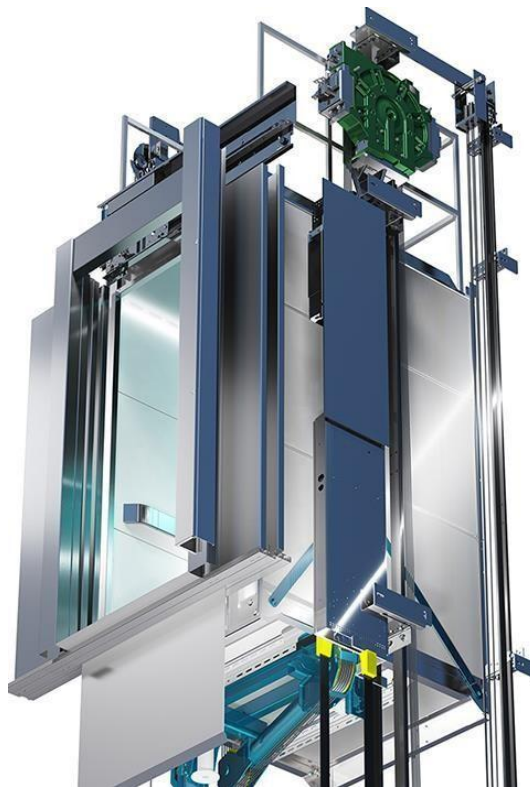


Рисунок 3.1 - Розміщення елементів автоматизованого електроприводу

Електропривід ліфта є ключовим компонентом автоматизованої системи управління [10]. Він забезпечує плавне та точне переміщення кабіни ліфта між поверхами, гарантуючи безпечну та комфортну поїздку. Сучасні

електроприводи ліфтів використовують високотехнологічні двигуни змінного струму, які дозволяють точно контролювати швидкість, прискорення та гальмування кабіни. Ці двигуни мають надійні гальмівні системи, що швидко зупиняють ліфт у випадку аварії або втрати живлення. Особливу увагу при проектуванні електроприводу приділяють енергоефективності.

3.2. Автоматизована система та безпека управління електроприводом

Автоматизована система управління електроприводом ліфта приділяє особливу увагу питанням безпеки. Вона оснащена багатьма системами, що запобігають аваріям та нещасним випадкам. Датчики руху, швидкості, перевантаження та температури постійно контролюють роботу ліфта, миттєво реагуючи на будь-які відхилення від норми. На випадок збоїв чи відключення електроенергії, ліфт обладнаний автономною системою живлення та дублюючими механізмами. Це гарантує безпечну евакуацію пасажирів навіть в аварійних ситуаціях [19].

Постійний моніторинг стану всіх вузлів дозволяє вчасно виявляти та усувати несправності. Для забезпечення додаткового рівня безпеки, система управління ліфтом може бути інтегрована з системою контролю доступу будівлі. Це дозволяє обмежувати несанкціонований доступ на певні поверхи або керувати викликом ліфта відповідно до профілю користувача. Діагностика та оптимізація системи діагностики постійно аналізують поточний стан всіх компонентів ліфта та надають звіти обслуговуючому персоналу. Це дозволяє вчасно проводити технічне обслуговування та заміну зношених деталей. Така наскрізна система контролю підвищує надійність та ефективність роботи ліфта.

Автоматизовані системи управління ліфтами здатні ефективно взаємодіяти з іншими інженерними системами будівлі, забезпечуючи підвищення загальної ефективності та комфорту експлуатації всього комплексу.

Однією з важливих функцій інтегрованої системи є зв'язок з системами пожежної безпеки. У випадку пожежної тривоги автоматизована система ліфтового управління забезпечить безпечну евакуацію людей, перенаправляючи

ліфти на поверх виходу та блокуючи їх роботу до ліквідації надзвичайної ситуації.

Інтеграція з системами освітлення, клімат-контролю та інженерними мережами будівлі дозволяє оптимізувати енергоспоживання, підвищуючи загальну енергоефективність. Дані про завантаженість ліфтів та їх поточний стан можуть бути використані для адаптивного управління іншими системами, наприклад, для перерозподілу теплових навантажень чи налаштування режиму освітлення. Об'єднання ліфтової системи з системою доступу та безпеки будівлі дозволяє реалізувати додаткові функції, такі як обмеження доступу до певних поверхів, розпізнавання користувачів чи віддалений моніторинг ситуації.

3.3 Розрахунок та вибір силового обладнання регульованого електроприводу

Реалізація сучасних регульованих електроприводів вимагає ретельного вибору та розрахунку силового обладнання, яке забезпечить надійну та ефективну роботу всієї системи. Цей процес є комплексним та багатофакторним, оскільки необхідно врахувати різноманітні технічні, економічні та експлуатаційні вимоги. Регульований електропривід являє собою складну електромеханічну систему, що складається з двигуна, керуючого перетворювача частоти та додаткового обладнання. Основним принципом роботи такого приводу є можливість плавної зміни швидкості обертання двигуна шляхом регулювання частоти та напруги живлення. Це дозволяє забезпечити високий ККД, економію електроенергії та покращити контроль над технологічним процесом.

Основними характеристиками регульованого електроприводу є: широкий діапазон регулювання швидкості, плавність керування, точність підтримання задаваної швидкості, високий пусковий момент, можливість реверсування, підвищена надійність та простота експлуатації. Використання перетворювачів частоти дозволяє реалізувати функції автоматичного пуску, зупинки, захисту від перевантажень та аварійних ситуацій. Правильний вибір двигуна є

ключовим фактором для ефективної роботи регульованого електроприводу. При розрахунку потужності та моменту двигуна необхідно враховувати кілька важливих параметрів, таких як навантаження, оберти, гальмування та інші технічні вимоги до приводу.

3.4 Розрахунок потужності двигуна та попередній його вибір

Вибір двигуна для регульованого електроприводу є ключовим етапом у створенні ефективної та надійної системи керування. При виборі двигуна необхідно враховувати низку факторів, таких як потужність, момент обертання, діапазон частот обертання, перевантажувальна здатність, енергетична ефективність та габарити. Важливо підібрати двигун, який забезпечить необхідні експлуатаційні характеристики та буде сумісним з обраним перетворювачем частоти. У регульованому електроприводі найчастіше застосовуються асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором або двигуни постійного струму. Вони мають добрі регульовальні характеристики, високу надійність та широкий діапазон регулювання швидкості. Для забезпечення високої точності регулювання у відповідальних застосуваннях можуть використовуватися синхронні двигуни або двигуни з постійними магнітами, які мають більш досконалі характеристики.

При виборі двигуна необхідно також врахувати місце його експлуатації, робочий режим та умови навколишнього середовища [20]. Правильний вибір двигуна дозволить забезпечити надійну, енергоефективну та довговічну роботу регульованого електроприводу. На (рис. 3.2) показано кінематичну схему механізму підйому пасажирського ліфта.

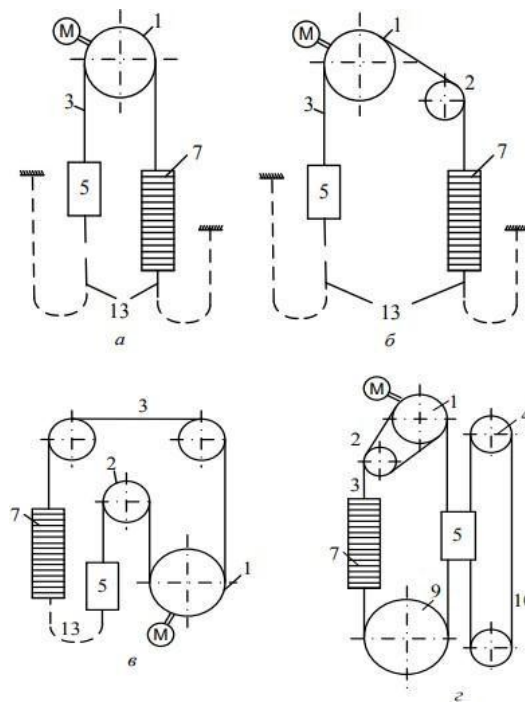


Рисунок 3.2 - Кінематична схема підйому ліфта

При високих розмірах кабіни та її противагах з'являються проблеми розміщення кабіни та її противаги у шахті. Для збільшення сили тертя між шківом і канатами застосовують кінематичну схему з подвійним обхватом канатів на шківі.

Знайдемо час розгону до робочої швидкості:

$$T_p = \frac{V_p}{a_{доп}} = \frac{1}{1} = 1c$$

Шлях який буде пройдений за час t:

$$L_p = a_{доп} \cdot \frac{t_p^2}{2} = 1 \cdot \frac{1^2}{2} = 0.5m$$

Шлях, пройдений ліфтом між двома сусідніми поверхами, знайдемо як:

$$L = \frac{H}{N} = \frac{54}{9} = 6m$$

Шукаємо шлях, пройдений ліфтом між двома сусідніми поверхами коли швидкість встановилася:

$$L_{роб.} = L - L_0 = 6 - 0.5 = 5.5m$$

Час роботи коли встановилася робоча швидкість:

$$t_{уст.} = \frac{L_{роб.}}{V_{роб.}} = \frac{5.5}{1} = 5.5c$$

Час паузи дорівнює $t_{ост.} = 6c$

Час циклу шукаємо як:

$$T_{ц} = t_p + t_{уст.} + t_m + t_{ост.} = 1 + 5.5 + 1 + 6 = 13.5c$$

Знаходимо розрахункову тривалість включення:

$$ПВр = \frac{(t_p + t_{уст.} + t_m)}{T_{ц}} = \frac{(1 + 5.5 + 1)}{13.5} = 0.556$$

З цієї формули випливає, що режим роботи ліфта повторно короткочасний. Значить, номінальний режим S3. Навантаження ліфта є потенційним. Для різних режимів роботи ліфта статичні моменти ми знаходимо за загальною формулою:

$$M_{c1np.} = \frac{(G_k + K1 * G_2 - G_{np}) * 10^3 * R}{(n - 1)}$$

R – радіус барабана;

η - КПД черв'ячного редуктора;

1. Підйом кабіни з вантажем:

$$M_{c3np.} = \frac{(G_k + K1 * G_2 - G_{np}) * 10^3 * R}{(n * i)} = \frac{(2101 + 0.85 * 4775 - 3820) * 0.4}{(20 * 0.6)} = 78H * м$$

2. Підйом кабіни без вантажу:

$$M_{c2np.} = \frac{(-G_k + G_{np}) * 10^3 * R}{(n * i)} = \frac{(-2101 + 3820) * 0.4}{(20 * 0.55)} = 62.5H * м$$

3. Спуск кабіни з вантажем

$$M_{c1np.} = \frac{(G_k + K1 * G_2 - G_{np}) * 10^3 * R}{(n * i)} = \frac{(2101 + 0.85 * 4755 - 3820) * 0.4}{(20 * 0.55)} = 84.5H * м$$

4. Спуск кабіни без вантажу

$$M_{cnp.} = \frac{(-G_k + G_{np}) * 10^3 * R}{(n * i)} = \frac{(-2101 + 3820) * 0.4}{(20 * 0.6)} = 57.3H * м$$

З даних розрахунків видно, що найбільший момент має M_{c3np} . З цього випливає, що найважчий режим є спуск kabini з вантажу. Побудуємо навантажувальну діаграму (рис. 3.3).

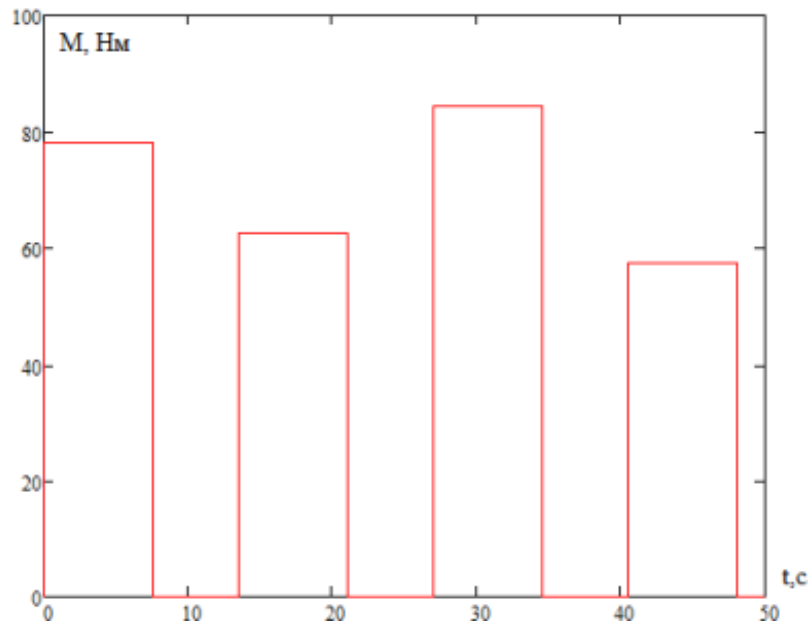


Рисунок 3.3 - Статична навантажувальна діаграма

Визначимо еквівалентне значення моменту за цикл:

$$M_c = \frac{M_{c1np^2} * t_1 + M_{c2np^2} * t^2 + M_{c3np^2} * t^3 + M_{c4np^2} * t^4}{4 * T_{ц}} =$$

$$\frac{78^2 * 7.5 + 62.5^2 * 7.5 + 84.5^2 * 7.5 + 57.3^2 * 7.5}{13.5 * 4} = 53.3 \text{ Нм}$$

Визначимо потужність розрахункової електродвигуна :

$$P_{роз} = \omega * M_c \sqrt{\frac{ПВ}{ПВ_{см}}} = 104.4 * 53.3 \sqrt{\frac{0.556}{0.6}} = 5.4 \text{ Вт}$$

Вибираємо двигун типу А132М6 (рис 3.4) за даними таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Технічні характеристики електродвигуна А132М6.

| Параметр | Значення |
|--------------------------------------|----------|
| Потужність,кВт | 7,5 |
| Номінальна напруга,Вт | 380 |
| Ковзання,% | 4 |
| Кратність пускового моменту | 2,8 |
| Кратність максимального моменту | 2,7 |
| Момент інерції,кг*м ² | 0,038 |
| Номінальна швидкість обертання,об/хв | 960 |
| Номінальний струм,А | 17,5 |
| Пусковий струм,А | 113,8 |
| Коефіцієнт корисної дії | 0,845 |
| cosφ | 0,77 |



Рисунок 3.4 - Електродвигун А132М6

3.5 Електроустаткування. Вибір перетворювального пристрою для системи регульованого електроприводу.

Зробимо вибір перетворювача за напругою, потужністю та струмом [10]. Виходячи з отриманих даних, виберемо перетворювач ESQ 9000-0744, з параметрами, що представлені у (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 Параметри ESQ 9000-0744

| | |
|--|-----|
| Потужність перетворювача,кВА | 7,5 |
| Потужність електродвигуна,кВт | 7,5 |
| Вихідний номінальний струм,А | 20 |
| Споживаєма потужність,кВА | 9,2 |
| Допустимий час втрати живлення напруги | 2 |

Визначення витрати електроенергії за цикл роботи, середньо циклових значень ККД та коефіцієнта потужності електроприводу:

Визначимо потужність споживаної двигуном з мережі:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{7.5}{0.845} = 8.876 \text{ кВт}$$

Знаходимо електроенергію, що споживається двигуном із мережі за 1 годину роботи:

$$W_1 = \frac{P_1}{T} = \frac{8.876}{1} = 8.876 \text{ кВт*год}$$

3.6 Розрахунок статичних та динамічних характеристик для розімкнених систем регульованого електроприводу

Виходячи із схеми заміщення АТ (рис.3.6), вирази для побудови механічних та швидкісних характеристик будуть наступні:

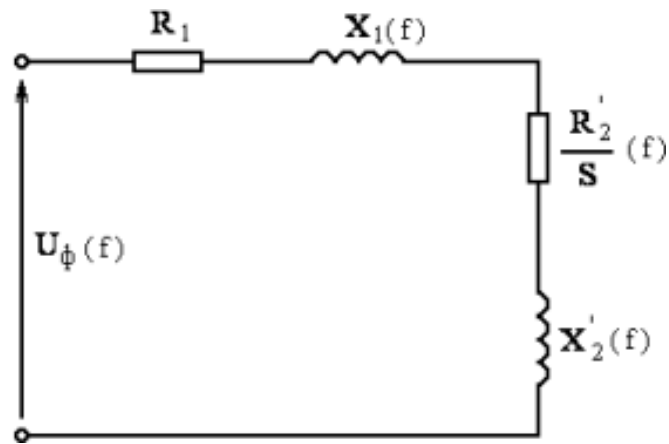


Рисунок 3.5 - Схема заміщення АД з коротко замкнутим ротором.

Візьмемо такі формули для визначення відсутніх параметрів схеми заміщення:

Номінальне ковзання: $S_{ном} = 0.04$;

Критичне ковзання:

$$S_k = S_M * (\lambda_M + \sqrt{\lambda_M^2 - 1}) = 0.004 * (2.7 + \sqrt{2.7^2 - 1}) = 0.208$$

Індуктивний фазний опір короткого замикання:

$$x_k = \sqrt{\frac{R_2^2}{S_k^2} - R_1^2} = \sqrt{\frac{0.507^2}{0.208^2} - 4.19^2} = 4.19 \text{ Ом}$$

Швидкісні характеристики отримуємо, спираючись на вираз для струму I. Після того, як зробимо розрахунки швидкісної характеристики отримані дані наведемо у табл. 3.6.

$$I_2 = \frac{U_\phi(f)}{\sqrt{R_1 + \frac{R_2^2}{S(f)} + (x_k * f)^2}}$$

де $S(f)$ – це ковзання при заданій частоті, яка знаходиться по наступною формулою:

$$S(f) = \frac{\omega_0 * f * (-\omega_0)}{\omega_0 * f}$$

$\omega_{0н}$ - номінальна швидкість обертання;

f - задана частота напруги живлення;

f - частота, що змінюється;

Після того, як підставимо, отримаємо вираз швидкісної характеристики:

$$M = \frac{3 \cdot (U_{\text{фном.}} \cdot \sqrt{f})^2 \cdot \frac{R_2 \cdot \omega_0 \cdot f}{\omega_0 \cdot f - \omega}}{\omega_0(f) \cdot \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2 \cdot \omega_0 \cdot f}{\omega_0 \cdot f - \omega}\right)^2 + (x_k \cdot f)^2}}$$

$$\omega_{0n} = 105 \text{ (рад/с);}$$

Підставляючи різні значення частоти напруги живлення $10 \leq f \leq 50$ і швидкості від 0 до $\omega_0(f)$ отримаємо значення моменту для швидкісних характеристик на різних частотах (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 Значення моменту для швидкісних характеристик при різних

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10 | ω | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 85 | 95 | 104 |
| | Гц | I_2' | 51,05 | 50,78 | 50,44 | 49,83 | 48,68 | 46,12 | 41,86 | 30,66 |
| 20 | ω | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| | Гц | I_2' | 56,14 | 55,87 | 55,43 | 54,77 | 53,71 | 51,96 | 48,54 | 40,33 |
| 30 | ω | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| | Гц | I_2' | 62,88 | 62,04 | 60,71 | 58,45 | 54,13 | 50,22 | 43,84 | 33,07 |
| 40 | ω | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| | Гц | I_2' | 71,02 | 69,74 | 68,05 | 65,66 | 62,33 | 57,28 | 49,16 | 35,46 |
| 50 | ω | 0 | 4 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| | Гц | I_2' | 74,77 | 69,82 | 62,73 | 58,02 | 52,18 | 44,86 | 35,54 | 23,78 |

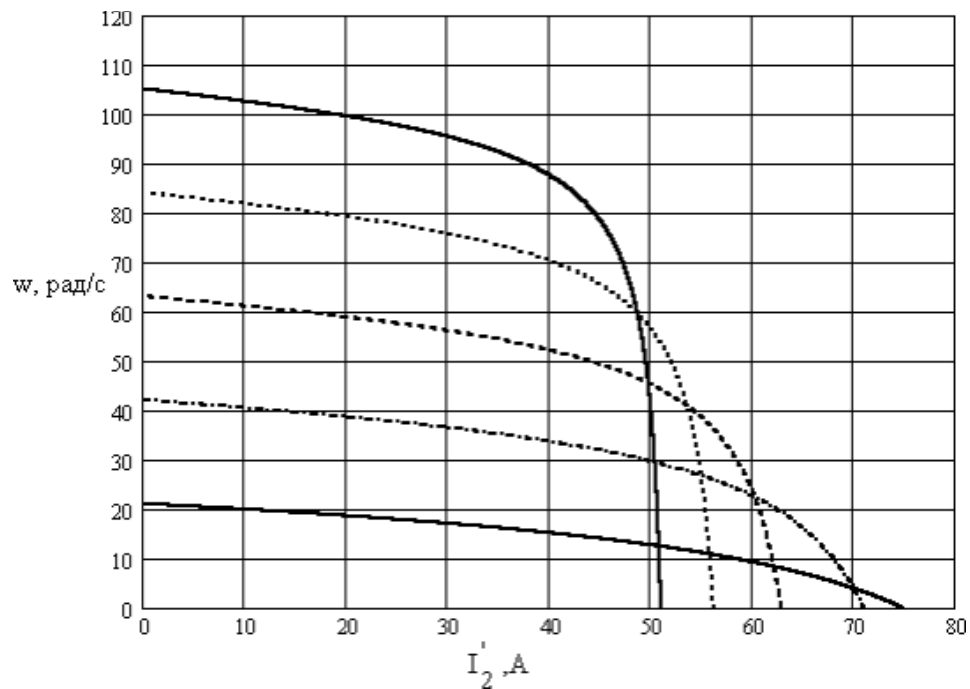


Рисунок 3.6 - Швидкісні характеристики на різних частотах

Вирази для моменту АТ, після того, як в нього поставимо значення параметрів частоти напруги живлення, буде мати наступний вигляд:

$$M = \frac{3 \cdot U \phi^2(f) \cdot \frac{R2}{S(f)}}{\omega_0(f) \cdot \sqrt{\left(R1 + \frac{R2}{S(f)}\right)^2 + x^2 \kappa(f)}}$$

Остаточний вид висловлювання для побудови механічної характеристики наступний:

$$M = \frac{3 \cdot (U_{\text{фном.}} \cdot \sqrt{f})^2 \cdot \frac{R2 \cdot \omega_0 \cdot f}{\omega_0 \cdot f - \omega}}{\omega_0(f) \cdot \sqrt{\left(R1 + \frac{R2 \cdot \omega_0 \cdot f}{\omega_0 \cdot f - \omega}\right)^2 + (x\kappa \cdot f)^2}}$$

3.7 Складання силової схеми регульованого електроприводу

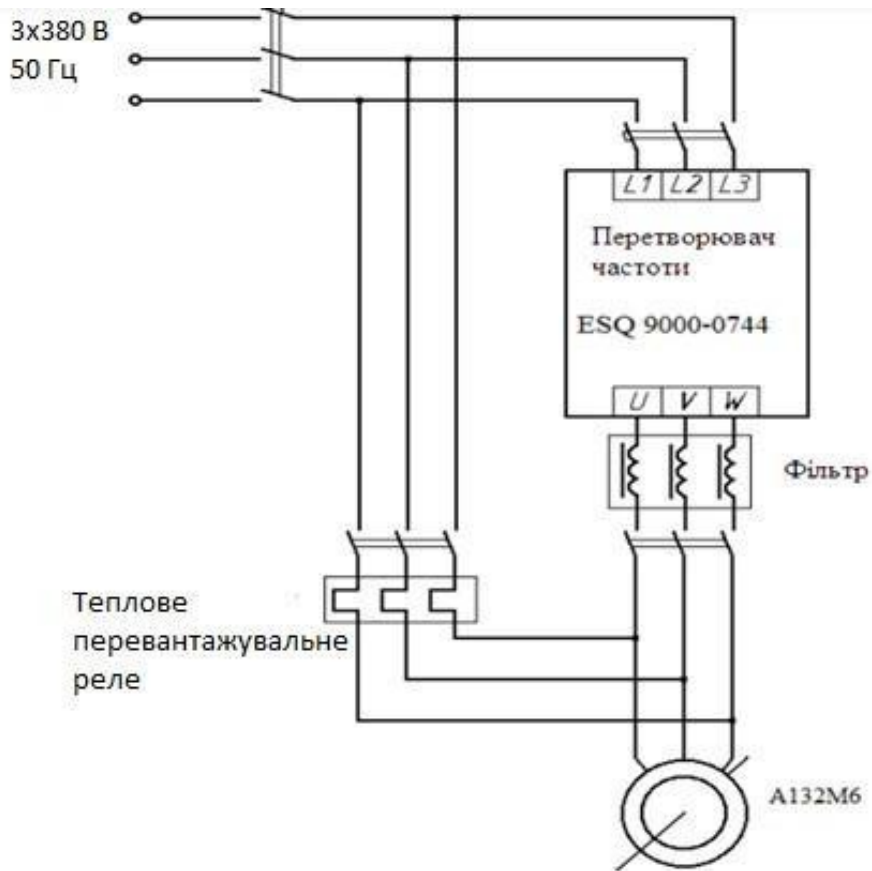


Рисунок 3.7 - Силова схема електроприводу

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІАЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління електроприводу ліфта

Охорона праці розглядає проблеми забезпечення здорових і безпечних умов праці. Виявляє і вивчає можливі причини нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж і розробляє систему заходів і вимог з метою виключення цих причин і створення безпечних і сприятливих для людини умов праці.

Завдання охорони праці є зведення до мінімуму імовірності пошкодження або захворювання працівників з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Навчання працівників безпеці праці проводять відповідно до вимог, який встановлює порядок і види навчання. На всіх підприємствах і в організаціях незалежно від характеру і ступеню небезпеки виробництва проводять навчання працівників.

Контроль за своєчасним і якісним навчанням виконує відділ охорони праці чи інженер з охорони праці, або ІТП, на якого наказом керівника підприємства покладено ці обов'язки. Організацію навчання та перевірку знань з питань охорони праці працівників, у тому числі під час професійної підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації на підприємстві здійснюють працівники служби кадрів або інші спеціалісти, яким роботодавцем доручена організація цієї роботи, проводиться згідно «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (далі - Типове положення) встановлює порядок навчання та перевірки знань з питань охорони праці посадових осіб та інших працівників у процесі трудової діяльності, а також учнів, курсантів, слухачів та студентів навчальних закладів під час трудового і професійного навчання [14].

Вступний інструктаж з усіма, хто поступає на роботу незалежно від їх освіти і стажу роботи по даній професії, проводить інженер з охорони праці за програмою, затвердженою головним інженером підприємства, про проведення вступного інструктажу з обов'язковим підписом того, хто проводив інструктаж і того, хто його отримував.

Початковий інструктаж на робочому місці проводять при прийомі на роботу нових робітників за інструкцією з охорони праці, розробленою для окремих професій або видів робіт. Всі робітники після цього інструктажу і перевірки знань 2-5 змін (залежно від навичок і стажу роботи) працюють під наглядом бригадира чи майстра, потім оформляється допуск до їх самостійної праці.

Повторний інструктаж проходять всі працівники незалежно від кваліфікації, освіти і стажу роботи через три місяці. Його проводять з метою перевірки знання робітниками правил і норм з охорони праці.

Позаплановий інструктаж проводять коли змінилися правила охорони праці або технологічний процес, обладнання, інструмент та інші фактори, що впливають на безпеку праці; коли працівники порушують правила охорони праці, що можуть призвести чи призвели до травм, аварій чи пожежі, вибуху. Його проводять індивідуально чи з групою робітників однієї професії за програмою початкового інструктажу на робочому місці.

Умови праці мають велике значення практично для всіх виробничих показників - продуктивності праці, якості робіт, безпеки працівників та інше. Санітарно-гігієнічні умови праці характеризуються показниками виробничого середовища - рівнем освітлення, мікрокліматичними параметрами, загазованістю і запиленістю повітряного середовища, рівнем шуму і вібрації, наявністю іонізуючого випромінювання та інше.

4.2 Вимоги до електроприводу та пожежної безпеки

Електричні установки, з якими доводиться мати справу практично всім працюючим для встановлення та налагодження засобів автоматизації,

виявляють для людини велику потенційну небезпеку, яка збільшується у зв'язку з тим, що органи чуття людини не можуть на відстані виявити присутність електричної напруги на обладнанні.

Степінь ураження електричним струмом залежить від цілого ряду факторів: значення сили струму, електричного опору тіла людини та тривалості протікання через неї струму, виду та частоти струму, індивідуальних властивостей людини та умов навколишнього середовища.

Конструкція електроустановок має відповідати умовам їх експлуатації та забезпечувати захист персоналу від дотику з струмоведучими та рухомими частинами, а обладнання - від попадання всередину сторонніх твердих тіл та води.

Конструкція, вид виконання, спосіб встановлення, клас ізоляції застосовуваних провідників, кабелів, пристроїв та іншого електрообладнання відповідають вимогам електробезпеки. За ступенем ураження людей електричним струмом котельня відноситься згідно ПУЕ 1.1.13 до категорії приміщень з підвищеною небезпекою (висока температура, можливість одночасного дотику до металевих елементів технологічного обладнання або металоконструкцій будинку та металевих корпусів електрообладнання).

У нормальному режимі роботи обладнання - можливість ураження працівників електричним струмом виключена. Але на випадок аварії для запобігання ураження струмом людей передбачене захисне заземлення.

При виконанні монтажних робіт використовуються переносні електроінструменти (електродрилі, електрошліфувальні установки). Для забезпечення безпечної праці корпуси однофазних електроприймачів повинні занулюватись.

Захист людини від ураження електричним струмом в мережах з зануленням здійснюється тим, що при замиканні одної з фаз на занулений корпус в ланці цієї фази виникає струм короткого замикання, що діє на струмовий захист (плавкий запобіжник, автомат), в результаті чого відбувається відключення аварійної ділянки від мережі.

До спрацювання захисту струм короткого викликає перерозподіл напруги в мережі, що приводить до зниження напруги корпусу відносно землі. Таким чином, занулення зменшує напругу дотику та обмежує час, на протязі якого людина, що доторкнулася до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Для того, щоб забезпечити швидке (на протязі декількох секунд) відключення аварійної ділянки, струм короткого замикання повинен бути достатньо великим. Відповідно до вимог ПУЕ струм короткого замикання повинен не менше ніж в три рази перевищувати номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника або номінальний струм нерегульованого розчеплювача автоматичного вимикача. При використанні автоматичних вимикачів, що мають тільки електромагнітний розчіплювач (відсічку), струм короткого замикання повинен перевищувати значення струму встановлення миттєвого спрацювання в 1,25-1,4 рази в залежності від номінального струму.

В однофазних електроприймачів, що включені між фазним та нульовим робочим проводами, занулення корпусів слід виконувати з допомогою окремого (третього) провідника, який повинен з'єднувати корпус електроприймача з нульовим захисним проводом. В таких випадках під'єднувати корпуси електроприймачів для забезпечення електробезпеки до нульового робочого проводу недопустимо, оскільки при його розриві (перегоранні запобіжника) всі під'єднані до нього корпуси виявляться під фазною напругою відносно землі.

В мережі з зануленням недопустимо використовувати заземлення окремих електроприймачів, не під'єднавши їх перед цим до нульового захисного провідника. В цьому випадку при замиканні фази на заземлений, але не приєднаний до нульового захисного провідника корпус створюється коло струму через заземлення цього корпусу та заземлення нейтралі джерела струму. Такий випадок небезпечний, оскільки засоби захисту не зможуть

відключити такий електроприймач через мале значення струму і тому небезпечна напруга на всіх корпусах може зберігатися тривалий період, поки заземлений приймач не буде відключений вручну.

Якщо занулений корпус одночасно заземлений, то це тільки покращує умови безпеки, оскільки забезпечує додаткове заземлення нульового захисного проводу.

Для ізоляції людини від частин електроустановок, що знаходяться під напругою, використовуються основні та допоміжні ізолюючі засоби, а саме слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками, ізолюючі підставки.

Працівникам рекомендовано носити одягу з природних матеріалів або з комбінованих - природних і штучних волокон.

Пожежна безпека організацій та підприємств, у яких використовуються електроустановки, забезпечується шляхом здійснення організаційно-технічних та інших заходів з попередження виникнення пожеж, зменшення можливих матеріальних збитків, забезпечення безпеки людей, зниження негативних екологічних наслідків, створення умов для успішного гасіння пожеж та швидкого виклику пожежних підрозділів, а також евакуації з території виникнення та ймовірного розповсюдження пожежі людей, матеріальних цінностей і документів.

Система для контролю пожежної безпеки передбачає використання блоків живлення для подачі напруги необхідного рівня. Таке електрообладнання при неналежному нагляді, наприклад, при короткому замиканні, може стати епіцентром спалаху. При виникненні пожежі можна виділити два методи, які застосовуються для гасіння електроустановок: – гасіння електроустановок відведених від напруги мережі; – гасіння електроустановок, які знаходяться під напругою.

Електроустановки повинні бути під'єднані до заземлення з гнучкого мідного голого провідника, який підключається до заземлених конструкцій. Місця підключення до заземлених конструкцій, які визначаються фахівцями енергетичних об'єктів разом з представниками гарнізону пожежної охорони,

вносяться до графічної частини плану пожежогасіння та позначаються знаком заземлення. .

Випробування електрозахисного обладнання виконується енергетичним об'єктом в установленому порядку . У разі виникнення пожежі на електроприводі особа, яка першою виявила факт загорання, повинна негайно повідомити відповідальних за пожежну безпеку осіб та керівника для уникнення подальшого загорання.

Гасіння електрообладнання під напругою із застосуванням ручних стволів повинне виконуватися за умови:

- застосування ефективних прийомів і способів подачі в зону горіння вогнегасних речовин;
- дотримання електробезпечних відстаней від електрообладнання, яке знаходиться під напругою, до пожежників, які використовують ручні пожежні стволи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі проведений розрахунок потужності та вибір силового обладнання регульованого електроприводу. Передумовою проектування є порівняльний аналіз існуючих системи керування роботою ліфта, на основі яких вказано актуальність проектування. Першим етапом проектування є проектування схемотехнічне в якому розроблено структурну схему системи керування роботою ліфта та спроектовано і пораховано схему електричну принципову.

Другим етапом проектування є конструювання автоматизованої системи керування роботою ліфта, де на базі схеми електричної принципової та розрахунків електричних вузлів було обґрунтовано вибір елементної бази та розрахунок і забезпечення вимог по надійності.

При високих розмірах кабіни та її противагах з'являються проблеми розміщення кабіни та її противаги у шахті. Для збільшення сили тертя між шківом і канатами застосовують кінематичну схему

Контролер забезпечує плавне і безпечне переміщення кабіни ліфта між поверхами. Сучасні контролери ліфтів оснащені потужними мікропроцесорами, що дозволяє реалізовувати складні алгоритми управління. Вони також мають вбудовані модулі зв'язку, що дає можливість дистанційного моніторингу та налаштування системи.

При виборі двигуна необхідно також врахувати місце його експлуатації, робочий режим та умови навколишнього середовища. Правильний вибір двигуна дозволить забезпечити надійну, енергоефективну та довговічну роботу регульованого електроприводу.

Впровадження автоматизованої системи управління ліфтами дозволяє значно підвищити енергоефективність всього комплексу. Сучасні ліфтові системи обладнані інтелектуальними алгоритмами керування, що оптимізують споживання електроенергії. Зокрема, система здатна визначати найбільш завантажені періоди і динамічно регулювати потужність електроприводу, уникаючи непотрібних втрат.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 3552 – 97 Ліфти пасажирські та вантажні. Терміни та визначення. – Чинний з 01.07.1998. – К.: Держбуд України, 1997.
2. Правила будови й безпечної експлуатації ліфтів. ДНАОП 0.00 - 1.02 - 99. - К.: Форт Лтд, 1999. - 270 с.
3. Загальні відомості про ліфти й основи їхнього розрахунку. URL: <http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/ptm/2020/Конспект%підйомники.pdf> (дата звернення: 15.03.2024).
4. Будова ліфта. URL: <https://masterlift.com.ua/budova-lifta.html> (дата звернення: 15.03.2024).
5. Диспетчеризація ліфтового обладнання. URL: <http://rina.pro/napravleniya-deyatelnosti/sistemy-avtomatizacii/dispetcherizaciyaliftov> (дата звернення: 15.03.2023).
6. Система диспетчеризації АСУД-248. URL: <http://vysota.tv/modulevariations/dispetcherizaciy-liftov/asud-248.html> (дата звернення: 20.03.2024).
7. Система диспетчеризації СЛДКС-1. URL: <http://www.mnppsatur.ru/?sysid=10&topicid=3> (дата звернення: 20.03.2023).
8. Блоки контролю ліфтові. URL: <https://liftportal.com.ua/ua/lifti-ta-eskalatori/systemy-dyspetcheryzatsiyi-ob/liftovibloky.html> (дата звернення: 20.03.2024).
9. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Програмовані контролери. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11- 8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
10. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Е Автоматизований електропривід. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11- 11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
11. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека ліфтових систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.

12. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Ліфтова система навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка».

13. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль.

14. Типове положення про порядок проведення навчання та перевірку знань з питань охорони праці. (від 26.01.2005 р., № 15, із змінами від 30.01.2017 р., № 140 – НПАОП 0.00-4.36-05) .

15. Степанів А.Г., Сабарно Р.В. Техніка безпеки при експлуатації електричних установок. - Київ: Техніка, 1989. 106 с.укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.

16. Блоки диспетчерського контролю ліфтові. URL: <https://liftportal.com.ua/ua/lifti-ta-eskalatori/systemy-dyspetcheryzatsiyi-ob/liftovibloky.html> (дата звернення: 20.03.2024).

17. Технічна документація до оптичного давача ДО-2. URL: <http://pokomplex.ru/ftp/support/DOCUMENT/SENSORS/do-2m/ZPK010.pdf> (дата звернення: 29.03.2024)

18. J. Jamaludin, N.A. Rahim, W.P.Hew, —Development of self tuning fuzzy logic controller for intelligence control of elevator system,|| Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence ELSEVIER 22, 2009. p. 1167–1178.

19. Daniel M. Munoz, Carlos H. Llanos, Mauricio Ayala-Rincon, —Distributed Approach to group control of elevator systems using fuzzy logic and FPGA implementation of dispatching algorithms,|| Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence ELSEVIER 21, 2008. p.1309–1320.

20. Akos Becker, Department of Electronics Technology, —Microcontroller based elevator controlling system,|| Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary , IEEE conference, Jan. 2007. p. 1216-1231.

21. Zhang Yajun, Chen Long, Fan Lingyan, || A Design of Elevator Positioning Control System Model, || IEEE int. Conference Neural Networks & Signal Processing, Zhenjiang, China, IEEE conference, Jun. 2008. p. 836-841.

23. Fredrick Cady, Software and Hardware Engineering. Assembly and C Programming for the Freescale HCS-12 microcontroller, 2008. 308 p.