

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення «Інженерна інфраструктура та комп'ютерні науки»

Кафедра «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

До захисту допущено
завідувач кафедри

_____ І.В. Нездвецька
“ _____ ” _____ 2025 року

Пояснювальна записка

до бакалаврської роботи

освітнього ступеня “бакалавр”

спеціальність **141 “Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка”**

на тему: “ **Проект удосконалення системи керування ліфтом
багатоквартирного будинку**”

Виконав: студент III курсу, групи БЕ-41

спеціальності

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

_____ Тарабанов М.І.

Керівник роботи к.т.н., доц. _____ Нездвецька І. В.

Рецензент _____

(підпис) (прізвище та ініціали)

АННОТАЦІЯ

Тарабанов М.І. Проект удосконалення системи керування ліфтом багатоквартирного будинку. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Житомирський агротехнічний коледж, Житомир, 2025.

Випускна кваліфікаційна робота включає пояснювальну записку, що складається із 66 сторінок тексту, 21 рисунка, 7 таблиць і 18 джерел.

Ключові слова: вибір асинхронного двигуна, перетворювача частоти, системи керування, кінематичну схему електроприводу, структурну схему; функціональну схему.

Об'єктом дослідження є асинхронний частотно-регульований електропривод механізму підйому вантажного ліфта.

Мета роботи – виконати проектування та вибір електрообладнання асинхронного частотно-регульованого електроприводу механізму швидкісного ліфта, що задовольняє технічним умовам та вимог.

У роботі зроблено вибір асинхронного двигуна (АТ), перетворювача частоти та способу управління швидкістю АТ.

Зроблено розрахунок параметрів двигуна, перетворювача, допоміжного обладнання, складено структурну та функціональну схему. Розрахунки зроблено у програмному середовищі MathCad 14. Імітаційне моделювання виконане з використанням програми Simulink.

Мета роботи провести розрахунок та вибрати допоміжне електроустаткування електроприводу швидкісного ліфта для багатоповерхового будинку.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 КОРОТКИЙ ОГЛЯД ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ДЛЯ ШВИДКІСНИХ ЛІФТІВ.....	6
1.1 Класифікація та сфера роботи швидкісних ліфтів.....	6
1.2 Вимоги, що пред'являються до електроприводу та електроустаткування швидкісних ліфтів	9
1.3 Розробка кінематичної схеми електропривода ліфта	10
2 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ШВИДКІСНОГО ЛІФТА	13
2.1 Необхідні характеристики для розрахунку систем електроустаткування електроприводу ліфта.....	13
2.2 Вибір електроприводу системи швидкісного ліфта.....	14
2.3 Розрахунок максимальної споживаної потужності ліфта.....	15
2.4 Розрахунок та вибір елементів системи електроустаткування швидкісного ліфта.....	19
3 ВИБІР І РОЗРАХУНОК СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ГАЛЬМА	41
3.1 Розрахунок природних електромеханічних та механічних характеристик регульованого електроприводу швидкісного ліфта	41
3.2 Вибір та обґрунтування системи керування електроприводом швидкісного ліфта.....	47
3.3 Гальмівний пристрій швидкісного ліфта.....	50
4 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАНОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	52
5 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І ОБСЛУГОВУВАННІ ЛІФТІВ.....	57

5.1 Безпека персоналу, який обслуговує ліфти.....	57
5.2 Заходи безпеки під час виконання робіт з вимкненням електродвигунів	60
5.3 Вивішування забороняючих плакатів та перевірка відсутності напруги.....	61
5.4 Розрахунок штучного освітлення машинного приміщення швидкісного ліфта.....	61
ВИСНОВОК.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

ВСТУП

В даний час активно процвітає будівництво. В зв'язку із щільністю заселення у великих містах і наявною інфраструктурою, перевага надається багатоповерховому будівництву житлових та адміністративних будівель. Будівельні компанії ставлять за мету будівництво не тільки квадратних метрів побудованого житла, але і зростання якості, зручності та покращення житлових умов. Останнім часом лише у нашому не більшому місті на обслуговування додалося 15% від загальної кількості ліфтів [9].

У цьому дипломному проекті проведено розрахунок електрообладнання ліфта для електроприводу, виконаного за системою «ПЧ - АД». Перевага системи - використання системи підвищеної надійності і точності керування (точної зупинки, скорочення кількості апаратів комутації, використання ПЛК), що в цілому дозволить здійснювати більш плавний пуск, розгін та гальмування ліфта. Використання асинхронного електроприводу для таких систем дозволяє продовжити їх термін експлуатації завдяки відсутності комутаційних вузлів у пристрої електроприводу ліфта, а також призведе до більш економного енергоспоживання внаслідок введення мікропроцесорного управління замість старих релейних схем.

Метою роботи є проектування, розрахунок електроустаткування швидкісного пасажирського ліфта для багатоповерхового будинку. Тема дипломного проекту є на сьогоднішній день дуже актуальною, перспективною для розвитку і далекою у своєму розвитку.

1 КОРОТКИЙ ОГЛЯД ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ДЛЯ ШВИДКІСНИХ ЛІФТІВ

1.1 Класифікація та сфера роботи швидкісних ліфтів

Ліфтами називаються підйомні машини перервної дії, призначені для вертикального переміщення пасажирів та вантажів у кабінах, що переміщуються жорсткими напрямними. [18]. За версією іншого джерела, пізнього видання і дає більше повне визначення, ліфтом називається стаціонарна підйомна машина періодичної дії, призначена для підйому та спуску людей та вантажів у кабіні, що рухається жорсткими прямолінійними напрямними, у яких кут нахилу до вертикалі трохи більше 15 градусів. [22].

Ліфт (підйомник) - невід'ємна частина інженерного обладнання висотних будівель та споруд. Вантажні та пасажирські витяги вертикально переміщують пасажирів у висотних житлових будинках, через приріст автомобільного транспорту ми стали потребувати багатоповерхових парковок, обладнаних автомобільними ліфтами, велике зростання населення великих міст тягне за собою велике розширення сфери послуг та потреби в товарах. Збільшується поверховість торгових центрів та гіпермаркетів що дає можливість розвитку ліфтів та підйомників різних класів і типів, а також ліфти та підйомники застосовують у мореплавстві та авіації при використанні великовантажних транспортних та пасажирських літаках. У будівництві при подачі на верхні поверхи вантажів використовують не тільки баштові крани а й вантажні ліфти.

Транспортування людей усіх вікових категорій та людей з обмеженими можливостями висуває високі вимоги безпеки, доступності та надійності під час роботи ліфтів (підйомників). Комітет з нагляду за безпечним веденням робіт (Держтехнагляд) здійснює безпосередній контроль за дотриманням вимог та правил у технічній системі ліфтобудування та експлуатації в нашій країні. Ця організація розробила «Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів» (НПАОП 0.00-1.02-08), що регламентує основні вимоги для підйомників та

ліфтів під час експлуатації, монтажу, ремонту будівництві та безпеці під час ведення робіт.

Існує кілька ознак, якими класифікують ліфти.

Класифікація ліфтів:

1. За призначенням ліфти (підйомники) розділимо на:

1) пасажирський ліфт – необхідний для вертикального підйому пасажирів будівлі адміністративному, житловому та т.д.;

2) вантажопасажирський ліфт – основною вимогою до нього є вантажопідйомність, якщо у попередньому випадку нам потрібні плавний підйом і зупинка, то вимоги нижче вони тихохідні але точність зупинки є обов'язковою;

3) лікарняний ліфт – необхідний у лікарнях, шпиталях, поліклініках у нього підвищені вимоги до плавності ходу завданням є транспортування хворих до медичних працівників;

4) вантажний малий витяг - необхідний для підняття невеликих вантажів приклад авіалайнери піднімають їжу та напої до пасажирів з тих приміщень;

5) вантажний ліфт – для підйому великих вантажів;

6) спеціальний ліфт (нестандартний) – основне завдання такого ліфта є неоднозначні умови експлуатації.

2. За типом приводу підйомного механізму:

1) Ліфти (підйомники) з приводом від електродвигуна, наприклад, як в нашому випадку змінного чи постійного струму;

2) Ліфти (підйомники) гідравлічні з приводом у вигляді гідропідйомного циліндра або обертового типу лебідки з гідродвигуном.

3. За конструкцією механізму передачі руху кабіні:

1) канатні ліфти, кабіна якого рухається за допомогою тягових канатів лебідки;

2) ланцюгові ліфти, рейкові та гвинтові, в яких рух кабіни здійснюється за допомогою тягових ланцюгів, системи гвинт-гайка або приводна шестерня – зубчаста рейка.

4. За способом передачі руху від канатоведучого органу лебідки тяговим канатам:

- 1) ліфти (підйомники) з лебідкою барабанною;
- 2) ліфти (підйомники) з канатоведущим шківом (КВШ).

5. За способом впливу канатів на кабінку:

- 1) ліфти (підйомники) з верхньою канатною підвіскою кабіни;
- 2) вичавлювальні, в яких тягові канати охоплюють кабінку знизу.

6. За схемою запакування тягових канатів:

- 1) ліфти (підйомники) з поліспаотною або прямою підвіскою кліті;
- 2) з мультиплікатором канатним.

7. За розташуванням машинного приміщення розрізняються ліфти:

- 1) ліфти (підйомники) з верхнім розташуванням;
- 2) ліфти (підйомники) із нижнім розташуванням.

8. За конструкцією приводу лебідки:

- 1) ліфти (підйомники) з редукторним приводом лебідки;
- 2) ліфти (підйомники) з без редукторним приводом лебідки.

9. За величиною швидкості підйому кабіни:

- 1) тихохідні ліфти – при $v =$ до 1 м/с;
- 2) швидкохідні ліфти - при $v = 1,4$ до 2 м/с;
- 3) Ліфти швидкісні – при $v = 2$ м/с і більше.

10. За точністю зупинки кабіни:

- 1) ліфти, забезпечені системами точної зупинки;
- 2) ліфти на забезпечені системами точної зупинки [24].

Загальні вимоги, що ставляться до конструкції та параметрів ліфтів: безпека застосування, безаварійність та надійність роботи – на підставі яких розглядаються основні завдання та цілі проектування ліфта та його захисних систем. Основними нормативними документами, що регламентують дані вимоги, є ПББЕЛ, ГОСТ, СНиП, ТУ та стандарти держави та підприємств не суперечать вищезгаданим документам на проектування ліфтів.

1.2.Вимоги, що пред'являються до електроприводу та електроустаткування швидкісних ліфтів

До вищевказаних вимог до ліфтів існують, вимоги, які доповнюють основні:

- а.) точність зупинки щодо рівня поверхового майданчика;
- б.) плавність розгону, руху та гальмування;
- в) комфортабельність умов транспортування пасажирів;
- г) загальнодоступність користування ліфтом;
- д.) безшумність роботи;
- е.) допустимий рівень електромагнітних перешкод роботі систем радіозв'язку та телебачення.

Кабіна (кліть) при переміщенні шахтою ліфта при наближенні до місця зупинки має зупинитися у заданому місці. Різниця між відміткою поверховим майданчиком та відміткою підлоги ліфта повинна становити не більше 50 мм, що буде точною зупинкою для пасажирського ліфта і не створюватиме особливого дискомфорту при транспортуванні людей та вантажів.

Загальнодоступність критерій, який не вимагає особливих навичок у керуванні ліфтом тому система керування для пасажирів є зрозумілою та простою у використанні.

У цьому дипломному проекті було розраховано електрообладнання ліфта 10-ти поверхового будинку за системою ПЧ-АТ із короткозамкненим ротором.

1.3 Розробка кінематичної схеми електропривода ліфта

Ліфти (підйомники) (рис.1) призначені для вертикального руху людей і вантажів у кабіні 2, що рухається жорсткими напрямними 1 (рис. 1, а). Лебідку 3 зі шківом 4 встановлюють над шахтою в машинному приміщенні. Для зменшення навантаження для двигуна під час руху кабіни вона постійно

з'єднана з противагою 5, що переміщається жорсткими напрямними. За допомогою балансувань на кількох канатах підвішено кабінку та противагу. Ліфтові лебідки можуть бути з канатоведущими шківками та барабанними. У першому випадку лебідки мають ряд переваг: вони меншого розміру і більш надійні через те, що шків не прослизає канатом через відсутність навантаження приводу і канатів.

Ліфти пасажирські мають максимальну вантажну спроможність від 0,25...1,25т зі швидкістю $v = 4$ м/с. Приводи ліфтів є редукторними і безредукторними. Безредукторні ліфти невеликі за розміром і часто застосовуються в проектуванні швидкісних пасажирських ліфтів ($v > 2$ м/с).

На сьогоднішній день, існує багато різних редукторів. Більше застосовуються хвильові, але на нашому рисунку – редуктор з черв'ячними передачами (рис. 1, б).

При проектуванні підйомників висотних будинків застосовують ліфти з врівноважуючим канатом, який з'єднує противагу та кабінку ліфта знизу через напрямний шків (рис. 1, г). При обриві чи ослабленні канатів, при збільшенні швидкості руху ліфта вниз всі ліфти для безпеки обладнуються уловлювачами. Уловлювачі при спрацьовуванні зупиняють кабінку автоматично. За конструкцією уловлювачі бувають клинові, ексцентрикові, роликові. Ексцентриковий уловлювач (рис. 1, д) працюють так: обрив або ослаблення каната 1 гнучка тяга 2 прикріплена до важеля 3, послаблюється під дією пружини 4 повертає валик 5. При цьому ексцентрикові притискання 6 захоплюють напрямні 7 і утримують кабінку. Дія інших уловлювачів ідентично.

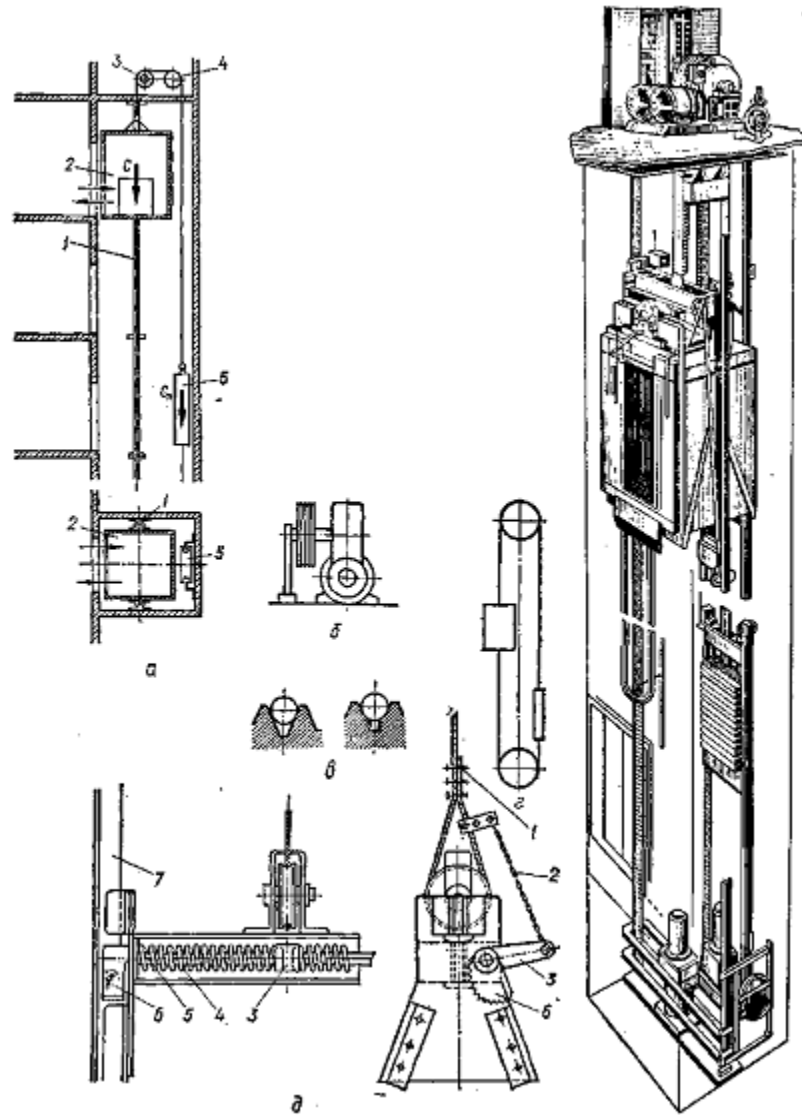


Рисунок 1 – Лифт пассажирский. Загальний вигляд

Кінематична схема для ліфта, що розробляється, представлена на рис. 2.

На кінематичній схемі представлена кабіна 1 та протизвага 2, що підвішені на канатах 3 ліфта, знаходяться в шахті. Для безпеки руху використовують кілька канатів, кожен з яких по механічній міцності може витримати вагу кабіни та протизваги. У системі з відвідним блоком 4 підвіска проходить по щонайменше двох канатах. Двигун 6 і лебідка зі шківом 5, що знаходяться у верхній частині будівлі багатоповерхового будинку, монтуються спеціальні машинні приміщення. Коли електродвигун не працює він утримується електромагнітним гальмом. Щит (блок) керування – 7 (рис. 2).

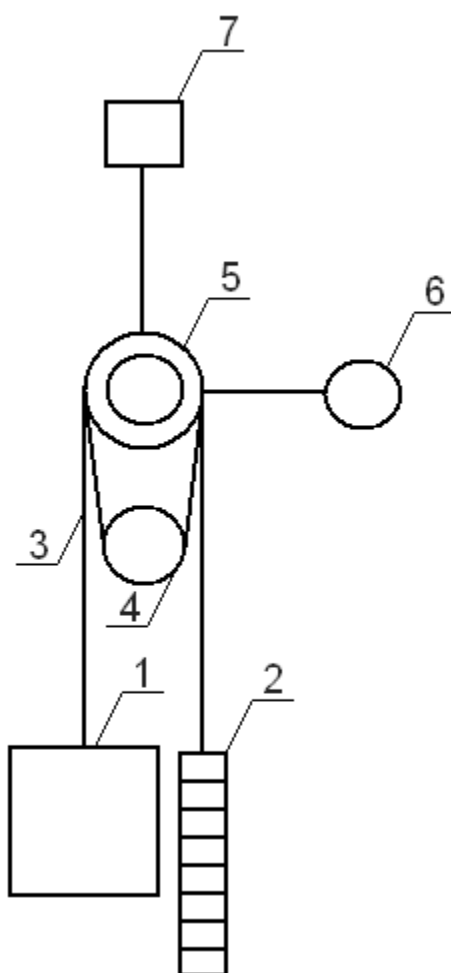


Рисунок 2 – Схема ліфта кінематична

2 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ШВИДКІСНОГО ЛІФТА

2.1 Необхідні характеристики для розрахунку систем електроустаткування електроприводу ліфта

Режим роботи електричного приводу ліфта – повторно-короткочасний. Враховуючи те, що період руху з постійною швидкістю може бути відсутній (при поверховому роз'їзді), прискорення та уповільнення кліті необхідно обмежити, це буде можливо при виборі системи керування, а також структури електроприводу. Максимальне значення прискорення (уповільнення) руху кабіни ліфта при нормальних режимах роботи не повинно бути більше 2 м/с^2 [24]. Частота включень в годину для пасажирських ліфтів- повинна дорівнювати 100-240 разів. Напруга силової електромережі в машинному приміщенні має бути не вище 660 В, що унеможливорює використання електродвигунів з великою номінальною напругою. Напруга живлення на електродвигун та електромагнітне гальмо має бути постійною при роботі та одночасною. При зникненні живлення на електродвигуні гальмівні колодки повинні з моментальної затримкою за часом зімкнутися та заблокувати рух напрямного шківа. Для нашої досліджуваної системи не можна в ланцюг між ПЧ і якорем двигуна включати запобіжники, вимикачі та інші пристрої. При перевантаженні двигуна, а також при короткому замиканні повинно бути забезпечене зняття напруги з приводного двигуна ліфта та накладення накладок на шків які перешкоджають вільному руху [17,18,22].

Характеристики швидкісного ліфта, що розглядається, наведені в табл. 1:

Таблиця 1. Характеристики швидкісного ліфта, що розглядається

Параметри	Величини
Вантажопідйомність	0,8 т
Маса кабіни ліфта	0,5 т
Висота поверху	2,5 м
Кількість поверхів	9
Допустиме прискорення кабіни	2 м/с^2
Максимально допустимий ривок кабіни	$0,4 \text{ м/с}^3$
Максимальна встановлена швидкість руху кабіни	2,5 м/с

2.2 Вибір електроприводу системи швидкісного ліфта

Якщо ліфтовій установці, потрібна максимальна продуктивність і мінімальні енергетичні та матеріальні витрати, то необхідно вибрати систему електроприводу, яка буде підходити даним умовам. В даний час найбільш поширені такі види приводу для цієї системи:

1. перетворювач частоти - асинхронний двигун з короткозамкненим ротором;
2. керований випрямляч - двигун постійного струму;
3. привід із реостатним регулюванням швидкості.

З умов завдання на дипломний проект обираємо варіант асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором на напругу 0,4 кВ. Перевага такого технічного рішення:

- широка застосовність при енергоспоживанні та невеликі фінансові витрати;
- за конструктивними особливостями двигун має мало тертьових деталей, що веде до невеликих механічних втрат;
- невибагливий та зносостійкий.

Застосування електроніки в керуванні приводом дозволяє збільшити можливості електроприводу:

- збільшити пусковий момент;
- зменшити струми;
- розширити діапазон регулювання.

У нашій роботі ми зробимо вибір системи електроприводу «асинхронний електродвигун - частотний перетворювач (ПЧ-АД)».

Вимога сучасного життя призводить до того, що основним завданням для проектування ліфтів пасажирських у висотних будинках є швидкість їх переміщення, а також має місце нерівномірний час пасажиропотоку. Графік руху пасажирів житлового будинку і години найбільш завантаженої роботи ліфта показано на рис. 3 [5,6,7,8,9].

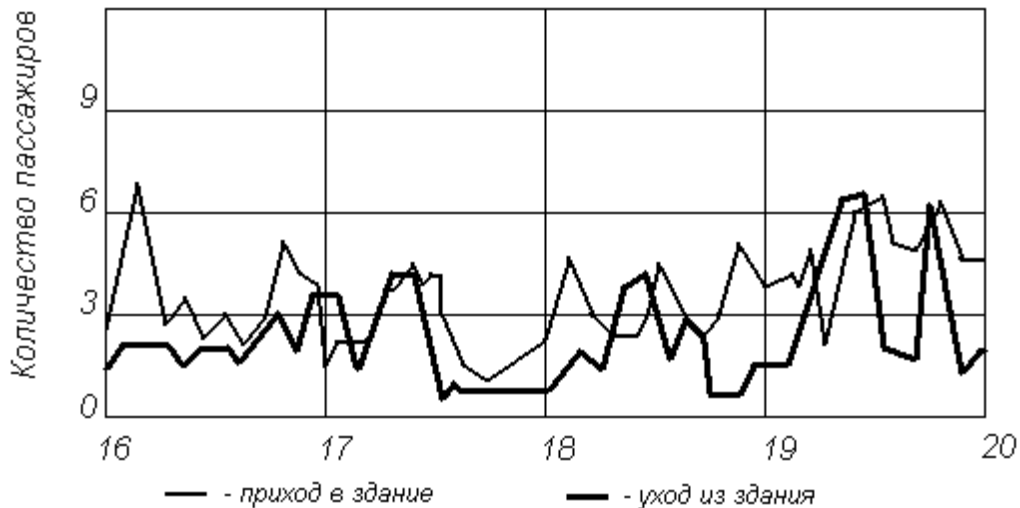


Рисунок 3 – Добовий графік завантаженості електроустаткування ліфта

Проектування ліфтів потребує різного підходу залежно від завантаження пасажиропотоку чи вантажопотоку підприємства. Тому необхідно застосовувати у висотних та адміністративних будівлях ліфти з підвищеними критеріями щодо швидкостей руху та вантажопідйомності, які забезпечують достатню пропускну здатність вертикального транспорту під час збільшення навантажень до максимальних.

У дипломному проекті проектується швидкісний ліфт для 10-поверхової будівлі для режиму S5 та для повного завантаження кабіни ліфта. Максимальна кількість пасажирів – 9 осіб, тобто вантажопідйомність – 800 кг.

2.3 Розрахунок максимальної споживаної потужності ліфта

При висоті будівлі понад 25 м кабіна та противага з'єднуються, крім основних несучих урівноважуючих канатів [22, 24]. Число зупинок на поверхах з однаковою густиною населення можна визначити з графіка (рис. 4).

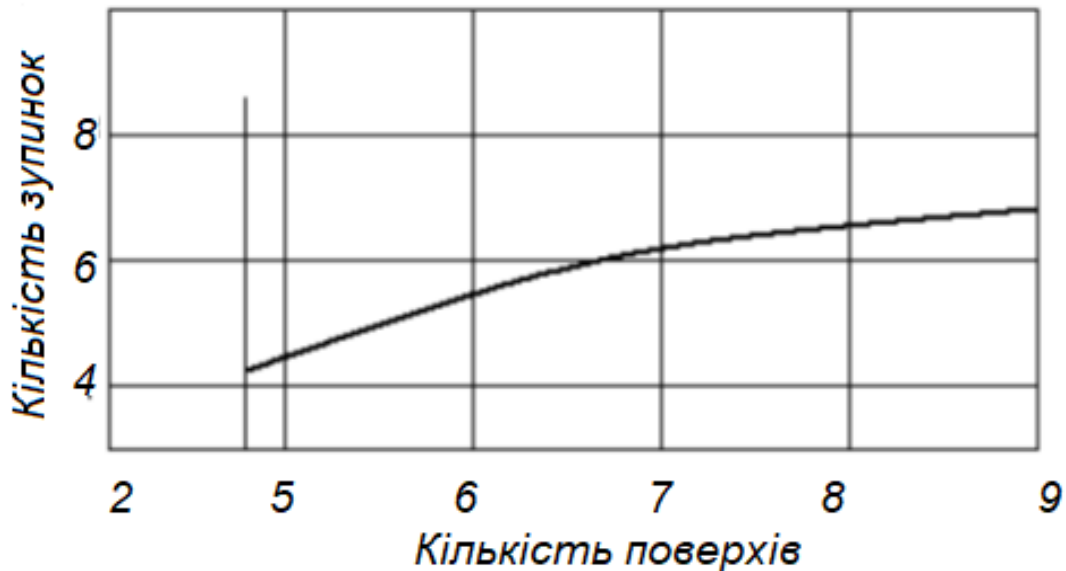


Рисунок 4 – Рис.4 Числовий графік можливих зупинок

Противага для ліфтів розраховується так, щоб він урівноважував силу тяжіння порожньої кабіни та частину номінального вантажу, що піднімається [17, 18]:

$$G_{np} = G_0 + \alpha \cdot G_n + 0.5 \cdot G_{y.k.}, \quad (1.1)$$

де G_0 – сила тяжіння (вага) кабіни, Н;

α – коефіцієнт врівноваження, $\alpha = 0,4$;

G_n – сила тяжкості номінального вантажу, що піднімається, Н;

$G_{y.k.}$ – сила тяжіння врівноважувальних канатів, Н.

У малоповерхових будинках вага несучих канатів складає відносно малу величину і мало впливає на роботу електроприводу. При збільшенні висоти

підйому до 50 м і більше вага канатів може досягти кілька сотень кілограмів, що впливатиме на врівноважування кабіни. У зв'язку з цим, для компенсації канатів у ліфтах з великими висотами підйому застосовуються врівноважуючі канати, які пов'язують кабіну з противагою. Маса врівноважувальних канатів слід прийняти рівною масою несучих [17, 18]:

$$\begin{aligned} G_0 &= m_0 \cdot g = 500 \cdot 9,8 = 5000 \text{ Н}; \\ G_H &= m_H \cdot g = 800 \cdot 9,8 = 8000 \text{ Н}; \\ G_{y.k.} &= m_{y.k.} \cdot g = 200 \cdot 9,8 = 2000 \text{ Н}; \\ G_{np} &= G_0 + \alpha \cdot G_H + 0,5 \cdot G_{y.k.} = 5000 + 0,4 \cdot 8000 + 0,5 \cdot 2000 = 9200 \text{ Н}. \end{aligned}$$

Статична потужність електродвигуна під час підйому вантажу, коли є противага [17,18]:

$$P = \frac{(G_0 + G_H - G_{np})v}{\eta} \quad (1.2)$$

$$P = \frac{(5000 + 8000 - 9200) \cdot 2,5}{0,85} = 11,18 \text{ кВт}.$$

Час переміщення ліфтової установки на висоту $l = 75 \text{ м}$ при швидкості v [17,18]:

$$t = \frac{l}{v} = \frac{75}{2,5} = 30 \text{ с}. \quad (1.3)$$

Визначаємо відносну тривалість включення [17,18]:

$$ПВ_{ce} = \frac{2t}{2t + 9t_{01} + 9t_{02} + 9t_{03}} 100 \% \quad (1.4)$$

де $t_{01} = 1 \text{ с}$ - час на 1 ділянці, завантаження та розвантаження пасажирів;

$t_{02} = 3,0 \text{ с}$ - сумарний час, який необхідний для відкривання та зачинення дверей, включення електродвигуна ліфта;

$t_{03} = 2,8$ с - час прискорення та уповільнення кабіни ліфта;

$$\text{ПВ}_{\text{се}} = \frac{2 \cdot 30}{2 \cdot 30 + 9 \cdot 1 + 9 \cdot 3 + 9 \cdot 2,8} 100 \% = 49\%.$$

За графіком залежності коефіцієнта корисної дії механізмів від навантаження при

$$\frac{G_0}{G_H + G_0} = \frac{5000}{5000 + 8000} = 0.38$$

визначається ККД під час переміщення ліфта без вантажу $\eta = 0,75$.

При $\text{ПВ}_{\text{се}} = 49\%$ попередній вибір електродвигуна можна виконати за потужністю [17,18]:

$$P_{н1} \approx k \cdot P_c = 1,49 \cdot 11,18 = 16,76 \text{ кВт}. \quad (1.5)$$

Так як при $\text{ПВ}_{\text{се}} = 49\%$ номінальні потужності електродвигунів не вказуються, слід перерахувати потужність $P_{н1}$ на найближче номінальне значення = 50% [17,18]:

$$P_H = P_{н1} \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{се}}}{\text{ПВ}_H}} \quad (1.6)$$

$$P_H = 16,76 \sqrt{\frac{50}{100}} = 11,73 \text{ кВт}.$$

Швидкість обертання двигуна:

$$n = \frac{60v}{\pi D} \cdot i \quad (1.7)$$

де D - діаметр канатопровідного шківа, $B = 0,45$ м;

$$n = \frac{60 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 0,45} \cdot 9 = 955 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

2.4 Розрахунок та вибір елементів системи електроустаткування швидкісного ліфта

2.4.1 Розрахунок потужності електродвигуна та його вибір. На підставі попереднього розрахунку за каталогом попередньо вибирається асинхронний електродвигун із короткозамкненим ротором марки АІР160S6 [12]. Технічні характеристики даного двигуна представлені у табл. 2.

Таблиця 2 – Технічні характеристики двигуна АІР160S6

Параметр	Значення
Номінальна потужність	11 кВт
Номінальна напруга	380 В
Ковзання	3%
Кратність пускового моменту	1,8
Кратність максимального моменту	2,7
Момент інерції	0,043 кг·м ²
Номінальна швидкість обертання	970 об/хв
Номінальний струм	23,5 А
Пусковий струм	164,5 А
Коефіцієнт корисної дії	0,85
ПВ	100%
cos φ	0,9

Трифазні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором типу АІР160S6 - призначені для комплектації електроприводів лебідок

пасажирських, вантажопасажирських та вантажних ліфтів, адміністративних та промислових будівель.

Номінальний режим роботи – S1-S8, але ми його будемо використовувати в режимі повторно-короткочасному з частими пусками та електромагнітним гальмом (S5) згідно з ГОСТ 183-74.

Ступінь захисту двигуна IP54 за ГОСТ 17494-87.

Клас нагрівання стійкості ізоляції F згідно з ГОСТ 8865-93.

Спосіб охолодження двигуна за ГОСТ 20495-75.

Живлення від мережі змінного струму частотою 50 Гц напругою 380 В.

Середньоквадратичні значення вібраційної швидкості двигуна складає 2,8 м/с за ГОСТ 16921-83. Рівень шуму двигуна регламентується не тільки в стаціонарному режимі роботи, а й у перехідних режимах (при пуску двигуна та при перемиканні частоти обертання з вищою на нижчу).

Показники надійності:

- середній ресурс до капітального ремонту 30000 год.;
- середнє напрацювання на відмову – 23000 год.;
- гарантійний термін експлуатації – 2 роки з дня початку експлуатації двигуна;
- гарантійне напрацювання на відмову – 10000 год.

Особливості конструкції.

Короткозамкнена монолітна обмотка ротора виконана зі сплаву підвищеного опору для отримання необхідних пускових показників.

Фази обмоток з'єднані в «зірку», три вихідні кінці обмотки виведені у вступний пристрій на клемну панель. У кожен обмотку встановлюють датчик температурного захисту типу СТ14-5 з температурою спрацьовування 145 °С. Двигун має вступний пристрій типу до-3-П розташоване збоку станини - справа, якщо дивитися з боку робочого кінця валу. Двигун оснащений підшипником типу 6-313Ш2У.

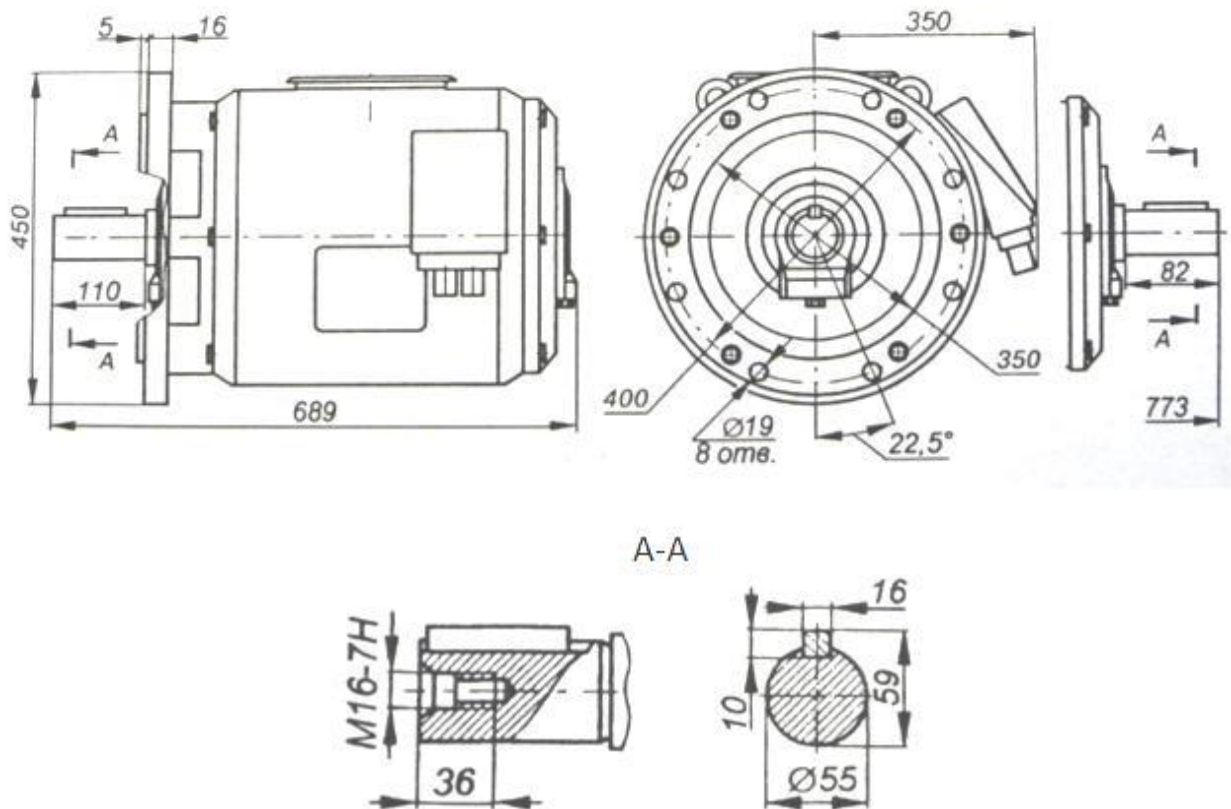


Рисунок 5 - Загальний вигляд, габаритні, настановні та приєднувальні розміри

Номінальний момент та критичний момент електродвигуна визначаються за формулами:

$$M_H = \frac{9550 \cdot P_H}{n_H} = \frac{9550 \cdot 11}{970} = 105 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (1.8)$$

$$M_K = 2,7 M_H = 2,7 \cdot 105 = 291,6 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (1.9)$$

Швидкість ідеального холостого ходу визначається за виразом:

$$n_0 = \frac{n_H}{1-s_H} = \frac{970}{1-0,03} = 1000 \frac{\text{об.}}{\text{хв.}} \quad (1.10)$$

Момент інерції, приведений до валу двигуна визначається за формулою:

$$J_{\text{пр}} = J_d + 1,1 \cdot J_m \left(\frac{\omega_m}{\omega_c} \right)^2, \quad (1.11)$$

де J_d – момент інерції електродвигуна, $J_d = 0,043 \text{ кг м}^2$;

J_M – момент інерції виконавчого механізму, кг м^2 .

Визначимо ω_M за формулою:

$$\omega_M = \frac{v}{R_{\text{шк}}} = \frac{2,5}{0,225} = 11,1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \quad (1.12)$$

де $R_{\text{шк}}$ – радіус канатоведучого шківа, м;

v - швидкість механізму, м/с.

Оскільки маса канатів врівноважена – при рівномірному русі статичний момент не змінюється, рух вважаємо поступальним і момент інерції механізму можна описати наступним законом:

$$J_M = m_{\Sigma} \cdot \left(\frac{v}{\omega_M} \right)^2, \quad (1.13)$$

де m_{Σ} – маса всіх тіл, кг.

Маса тіл визначається за виразом:

$$m_{\Sigma} = \frac{G_0 + G_H + G_{\text{пр}}}{g}, \quad (1.14)$$

де $G_{\text{пр}}$ – вага противаги, $G_{\text{пр}} = 9650 \text{ Н}$;

$$m_{\Sigma} = \frac{5000 + 9200 + 8000}{9,8} = 2265 \text{ кг.}$$

$$J_M = 2265 \cdot \left(\frac{2,5}{11,1} \right)^2 = 114 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$m_{\Sigma 2} = \frac{G_0 + G_{\text{пр}}}{g}, \quad (1.15)$$

$$m_{\Sigma 2} = \frac{5000 + 9200}{9,8} = 1465 \text{ кг.}$$

$$J_M = 1465 \cdot \left(\frac{2,5}{11,1} \right)^2 = 73,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Наведений момент інерції завантаженого ліфта становить(з 1.11):

$$J_{\text{пр}} = 0,043 + 1,1 \cdot 114,89 \cdot \left(\frac{11,1}{104,7}\right)^2 = 1,46 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Наведений момент інерції за відсутності вантажу складає:

$$J_{\text{пр}} = 0,043 + 1,1 \cdot 73,5 \cdot \left(\frac{11,1}{104,7}\right)^2 = 0,95 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Для вибору середнього пускового моменту електродвигуна визначається статичний момент при навантаженню ліфті [12]:

$$M_c = \frac{P_H}{\omega_c} = \frac{11000}{104,7} = 105 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (1.16)$$

Вибирається мінімальний момент електродвигуна під час запуску:

$$M_{\text{мін}} = 1,8 \cdot M_H = 1,8 \cdot 108 = 194 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (1.17)$$

Максимальний момент електродвигуна під час пуску приймається рівним:

$$M_{\text{макс}} = 2,7 \cdot M_H = 2,7 \cdot 108 = 291,6 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (1.18)$$

Середній момент електродвигуна під час пуску складає:

$$M_{\text{ср}} = \frac{M_{\text{мін}} + M_{\text{макс}}}{2} = \frac{194 + 291,6}{2} = 243 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (1.19)$$

Отже, момент двигуна під час пуску з навантаженням і без нього буде в одних значеннях, як і під час запуску.

Пусковий час електродвигуна з навантаженим ліфтом (час пуску) визначається за формулою [17]:

$$t_n = \frac{J \cdot \omega}{M_{\text{макс}} + M_c} = \frac{1,46 \cdot 104,7}{291,6 + 105} = 0,82 \text{ с}. \quad (1.20)$$

Так як час пусків невеликий у порівнянні з часом роботи при встановленій швидкості, можна зупинитися з їхнім наближеним розрахунком.

Приблизно визначається шлях при перехідних процесах.

Час гальмування навантаженого та ненавантаженого ліфта під дією електромагнітного гальма з моментом $M_{\Gamma}=100$ Н м визначається за формулою [17]:

$$t_{\Gamma} = \frac{J \cdot \omega}{M_{\Gamma} + M_c} = \frac{1,46 \cdot 104,7}{105 + 100} = 0,75 \text{ с.} \quad (1.21)$$

Шлях навантаженого та ненавантаженого ліфта при пуску визначається за формулою [17]:

$$l_n = \frac{v_H}{2} t_n = \frac{\pi \cdot D \cdot n_H}{2 \cdot 60 \cdot i} \cdot t_H = \frac{3,14 \cdot 0,45 \cdot 970}{2 \cdot 60 \cdot 9} \cdot 0,82 = 1,27 \text{ м.} \quad (1.22)$$

Шлях навантаженого та ненавантаженого ліфта при гальмуванні визначається за формулою:

$$l_{\Gamma} = \frac{v_H}{2} t_{\Gamma} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_H}{2 \cdot 60 \cdot i} \cdot t_{\Gamma} = \frac{3,14 \cdot 0,45 \cdot 970}{2 \cdot 60 \cdot 9} \cdot 0,75 = 0,95 \text{ м.} \quad (1.23)$$

Шлях навантаженого ліфта при встановленій швидкості, при умові семи зупинок становить:

$$l_1 = l - 6 \cdot l_n - 6 \cdot l_{\Gamma} = 75 - 6 \cdot 1,27 - 6 \cdot 0,95 = 61,68 \text{ м.} \quad (1.24)$$

Ковзання та швидкість електродвигуна при $M_c = 105$ Н м визначаються за формулою:

$$s = s_H \frac{M_c}{M_H} = 0,03 \cdot \frac{105}{108} = 0,029 = 2,9 \%. \quad (1.25)$$

$$n = n_0 \cdot (1 - s) = 1000 \cdot (1 - 0,029) = 971 \frac{\text{об.}}{\text{хв.}} \quad (1.26)$$

Час руху ліфта з швидкістю, що встановилася, при здійсненні ним семи зупинок становить:

$$t = \frac{l_1}{7v} = \frac{61,68}{7 \cdot 2,5} = 3,52 \text{ с.}$$

Прискорення та ривок необхідно обмежувати для безпеки людей. Також прискорення та ривок мають бути максимальними за величиною, тому що у протилежному випадку ефективність руху ліфта буде знижуватися, а пасажери втрачатимуть час. У зв'язку з цим необхідно виявити $V(t)$ при зменшенні прискорення та ривка. Розгін проходить у три етапи за оптимальною кривою:

1. Ривок $p = \text{const} > 0$, прискорення нарастає лінійно, а швидкість – по параболі.

Тривалість цього етапу дорівнює:

$$\Delta t_1 = \frac{a}{p} = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ с} \quad (1.28)$$

Швидкість руху кабіни наприкінці цього етапу становить:

$$v_1 = \frac{p \cdot \Delta t^2}{2} = \frac{4 \cdot 0,5^2}{2} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (1.29)$$

2. Ривок дорівнює нулю, прискорення постійно, а швидкість - по лінійному закону.

Тривалість цього етапу дорівнює:

$$\Delta t_2 = \frac{v}{a} - \frac{a}{p} = \frac{2,5}{2} - \frac{2}{4} = 0,75 \text{ с.} \quad (1.30)$$

$$v_2 = v_1 + a \cdot \Delta t^2 = 0,5 + 2 \cdot 0,75 = 2 \text{ м/с.} \quad (1.31)$$

3. Ривок $p = \text{const} < 0$, прискорення зменшується лінійно, а швидкість – по зворотній параболі.

Тривалість цього етапу дорівнює:

$$\Delta t_3 = \Delta t_1 = 0,5 \text{ с} \quad (1.32)$$

Швидкість руху кабіни наприкінці цього етапу дорівнює значенню, що встановилося.

Повний час розгону дорівнює:

$$t_p = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 = 0,5 + 0,75 + 0,5 = 1,75 \text{ с.} \quad (1.33)$$

Якщо припустити, що прискорення постійно, час розгону :

$$t_p = \frac{v}{a} = \frac{2,5}{2} = 1,25 \text{ с.} \quad (1.34)$$

Аналітично функція швидкості руху кабіни ліфта від часу визначається за формулою:

$$\begin{aligned} v(t) = & \frac{p \cdot t^2}{2} \cdot \delta(t, 0, \Delta t_1) + (v_1 + a(t - \Delta t_1)) \cdot \delta(t, \Delta t_1, \Delta t_1 + \Delta t_2) + \\ & + \left(v_2 + \frac{p(t - \Delta t_1 - \Delta t_2)}{2} \cdot (t - \Delta t_1 - \Delta t_2) \right) \cdot \delta(t, \Delta t_1 + \Delta t_2, t_p). \end{aligned} \quad (1.35)$$

Швидкість кутова обертання валу електродвигуна пов'язана з лінійною швидкістю руху рівнянням:

$$\omega(t) = \frac{2 \cdot v(t) \sum i}{D}$$

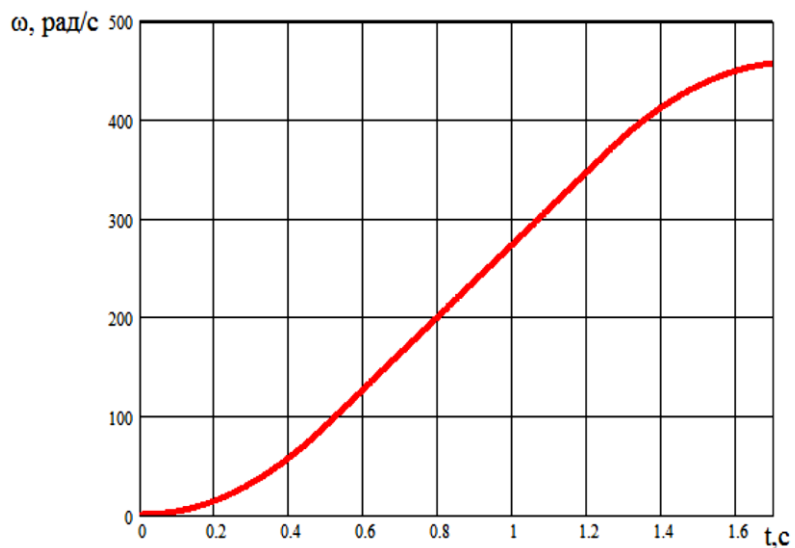


Рисунок 6 – Крива розгону електродвигуна при обмеженні ривка та прискорення

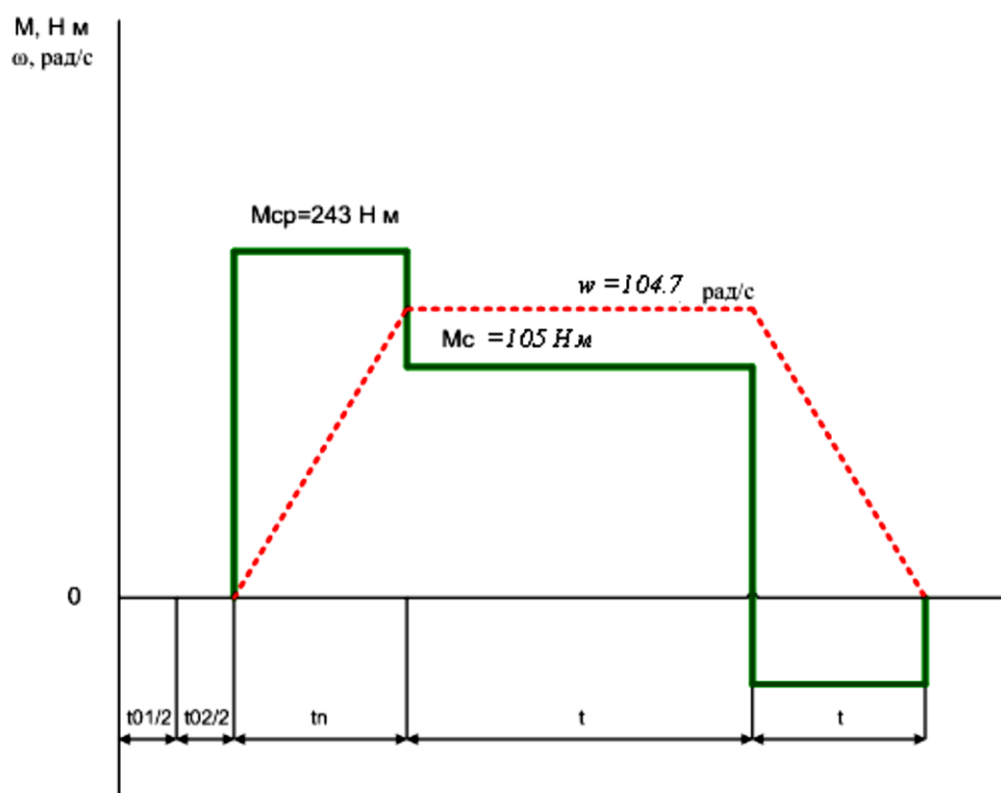


Рисунок 7 – Тахограма електродвигуна та навантажувальна діаграма
AIP160S6

При $\beta = 0,5$ и ПВ = 49 %:

$$M_{E1} = \sqrt{\frac{7M_{cp}^2 t_n + 7M_c^2 t_n}{7\beta t_n + 7t}} = \sqrt{\frac{7 \cdot 243^2 \cdot 0,82 + 7 \cdot 105^2 \cdot 0,82}{7 \cdot 0,5 \cdot 0,82 + 7 \cdot 3,52}} = \quad (1.36)$$

$$= 103,3 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

З розрахунків попередньо обраний електродвигун проходить перевірку за умовою нагрівання.

2.4.2 Розрахунок та вибір перетворювача частоти та елементів. Перетворювач частоти (ПЧ) в електроприводі (ЕП) є силовим регулятором. Вхід ПЧ підключений до мережі електроживлення з нерегульованими значеннями напруги та частоти, а на виході видаються регульовані значення напруги (або струму) та частоти залежно від встановлених та керуючих сигналів. На рис. 8 наведено умовну класифікацію перетворювачів частоти, у якій виділено чотири класифікаційні ознаки [23].

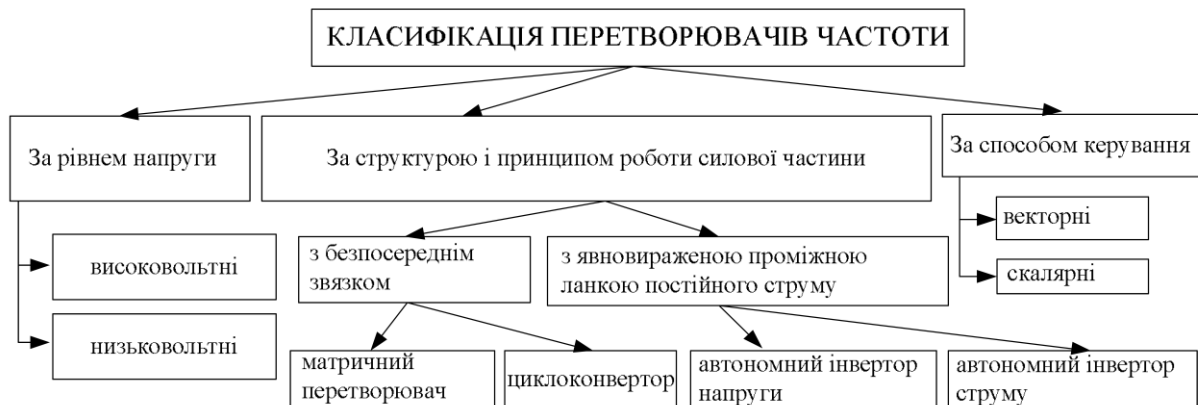


Рисунок 8 – Класифікація перетворювачів частоти

Основні параметри вибору перетворювача частоти:

- 1) Номінальний вихідний струм. Цей показник перетворювача повинен бути рівний номінальному струму електродвигуна.
- 2) Вихідна потужність перетворювача. Вона повинна бути рівною або більшою, ніж потужність двигуна.

- 3) Типова серія перетворювача (насосний, векторний, загальнопромисловий).
- 4) Діапазон і точність регулювання швидкості механізмів, що обертаються. Чим більше передбачуваних перепадів швидкості, тим вище повинні бути дані показники.
- 5) Ступінь точності підтримки моменту обертання на валу двигуна. Чим більше вимог до точності, тим менше повинен бути показник відхилень.
- 6) Здатність до перевантажень. Чим більше очікуваних перевантажень, тим вище повинен бути відсоток перевантажувальної здатності.
- 7) Наявність гальмівного модуля і гальмівного резистора (якщо є необхідність).
- 8) Доступний ремонт перетворювача частоти.

Для початку можна обмежитися першими трьома пунктами, тому що інші чотири більше відносяться до векторних перетворювачів. Саме векторні перетворювачі призначені для роботи в найбільш жорстких умовах з високими навантаженнями [23]. Вони забезпечують найвищу точність регулювання швидкості там, де це принципово (прокатні стани, екструдерні лінії, металообробні верстати, ліфти і підйомники). Вони найточніше підтримують момент обертання на валу двигуна. Правда, при частих і істотних коректувань швидкості обертання слід вирішити проблему альтернативного охолодження двигуна. В асинхронних двигунах охолоджуючий вентилятор отримує енергію від обертання валу. При істотному уповільненні обертання валу знижується і ефективність охолодження двигуна, що може привести до перегріву.

Дуже важливо зробити правильний вибір перетворювача, від якого залежить ефективність і ресурс роботи перетворювача частоти і всього електропривода в цілому. Так, якщо потужність перетворювача буде занадто завищена, то він не зможе необхідною мірою забезпечити захист двигуна. З іншого боку, якщо потужність перетворювача невелика, він не зможе

забезпечити високодинамічний режим роботи і через перевантаження може вийти з ладу.

Правильна експлуатація також впливає на термін дії перетворювача. При виборі ПЧ необхідно керуватися не тільки потужністю двигуна, а також діапазоном робочих швидкостей двигуна, діапазоном робочих моментів обертання, характером навантаження і циклограмою роботи.

Враховуючи вище наведені аргументи, із відомих моделей частотних перетворювачів [23], вибираємо перетворювач частоти VLT серії 2880 (Виробництво фірми «Danfoss», Данія), технічні дані якого наведено у табл. 5.

Таблиця 5 – Технічні дані перетворювача Danfoss VLT 2880

Напруга мережі	200...240 В ± 10 %; 480 В ± 10 %
Частота мережі живлення	50/60 Гц
Макс. короткочасна асиметрія фаз мережі живлення	3,0 % від номінальної напруги живлення
Коефіцієнт активної потужності	$\geq 0,4$ номінального значення при номінальному навантаженні
Коефіцієнт реактивної потужності	$> 0,98$
Вихідна напруга	0...100 % від напруги живлення
Вихідна частота	0...200 Гц; 0...400 Гц
Час зміни швидкості	0,05...3600 с
Клас захисту корпусу	IP20
Вібростійкість	1,0 g
Відносна вологість	5...95 % без конденсату
Температура середовища	Робота: не більше 40°C; зберігання/транспортування: -25...+65°C/70°C

Частотний привод Danfoss VLT серії 2800 виробляється для керування асинхронними двигунами з постійним і змінним навантаженням до 18,5 кВт. Найважливішою перевагою цього частотного перетворювача є його виключно компактні габарити. Перетворювачі частоти цієї серії мають підвищену перевантажувальну здатність 180 % протягом 0,5 секунд (зазвичай 150 %) і вихідну частоту 1000 Гц (зазвичай 400–500 Гц). Перетворювачі частоти цієї серії мають у базовій комплектації вбудований порт RS485, аналогові й дискретні входи / виходи та одне реле, ПД-регулятор [23].



Рисунок 9 – Загальний вигляд і підключення перетворювача
«Danfoss» VLT 2880

2.4.3 Вибір апаратури управління та захисту. Для захисту двигуна та перетворювача від струмів короткого замикання, замикання на «землю» та перегріву двигуна вибираємо автоматичний вимикач серії HMF MB325A здатністю пропускати тривалий струм 20 А [14].

- а) номінальна відключаюча здатність 6 кА згідно EN 60898;
- б) клас обмеження електроенергії 3;
- в) номінальна напруга 230/400 В;
- г) корпус IP20 з кришкою IP30.

У реальному електричному приводі можливі навантаження – перевищення струму або напруги в ланцюзі, що призводять до перегріву обладнання або виходу його з ладу, що може призвести до великих фінансових втрат.

З метою захисту від перевантажень вибираємо триполюсне теплове реле перевантаження серії DTeSys із запобіжниками. Модель LRD3357, встановлення струму реле - 16 А [25].

Поверхові перемикачі служать для зупинки кабіни на заданому поверсі. В якості нього вибираємо перемикач типу ЕП-ПУЗ з $U_{НОМ}=380$ В і $I_{НОМ}=1,5$ А

[26]. Поверхові перемикачі встановлюються по стволу шахти на на кожному поверсі.

У сучасних системах ліфтів для реєстрації команд та викликів застосовуються кнопки із залипанням. Вони мають в середині електромагніт, що утримує кнопку в натиснутому стані до тих пір, поки електромагніт не буде вимкнено.

Дверні контакти забезпечують рух кабіни лише при закритих дверях кабіни та шахти, що необхідно з метою безпеки. Конструктивно вони є звичайними кінцевими вимикачами для ланцюгів керування малих габаритів з нормально відкритим контактом (замикається при зачиненні дверей).

Кінцеві вимикачі застосовуються для обмеження руху витягу в граничних крайніх положеннях. Вибираємо кінцевий вимикач із параметрами:

- серія – КР-3200;
- номінальна напруга - $U_{\text{НОМ}} = 380, \text{В}$;
- номінальний струм - $I_{\text{НОМ}} = 1.5 \text{ А}$;
- зносостійкість механічна – $10 \cdot 10^6$ циклів;
- зносостійкість електрична – $2.5 \cdot 10^6$ циклів.

Контакти підлоги приводяться в дію при вході пасажирів в кабіну (підлога стає рухомою, пристрій контактів - того ж типу, що і дверних). Контакти підлоги можуть використовуватися для таких цілей:

- автоматичне повернення ліфта на перший поверх після виходу пасажирів;
- запалення світла у кабіні;
- виключення виклику кабіни з пасажирів на інший поверх.

Уловлювачем (рис.10) прийнято називати пристрій для гальмування, фіксації нерухомого стану та утримання на направляючих кабіни (противаги), що рухається вниз з аварійним перевищенням швидкості [17].

Уловлювачі встановлюються на кабінах ліфтів усіх типів і на противаги, якщо вони розташовані над приміщеннями, де можуть перебувати люди або над переходами, які не можуть витримати удару падаючої противаги.

За принципом роботи, уловлювачі є різновидом лінійного колодкового гальма, що відрізняється тим, що тиск на колодку створює спеціальний пристрій, що самозаклинюється, в момент торкання напрямної поверхнею гальмівної колодки [17].

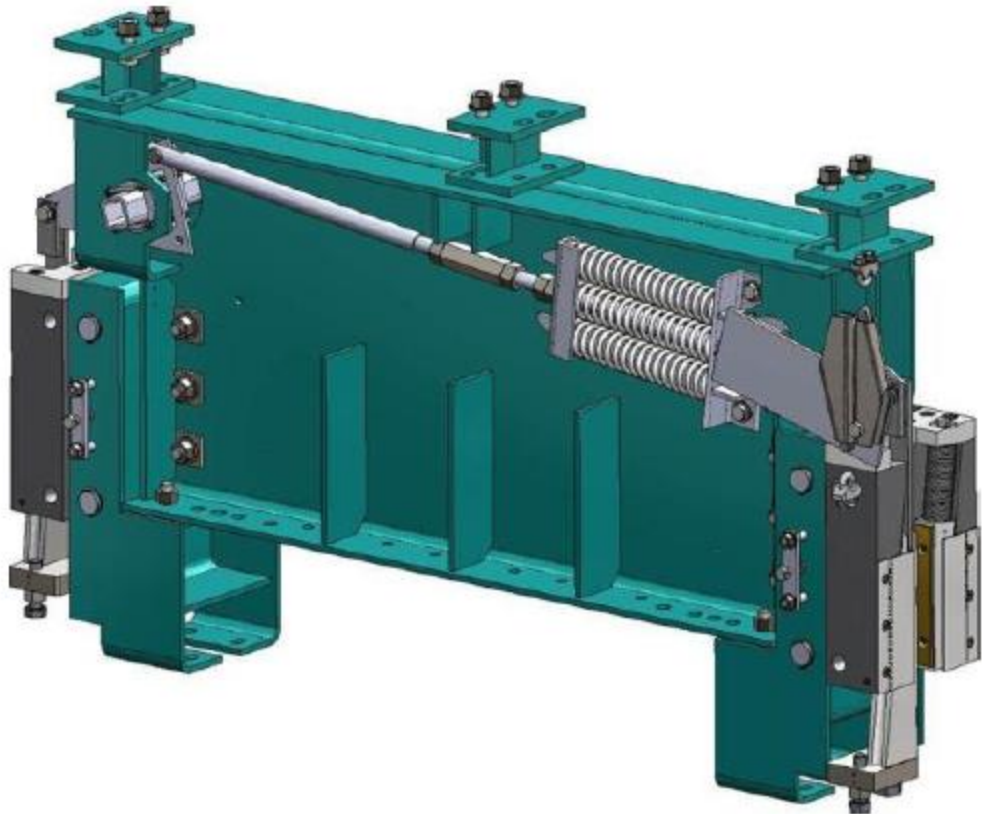


Рисунок 11 – Уловлювач

Увімкнення уловлювачів повинно відбуватися автоматично при аварійне перевищенні швидкості або ослабленні канатної підвіски.

Обмежувач швидкості (рис.12) – пристрій автоматичного приведення в дію уловлювачів при обривах, провисаннях та інших ситуаціях зі збільшенням швидкості руху вниз тим самим ліквідувавши аварійну ситуацію [17].



Рисунок 12 – Обмежувач швидкості

За правилами улаштування та безпечної експлуатації ліфтів швидкісний обмежувач спрацьовує при 15% збільшенні швидкості кабіни від номінального значення швидкості руху ліфта. При цьому не більш ніж встановлені значення в наступному списку:

- а) швидкість кліті від 0.5 до 1.6 м/с не більше 40%;
- б) швидкість понад 1,6 м/с до 4 м/с на 33%;
- в) швидкість понад 4 м/с на 25%;
- г) швидкість номінальна менше ніж 0,5 м/с, максимальне значення буде до 0,7 м/с.

Однак, при використанні уловлювача на противазі, вимоги посилюються при швидкості, що перевищує максимальне значення, призначене для кабіни, на 10%, автоматично спрацьовує обмежувач швидкості.

Обмежувач обов'язково повинен мати внутрішній механізм колодкового гальма, контрольну клямку для випробування на спрацьовування та натяжний шків, канат і пробкові плашки на ньому.

Обмежувачі швидкості, незалежно від конструктивного виконання, складаються з шківа, що охоплюється нескінченним канатом, що має жорсткий кінематичний зв'язок з приводним механізмом уловлювачів. Обмежувач швидкості складається із шківа, нескінченного каната і з'єднаний жорстким кінематичним зв'язком з механізмом уловлювача. Натяжний пристрій який забезпечує натяг каната перебуває у прямку шахти ліфта.

Упори та буфери. У прямку шахти ліфта встановлюють систему амортизації для пом'якшення опускання кабіни та амортизації при аварійній ситуації, що пов'язана з тим, що ліфт може проїхати повз перший поверх [17, 18]. Упори з амортизуючою прокладкою дозволяється застосовувати на ліфтах з номінальною швидкістю, що не перевищує 1 м/с. Допускається розміщувати амортизатори на кабіні (проти ваги) за умови, що у прямку шахти вони взаємодіятимуть із жорсткими упорами.

Прискорення уповільнення кабіни (проти ваги) буфером при розрахунковій вантажопідйомності від 0 до розрахункового значення має перевищувати 25 м/с^2 . При застосуванні буфера енергорозсіювального типу допускається перевищення зазначеного рівня ($30\text{-}35 \text{ м/с}^2$), якщо час дії уповільнення не перевищує 0,04 с.

Для приводу дверей ліфта застосовуємо безредукторні асинхронні електродвигуни АИРБ80В8НЛ [27], що відповідає вимогам ТУ 16-88 ІАКФ.525.321.011 ТУ. Параметри у табл. 6.

Енкодер – це пристрій, що перетворює обертання на електричний сигнал, необхідний контролерам або перетворювачам частоти для точного визначення положення валів, що обертаються.

Застосування:

- а) вимірювання довжини при розмотуванні катушок: друкарські машини, кабельне виробництво;
- б) вимірювання швидкості та положення: пакувальне обладнання, конвеєрні лінії, ліфти, витяги;

в.) контроль ху-координат: поліграфія, положення деталей у системах з ЧПУ та робототехніки.

г) управління приводами: зворотний зв'язок асинхронних та синхронних двигунів.

Таблиця 6 – Параметри безредукторного двигуна АИРБ80В8НЛ

Частота мережі, Гц	50
Номінальна напруга, В	220, 380
Синхронна частота обертання, хв.^{-1}	750
Пусковий момент, Нм, не менше	2,5
Момент інерції, кг м^2 , не більше	0,005
Середній ресурс до капітального ремонту, год, не менше	20000
Середнє напрацювання на відмову, год, не менше	25000
Встановлений безвідмовний доробок, год, не менше	2500
Гарантійний термін експлуатації, років	3
Маса, кг	15

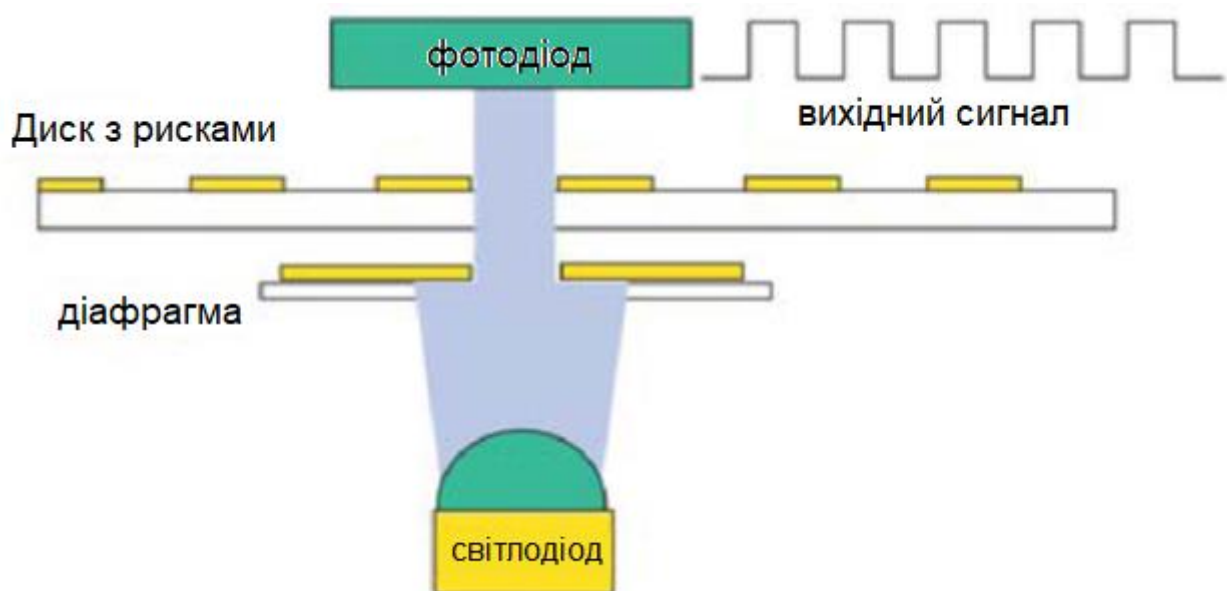


Рисунок 13 – Принцип роботи оптики в енкодері

Робота абсолютного енкодера [28]:

- а) дані у вигляді коду Грея або двійково-десятькового коду;
- б) фотодіодна матриця з високою роздільною здатністю;
- в) до 18 bit положень валу на один оборот.

Абсолютний багатооборотний енкодер це:

а) це абсолютний однооборотний енкодер з вбудованим лічильником оборотів;

б) положення в межах обороту визначається за допомогою оптичного диска;

в) число оборотів зберігається в незалежній пам'яті лічильника;

Переваги багатооборотних енкодерів:

а) лічильник оборотів зберігає значення за рахунок літієвої батареї і може рахувати обороти навіть при вимкненому живленні;

б) справжнє положення валу можна дізнатися, навіть якщо вал обертали при вимкненому живленні;

в) не потрібно після включення живлення шукати нульову мітку.

Використання багатооборотного енкодера в ліфті дозволяє:

а) визначати положення кабіни;

б) створити для кожного поверху свій код енкодера;

Особливості електронних абсолютних багатооборотних енкодерів:

а) технологічні характеристики;

б) безконтактний датчик оборотів;

в.) відсутність механіки та світлових джерел;

г) постійний рахунок числа оборотів за рахунок застосування малоспоживаючих радіоелементів;

д) застосування літієвих батарей з високим ККД;

е) експлуатаційні можливості;

ж) малий струм споживання та самопідігрів мікросхем;

з) вібро- та ударостійкість;

і) застосування нового типу літієвих батарей, працездатних до +125°C;

к) час життя літієвої батареї при 45°C більше 10 років без підзарядки.

Види вихідних сигналів абсолютного енкодера:

- а) висока швидкість передачі даних;
- б) просте декодування;
- в) один провід один біт;
- г) дороге підключення при великій кількості біт;
- д) пряме підключення до контролера тільки одного енкодера.

Вибираємо абсолютний багатооборотний енкодер компанії SensorIntelligence марки AFM90 з порожнім приводним валом з параметрами, наведеними в табл. 7.

2.4.4 Розрахунок та вибір типу кабелю мережі високої напруги. Для експлуатації на ліфтових установках за номінальної постійної або змінної напруги до 380 В використовуються ліфтові кабелі (багатожильні гнучкі підвісні кабелі зі сталевим вантажонесучим тросом), з мідними жилами, з поліетиленовою ізоляцією, в гумовій або полівінілхлоридної оболонці, що випускаються за ГОСТ 16092-78 [11].

Ліфтові кабелі випускають екранованими та неекранованими, з числом жил від 6 до 24. Марки ліфтових кабелів: КПВЛ, КПВЛЕ, КПВЛМ, КПВЛЕМ. Для живлення двигуна від частотного перетворювача використовуємо силовий кабель марки ВВГнг [11], що відповідає вимогам ГОСТ 16442-80 та ТУ 16.705.426-86 та призначений для передачі електричної енергії у стаціонарних установках змінного струму частотою 50 Гц та напрузі не більше 660 В, що володіє зниженою горючістю. Він випускається з ізоляційною оболонкою з полівінілхлоридного (ПВХ) пластику. Струмopровідні жили мають переріз 2,0 мм² і виготовлені з м'якого мідного дроту, число жил 3, здатний пропускати тривалий час струм 19 А.

Таблиця 7 – Параметри енкодера компанії SensorIntelligence марки AFM90

Розподілення	256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768, 65536, 131072, 262144 (для програмованої) версії змінюється за допомогою програматора PGT-08-S)
Габаритні розміри	Ø 60 мм
Інтерфейс/драйвери	SSI
Напруга живлення	4,5...32 В пост.
Стандарти відповідності	РЄ, UL, ROHS, ГОСТ-Р
Діаметр отвору	8, 10, 12, 14, 15 мм, 3/8, 1/2, 5/8 дюйма
Максимальна робоча швидкість	6000 хв ⁻¹
Діапазон робочих температур	-20...100°C
Підключення	аксіальний/радіальний кабель, аксіальний/радіальний циліндричний різьбовий роз'єм M23 та M12
Клас захисту	IP 65/IP 67

Для живлення перетворювача частоти від мережі має $U=380$ В $f=50$ Гц застосовуємо кабель марки АППР [11] (провід з алюмінієвою), з гумовою ізоляцією, що не розповсюджує горіння, з роздільною основою, виконаний за ТУ 16.705.456-87 переважно застосовується для прокладання по дерев'яних поверхнях та конструкціях житлових та виробничих приміщень перерізом 3,0 мм², здатний пропускати тривалий час 18 А струм.

3 ВИБІР І РОЗРАХУНОК СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ГАЛЬМА

3.1 Розрахунок природних електромеханічних та механічних характеристик регульованого електроприводу швидкісного ліфта

Розрахунок механічних та електромеханічних характеристик почнемо з побудови математичної моделі чи схеми заміщення. Для зручності використовуємо Т-подібну схему заміщення електроприводу. Використаємо типову методику [17,18]. Дана схема проста та зручна (рис. 14).

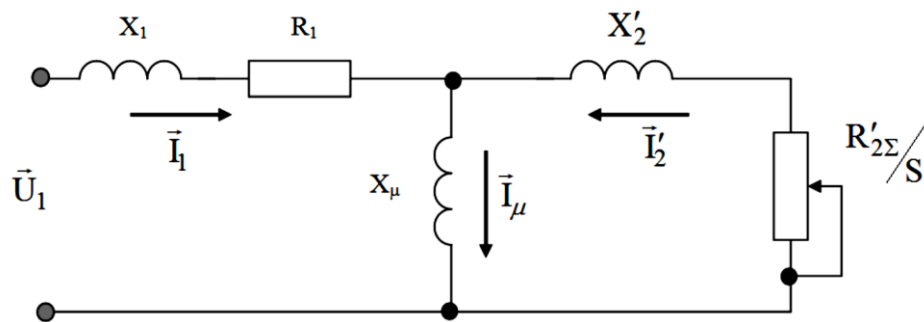


Рисунок 14 – Схема заміщення асинхронного двигуна

За формулою (3.1) знаходимо струм х.х.:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left[\frac{p \cdot I_{1H} (1-s_H)}{1-p \cdot s_H} \right]^2}{1 - \left[\frac{p \cdot (1-s_H)}{1-p \cdot s_H} \right]^2}} \quad (3.1)$$

$$I_0 = \sqrt{\frac{19,25^2 - \left[\frac{0,75 \cdot 23 \cdot (1-0,03)}{1-0,75 \cdot 0,03} \right]^2}{1 - \left[\frac{0,75(1-0,03)}{1-0,075 \cdot 0,03} \right]^2}} = 12,34 \text{ A.}$$

де: $s_H = 1 - \frac{n_H}{n_0} = 1 - \frac{970}{1000} = 0,03$ – ковзання номінальне;

$I_{11} = \frac{p \cdot P_H}{3 \cdot U_{1H} \cos \Phi_{p*} \cdot \eta_p} = \frac{0,75 \cdot 11 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0,764 \cdot 0,85} = 19,25 \text{ A}$ - струм статора двигуна при

частковому навантаженні.

При частковому завантаженні коефіцієнт потужності:

$$\cos\Phi_{p_*} = 0,98 \cdot \cos\varphi_H = 0,98 \cdot 0,78 = 0,764. \quad (3.2)$$

Коефіцієнт завантаження асинхронного двигуна:

$$p_* = P/P_H = 0,75. \quad (3.3)$$

Визначаємо критичне ковзання:

$$\lambda = \frac{M_{max}}{M_H} = 3,15. \quad (3.4)$$

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2k_i I_{1H}} = 1 + \frac{12,34}{2 \cdot 6 \cdot 23} = 1,045. \quad (3.5)$$

Визначаємо коефіцієнт:

$$A_1 = \frac{m U_{1\Phi}^2 (1 - s_H)}{2 \cdot C_1 \cdot k_{max} \cdot P_H} = \frac{3 \cdot 220^2 (1 - 0,03)}{2 \cdot 1,45 \cdot 3,15 \cdot 11 \cdot 10^3} = 1,945 \quad (3.6)$$

Приведений до обмотки статора асинхронного двигуна активний опір ротора:

$$R'_2 = \frac{A_1}{\left(\beta + \frac{1}{s_k}\right) C_1} = \frac{1,945}{\left(1 + \frac{1}{0,184}\right) \cdot 1,044} = 0,342 \text{ Ом}. \quad (3.7)$$

Визначаємо активний опір статорної обмотки:

$$R_1 = C_1 R'_2 \beta = 1,044 \cdot 0,342 \cdot 1 = 0,358 \text{ Ом}. \quad (3.8)$$

Значення індуктивного опору КЗ дорівнює:

$$X_{КЗ} = \sqrt{(1/s_K^2) - \beta^2} \cdot C_1 \cdot R'_2 \quad (3.9)$$

$$X_{K3} = \left[\sqrt{(1/0,184^2) - 1^2} \right] \cdot 1,044 \cdot 0,342 = 1,9 \text{ Ом.}$$

За формулою розраховуємо індуктивний опір роторної обмотки, приведеної до статорної:

$$X'_{2H} = 0,58 \cdot \frac{X_{KH}}{C_1} = 0,58 \cdot \frac{1,9}{1,044} = 1,05 \text{ Ом.}$$

ЕРС E_1 наведена потоком повітряного зазору в обмотці статора в номінальному режимі, дорівнює:

$$E_1 = \sqrt{(U_{1j} \cdot \cos \Phi_{1H} - R_1 \cdot I_{1H})^2 + (U_{1j} \sin \Phi_{1H} + X_{1H} \cdot I_{1H})^2} \quad (3.10)$$

$$E_1 = \sqrt{(220 \cdot 0,78 - 0,358 \cdot 23)^2 + (220 \cdot 0,78 + 0,798 \cdot 23)^2} = 223,99 \text{ В.}$$

Тоді індуктивний опір намагнічування:

$$X_{\mu H} = \frac{E_1}{I_0} = \frac{223,99}{12,34} = 18,15 \text{ Ом.}$$

Електромеханічна характеристика при частотному управлінні АД, визначається залежністю наведеного струму ротора від ковзання:

$$I'_2 = \frac{U_{1j}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{KH}^2 f_{1*}^2 + \left(\frac{R_1 R'_2}{s X_{\mu H} f_{1*}}\right)^2}}, \quad (3.10)$$

де U_{1j} - фазна напруга обмоток статора асинхронного двигуна;

$f_{1*} = f_{1j}/f_{1H}$ - відносне значення частоти напруги живлення.

Задаючись значеннями ковзання, можна розрахувати відповідне значення струму та скориставшись формулою $\omega = \omega_0(1 - s)$ отримати відповідне значення кутової швидкості. Вважаючи, що струм намагнічування двигуна має повністю реактивний характер, вираз для електромеханічної характеристики описує залежність струму статора від ковзання і запишеться наступним чином:

$$I_{1j}(s) = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2(s) + 2I_0 I_2'(s)\sin\varphi_2(s)} \quad (3.11)$$

де I_0 буде змінюватися залежно від величини напруги живлення, згідно з виразом:

$$I_{0j} = \frac{U_{1j}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1H} + X_{\mu H})^2}} \quad (3.12)$$

$$\sin\varphi_2(s) = \frac{X_{KH}}{\sqrt{(R_1 + R_2'/s)^2 + X_{KH}^2}} \quad (3.13)$$

Задаючись ковзанням $S=(0...1)$ і беручи до уваги, що для природної характеристики f_{1*} за формулою розраховуємо природні електромеханічні характеристики АД у двигуновому режимі, рис. 15.

Механічну характеристику асинхронного двигуна при змінних значеннях величини та частоти напруги живлення можна розрахувати за таким виразом:

$$M = \frac{3U_{1j}^2 R_2'}{\omega_{0j} s_j \left(X_{KH}^2 f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_j} \right)^2 + \left(\frac{R_1 R_2'}{s_j X_{\mu H} f_{1*}} \right)^2 \right)} \quad (3.14)$$



Рисунок 15 – Природні електромеханічні характеристики АД

Механічна характеристика асинхронного двигуна має критичний момент і критичне ковзання, які визначаються за наступними формулами:

$$M_K = \frac{3U_{1\Phi}^2}{2\omega_0 c_1 \left(R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_K^2} \right)} \quad (3.15)$$

$$M_K = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 104,72 \cdot 1,044 \left(0,358 + \sqrt{0,358^2 + 1,9^2} \right)} = 289,8 \text{ Н м.}$$

де $\omega_0 = \frac{2\pi f}{3} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{3} = 104,72 \text{ об}^{-1}$ - синхронна кутова швидкість;

$U_{1\Phi}$ - фазна напруга обмоток статора асинхронного двигуна.

$X_K = X_{1H} + X'_{2H} = 0,798 + 1,05 = 1,85 \text{ Ом}$ - індуктивний опір короткого замикання.

$$s_{Kj} = \pm \sqrt{\frac{1 + (R_1 / X_{\mu H} f_{1*})^2}{R_1^2 + X_{KH}^2 f_{1*}^2}} \quad (3.16)$$

Позитивний (+) знак значення говорить нам, що критичний момент і ковзання відносяться до рухового режиму, а негативний (-) – до генераторного режиму.

Розрахунок механічної характеристики проводимо за формулою Глоса (рис. 16).

$$M(s) = \frac{2M_K(1+a \cdot s_K)}{\frac{s_K}{s} + \frac{s}{s_K} + 2a \cdot s_K} \quad (3.17)$$

де $a = \frac{R_1}{R'_2} = \frac{0,358}{0,342} = 1,05$ – коефіцієнт, рівний відношенню активного опору статора до активного наведеного опору ротора;

$\omega_H = \omega_0(1 - s_H) = 104,72(1 - 0,03) = 101,58$ об/хв. - номінальна швидкість приводу;

$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{11 \cdot 10^3}{101,58} = 108,28$ Н м - номінальний момент приводу.



Рисунок 16 – Природна механічна характеристика АД

3.2 Вибір та обґрунтування системи керування електроприводом швидкісного ліфта

Управління ліфтом у режимі нормальної роботи показано на рис. 17.

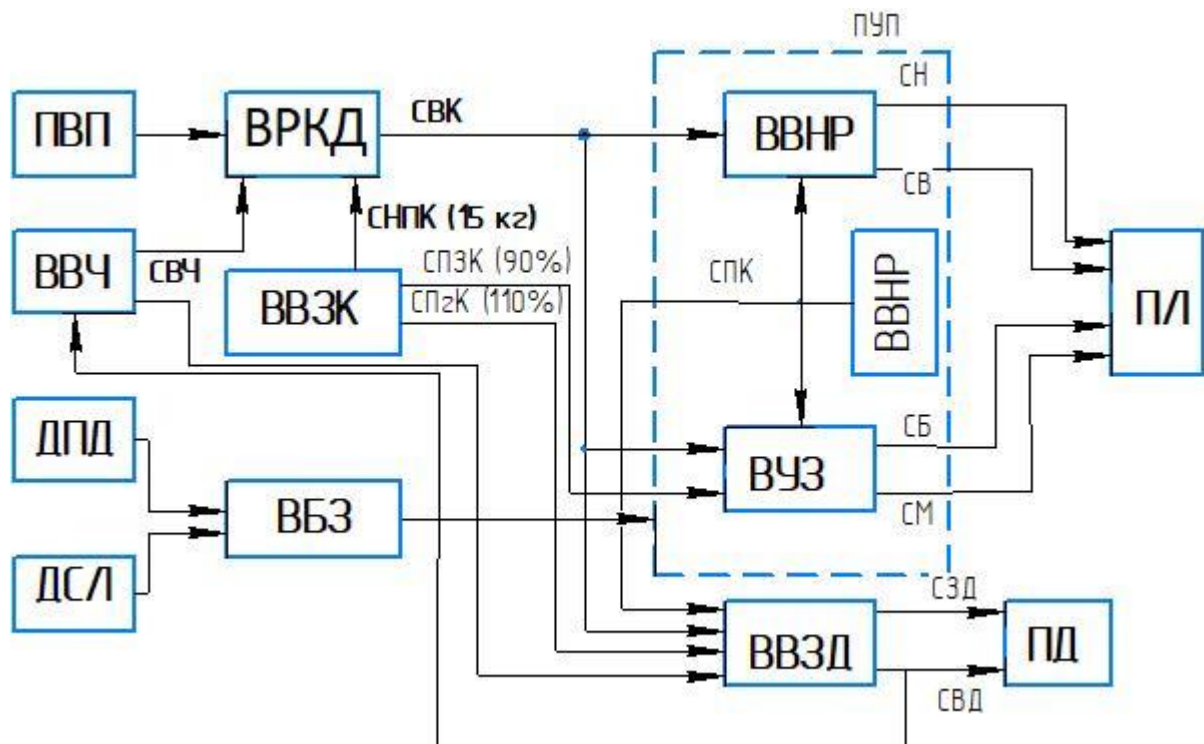


Рисунок 17 – Функціональна структура управління:

ПЛ – ліфтовий привід, ПД – привід відчинення та зачинення дверей, ПВП - пости управління «виклику» та «команд», ВРКД – вузол реєстрації «команд» та «дзвінків», ВВНР – вузол вибору напрямку руху, ВВПК - вузол визначення положення кабіни, ВУЗ - вузол уповільнення та зупинки, ДПД - датчики положення дверей, ДСЛ - датчики стану ліфта, ВБЗ - вузол блокувань та захисту, ВВЧ - вузол витримки часу, ВВЗД - вузол відкривання та закривання дверей, ПУП - позиційно-узгоджувальний пристрій, СВ - сигнал руху вгору, СН – сигнал руху вниз, СВШ – сигнал великої швидкості, СМШ – сигнал малої швидкості, СЗД – сигнал зачинення дверей, СВД – сигнал відчинення дверей, СВЧ - сигнал витримки часу, СВК - сигнали про виклики та накази, СНПК - сигнал про наявність пасажера в кабіні, СПЗК - сигнал про повне завантаження кабіни; СПГК - сигнал про перевантаження кабіни; СРРЛ - сигнал регулювання розгону ліфта; ВВЗК - вузол визначення завантаження кабіни, СПК – сигнал положення кабіни.

Ліфтом керує система, що забезпечує вимоги пасажирів при вирішенні логічних завдань пов'язаних з необхідним вибором руху в заданому напрямку вгору-вниз, положення кабіни на поверсі, тобто вимогам до точності зупинки, роботі в різних навантажувальних режимах та безпеки пасажирів. Широке застосування електроніки, а зокрема мікропроцесорів в системах управління ліфтами дозволяє нам використовувати інформаційні і керуючі сигнали

внаслідок чого виконується введена у систему програма. Це дозволяє помітно скоротити кількість елементів, підвисити надійність роботи, що збільшує функціональні можливості системи та робить її більш доступною та універсальною.

Центральна частина мікропроцесорного блоку електронної селекції - це процесор серії K1830BE31. Принцип роботи електронного селектора – це метод тактового опитування всіх датчиків, що знаходяться в шахті ліфта: пристрої положення кабіни в шахті, дверей шахти кнопок «викликів» та «команд». За положення кабіни в шахті ліфта відповідають датчики нижнього та верхнього поверху, датчик точної зупинки, поверхові датчики, датчики уповільнення. У кожного зупинного майданчика для правильної роботи датчиків встановлюють шунти.

Мікропроцесорна система після програмування, запам'ятовує цю програму в ЗУ 4 здійснює цикл певної кількості тактових імпульсів (мікросхема K57ГРФ5), що необхідні для опитування кнопок «виклику» та «команд» та всіх інших датчиків ліфта.

Мікропроцесором 3 виконується рахунок поверхів під час переміщення кабіни: в нижньому напрямку – сигнали від датчика уповільнення вниз, а при русі кабіни у верхньому напрямку – сигнали від датчика уповільнення вгору. Мікропроцесор точно прораховує імпульсний сигнал, який він сам і посиляє на певний датчик. За кожним пристроєм ліфта закріплений номер імпульсу і тому мікропроцесор «знає», який пристрій він опитує. У блоці 2 знаходяться мультиплексори які дозволяють виділити імпульс від конкретного пристрою. На інформаційні входи 10 - 17 підключені виходи пристроїв, на які надходять імпульси опитування, а поява на його виході Q одного з цих сигналів визначається поданим на адресні входи S0, SI, S2 трирозрядним двійковим кодом.

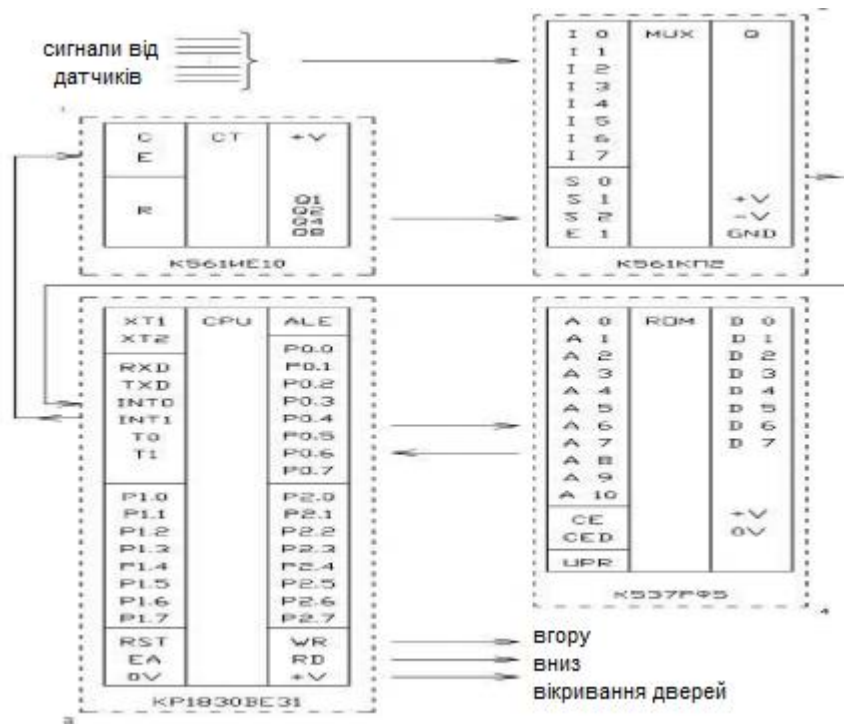


Рисунок 18 – Система керування роботою ліфта

Мультиплексом управляють за допомогою двійкового коду, формування якого відбувається на виході двійкового лічильника 1. Тактові імпульси надходять на лічильник з передавального виходу мікропроцесора ТХД, тобто на лічильний вхід лічильника послідовно подаються опитувальні імпульси. При закінченні циклу опитування лічильник (у блоці їх два для підрахунку всієї кількості імпульсів у циклі опитування) скидається у вихідний стан.

Розглянемо послідовність дії блоку на момент вмикання ліфту. Після вмикання насамперед в мікропроцесор 3 вводиться число, що визначає кількість поверхів у будівлі. Код поверховості набирається на окремому мультиплексорі (на схемі не показаний), на виводах якого при установці ліфта набирається необхідний двійковий код. Мікропроцесор по черзі підключає виводи даного мультиплексора до входу INT0, який застосовується в даній схемі не як вхід зовнішніх переривань, а як вхід, призначений тільки для опитування кількості поверхів у будівлі.

Після визначення кількості поверхів ліфт здійснює калібрувальний рейс на перший поверх при першому натисканні на будь-яку кнопку виклику. Під

час руху кабіни ліфта мікропроцесор за допомогою мультиплексорів безперервно опитує датчики уповільнення вгору і вниз, датчик точної зупинки, датчики крайніх поверхів, кнопки викликів. Мікропроцесор обробляє інформацію, що надходить від цих пристроїв і записує в пристрій для формування необхідних сигналів.

Даний пристрій управління збирається з використанням мікропроцесора, який формує кілька сигналів керування (в нашому випадку три). Решта виконавчої частини складається з релейної схеми, яка в нашій країні дотепер все ще активно застосовується під час модернізації ліфтів.

3.3 Гальмівний пристрій швидкісного ліфта

Гальмівний пристрій (рис. 19) призначений для зупинки та утримання у заданому положенні кабіни ліфта. Лебідку ліфта обладнають гальмом замкнутого типу, що діє автоматично. При вимкненому двигуні та відсутності напруги в електромережі лебідка має бути загальмована. Гальмо встановлюють на швидкохідному валу ближче до редуктора для того, щоб при виході з ладу будь-якого елемента приводу (наприклад, муфти) гальмо могло загальмувати канатоведучий шків. У зв'язку з цим шпиль гальмівний кріплять на вхідному валу редуктора, а не на валу двигуна. У ліфтах зазвичай використовують тільки колодкові гальма.

У ліфтових лебідках широко використовують двоколодкові гальма. Гальмівні колодки кріпляться до важелів шарнірно. Колодки мають накладки, виготовлені з фрикційного матеріалу, що має високу зносостійкість. Накладки приклепують до латунних колодок алюмінієвими чи мідними заклепками. На роботу гальма впливає величина розбіжності колодок, які охоплюють шків із двох сторін. Величина розбіжності має бути однаковою і перебувати в межах від 0,4 до 1мм, залежно від діаметра гальмівного шківа.



Рисунок 19 – Електромагнітний гальмівний пристрій

Привід гальма електромагнітний, працює від змінного струму. Залежно від ходу якоря гальмівні електромагніти діляться на довгоходові (хід якоря 20-50мм) та короткоходові (2-5мм). На пасажирських ліфтах використовуються гальмівні пристрої із короткоходовим електромагнітом МП-201. Перевагами електромагніту МП-20 є безшумність роботи, форсоване вмикання, простота регулювання зазору між колодками та напівмуфтою.

4 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАНОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Застосування ПЧ в ЕП забезпечує найбільш економічні методи регулювання швидкості та моменту електродвигунів змінного струму. Залежно від типу електроприводу ПЧ може бути включений між живильною мережею та статорною обмоткою двигуна (частотно-керований ЕП), або між роторною обмоткою і мережею живлення (наприклад, в ЕП з машиною подвійного живлення). Таке підключення зазвичай дозволяє зменшити встановлену потужність ПЧ, але вимагає застосування електродвигуна з фазним ротором.

У ПЧ застосовано найбільш поширену для управління короткозамкнутим АД схеми ПЧ з АІН та ШИМ напруги на виході, некерованим випрямлячем на вході силової частини схеми та мікропроцесорним керуванням. При живленні від мережі 380 В найбільш раціональним є застосування в інверторі напівпровідникових приладів нового покоління – біполярних транзисторів із ізольованим затвором IGBT.

Основні елементи, що входять до цієї схеми (рис. 21):

UZ - некерований випрямляч; L0, C0 – фільтр; RT – термістор, що обмежує струм заряду конденсатора C0; R0 – розрядний опір для конденсатора C0; FU1, FU2, FU3 - запобіжники; R, C – ланцюг захисту від перенапруг на транзисторах IGBT; RS – датчик струму для організації захисту (FA) від наскрізних та неприпустимих струмів навантаження через IGBT із зворотним діодним мостом.

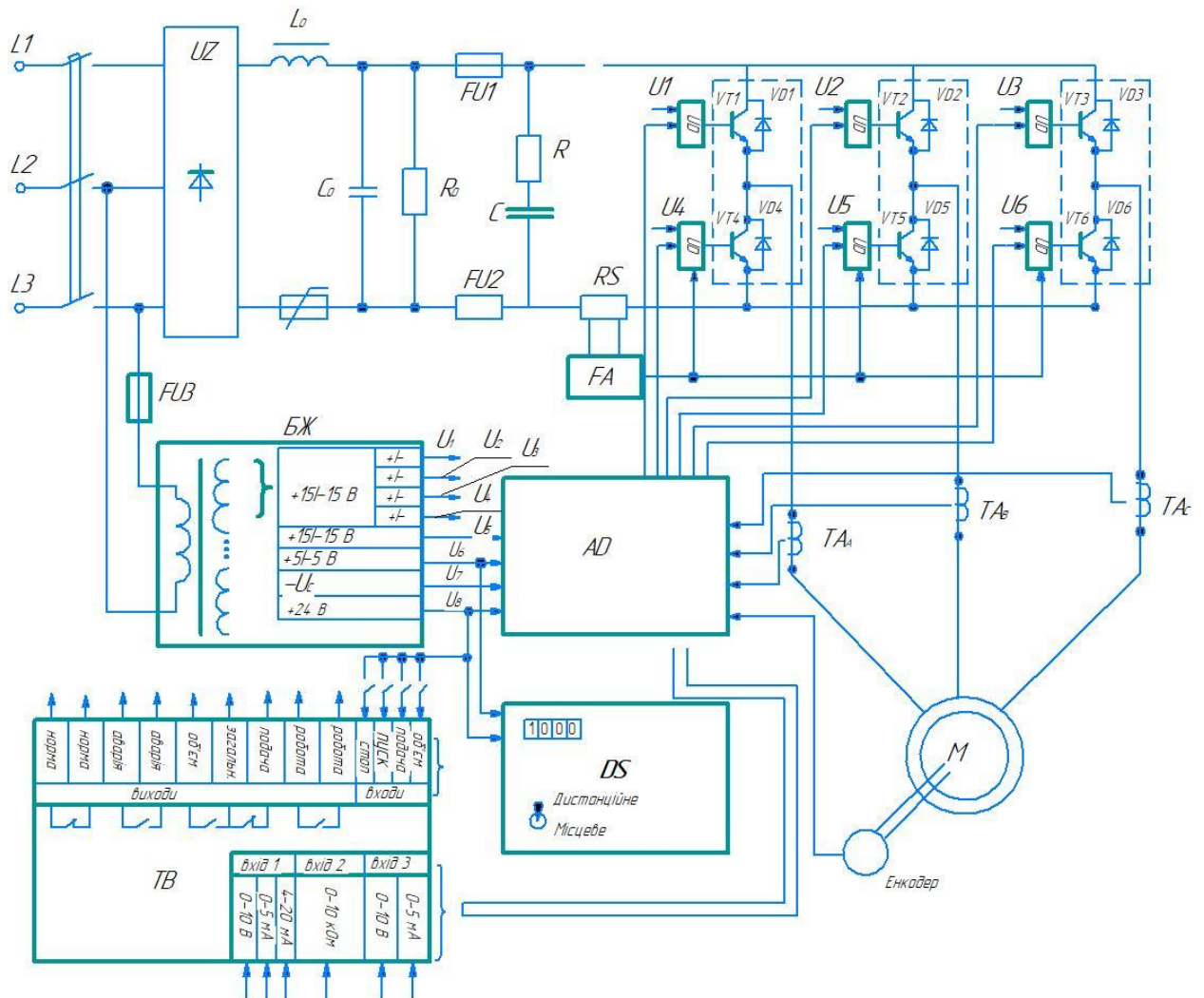


Рисунок 21 – Функціональна електрична схема асинхронного ЕП з ПЧ

Основні блоки та система керування:

- а) блок живлення БЖ, що складається з восьми гальванічно розв'язаних джерел постійної напруги;
- б) мікроконтролер AD з урахуванням сигнального процесора 1899BE1;
- в) плата індикації DS з перемикачем способу керування: місцеве чи дистанційне;
- г) ТВ – блок опору для роботи із зовнішніми сигналами або командами
- д) узгоджуючий пристрій UD – драйвери IGBT.

Електропривід працює в такий спосіб.

При подачі напруги 380 на силовий вхід ПЧ у ланці постійного струму відбувається процес заряду конденсатора фільтра C_0 , який визначається значеннями R_T , L_0 , C_0 . Одночасно з цим у інформаційну частину схеми

подається живлення (напруги $U_1 - U_8$). У процесі витримки часу встановлення напруг стабілізованих джерел живлення $U_1 - U_4$ апаратний захист FA блокує відкривання ключів інвертора та відбувається запуск програми управління процесором по команді "Рестарт". Виконується ініціалізація. Здійснюється запис початкових умов в комірки ОЗУ процесора і визначається спосіб управління - місцеве або дистанційне. Якщо з датчиків струму фаз двигуна TA_A , TA_B , TA_C , апаратного захисту FA, напруги мережі U_C , а також від усіх каналів вторинного джерела живлення надходить інформація про нормальні параметри, то ЕП готовий до роботи і на цифровий індикатор виводяться нулі, світиться світловипромінюючий діод «Подача». Інакше спалахує світлодіод «Аварія» і на цифровому індикаторі з'являється код спрацьовування того чи іншого захисту.

Для керування двигуном процесор формує систему трифазних синусоїдальних напруг, що змінюються за частотою та амплітудою, та передає їх у модулятор, в якому синусоїдальні сигнали керування фазами - "стілками" інвертора, що складаються з послідовно увімкнених ключів IGBT, перетворюються на дискретні команди увімкнення транзисторів класичним методом центрованої синусоїдальної ШІМ. Несуча частота ШІМ становить від 5 до 15 кГц. Одночасне замикання двох ключів у «стілці» інвертора блокується для обліку реального часу замикання транзисторів у процесі перемикання вводиться «мертвий» час, що становить одиниці мікросекунд, протягом якого обидва ключі розімкнуті.

Мікропроцесор 1899BE1 дозволяє реалізувати лише скалярне керування координатами двигуна. Структура системи автоматичного управління технологічним об'єктом, до якої під'єднаний даний ПЧ, може бути найрізноманітнішою – від розімкнутої системи до замкнутої зворотними зв'язками з кількох сигналів. Алгоритм управління також залежить від технологічний вимог технічного об'єкта. Структура та алгоритм можуть бути перепрограмовані.

Силова частина ПЧ незмінна та придатна для інших способів управління координатами електродвигуна із застосуванням більш досконалих мікропроцесорних засобів.

Ремонт ліфтів

Надійність, безпека та комфорт роботи ліфта – ці якості безпосередньо залежать від того, наскільки якісно проводиться його ремонт та технічне обслуговування. Сучасний ліфт – є складним механізмом, до якого входять не тільки механіка, а й сучасна електроніка, мікропроцесори та складні програми. Звичайно ж, для того, щоб обслуговувати такий пристрій, необхідні не тільки робітники-електромеханіки, а й інженерно-технічні працівники, які мають високу кваліфікацію.

Технічне обслуговування та ремонт ліфтів має здійснюватися професіоналами у суворій відповідності до всіх правил і норм. Найкраще, якщо ці обов'язки виконуватимуть фахівці тієї компанії, яка встановлювала ці ліфти.

Технічне обслуговування цілодобове - включає постійне знаходження кваліфікованих спеціалістів на об'єкті обслуговування ліфтів, а також передбачає його диспетчеризацію.

За першою програмою обслуговування підлягають такі об'єкти: готелі; житлові будинки та адміністративні будинки, бізнес центри; лікарні та медичні заклади; цілодобові торгові та розважальні центри. Щомісячне - полягає у виїзді технічного спеціаліста 1 раз на місяць. При цьому здійснюється огляд, очищення основних вузлів, технічне обслуговування та ремонт ліфтів, що передбачено вимогами заводу виробника.

Об'єктами обслуговування за другою програмою є: невеликі адміністративні будинки; пентхауси та таунхауси; заміські будинки та котеджі. Щоквартальне технічне обслуговування ліфтів – передбачає виїзд кваліфікованого фахівця один раз у квартал. Виконується повна діагностика ліфтового обладнання, очищення основних вузлів згідно з вимогами заводу виробника.

Всі програми з технічного обслуговування ліфтів включають:

- запуск ліфту, що зупинився;
- вивільнення пасажирів із застряглого ліфта.

Технічний огляд всіх вузлів та систем, перевірка їх взаємодії один з одним, а також з інженерними системами будівлі здійснюється щорічно.

Якщо знехтувати цими правилами, то наслідки можуть бути вкрай неприємними і навіть трагічними. Несправний ліфт може призвести до сумних наслідків. По суті, якщо ви не будете проводити регулярний огляд ліфтів, то можете вважати, що викинули гроші на вітер – адже немає жодної гарантії, що дороге ліфтове обладнання, можна привести в повний технічний стан без суттєвих фінансових вкладень.

5 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І ОБСЛУГОВУВАННІ ЛІФТІВ

5.1 Безпека персоналу, який обслуговує ліфти

Обслуговуючий персонал, який має проводити ТО, ремонти двигуна, перетворювача частоти та іншого комутаційного обладнання електроприводу швидкісного ліфта повинні мати 3 групу допуску до робіт на електроустановках напругою до 1000 В та посвідчення електромонтера 4 розряду. Всі роботи, що проводяться в електроустановці повинні суворо виконуватися відповідно до нормативних документів, правил та інструкцій [22]. Причому також персонал повинен бути ознайомлений з правилами безпечної роботи з електроустановками та знати дії при НС, що виникли поряд з електроустановками та скласти іспити на підтвердження своєї кваліфікації.

Якщо робота на електродвигуні або приведеному за допомогою нього в рух механізмі пов'язана з дотиком до струмовідних і обертових частин, електродвигун повинен бути вимкнений з виконанням передбачених Правилами технічних заходів, що запобігають його помилковому вмиканню. При цьому у двошвидкісного електродвигуна повинні бути вимкнені та розібрані обидва ланцюги живлення обмоток статора.

Не допускається знімати огороження працюючих частин електродвигуна та механізму, що обертаються. Також при роботі на електродвигуні допускається встановлення заземлення на будь-якій ділянці кабельної лінії, що з'єднує електродвигун із секцією РУ, щитом тощо. Якщо роботи на електродвигуни розраховані на тривалий термін, не виконуються або перервані на кілька днів, то від'єднана від нього кабельна лінія має бути заземлена також з боку електродвигуна.

У тих випадках, коли перетин жил кабелю не дозволяє застосовувати переносні заземлення, у електродвигунів напругою до 1000 В допускається заземлювати кабельну лінію мідним провідником перерізом менше перерізу

жили кабелю або з'єднувати між собою жили кабелю і ізолювати їх. Таке заземлення чи з'єднання жил кабелю повинно враховуватись в оперативній документації нарівні з переносним заземленням. Перед допуском до робіт на електродвигунах мають бути вжиті заходи щодо загальмовування роторів електродвигунів або розчепленню сполучних муфт.

Необхідні операції із запірною арматурою повинні бути погоджені з начальником зміни технологічного цеху, ділянки із записом у оперативному журналі.

Обов'язково зі схем ручного дистанційного та автоматичного управління електроприводами запірної арматури, направляючих апаратів має бути знята напруга.

Повинні бути вивішені плакати «Не відчиняти! Працюють люди», а на ключах, кнопках управління електроприводами запірної арматури - «Не вмикати! Працюють люди» [22].

Роботи по одному наряду на електродвигунах однієї напруги, виведених у ремонт агрегатів, технологічних ліній, установок можуть проводитись на умовах наступного правила:

- можна видавати один наряд для роботи на всіх (або частини) на електродвигунах цих агрегатів (установок) і один наряд для робіт в РУ на всіх (або частини) приєднаннях, що живлять електродвигуни цих агрегатів (установок).

- видавати один наряд допускається лише для роботи на електродвигунах однієї напруги та приєднання одного РУ.

Допуск на всі заздалегідь підготовлені робочі місця дозволяється виконувати одночасно, оформлення переведення з одного робочого місця на інше не потрібне. При цьому випробування чи включення в роботу будь-якого з перерахованих у наряді електродвигунів до закінчення роботи інших не допускається.

Порядок вмикання електродвигуна для випробування має бути наступним:

- робітник видаляє бригаду з місця роботи, оформляє закінчення роботи та здає наряд оперативному персоналу;

- оперативний персонал знімає встановлені заземлення, плакати, виконує збирання схеми.

Після випробування за необхідності продовження роботи на електродвигуні оперативний персонал знову готує робоче місце та бригада за нарядом повторно допускається до роботи на електродвигуні.

Робота на електродвигуні, що обертається без зіткнення з струмопровідними і обертовими частинами може проводитися по розпорядження.

Обслуговування щіткового апарату на працюючому електродвигуні допускається за розпорядженням навченого для цієї роботи працівнику, який має групу 3, при дотриманні наступних запобіжних заходів:

- працювати з використанням засобів захисту обличчя та очей, у застібнутому спецодязі, остерігаючись захоплення його частинами електродвигуна, що обертаються;

- користуватися діелектричними калошами, килимами;

- не торкатися руками одночасно струмопровідних частин двох полюсів.

Кільця ротора допускається шліфувати на обертовому електродвигуні лише за допомогою колодок із ізоляційного матеріалу.

Також в інструкціях з охорони праці відповідних організацій мають бути детально викладені вимоги до підготовки робочого місця та організації безпечного проведення робіт на електродвигунах, що враховують види використовуваних електричних машин, особливості пускорегулюючих пристроїв, специфіку механізмів, технологічних схем тощо.

5.2 Заходи безпеки під час виконання робіт з вимкненням електродвигунів

Під час підготовки робочого місця мають бути відключені:

- струмопровідні частини, на яких виконуватимуться роботи;
- неогорожені струмопровідні частини, до яких можливе випадкове наближення людей;
- ланцюги управління та живлення.

В електроустановках напругою до 1000 В з усіх струмоведучих частин, на яких проводитиметься робота, напруга має бути знята відключенням комутаційних апаратів з ручним приводом, а при наявності у схемі запобіжників – зняттям останніх. За відсутності в схемі запобіжників запобігання помилковому увімкненню комутаційних апаратів має бути забезпечено такими заходами, як замикання рукояток або дверцят шафи, закриття кнопок, встановлення між контактами комутаційного апарату ізолюючих накладок та ін. При знятті напруги комутаційним апаратом з дистанційним керуванням необхідно розімкнути вторинний ланцюг, що вмикає котушки.

Перелічені заходи можуть бути замінені розшиновкою або від'єднанням кабелю, проводів від комутаційного апарату або від обладнання, на якому мають проводитися роботи. Необхідно вивісити забороняючі плакати. Вимкнений стан комутаційних апаратів напругою до 1000 В з недоступними для огляду контактами визначається перевіркою відсутності напруги на їхніх затискачах чи шинах, що відходять, проводах або затискачах обладнання, що вмикаються цими комутаційними апаратами.

Перевірку відсутності напруги в комплектних розподільних пристроях заводського виготовлення допускається проводити з використанням вбудованих стаціонарних показчиків напруги.

5.3 Вивішування забороняючих плакатів та перевірка відсутності напруги

При виконанні робіт в електроустановці на устаткуванні, що знаходиться під напругою або поблизу нього, необхідно послідовно дотримуватись певних операцій для безпеки виконання робіт.

При роботах на вимкнених електроустановках до 1000 В після виконання операцій з від'єднання електрообладнання, на яких буде проводитись робота, необхідно переконатись, що на місці робіт немає напруги. Для цього використовуються перевірені та випробувані показчики напруги. Після цього необхідно вивісити плакати. Плакатів є кілька категорій і всі вони необхідні, але на які необхідно звертати увагу. Це забороняючі та попереджувальні плакати. Допускається застосовувати тільки попередньо перевірений вольтметр. Контрольними лампами користуватися заборонено.

Після перевірки відсутності напруги необхідно вивісити плакати «Не вмикати! Працюють люди». Плакати вивішуються на комутаційні апарати, при вмиканні яких може бути подана напруга.

5.4 Розрахунок штучного освітлення машинного приміщення швидкісного ліфта

Основним негативним критерієм роботи у приміщеннях закритого типу, де немає природного освітлення, є освітлення штучне, яке створює сприятливі умови для працюючих. У цій роботі ми розглянемо освітлення машинного відділення, розміри приміщення: довжина 5 м, ширина 3 м, висота 3 м.

Розрахунок освітленості виконаємо методом коефіцієнта використання світлового потоку. Цей метод використовується для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь виробничих приміщень при відсутності затемнень [13].

Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання виконується за типовою методикою [13]:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k}{N \cdot \eta}, \quad (5.1)$$

де Φ – необхідний світловий потік в кожному світильнику, лм;

k – коефіцієнт запаса;

S – площа опромінення, м²;

N – кількість світильників (джерел світла), шт.;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Для приміщень даного типу нормована освітленість $E = 300$ лк [Куш];

Для освітлення приміщення використовуємо газорозрядні лампи.

Площа приміщення, що висвітлюється, визначається за формулою:

$$S = A \cdot B = 5 \cdot 3 = 15 \text{ м}^2.$$

Найбільш вигідне співвідношення відстані між світильниками до розрахункової висоти підвісу:

$$\lambda = \frac{L}{h}$$

приймається за таблицею залежно від типової кривої сили світла світильника.

Для люмінесцентних ламп при косинусоїдальній типовій кривій вибираємо $\lambda = 1,4$.

Знаходимо розрахункову висоту підвісу за такою формулою:

$$h = H - h_{\text{звис}} - h_p = 3 - 0,7 - 0,8 = 1,5 \text{ м.}$$

де H – висота приміщення, м;

$h_{\text{звис}}$ - висота звисання світильника (від перекриття), м;

h_p - висота робочої поверхні над підлогою, м.

Тоді відстань між світильниками:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 1,5 = 2,1 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість світильників для встановлення у приміщенні:

$$N = \frac{S}{L^2} = \frac{15}{2,1^2} = 3,4 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для визначення коефіцієнта використання η знаходимо індекс приміщення i :

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{5 \cdot 3}{1,5(5 + 3)} = 1,25$$

Оцінюємо коефіцієнти відбивання поверхонь приміщення:

$\rho_{\text{стелі}} = 70\%$; $\rho_{\text{стін}} = 50\%$, $\rho_{\text{підлоги}} = 30\%$ [13].

За отриманими значеннями i та ρ визначимо за таблицею [Куш] величину коефіцієнта використання світлового потоку для вибраного світильника.

Вибираємо світильник типу ПВЛМ - Д, для якого $\eta = 73\%$.

За формулою (5.1) визначаємо необхідний світловий потік ламп в кожному світильнику:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{3 \cdot 0,73} = 3390 \text{ лм.}$$

Тип обраної лампи – ЛХБЦ40-4. У світильнику буде встановлено дві такі лампи. Короткі технічні дані лампи ЛХБЦ40-4:

- потужність - 40 Вт;
- напруга – 103 В;
- світловий потік після 100 год горіння - 2000 лм.

ВИСНОВОК

В процесі виконання роботи здійснено проектування та вибір електрообладнання асинхронного частотно-регульованого електроприводу механізму швидкісного ліфта, що задовольняє технічним умовам та вимог.

У роботі зроблено вибір асинхронного двигуна (АТ), перетворювача частоти та способу управління швидкістю АТ.

Зроблено розрахунок параметрів двигуна, перетворювача, допоміжного обладнання, складено структурну та функціональну схему. Розрахунки зроблено у програмному середовищі MathCad 14. На підставі розрахунків отримано механічні характеристики електродвигуна, що задовільняє технічним умовам.

Отримані розрахунки і елементи моделювання дозволили обґрунтувати структурно-функціональну схему підключення асинхронного електропривода з перетворювачем частоти. Використання перетворювача частоти в електроприводі швидкісного ліфта дозволить зменшити експлуатаційні витрати та надійність роботи системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Василега П.О. Електротехнологічні установки: навчальний посібник. Суми: Видавництво СумДУ, 2010. 548 с.
2. ДНАОП 0.001.32 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Форт, 2013. 100 с.
3. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник / П.В. Волох, М.П. Цоколенко, Л.В. Ревенко, В.А. Грічаненко та ін. К. : Аграрна освіта, 2014. 506 с.
4. ДСТУ ГОСТ 15597–2008. Світильники для виробничих приміщень. Загальні технічні умови.
5. Електронний ресурс <https://veber.tech/assets/files/SHOK.pdf>
6. Електронний ресурс <http://acprivod.com.ua/>
7. Електронний ресурс <http://npoautomatic.com/>
8. Електронний ресурс <http://www.lenze.org.ua/>
9. Електронний ресурс <https://zvyagel.com.ua/news/13708-yak-pidnyatu-liftu.html>
10. Єрмолаєв С.О. Проектування систем електропостачання в АПК / С.О. Єрмолаєв, В.Ф. Яковлев, В.О. Мунтян та ін. Мелітополь. : Люкс, 2009. 568 с.
11. Кашенко В. П., Біленко О. І., Устименко О. А. та ін. Монтаж, обслуговування та ремонт електротехнічних установок в АПК (Курсове і дипломне проектування). К.: Аграрна освіта, 2008. 500 с.
12. Колб А. А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник / А. А. Колб, А. А. Колб. Д.: Національний гірничий університет, 2006. 511 с.
13. Кушлик Р. В., Яковлев В. Ф., Куценко Ю. М., Лисиченко М. Л., Кунденко М. П., Федюшко Ю. М. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. 332 с.
14. Мартиненко І. І., Лисенко В. П., Тищенко Л. П. та ін. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК. К., 2008. 330 с.

15. Мілих В.І. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : підручник / В.І. Мілих, О.О. Шавьолкін. Київ: Каравела, 2007. 688 с.
16. НПАОП 40.11.2198 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. К.: Профкнига, 2021. 116 с.
17. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: підручник / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. Київ: Вища шк., 2009. 734 с.
18. Підйомно-транспортні та вантажно-розвантажувальні машини: підручник / О. М. Лівінський, О. І. Курок, Л. Є. Пелевін та ін. Київ: «МП Леся», 2016. 734 с.
19. Попович М. Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. Посібник / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепіков. К.: Либідь, 2005. 680 с.
20. Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко Д.: Національний гірничий університет, 2013. 268 с.
21. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: підручн. / І. І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко та ін. К.: Аграрна освіта, 2008. 330 с.
22. ПРАВИЛА будови і безпечної експлуатації ліфтів ДНАОП 0.00-1.02-99. Електронний ресурс: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN5825>
23. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода: навч. посібник / М. В. Загірняк, Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. 2-ге вид., переробл. і доповн. Харків: Видавництво «Точка», 2017. 206 с.
24. Установки ліфтові. Електронний ресурс: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_7309_2019_ustanovki_liftovi_lifti_klasiv_i_ii_iii_iv_v_.pdf
25. https://electrica-shop.com.ua/ua/teplovie_rele
26. <https://elektrologistik.com.ua/ua/p1292312585-etazhnyj-pereklyuchatel-ep11.html>

27. https://motory.in.ua/ua/g1622806-elektrodivigateli-air?gad_source=1&gbraid=0AAAAAoVY5SQfZwRpfFNm77hrwWiZdzxcf&gclid=Cj0KCQjw2ZfABhDBARIsAHFTxGziuOD6xU4LMqdLphdvZeMzi3JKcnUqQf0OoiGKkMZ71vH3XG9yZulaAo3KEALw_wcB