

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

ННІ/факультет Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра Електричної інженерії та автоматизації
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Форма навчання Заочна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

Ковальчука Володимира Михайловича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему: Електромеханічне елеваторне обладнання. Елепривод лебідки ліфта
дев'ятиповерхового будинку

(повна назва теми)

за матеріалами технічної документації елеваторного обладнання

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник

(наук. ступінь, вчене звання)

(підпис)

Чорний О.П.

(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 16.06.2026 р. № 405-ст

Завідувач кафедри

(підпис)

доцент, к.п.н.

Наук. ступень, вчене звання

Є.О. Модло

Ініціали, прізвище

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Електричної інженерії та автоматизації

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ(КИ)

Ковальчуку Володимиру Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи Електромеханічне елеваторне обладнання. Елепривод лебідки ліфта дев'ятиповерхового будинку

керівник випускної роботи Чорний Олексій Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «06» квітня 2026 року
№ 237-ст

2. Строк подання студентом випускної кваліфікаційної роботи 04.06.2026

3. Вихідні дані до випускної кваліфікаційної роботи клас ізоляції двигуна F; частота обертання 1440 об/хв; cos φ 0,85; ККД 83%; допустимі відхилення напруги -5 до +10%; допустимі відхилення частоти струму ±2,5%; номінальний режим роботи S3; рівень шуму не більше 80 дБ; момент початкового пуску 75 Нм; момент початку уповільнення -10 Нм; висота шахти 27 м; максимальна швидкість руху кабіни 1 м/с; похибка зупинки 0,015 м.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1 Аналітична частина. Загальні поняття про ліфти, їх призначення та класифікація Показники якості Аналіз існуючих методів і засобів управління Мета випускної роботи 4.2 Основна частина. Принцип роботи та вимоги до пасажирського ліфта. Вимоги до управління та устаткування. Принцип роботи ліфта Вибір і розрахунок електродвигуна. Допустимі похибки вимірювань, необхідний період знімання та обробки сигналів. Вибір перетворювача частоти. Структурна схема системи керування електроприводом. Вибір контролера. Вибір технічних засобів. Алгоритм керування ліфтом. Математичне моделювання системи керування. Аналіз небезпечних чинників при експлуатації і обслуговуванні ліфтів. Заходи щодо усунення небезпечних чинників при експлуатації і обслуговуванні ліфтів. Протипожежні

заходи.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Схема кінематична ВРБ.141.237-ст.03.К1; Схема електрична функціональна ВРБ.141.237-ст.03.Е2; Структурна схема системи керування ліфтом на базі логічного модуля Siemens ВРБ.141.237-ст.03.Е1; Блок схема алгоритму роботи ліфта ВРБ.141.237-ст.03.Е0.1; Структурна схема математичної моделі електропривода ВРБ.141.237-ст.03.Е0.2.

6. Консультанти розділів випускної кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Чорний О.П.	10.04.2026	10.04.2026
Основна частина	Чорний О.П.	10.04.2026	10.04.2026

7. Дата видачі завдання 10.04.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної роботи	Строк виконання етапів випускної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	29.05.2026	
2.	Основна частина	01.06.2026	
3.	Оформлення пояснювальної записки	02.06.2026	
4.	Виконання графічної частини	03.06.2026	
5.	Подання роботи до кафедри	04.06.2026	
6.	Захист роботи в ЕК	18.06.2026	

Студент

(підпис)

Ковальчук В.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник випускної кваліфікаційної роботи

(підпис)

Чорний О.П.
(прізвище та ініціали)

№ ряд ка	Фор мат	Позначення			Назва	Кіл. листів	№ екз.	Прим.
1	A3	ВРБ.141.237-ст.03.К1			Схема кінематична	1		
2								
3	A3	ВРБ.141.237-ст.03.Е2			Схема електрична	1		
4					функціональна			
5								
6	A3	ВРБ.141.237-ст.03.Е1			Структурна схема системи	1		
7					керування ліфтом на базі			
8					логічного модуля Siemens			
9								
10	A3	ВРБ.141.237-ст.03.Е0.1			Блок схема алгоритму	1		
11					роботи ліфта			
12								
13	A3	ВРБ.141.237-ст.03.Е0.2			Структурна схема	1		
14					математичної моделі			
15					електропривода			
16								
17								
18	A4	ВРБ.141.237-ст.03.П3			Пояснювальна записка	57		
19								
20								
21								
22								
					ВРБ.141.237-ст.03.ВР			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Електромеханічне елеваторне обладнання. Елепривод лебідки ліфта дев'яти-поверхового будинку Відомість роботи	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Ковальчук В.М.					4	1
Пров.		Чорний О.П.						
Н.контр.		Чорний О.П.				ННТІ ДУЕТ Каф.ЕІА гр. ЗЕПА-22		
Затв.		Модло Є.О.						

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 57 стор., 12 рис., 8 табл., 29 джерел.

Об'єкт розробки: автоматизована система керування підйомним механізмом ліфта у дев'ятиповерхових житлових будівлях.

Мета роботи - дослідження теоретичних і практичних засад побудови автоматизованої системи керування ліфтом та розроблення ефективного алгоритму її функціонування.

В аналітичній та основній частинах випускної роботи досліджено конструктивні особливості і принципи функціонування ліфтових установок, їх призначення та класифікаційні ознаки. Проведено порівняльний аналіз існуючих методів і технічних засобів керування електроприводом ліфта, здійснено вибір програмованого логічного контролера та функціональних модулів системи автоматичного керування. Розроблено алгоритм керування кабіною ліфта.

Проаналізовано умови праці обслуговуючого персоналу, питання виробничої санітарії та гігієни, висвітлено заходи з техніки безпеки і протипожежного захисту, запропоновано організаційні та технічні рішення, що усувають або мінімізують вплив небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Ключові слова: алгоритм, електропривод, контролер, лебідка, ліфт, перетворювач частоти

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Загальні поняття про ліфти, їх призначення та класифікація.....	10
1.2 Показники якості	11
1.3 Аналіз існуючих методів і засобів управління.....	12
1.4 Мета випускної роботи	14
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	15
2.1 Принцип роботи та вимоги до пасажирського ліфта	15
2.2 Принцип роботи ліфта	16
2.3 Вибір і розрахунок електродвигуна	19
2.4 Допустимі похибки вимірювань, необхідний період знімання та обробки сигналів.....	24
2.5 Вибір перетворювача частоти. Структурна схема системи керування електроприводом	25
2.5.1 Вибір контролера.....	28
2.5.2 Розроблення структурної схеми системи керування ліфтом.....	33
2.5.3 Вибір технічних засобів.....	37
2.6 Алгоритм керування ліфтом	40
2.7 Математичне моделювання системи керування	42
2.8 Заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності	48
2.8.1 Аналіз небезпечних чинників при експлуатації і обслуговуванні ліфтів.....	48
2.8.2 Заходи щодо усунення небезпечних чинників.....	50
2.8.2.1 Загальні вимоги	51
2.8.2.2 Безпека виконання робіт у шахті з даху кабіни	52

2.8.2.3 Робота в зоні верхнього крайнього поверху	53
2.8.2.4 Робота в зоні нижнього поверху і в напрямку	53
2.8.2.5 Захист від ураження електричним струмом	53
2.8.3 Протипожежні заходи	54
ВИСНОВКИ	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	56

ВСТУП

Підвищення ефективності вертикального транспорту у сучасних багатоповерхових спорудах є актуальним науково-технічним завданням. Ліфт є стаціонарним підйомно-транспортним пристроєм переривчастої дії, що забезпечує вертикальне переміщення кабіни з пасажирами або вантажем по жорстких направляючих конструкціях шахти.

Залежно від функціонального призначення та кінематичних характеристик ліфтові установки поділяються на декілька категорій. За видом вантажу, що транспортується, розрізняють пасажирські, пасажирсько-вантажні та вантажні ліфти, а за режимом швидкостей кабіни - тихохідні, швидкохідні, швидкісні та надшвидкісні модифікації. Електричний привід є домінуючим технічним рішенням у сучасному ліфтобудуванні, хоча гідравлічний привід також застосовується у певних умовах.

Конструкція сучасного ліфта включає два головних функціональних вузли: механізм вертикального переміщення кабіни та привід дверей. Підйомний механізм є найбільш енергоємним і відповідальним вузлом; він реалізований у вигляді лебідки з багаторучейним канатоведучим шківом. Приводи дверей, як правило, мають значно менший рівень потужності.

Традиційні системи ліфтового електроприводу змінного струму з релейно-контакторним управлінням характеризуються низкою технічних обмежень, що негативно впливають на якість і економічність роботи установки:

- а) неможливість формування оптимальних діаграм руху кабіни призводить до зниження продуктивності ліфта та комфортності поїздки;
- б) підвищена металоємність двошвидкісних асинхронних двигунів збільшує капітальні та експлуатаційні витрати;
- в) обмежений ресурс релейно-контакторної апаратури знижує показники надійності і підвищує витрати на технічне обслуговування;
- г) погіршення точності посадки кабіни на поверховий майданчик при збільшенні номінальної швидкості руху.

Окрім цього, контактні кнопки викличних пристроїв схильні до підгорання, механічного зношування та передчасного виходу з ладу, що потребує значних витрат на поточний ремонт. Існуючі давачі посадкових майданчиків контактного типу можуть спричиняти проїзд кабіни за задану зупинку і унеможливають повторний виклик.

Основними напрямками підвищення техніко-економічних показників ліфтових установок при модернізації є:

- а) застосування комплектуючих з покращеними технічними характеристиками;
- б) уніфікація вузлів і блоків для скорочення термінів ремонту та розширення стандартизованого виробництва;
- в) підвищення надійності та функціональної безпеки електричної частини ліфта;
- г) вдосконалення конструкції вузлів під застосування прогресивніших виробничих технологій;
- д) перехід від релейно-контакторних до мікропроцесорних систем автоматичного керування і регулювання;
- є) впровадження регульованого електроприводу змінного струму на основі частотно-перетворювальних технологій.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні поняття про ліфти, їх призначення та класифікація

Ліфтові установки належать до класу підйомно-транспортних машин переривчастої (циклічної) дії та призначені для вертикального транспортування пасажирів і вантажів у закритих кабінах, що переміщуються по жорстких прямолінійних направляючих у шахтному просторі.

Класифікація ліфтів за функціональним призначенням передбачає такі групи:

- пасажирські - для перевезення людей у житлових і громадських будівлях;
- пасажирсько-вантажні - для спільного транспортування пасажирів і вантажів;
- вантажні - для переміщення матеріалів і обладнання.

Класифікація за швидкісним режимом кабіни охоплює:

- тихохідні - при швидкості руху до 1 м/с;
- швидкохідні - у діапазоні 1,5-2 м/с;
- швидкісні - при швидкостях 2,5-5 м/с.

За типом приводного механізму ліфти поділяються на: барабанні лебідки; фрикційні лебідки на канатоведучих шківках; редукторні приводи; безредукторні приводи для швидкісних установок.

За розміщенням привода розрізняють конструкції з верхнім машинним приміщенням (над шахтою) та з нижнім або бічним розташуванням. За місцем встановлення ліфти є внутрішні та зовнішні і вільностоячі.

Головні конструктивні вузли ліфтової установки:

- підйомний механізм з лебідкою та електроприводом;
- вантажна кабіна з підвіскою та уловлювачами;
- противага для зниження навантаження на тяговий орган;
- несуча конструкція шахти з направляючими, буферами і машинним приміщенням;

- електрообладнання - силові та керувальні кола, апарати безпеки.

Пасажи́рські лі́фти знаходять широке застосування в житловому, офісному та торговельному будівництві. Лікарняні ліфти мають знижену швидкість до 0,5 м/с та збільшені кабіни для медичного обладнання. Гранична швидкість кабіни обмежена значенням 5 м/с через допустимий рівень прискорень при розгоні та гальмуванні.

1.2 Показники якості

Якість ліфтових установок являє собою сукупність споживчих і технічних характеристик, що визначають ступінь відповідності виробу встановленим вимогам. Застосовується система показників: одиничні - характеризують окрему властивість; комплексні - відображають декілька взаємопов'язаних властивостей; узагальнені та інтегральні - дають загальну оцінку. Визначальними показниками конкурентоспроможності ліфтів є економічність, соціальна придатність і надійність.

У процесі проектування та оптимізації конструкції використовуються такі одиничні показники:

- питома матеріаломісткість: $M_p = M/P$, де M - маса ліфта, P - продуктивність;
- питома енергоємність: $E_p = E/P$, де E - споживана енергія;
- термін окупності: $OK = K/C$, де K - капіталовкладення, C - річний ефект.

Економічність є ключовим інтегральним показником і визначається сукупною вартістю транспортування в конкретних умовах з урахуванням вимог безпеки і комфорту. Цей показник залежить від продуктивності, надійності і сумарних витрат ресурсів протягом всього терміну служби.

Соціальна придатність характеризує здатність ліфта забезпечити безпечні й комфортні умови для пасажирів, персоналу і мешканців будівлі. Ця властивість охоплює: функціональну безпеку, ергономічність, естетику і екологічну нешкідливість.

Безпека експлуатації забезпечується динамічними і гальмівними характеристиками привода; апаратами безпеки і блокувальними пристроями; надійністю несучих елементів; системою диспетчерського зв'язку. Ергономічні показники регламентують допустимі рівні прискорень, шуму і вібрації. Екологічні характеристики визначають шкідливий вплив установки на осіб у будівлі.

Надійність ліфтових установок - їх здатність виконувати задані функції в нормованих умовах протягом встановленого терміну. Включає безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збережуваність. Довговічність характеризується здатністю зберігати працездатність до граничного технічного стану.

За ознакою відновлюваності у складі установки виділяють три групи: невідновні елементи (фрикційні накладки, підшипники, контакти); відновлювані вузли з лімітованим часом відновлення; складні підсистеми. Термін служби ліфта - тривалість від введення в дію до настання граничного стану.

1.3 Аналіз існуючих методів і засобів управління

За функціональними ознаками системи управління пасажирськими ліфтами поділяються на чотири типи:

- кнопкова внутрішня - з викликом незавантаженої кабіни на будь-який поверх;
- кнопкова збірна з попутними зупинками при русі вниз без паркування;
- кнопкова збірна з попутними зупинками при русі вниз і з парним управлінням;
- кнопкова повнозбірна - із попутними зупинками в обох напрямках і парним управлінням.

Залежно від стратегії диспетчеризації ліфти можуть функціонувати в режимах: індивідуальному - кожна кабіна реагує незалежно; парному або груповому - кілька кабін координують роботу за спільним алгоритмом.

Характерними недоліками класичних систем з релейно-контакторним управлінням є:

- неможливість реалізації раціональних законів зміни швидкості кабіни, що зумовлює підвищену тривалість дотягування і зниження продуктивності;
- підвищена маса і габарити двошвидкісних асинхронних двигунів, що перевищують показники одношвидкісних машин у 2-3 рази;
- суттєві втрати електроенергії при пуску і гальмуванні;
- обмежений ресурс релейно-контакторної апаратури;
- зростання динамічної похибки зупинки кабіни зі збільшенням номінальної швидкості.

Повне усунення зазначених недоліків в нерегульованому електроприводі принципово неможливе. Це визначає необхідність переходу до регульованих частотно-перетворювальних систем, що дозволяють реалізувати оптимальні закони руху кабіни і суттєво підвищити техніко-економічні показники ліфтової установки.

Релейно-контакторні системи управління ліфтами широко застосовувалися в попередніх поколіннях установок. Принцип їх роботи заснований на використанні електромагнітних реле і контакторів для реалізації логічних функцій управління і підключення обмоток двигуна. Середня кількість реле у таких схемах становить близько 40 одиниць, що обумовлює значний обсяг монтажних робіт і підвищену трудомісткість технічного обслуговування.

Для вибору напрямку руху і переходу на малу швидкість перед зупинкою у шахті ліфта встановлюються поверхові перемикачі. Ці елементи потребують ретельного налаштування і регулярного обслуговування. При несправності поверхових перемикачів виникають характерні відмови: кабіна проїжджає

задану зупинку, неможливий повторний виклик з поверхового майданчика, де знаходиться кабіна.

Перераховані недоліки спонукають до переходу на сучасні мікропроцесорні та програмовані логічні контролери, що забезпечують значно вищий рівень надійності, точності та гнучкості управління ліфтовими установками. Застосування частотно-регульованого електропривода на базі перетворювача частоти дозволяє реалізувати оптимальні діаграми руху кабіни і суттєво підвищити техніко-економічні показники установки.

1.4 Мета випускної роботи

Метою випускної роботи є аналіз існуючих технічних рішень у сфері керування ліфтовими установками та розроблення сучасної системи автоматичного управління. В ході аналізу виявлено такі недоліки традиційних систем:

- застосування двошвидкісного асинхронного двигуна в якості основного засобу регулювання швидкості;
- ступінчасте (дискретне) регулювання швидкісного режиму кабіни;
- використання режиму противвімкнення при гальмуванні, що призводить до підвищених втрат енергії.

Для усунення виявлених недоліків в роботі вирішуються такі завдання: аналіз і порівняння методів керування електроприводом; розроблення структурної і принципової схем системи управління; розроблення алгоритму керування рухом кабіни; вибір програмованого контролера та перетворювача частоти і датчиків позиціонування.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Принцип роботи та вимоги до пасажирського ліфта

Динамічна якість руху ліфтової кабіни оцінюється значеннями прискорення і уповільнення при відповідних фазах циклу. Нормативний перелік вимог до ліфтових установок передбачає: гарантування безпеки пасажирів, забезпечення нормованих показників надійності, плавний розгін і гальмування кабіни, точну посадку на поверховий майданчик, допустимий рівень шуму та відсутність електромагнітних перешкод.

Надійне функціонування ліфта нерозривно пов'язане з якістю виготовлення та технічного обслуговування всіх механічних і електричних складових. Пріоритетною є безпека пасажирів. Потенційно небезпечними ситуаціями визнаються: руйнування підйомних канатів, перевищення допустимої швидкості кабіни, несанкціонований рух, перевантаження, рух при відкритих дверях, вихід кабіни за крайні позиції.

Система електрообладнання ліфта повинна виключати виникнення аварійних ситуацій і нещасних випадків. Напруга керувальних кіл та живлення двигунів не повинна перевищувати 220 В; для переносних ламп - 36 В. Заземленню підлягають корпуси силових шаф, трансформаторів, комутаційних апаратів і каркасні конструкції.

Кабіна ліфта обладнується електричними блокувальними контактами, що унеможливають пуск при незамкнених дверях. Відкриття дверей під час руху автоматично зупиняє кабіну. Установка повинна мати кінцеві вимикачі для автоматичного відключення двигуна при виході кабіни за крайні робочі позиції.

Електропривод змінного струму ліфта конструктивно виконується так, щоб розгальмування лебідки відбувалося одночасно з увімкненням двигуна або після нього, а механічне гальмо автоматично накладалося при знятті живлення з системи керування.

Комплексні вимоги до електрообладнання ліфтових установок включають [1; 2; 3; 4; 5; 6]:

- функціональні: точність зупинки у межах ± 30 мм, електрична зносостійкість не менше 10^6 циклів, ресурс не менше 20 000 год;
- комфортні: максимальне прискорення при пуску або зупинці не більше $1,5 \text{ м/с}^2$, ривок - 10 м/с , аварійне прискорення - 3 м/с^2 .

2.2 Принцип роботи ліфта

Сучасний ліфтовий парк представлений кількома основними типами установок. Пасажирські ліфти призначені для будівель житлового та громадського фонду; вантажопідйомність моделей становить 400, 500, 630 або 1000 кг при швидкостях 0,50; 0,63; 0,71; 1,00 або 1,60 м/с. Вантажні ліфти (100-5000 кг) мають швидкості кабіни 0,25-0,50 м/с.

При натисканні кнопки "Вгору" або "Вниз" система керування вмикає лебідку, яка обертає канатоведучий шків і через тягові канати переміщує кабінку по направляючих. Противага масою рівною половині суми маси порожньої кабіни і номінального вантажу компенсує значну частину корисного навантаження.

На відстані 1,5 м до заданого поверху спрацьовує давач уповільнення - ліфт переходить на знижену швидкість (близько 30% від номінальної). Після досягнення рівня посадкового майданчика і спрацювання давача точної зупинки двигун відключається, накладається механічне гальмо і відкриваються двері. Точність зупинки - ± 20 мм.

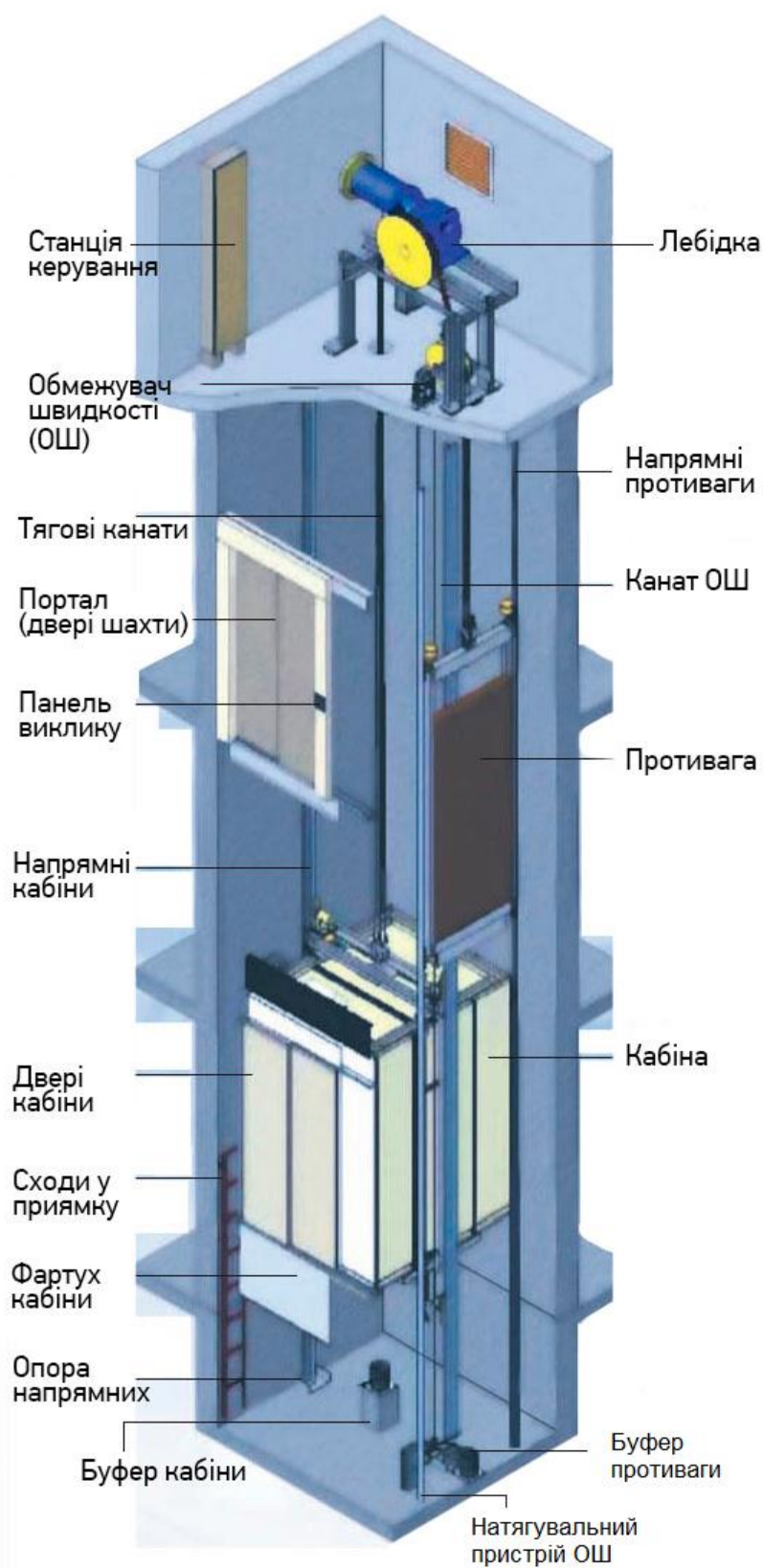


Рис. 2.1. Схема пасажирського ліфта
(розроблено автором з використанням [7])

Схема ліфта може працювати в трьох основних режимах.

Режим "Нормальна робота". При натисканні кнопки "ВИКЛИК" кабіна прямує до поверху виклику, уповільнюється і зупиняється на рівні точної зупинки, відкриваються двері. Пасажир вибирає поверх на панелі наказів, двері закриваються і кабіна прямує до призначення. Після виходу пасажирів через 7 с двері закриваються і система готова до наступного виклику.

Режим "Управління з машинного приміщення". Призначений для переміщення кабіни при технічному обслуговуванні. Органи управління і перемикач режимів розміщені в шафі НКУ.

Режим "Ревізія". Призначений для виконання пуско-налагоджувальних і ремонтних робіт. Переміщення кабіни - з поста на даху кабіни при утриманні кнопок "ВГОРУ" або "ВНИЗ". У цьому режимі кнопки виклику і наказів та привід дверей відключаються.

Силове коло двигуна розривається двома незалежними електромагнітними апаратами. Найбільш поширеним рішенням є двошвидкісний асинхронний двигун з коротко замкнутим ротором і двома незалежними статорними обмотками. Перемикання на обмотку малої швидкості перед зупинкою забезпечує переведення двигуна в режим генераторного гальмування і точну посадку кабіни.

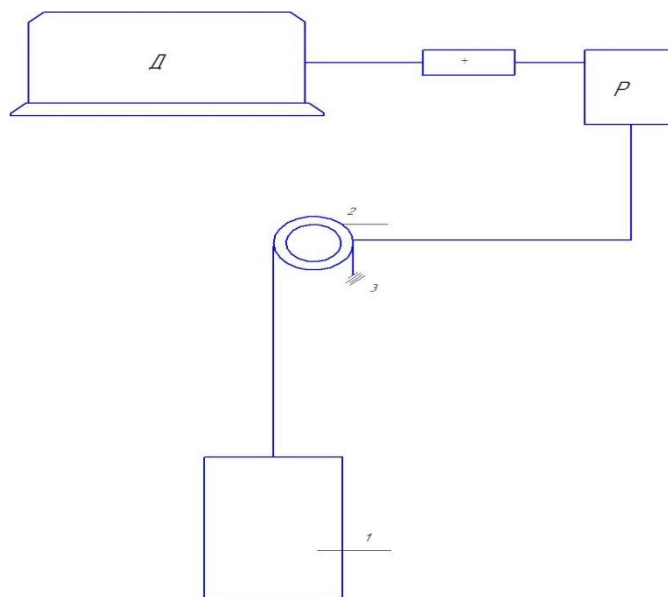


Рис. 2.2. Кінематична схема ліфта
(розроблено автором)

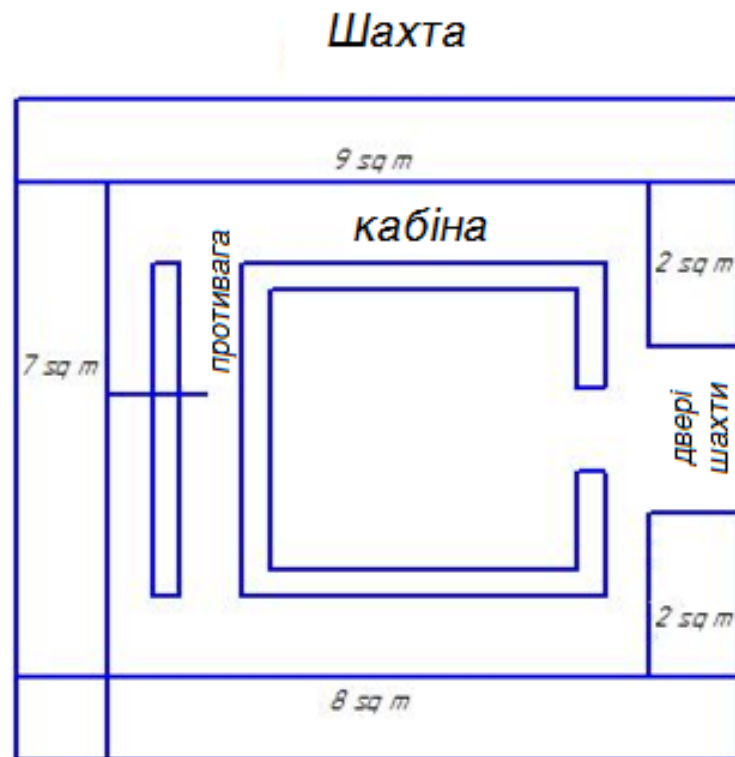


Рис. 2.3. Шахта ліфта
(розроблено автором)

2.3 Вибір і розрахунок електродвигуна

При побудові навантажувальних діаграм ліфтового асинхронного привода враховуються режими пуску, сталого руху та гальмування, механічні характеристики двигуна і закон зміни швидкості.

Привідний асинхронний двигун ліфтової лебідки повинен задовольняти такі умови [7]:

- а) кратність максимального і початкового пускового моментів - не менше 2 відносно номінального;
- б) кратність початкового пускового струму стосовно номінального - не більше 5;
- в) питомий момент інерції ротора - не більше $4 \times 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м})$;
- г) рівень шуму двигуна - не більше 80 дБ.

На підставі заданих механічних параметрів виконується вибір і розрахунок двигуна. Рівняння руху електроприводу ліфта за другим законом Ньютона:

$$M - M_c = J \cdot \frac{d\omega}{dt} = J \cdot \frac{a_n \cdot \omega c}{v_n} \quad (2.1)$$

де M - електромагнітний момент двигуна, Н·м;

M_c - момент статичного опору, Н·м;

J - сумарний момент інерції системи, кг·м²;

ω - кутова швидкість вала двигуна, рад/с;

v - швидкість переміщення кабіни, м/с;

a_n - прискорення при пуску, м/с²;

n - індекс номінального режиму.

Кабіна і противага обладнані черевиками ковзання; сила тертя рухомих частин:

$$F_{тр} = \mu_{тр} \times g \left[\left(0.125 + \frac{A_1 + B_1}{0.5h} \right) \times m_k + \left(\frac{A_1 + B_1}{h} + \frac{A_2 + B_2}{3h} \right) \times m_r + 0,625m_{\Pi} \right] \quad (2.2)$$

$$F_{тр} = 0.12 \times 9.8 \left[\left(0.125 + \frac{0.01 + 0.005}{0.5 \times 24} \right) \times 700 + \left(\frac{0.01 + 0.005}{24} + \frac{0.9 + 1}{3 \times 24} \right) \times 400 + 0,625 \times 700 \right] = 778.12 \text{ Н}$$

де $F_{тр}$ - сила тертя, Н;

m_k , m_r та m_{Π} - маса кабіни, вантажу і противаги, кг;

$\mu_{тр}$ - коефіцієнт тертя (для чавунних і капронових черевиків $\mu_{тр} = 0,12$);

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

A_1 і B_1 - зміщення центру ваги кабіни від центру підвіски, м;

A_2 і B_2 - внутрішні розміри кабіни, м.

При підйомі кабіни:

$$F_c = g \times (m_{\Gamma} + m_K - m_{\Pi}) + F_{\text{тр}} = 9,8 \times (400 + 700 - 900) + 778,12 = 2738,23 \text{ Н}$$

При спуску кабіни:

$$F_c = g \times (m_{\Pi} - m_K - m_{\Gamma}) + F_{\text{тр}} = 9,8 \times (900 - 700 - 400) + 778,12 = -1181,88 \text{ Н}$$

Після складання енергетичного балансу для ліфта вантажопідйомністю 400 кг і $v_n = 1 \text{ м/с}$: $M_c = 0,14 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $J = 0,71 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Момент початку пуску:

$$M_{\Pi} = M_c + J \cdot \frac{a_{\Pi} \cdot \omega_c}{v_n} = 0,14 + \frac{0,71 \cdot 1 \cdot 104,7}{1} = 74,52 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.3)$$

де $v_n = 1 \text{ м/с}$ - номінальна швидкість кабіни;

$\omega_n = 104,7 \text{ рад/с}$ - номінальна кутова швидкість;

$a_{\Pi} = 1 \text{ м/с}^2$ - прискорення при пуску.

Момент початку уповільнення:

$$M_y = M_c - J \cdot \frac{a_y \cdot \omega_c}{v_n} = -10 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.4)$$

де $a_y = 1 \text{ м/с}^2$ - прискорення при уповільненні.

Час розгону і гальмування: $t_{\Pi} = v_n / a_{\Pi} = 1 \text{ с}$; $t_y = 1 \text{ с}$. За умовою: $M_H = M_{\Pi} / 3 \approx 24,84 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Час ходу по 9-поверховій будівлі ($h = 27 \text{ м}$): $t = 27 / 1 = 27 \text{ с}$. На підставі розрахованих даних побудовано навантажувальну діаграму.

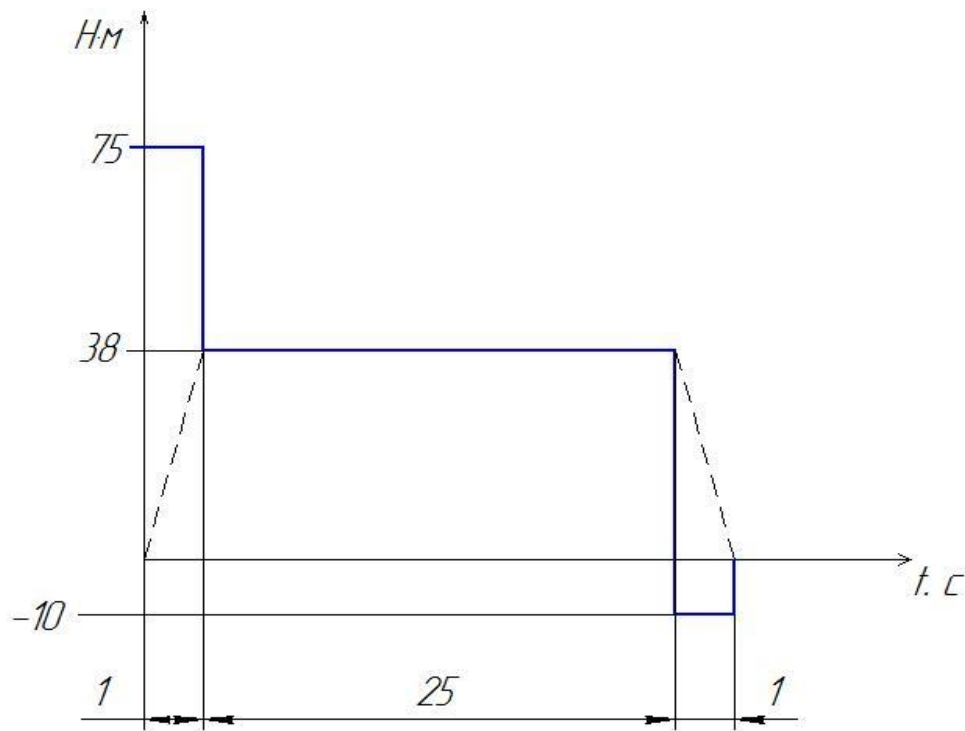


Рис. 2.4. Навантажувальна діаграма електродвигуна
(розроблено автором)

По технологічним умовам слід використовувати асинхронний двигун з короткозамкненим ротором. Частота обертання $n = 950$ об/хв. Приміщення, де буде працювати двигун, - сухе без пилу і бруду.

За методом еквівалентних величин визначаємо розрахункове значення еквівалентної потужності. Розрахунок ведеться з урахуванням коефіцієнта, погіршення охолодження двигуна при пуску і уповільненні $a=0,5$

$$M_e = \sqrt{\frac{M_1^2 + M_2^2 + M_3^2 \times t_3}{a \times t_1 + t_2 + t_3}} = \sqrt{\frac{75^2 \times 1 + 38^2 \times 25 + (-10)^2 \times 1}{0.5 \times 1 + 25 + 1}} = 40 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.5)$$

У повторно-короткочасному режимі роботи двигун не встигає досягти усталеної температури за час роботи t_p , а під час паузи t_0 , коли він вимкнений, не охолоджується до температури навколишнього середовища. Проте, після кількох циклів температура коливатиметься між максимальними і

мінімальними значеннями, які залишаються постійними. Основною характеристикою цього режиму є відносна тривалість включення у відсотках.

Фактична тривалість включення:

$$TB\phi = \frac{t_1+t_2+t_3}{t_1+t_2+t_3+t_0} \times 100\% = \frac{1+25+1}{1+25+1+7} \times 100\% = 79\% \quad (2.6)$$

t_1, t_2, t_3, t_0 - відповідно інтервали роботи, паузи і циклу;

Визначаємо потужність електродвигуна при ТВф:

$$P_{\phi} = \frac{M_e \times n}{9.55 \times 10^3} = \frac{40 \times 950}{9550} = 4 \text{ кВт} \quad (2.7)$$

Як правило ТВф має бути з ряду ТВн 15,25,40,60,75% то виконуємо приведення отриманого значення потужності до найближчої стандартної (номінальної) величини ТВ=75%

$$P_n = P_{\phi} \times \sqrt{\frac{TB\phi}{TBn}} = 4 \times \sqrt{\frac{79}{75}} = 4,1 \text{ кВт} \quad (2.8)$$

За каталогом обирається двигун АІР 132 S6: напруга 380/660 В, 50 Гц; висота осі 132 мм; чавунна станина; зірка/трикутник; маса 68 кг; потужність 4 кВт; клас ізоляції F; $n = 1440$ об/хв; $\cos\phi = 0,85$; ккд = 83%; режим S3.

Перевіряємо вибраний двигун на перевантажувальну здатність:

Номінальний момент двигуна:

$$M_{ном} = \frac{9550 \times P_{ном}}{n_{ном}} = \frac{9550 \times 4}{1000} = 38,2 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.9)$$

Максимальний (критичний момент):

$$M_{max} = \lambda \times M_{ном} = 2,2 \times 38,2 = 84 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.10)$$

Максимальний статистичний момент:

$$M_c = 75H \cdot m \quad (2.11)$$

По перевантажувальній здібності двигун проходить, так як виконується умова:

$$0,9 \times M_{max} = 75,6 > M_c = 75 \quad (2.12)$$

2.4 Допустимі похибки вимірювань, необхідний період знімання та обробки сигналів

Вимоги до точності і частоти опитування датчиків: максимальна швидкість кабіни 1 м/с; нормована похибка точної зупинки 0,015 м. Необхідний період опитування:

$$\Delta\tau = \frac{q}{2 \cdot V_{max}} = \frac{0,015}{2 \cdot 1} = 0,0075c \quad (2.13)$$

де $\Delta\tau$ - необхідний період опитування, с;

q - нормована похибка точної зупинки, м;

V_{max} - максимальна швидкість кабіни, м/с.

$$T_{zn.inf.} = \frac{\Delta\tau}{2} = \frac{0,0075}{2} = 0,00375c \quad (2.14)$$

$$\nu_{zn.} = \frac{1}{T_{zn.inf.}} = \frac{1}{0,00375} = 266,6 \text{ Гц} \quad (2.15)$$

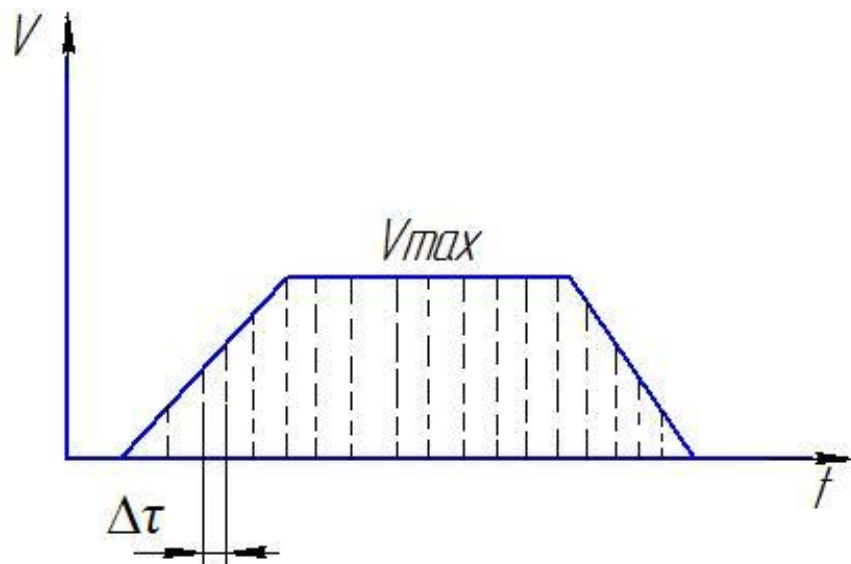


Рис. 2.5. Схема розрахунку параметрів давачів
(розроблено автором)

2.5 Вибір перетворювача частоти. Структурна схема системи керування електроприводом

При виборі методу управління асинхронним приводом враховуються два режими: нормальний - реалізація оптимальних діаграм руху з номінальною швидкістю; ревізійний - зниження швидкості до $1/3$ від номінальної. Основу системи складає принцип фазового регулювання; для режиму ревізії застосовується частотне управління з фіксованою частотою 15 Гц. Електричне гальмування забезпечується переключанням двигуна в режим динамічного гальмування. Структурна схема наведена на рис. 2.6.

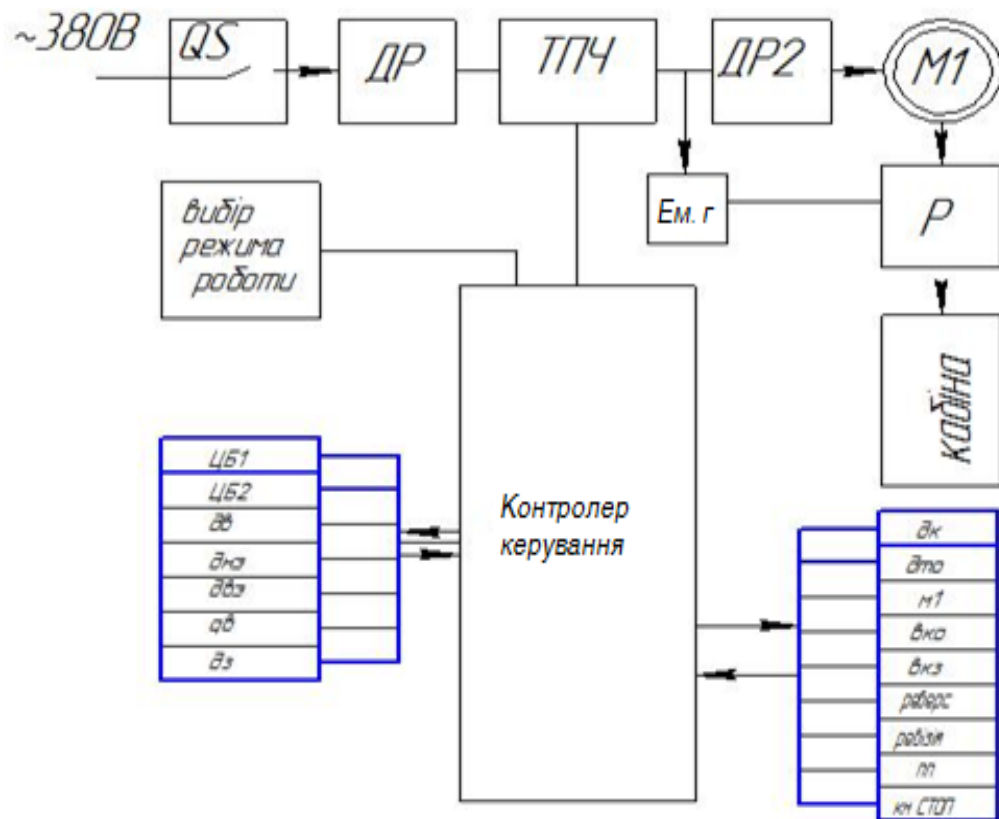


Рис. 2.6. Структурна схема ліфта
(розроблено автором)

До складу структурної схеми входять:

ПК - ввідний пристрій;

ДР1, ДР2 - дроселі ED 33-3.8/16, 7,5 кВТ, 16 А [8];

ТПЧ - перетворювач частоти Danfoss FC-302, 7,5 кВт [9];

М1 - АИР 112 S6; Р - редуктор РГЛ 160/40;

ЕМГ - гальмо МП-201, 110 В; блок вибору режиму роботи;

ДК - вимикач дверей ВП-16;

ДТЗ - давач точної зупинки ДПЕ-101;

М2 - двигун приводу дверей 150 Вт;

ВКВ, ВКЗ - вимикачі кінцевого положення ВП-16;

ПН - пост наказів;

КБП1, КБП2 - кола блокувальних пристроїв;

ДНП, ДВП - давачі поверхів ДПЕ-101;

ПВ - пост виклику;

ДВ - давач ваги;

ДУ - давач уповільнення ДПЕ-101.

Для керування асинхронним двигуном головного приводу ліфта обрано частотний перетворювач Danfoss серії FC-302. Його потужність становить 7,5 кВт, що відповідає навантаженню механізму. Пристрій функціонує в широкому діапазоні входних та вихідних напруг, підтримує поширені промислові протоколи комунікації, оснащений вбудованими системами безпеки.

Таблиця 2.1

Технічні дані перетворювача частоти Danfoss FC-302 потужністю 7,5 кВт

[9]

№	Найменування параметра	Од. вим.	Параметр
1	Вхідна напруга	В	3×380-480 (±10%)
2	Вхідна частота	Гц	50/60
3	Вихідна напруга	В	0-100% від живлення
4	Вихідна частота	Гц	0-590
5	Вихідний струм	А	16,5 (при 7,5 кВт)
6	Максимальний момент	%	160 протягом 60 с
7	Ступінь захисту	-	IP20 (IP55 з опцією)
8	Охолодження	-	Примусове повітряне
9	Протоколи зв'язку	-	Modbus RTU, ВАСnet, Profibus
10	Вбудований ПЛК	-	Так
11	Регулювання швидкості	-	Векторне / скалярне

2.5.1 Вибір контролера

На підставі переліку вхідних (44 шт.) і вихідних (32 шт.) дискретних сигналів обрано програмований логічний контролер Siemens LOGO! 12/24RCE [10] із трьома модулями розширення DM16 24R. Загальна конфігурація забезпечує 32 дискретних входи і 28 реле виходів.

Таблиця 2.2

Перелік вхідних сигналів системи керування

№	Найменування сигналу	Рівень сигналу	Кількість, шт.
1	Кнопка «виклик» ВП-710	0-24 В	9
2	Кнопка «наказ»	0-24 В	9
3	Кнопка «стоп»	0-24 В	2
4	Давач ДПЕ-101	0-24 В	10
5	Сл. кнопка «вниз»	0-24 В	2
6	Сл. кнопка «вгору»	0-24 В	2
7	КБП-1	0-24 В	1
8	КБП-2	0-24 В	1
9	Реверс	0-24 В	1
10	ВКВ	0-24 В	1
11	ВКЗ	0-24 В	1
12	ДВ	0-24 В	1
13	Диспетчер	0-24 В	2
14	Аварія	0-24 В	1
15	ДУ	0-24 В	1
16	Всього	-	44

Таблиця 2.3

Перелік вихідних сигналів системи керування

№	Найменування сигналу	Рівень сигналу	Кількість, шт.
1	КБП-1	0-24 В	1
2	КБП-2	0-24 В	1
3	ДК	0-24 В	1
4	Реверс	0-24 В	1
5	ВКВ	0-24 В	1
6	ВКЗ	0-24 В	1
7	ДВ	0-24 В	1
8	Аварія	0-24 В	1
9	Диспетчер	0-24 В	1
10	ТПЧ	0-24 В	1
11	М2	0-24 В	1
12	Сигналізація поверхів	0-24 В	9
13	Вибір напрямку	0-24 В	2
14	Всього	-	32



Рис. 2.7. Логічний модуль Siemens LOGO! 12/24RCE [10]

Таблиця 2.4

Технічні характеристики логічного модуля Siemens LOGO! 12/24RCE

№	Параметр	Од. вим.	Значення
1	Робоча напруга	В	24 пост. струму
2	Дискретні входи	шт.	8
3	Реле виходи	шт.	4 (10 А, 250 В зм.)
4	Аналогові входи	шт.	4 (0-10 В / 0-20 мА)
5	Інтерфейс	-	Ethernet
6	Годинник реального часу	-	Так
7	Слот карти пам'яті	-	Так

Як бачимо, вбудованих входів/виходів LOGO! 12/24RCE недостатньо для опрацювання всіх необхідних сигналів керування ліфтом. Тому потрібно додати модулі розширення.

Тому вибираємо модулі розширення Siemens для LOGO!:

1. DM8 24R - Модуль дискретних входів/виходів:

- 4 дискретних входи (24 В пост. струму);
- 4 реле виходи (5 А, 250 В змін. струму)

2. DM16 24R - Модуль дискретних входів/виходів:

- 8 дискретних входів (24 В пост. струму);
- 8 реле виходів (5 А, 250 В змін. струму).

Для покриття всіх необхідних входів/виходів можна підключити 3 модулі DM16 24R до LOGO! 12/24RCE через інтерфейс розширення.

Остаточна конфігурація:

- LOGO! 12/24RCE;
- 3 х DM16 24R.

Що забезпечить:

- 32 дискретних входи (8 вбудованих + 3·8);
- 28 реле виходів (4 вбудовані + 3·8);
- 4 аналогові входи.

Такої кількості входів/виходів буде цілком достатньо для підключення всіх необхідних сигналів керування згідно з табл. 2.2 та 2.3. Крім того, LOGO! залишає можливість для подальшого розширення за необхідності.

Технічні дані обраних модулів розширення наведено в табл. 2.5-табл. 2.7.

Таблиця 2.5

Технічні характеристики логічного модуля Siemens LOGO! 12/24RCE

№ п/п	Найменування параметру	Одиниця виміру	Параметр
1	Робоча напруга	В	24 (постійного струму)
2	Дискретні входи	шт.	8
3	Реле виходи	шт.	4 (10 А, 250 В змін. струму)
4	Аналогові входи	шт.	4 (0-10 В або 0-20 мА)
5	Інтерфейс	-	Ethernet
6	Годинник реального часу	-	Так
7	Слот для карти пам'яті	-	Так
8	Підключення модулів розширення	-	Так

Таблиця 2.6

Технічні характеристики модуля розширення Siemens DM16 24R

№ п/п	Найменування параметру	Одиниця виміру	Параметр
1	Робоча напруга	В	24 (постійного струму)
2	Дискретні входи	шт.	8
3	Реле виходи	шт.	8 (5 А, 250 В змін. струму)
4	Інтерфейс підключення	-	Шина розширення LOGO!

Технічні характеристики інтерфейсного модуля Siemens CM EIB/KNX

№ п/п	Найменування параметру	Одиниця виміру	Параметр
1	Робоча напруга	В	24 (постійного струму)
2	Інтерфейс підключення до LOGO!	-	Шина розширення LOGO!
3	Інтерфейс підключення до шини EIB/KNX	-	Так
4	Максимальна швидкість передачі даних	кбіт/с	9,6
5	Режими роботи	-	Зчитування/запис даних, моніторинг, діагностика

2.5.2 Розроблення структурної схеми системи керування ліфтом

При розробці сучасних систем керування вертикальним транспортом пріоритетом є забезпечення відмовостійкості, детермінованості обробки сигналів та сумісності з інженерною інфраструктурою будівлі. Базовою платформою обрано програмований логічний модуль Siemens LOGO! 12/24RCE, який поєднує компактність інтелектуального реле з функціональністю програмованого логічного контролера (ПЛК) початкового рівня. Вибір даного пристрою зумовлений наявністю вбудованого інтерфейсу Ethernet, підтримкою модульного розширення через внутрішню шину LOGO! та відповідністю базовим вимогам стандартів серії EN 81 щодо надійності систем автоматизації ліфтів.

Структурна схема (рис. 2.8) реалізує трирівневу архітектуру: рівень керування, рівень автоматизації/зв'язку та рівень виконавчих механізмів. Центральним вузлом виступає модуль LOGO! 12/24RCE з живленням 24 В постійного струму, що забезпечує гальванічну розв'язку між низьковольтною

логічною частиною та силовими колами шахтного обладнання. Вбудовані релейні виходи дозволяють безпосередньо комутувати навантаження до 8 А, проте для підвищення комутаційного ресурсу та захисту від перехідних процесів у реальних схемах доцільно застосовувати проміжні реле або твердотільні вихідні каскади, особливо в ланцюгах керування приводом.

Для компенсації обмеженої кількості базових входів/виходів підключено модулі розширення DM16 24R. Вони комутуються через внутрішню шину LOGO! без затримок, характерних для зовнішніх польових шин, що критично важливо для детермінованої обробки сигналів безпеки (кінцеві вимикачі, контакти дверей, обмежувачі швидкості). Кожен модуль DM16 додає 8 дискретних входів (24 В) та 8 релейних виходів, підтримуючи розширення до 24 додаткових каналів на один контролер. Сигналізація стану каналів реалізується через світлодіодну індикацію, що прискорює діагностику під час пусконаладжальних робіт та подальшої експлуатації.

Керування головним приводом здійснюється через перетворювач частоти (ПЧ), який приймає дискретні команди (пуск, напрямок, ступені швидкості) та/або аналоговий сигнал завдання від LOGO!. У розширених конфігураціях доцільно використовувати цифровий інтерфейс (Modbus RTU/TCP або PROFINET), що дозволяє передавати параметри розгону/гальмування, зчитувати статусні біти та реалізовувати S-подібну кінематичну криву без стрибкових навантажень на редуктор та несучі канати. Головной привод ліфта, як правило, виконаний за схемою з асинхронним двигуном та безредукторним або редукторним блоком, де ПЧ забезпечує точне позиціонування кабіни з похибкою не більше ± 5 мм, що є критичним для комфортного входу/виходу пасажирів.

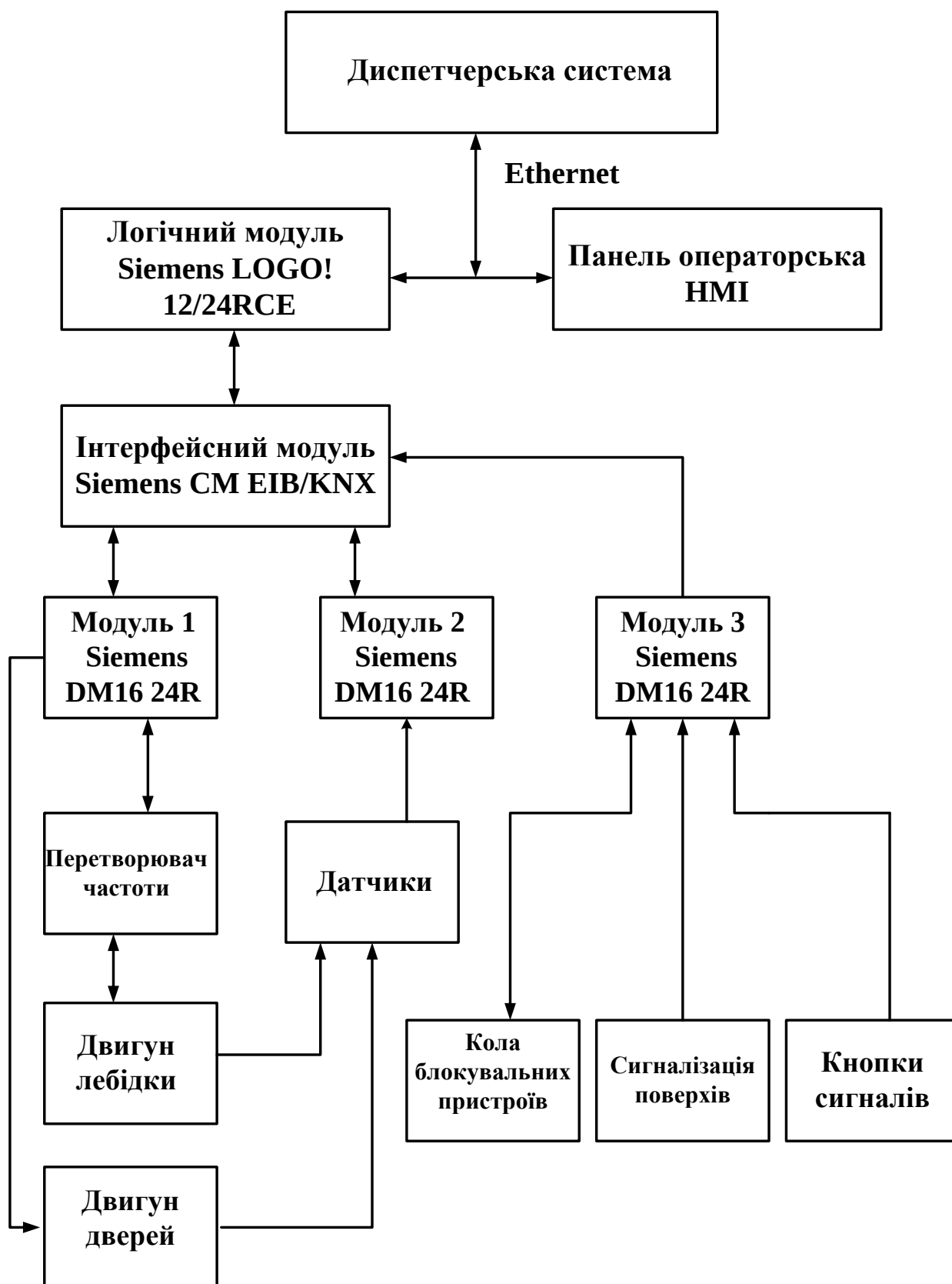


Рис. 2.8. Структурна схема системи керування ліфтом на базі логічного модуля Siemens LOGO! 12/24RCE

(розроблено автором)

Привод дверей кабіни функціонує як автономна підсистема з власним локальним контролером, проте отримує від LOGO! дозвільні сигнали на відкриття/закриття та передає інформацію про стан ступок (повністю відкриті, закриті, аварійна блокада). Така децентралізована архітектура підвищує рівень безпеки: при збої основного контролера привод дверей може завершити цикл закриття або залишитися в безпечному стані відповідно до вимог нормативних документів.

Інформаційне поле формується мережею польових пристроїв: датчиків положення (індуктивні, магнітні або оптикові енкодери), тензометричних вагових датчиків у підлозі кабіни, контактів безпеки шахти та машинного приміщення. Усі сигнали проходять апаратну фільтрацію (RC-фільтри, оптопари) для придушення високочастотних перешкод від силових кабелів та ПЧ. Кнопки виклику та наказів підключені за принципом матричного або паралельного опитування, що мінімізує кількість дротових з'єднань та спрощує масштабування при збільшенні поверховості об'єкта. Додатково реалізовано контроль цілісності ліній керування, що дозволяє своєчасно виявляти обриви або короткі замикання в шахтних комунікаціях.

Для організації віддаленого моніторингу та диспетчеризації використовується вбудований порт Ethernet LOGO! 12/24RCE. Через нього реалізується обмін даними з SCADA-системою або хмарним сервісом за протоколами MQTT/HTTP, що дозволяє передавати телеметрію, журнали подій та тривожні сповіщення в реальному часі. Додатково впроваджено комунікаційний модуль CM EIB/KNX, який виконує функції шлюзу між логікою контролера та шиною KNX. Це забезпечує глибшу інтеграцію в концепцію «розумної будівлі»: синхронізація ліфта з системами освітлення холів, вентиляції, пожежної сигналізації (режим пожежного спуску), а також оптимізація енергоспоживання шляхом переведення приводу в режим очікування або відключення підсвітки кабіни за відсутності викликів. Карта адресних груп KNX налаштовується програмно через ETS, що дозволяє гнучко змінювати сценарії взаємодії без модифікації апаратної частини.

Програмна логіка контролера базується на кінцевому автоматі з чітко визначеними станами: очікування, прийом команди, розгін, рух на робочій швидкості, уповільнення, точна зупинка, відкриття/закриття дверей, аварійна зупинка. Пріоритизація запитів здійснюється за алгоритмом збору напрямку з урахуванням часу очікування та завантаженості шахти. Безпекові функції (контроль швидкості, розриву канатів, заклинювання дверей, перевищення ваги) реалізовані апаратно-незалежним чином: при спрацюванні будь-якого датчика безпеки контролер миттєво знімає керування з ПЧ та активує гальмівні механізми. Діагностичні коди помилок формуються автоматично та передаються на панель оператора (HMI) або диспетчерський пульти для прискорення технічного обслуговування та скорочення часу простою.

Розроблена структурна схема поєднує модульність, детермінованість обробки сигналів та відповідність сучасним стандартам безпеки вертикального транспорту. Використання платформи LOGO! з розширенням DM16 та комунікаційними шлюзами KNX/Ethernet забезпечує баланс між функціональністю, вартістю реалізації та можливістю подальшого апгрейду без зміни базової архітектури. Таке рішення є оптимальним для ліфтів середньої категорії, житлових та комерційних будівель, де вимагається висока надійність, інтеграція в BMS та зручна експлуатація. Запропонована конфігурація дозволяє легко адаптувати систему під різні поверховості та типи приводів, зберігаючи при цьому єдиний підхід до діагностики та обслуговування.

2.5.3 Вибір технічних засобів

Для визначення положення кабіни у шахті обрано давачі типу ДПЕ-101 (рис. 2.9). Принцип дії - зміна параметрів магнітного поля котушки індуктивності при введенні металевого шунта у зазор. Умови експлуатації: температура від -50 до +50°C; вологість до 98%; IP65. Точність - не гірше 8 мм; комутаційна зносостійкість 10^6 циклів; мінімальне напрацювання 2000 год. Функцію давача ваги виконує вимикач SB1 під підлогою кабіни на пружинах.



Рис. 2.9. Давач ДПЕ-101 [11]

Давач ДПЕ-101 призначений для комутації електричних кіл постійного струму напругою 110 В з індуктивним навантаженням у системах автоматичного керування ліфтами та іншим підйомно-транспортним обладнанням.

Умови експлуатації давача:

- температура навколишнього повітря - від -50 до +50 °С;
- відносна вологість - не більше 98 % при 35 °С;
- знижений атмосферний тиск - $5,3 \times 10^4$ Па (400 мм рт. ст.);
- наявність запиленості виробничого середовища;
- синусоїдальна вібрація: в діапазоні 10-40 Гц з прискоренням 15g, 40-60 Гц з прискоренням 35g, 60-90 Гц з прискоренням 30g, 90-150 Гц з прискоренням 25g;
- ударне навантаження при трьох ударних впливах з прискоренням 70g і тривалістю імпульсу 30-50 мс;

- акустичний шум у діапазоні від 50 до 10000 Гц при звуковому тиску до 130 дБ.

Принцип дії давача ДПЕ-101 заснований на зміні параметрів магнітного поля, що створюється котушкою індуктивності всередині корпусу давача при введенні металевго шунта у зазор між платою і магнітною системою. При входженні металевої пластини (шунта), закріпленої на кабіні ліфта, у зазор давача відбувається зміна індуктивності котушки, що призводить до спрацювання вихідного контакту.

Основні технічні характеристики давача ДПЕ-101 наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Технічні характеристики давача поверхового ДПЕ-101

№	Найменування параметра	Одиниця виміру	Значення
1	2	3	4
1	Номінальна напруга контактів постійного струму	В	110
2	Кількість контактів	шт.	1 розмикальний (два послідовних)
3	Розміри шунта	мм	200×70×3
4	Максимальне зусилля від магнітної системи на шунт	Н	не більше 4,9
5	Довжина з'єднувального кабелю	м	0,75; 1,5; 3,5; 5,0; 7,5; 10,0; 15,0
6	Мінімальна швидкість переміщення шунта	м/с	не менше 0,01
7	Точність спрацювання при - 50...+50 °С	мм	не менше 8

Продовження табл.2.8

1	2	3	4
8	Рід комутованого струму	-	постійний
9	Вид навантаження	-	індуктивне, $\tau=15 \cdot 10^{-3}$ с
10	Комутаційна зносостійкість	цикл	$1 \cdot 10^6$
11	Механічна зносостійкість	цикл	$2 \cdot 10^6$
12	Опір ізоляції в НКУ	МОм	не менше 20
13	Ступінь захисту	-	IP65
14	Мінімальне напруження	год	не менше 2000

Як давач ваги використовується вимикач SB1, що встановлюється під підлогою кабіни ліфта. Підлога кабіни змонтована на пружинах, які утримують її у вихідному положенні. У міру збільшення завантаження кабіни пружини стискаються, і при досягненні заданого навантаження спрацьовує вимикач, розмикаючи контакт і формуючи сигнал заборони закриття дверей та відключення гальмівної системи. При зменшенні навантаження вимикач знову замикається і надходить сигнал дозволу закриття дверей та початку руху.

Виконавчим пристроєм системи керування є також механізм дверей, що приводиться у дію двигуном M2 потужністю 150 Вт. Для фіксації крайніх положень стулок дверей кабіни встановлено кінцеві вимикачі ВКВ і ВКЗ типу ВП-16, що забезпечують автоматичне відключення двигуна дверей у кінцевих положеннях.

2.6 Алгоритм керування ліфтом

Розглянуто алгоритм переміщення кабіни з першого на другий поверх. Початкові умови готовності: $СП \cap СПВ \cap СДК \cap СЦБ1, ЦБ2 = 1 = ПУ$.

Сигнал управління при русі вгору: $U_y = U_{y1}$, якщо $S \cap ПУ = 1$ при ($S = 02$). Сигнал уповільнення: $U_y = U_{y2}$, якщо $S \cap НУ \cap Д1 = 1$. Сигнал точної зупинки: $U_{y2} = U_3 = 0$, якщо $S \cap НУ \cap Дt = 1$.

У нормальному режимі: при виклику ($S01...09 = 1$) - формується $Uy = 1$; у зоні уповільнення $D3 = 1$ - перехід на малу швидкість; при досягненні точної зупинки $D1 = 1$ - зупинка; пасажир входить, $ДВ = 1$ - формується $Uy = 1$ на переміщення; після виходу пасажир - система в режимі очікування.

2.7 Математичне моделювання системи керування

Вихідні дані для моделювання наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Вихідні параметри електродвигуна AIP 132 S6

Тип	P_n , кВт	n , об/хв	ккд, %	$\cos\phi$	I_n , А	M_n , Н·м	Кл.	M_p/M_n	I_p/I_n	M_m/M_n	J , кг·м ²	m , кг
AIP132S6	4	1440	83	0,85	8,6	26	IV	1,7	6	2,5	0,053	68

Визначаємо параметри схеми заміщення по методу [12]. Для розрахунку по обраному методу необхідно знати коефіцієнти потужності і ККД при навантаженні двигуна на 75%.

Отримали $\eta_{75\%}=93,5$ і $\cos\phi_{75\%} = 0,93$ при навантаженні двигуна на 75%.
Проведемо розрахунок параметрів двигуна.

Номинальна частота обертання ротора $\omega_n = 150,168$ рад/с

Номинальний момент - $M_n = 26,64$ Нм

Пусковий момент - $M_p = 66,59$ Нм

Критичний момент - $M_{кр} = 87,90$ Нм

Номинальний струм статора - $I_n = 6,99$ А

Номинальне ковзання - $s_n = 0,04400$

Критичне ковзання - $s_{кр} = 0,37677$

Активний опір статора - $R_s = 1,180049$ Ом

Активний опір ротора - $R_r = 1,393910$ Ом

Реактивний опір статора - $X_s = 1,472674$ Ом

Реактивний опір ротора - $X_r = 2,033692$ Ом

Опір взаємодукації - $X_m = 54,020117 \text{ Ом}$

Повна індуктивність статора - $L_s = 0,176639 \text{ Гн}$

Повна індуктивність ротора - $L_r = 0,178425 \text{ Гн}$

Взаємна індуктивність статора і ротора - $L_m = 0,171951 \text{ Гн}$

Коефіцієнт магнітного зв'язку статора - $k_s = 0,9735$

Коефіцієнт магнітного зв'язку ротора - $k_r = 0,9637$

Коефіцієнт розсіювання машини - $\sigma = 0,061856$

Для утворення моделі приймемо момент інерції механізму

$$J_{\text{мех}} = 10 \times J_{\text{дв}} = 10 \times 0,053 = 0,53 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.16)$$

Сумарний момент отримаємо по формулі

$$J_{\Sigma} = J_{\text{мех}} + J_{\text{дв}} = 0,53 + 0,053 = 0,583 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.17)$$

Розрахунок

$$U_B = \sqrt{2} \times U_{\text{ф.н.}} = \sqrt{2} \times \frac{380}{\sqrt{3}} = 310,3 \text{ В} \quad (2.18)$$

$$I_6 = \sqrt{2} \times I_1 = \sqrt{2} \times 6,99 = 9,88 \text{ А} \quad (2.19)$$

$$\begin{aligned} I_{1\alpha} &= I_6 \times \sqrt{\left(\frac{R_s \cdot \sin\varphi + X_s \cdot \cos\varphi}{X_m}\right)^2 + \left(\frac{X_s \cdot \sin\varphi + R_s \cdot \cos\varphi - \frac{U_B}{I_B}}{X_m}\right)^2} \\ &= 9,88 \\ &\times \sqrt{\left(\frac{1,180049 \cdot 0,368 + 1,472674 \cdot 0,93}{54,020117}\right)^2 + \left(\frac{1,472674 \cdot 0,368 + 1,180049 \cdot 0,93 - \frac{310,3}{9,88}}{54,020117}\right)^2} \\ &= 11,37 \text{ А} \end{aligned} \quad (2.20)$$

$$\begin{aligned}
I_{1\alpha} &= I_{\delta} \times \sqrt{\left(\cos\varphi - \frac{-R_s \cdot \sin\varphi + X_s \cdot \cos\varphi}{X_m}\right) + \left(-\sin\varphi - \frac{X_s \cdot \sin\varphi + R_s \cdot \cos\varphi - \frac{U_B}{I_B}}{X_m}\right)} \\
&= 9,88 \times \sqrt{\left(0,93 - \frac{-1,180049 \cdot 0,368 + 1,472674 \cdot 0,93}{54,020117}\right) + \left(-0,368 - \frac{1,472674 \cdot 0,368 + 1,180049 \cdot 0,93 - \frac{310,3}{9,88}}{54,020117}\right)} = 19,30A
\end{aligned}
\tag{2.21}$$

$$I_{1\alpha\beta} = I_{1\alpha} = 11,37A \tag{2.22}$$

$$I_{1\beta\delta} = K_{kp} \cdot I_{1\beta} = 2,5 \cdot 19,30 = 48,25 A \tag{2.23}$$

$$w_{\delta} = 2\pi f_{c.H.} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314c^{-1} \tag{2.24}$$

$$w_{r.\delta} = \frac{w_{\delta}}{z_p} = \frac{314}{2} = 157 \tag{2.25}$$

$$w_{\delta} = \kappa_{kp} \cdot \frac{P_H}{w_{r.\delta}} = 2,5 \cdot \frac{4 \cdot 10^3}{157} = 63,7 c^{-1} \tag{2.26}$$

$$\Psi_{2\delta} = \Psi_2 = L_m \cdot I_{1\alpha\beta} = 0,171951 \cdot 11,37 = 2,0410 B\delta \tag{2.27}$$

$$R_{1e} = R_s + K_r^2 \cdot R_r = 1,180049 + 0,9637^2 \cdot 1,393910 = 2,4745 \text{ Ом} \tag{2.28}$$

$$K_{3.c.1} = \frac{U_{H.3}}{I_{1\alpha\beta}} = \frac{10}{11,37} = 0,88 \frac{B}{A} \tag{2.29}$$

$$K_{3c.2} = \frac{U_{H.3}}{I_{1\beta\delta}} = \frac{10}{48,25} = 0,207 \frac{B}{A} \quad (2.30)$$

$$K_{3u} = \frac{U_{H.3}}{w_{r.\delta}} = \frac{10}{157} = 0,0637 B \cdot c \quad (2.31)$$

$$K_{\Pi} = \frac{U_e}{U_{H.3}} = \frac{310,3}{10} = 31,03 \frac{B}{B} \quad (2.32)$$

$$T_2 = \frac{L_r}{R_r} = \frac{0,178425}{1,393910} = 0,128c \quad (2.33)$$

$$T_{1e} = \sigma \cdot \frac{L_s}{R_{1e}} = 0,061856 \cdot \frac{0,176639}{2,4745} = 0,0044c \quad (2.34)$$

$$K_{3,\Pi} = \frac{U_{H.3}}{\Psi_{2\delta}} = \frac{10}{2,0410} = 4,905 \frac{B}{B\delta} \quad (2.35)$$

$$T_{il1} = \frac{K_{3c.1} \cdot 2 \cdot T_{\Pi} \cdot K_{\Pi}}{R_{1e}} = \frac{0,88 \cdot 2 \cdot 0,001 \cdot 31,03}{2,4745} = 0,022c \quad (2.36)$$

$$W_{PC1}(p) = \frac{T_{1e} \cdot p + 1}{T_{il1} \cdot p} = \frac{0,0044 \cdot p + 1}{0,022 \cdot p} \quad (2.37)$$

$$T_{il2} = \frac{K_{3c.2} \cdot 2 \cdot T_{\Pi} \cdot K_{\Pi}}{R_{1e}} = \frac{0,207 \cdot 2 \cdot 0,001 \cdot 31,03}{2,4745} = 0,0051c \quad (2.38)$$

$$W_{PC2}(p) = \frac{T_{1e} \cdot p + 1}{T_{il2} \cdot p} = \frac{0,0044 \cdot p + 1}{0,0051 \cdot p} \quad (2.39)$$

$$T_{i\Pi} = \frac{K_{3,\Pi} \cdot 4 \cdot T_{\Pi} \cdot L_m}{K_{3,c.1}} = \frac{4,905 \cdot 4 \cdot 0,001 \cdot 0,171951}{0,88} = 0,0038 \quad (2.40)$$

$$W_{P\Pi}(p) = \frac{T_2 \cdot p + 1}{T_{i\Pi} \cdot p} = \frac{0,128 \cdot p + 1}{0,0038 \cdot p} \quad (2.41)$$

$$W_{P\Pi}(p) = K_{P\Pi} \cdot \frac{K_{3,\Pi} \cdot K_{3c} \cdot J_{\Sigma}}{3 \cdot z_p \cdot K_r \cdot 2 \cdot T_{\Pi} \cdot K_{3ui}} =$$

$$= \frac{4,905 \cdot 0,0313 \cdot 0,583}{3 \cdot 1 \cdot 0,9637 \cdot 2 \cdot 0,001 \cdot 0,318} = 123 \quad (2.42)$$

Після розрахунку всіх коефіцієнтів побудовано математичну модель векторної системи управління.

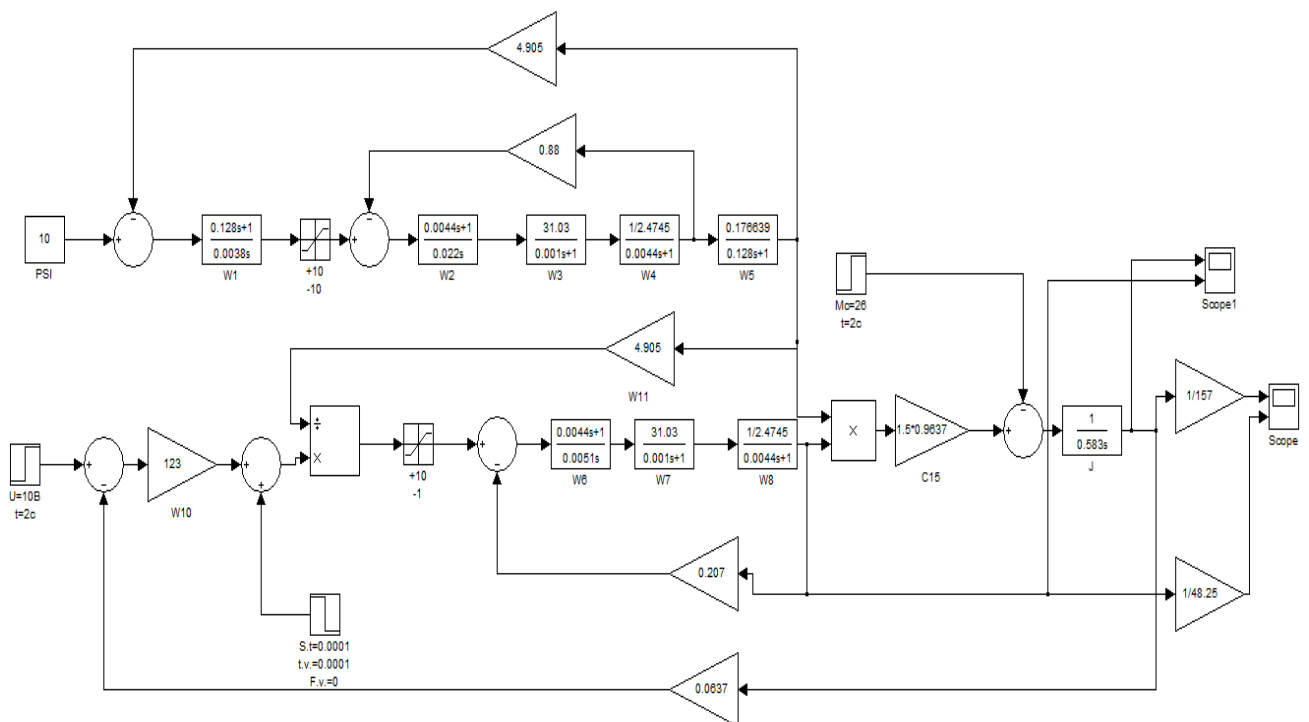


Рис. 2.11. Математична модель векторної системи керування
(розроблено автором)

Після розрахунку всіх величин, що входять до структурної схеми, отримані параметри вносяться у модель векторної системи управління. Побудована математична модель є основою для подальшого моделювання перехідних процесів при пуску і гальмуванні привода ліфтової лебідки.

Результати моделювання показані на рис. 2.12 у вигляді графіків перехідних процесів. Графіки наочно демонструють зміну у часі кутової швидкості ротора та струму статора при пуску двигуна з двократним обмеженням пускового струму. Номінальна швидкість досягається за 2,5 с, що відповідає нормованим вимогам до ліфтового електропривода - час пуску не повинен перевищувати нормованого значення, щоб забезпечити комфортний розгін для пасажирів.

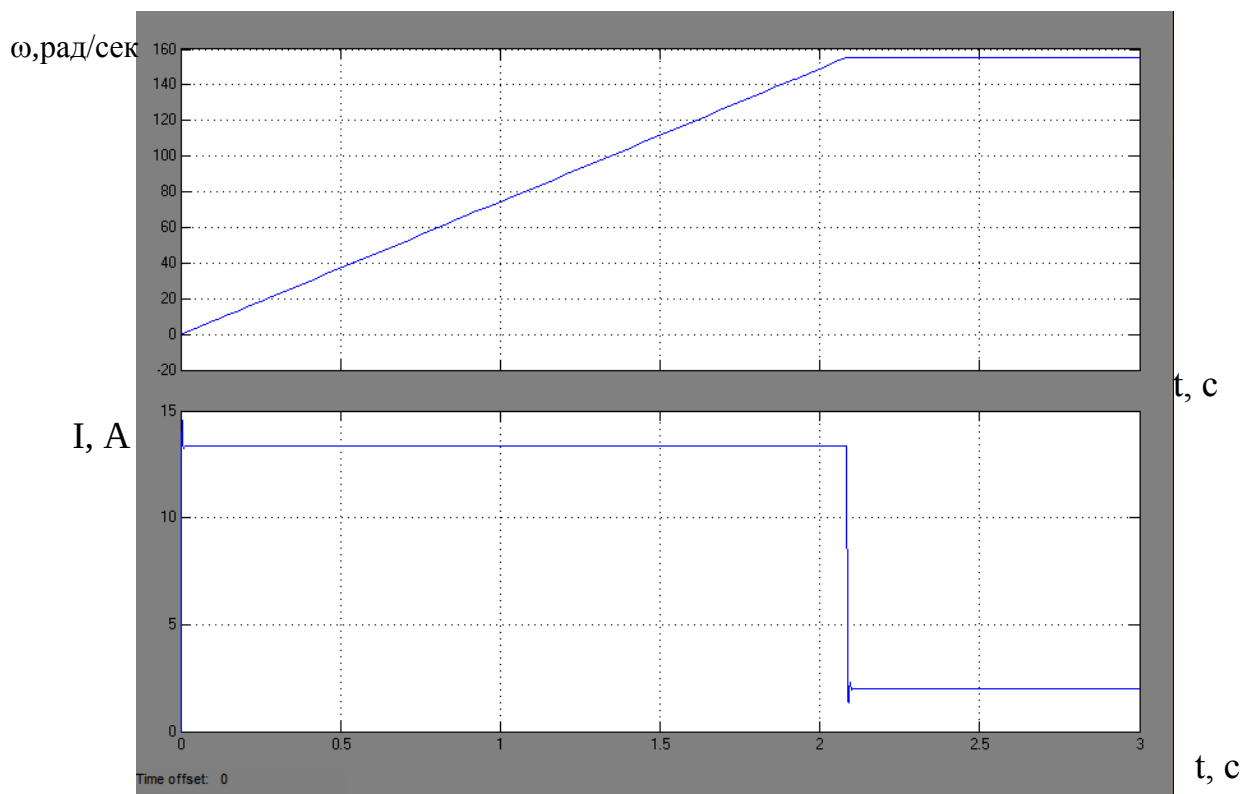


Рис. 2.12. Графіки перехідних процесів при запуску двигуна
(розроблено автором)

2.8 Заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності

2.8.1 Аналіз небезпечних чинників при експлуатації і обслуговуванні ліфтів

Ліфтова установка належить до категорії технічно складних вантажопідйомних машин підвищеної безпеки. Відповідальним за дотримання вимог безпечної експлуатації є електромеханік. Основні небезпечні і шкідливі виробничі чинники:

Електричний струм: силове електрообладнання [13]; мережа освітлення шахти [14]; апаратура системи управління [14]. Механічні небезпеки: обертальні та рухомі складові лебідки і механізму дверей [13]. Небезпека падіння: в шахту; при руйнуванні канатів. Додаткові чинники: відмова кінцевих вимикачів [15]; несправність блокування дверей [14]; відсутність заземлення [14].

Електричний струм є одним з основних небезпечних чинників при експлуатації та обслуговуванні ліфтових установок. Електрообладнання ліфтів класифікується як електроустановки напругою до 1000 В при встановленій потужності одиничного ліфта менше 100 кВт [13]. Ступінь небезпечності ураження електричним струмом залежить від значення струму, що проходить через тіло людини, шляху його проходження, тривалості дії, роду і частоти струму. Розрахунковий опір тіла людини приймається рівним 1000 Ом [16].

Механічні небезпеки. Обертальні та рухомі складові лебідки, редуктора і механізму дверей становлять значну механічну небезпеку при технічному обслуговуванні ліфтової установки. Взаємодія незахищених частин тіла з рухомими елементами може призвести до травмування або летального результату. Заходами захисту є встановлення захисних кожухів і огорожень на всі відкриті рухомі частини, а також обов'язкове знеструмлення установки перед початком роботи.

Небезпека падіння. Робота в шахті ліфта, на даху кабіни і в напрямку пов'язана з підвищеним ризиком падіння з висоти. Падіння обслуговуючого

персоналу або пасажирів у шахту може статися через несправність або відсутність блокування дверей шахти [14], а також через обрив тягових канатів. Для попередження таких ситуацій на ліфтових установках передбачено систему блокувань і апаратів безпеки: уловлювачі кабіни, обмежувач швидкості, буфери, кінцеві вимикачі.

Додаткові небезпечні чинники. Несправні кінцеві вимикачі [15] можуть стати причиною виходу кабіни за крайні робочі позиції, що загрожує руйнуванням механічних конструкцій і травмуванням обслуговуючого персоналу. Відсутність або несправність блокування дверей шахти та кабіни [14] унеможлиблює нормальну роботу ліфта і створює небезпеку затискання пасажирів. Недостатнє освітлення у шахті та машинному приміщенні підвищує ризик нещасних випадків при технічному обслуговуванні. Відсутність заземлення металевих частин ліфтової установки [14] може призвести до появи небезпечного потенціалу на корпусах обладнання у разі порушення ізоляції.

Усі вищезазначені чинники можуть призвести до нещасних випадків або смертельних наслідків. Відповідальність за дотримання норм безпечної експлуатації ліфтів несе електромеханік, закріплений за даною установкою.

Електрообладнання ліфтів відноситься до електроустановок до 1000 В при потужності до 100 кВт [13]. Розрахунковий опір тіла людини - 1000 Ом [16]. Характер ураження наведено в табл. 2.10.

Характер ураження організму людини електричним струмом

Сила струму, мА	Змінний струм, 50 Гц	Постійний струм
< 0,5	Не відчувається	Не відчувається
0,6-1,5	Легке тремтіння пальців рук	Легке тремтіння пальців рук
2,0-3,0	Сильне тремтіння пальців рук	Сильне тремтіння пальців рук
5,0-10	Судоми в руках	Відчуття нагріву
12-15	Болісні судоми, не можна відірватись	Відчуття нагріву
20-25	Параліч рук, ускладнене дихання	Параліч рук, важке дихання
50-58	Параліч дихання	Судоми, ускладнене дихання
90-100	Зупинка серця (дія > 3 с)	Зупинка серця

Змінний струм 50 Гц має більш виражений уражаючий ефект порівняно з постійним. Тривале протікання струму 25-50 мА може мати летальні наслідки. Струм понад 100 мА тривалістю понад 1 с - смертельно небезпечний [17].

2.8.2 Заходи щодо усунення небезпечних чинників

До роботи допускаються особи, що пройшли медогляд [18] і вступний інструктаж [19]. Інструктаж охоплює: законодавство про охорону праці;

правила внутрішнього розпорядку; організацію робочого місця; засоби індивідуального і колективного захисту; дії при аваріях і першу допомогу.

Після проходження вступного інструктажу і перед самостійною роботою кожен електромеханік проходить первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці. В процесі такого інструктажу він ознайомлюється зі схемами електричної проводки ліфтів, розташуванням і призначенням головних вимикачів, рубильників і кнопок управління, порядком зупинки ліфта при виявленні несправностей і правилами проведення технічного огляду обладнання.

Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на шість місяців. Позаплановий інструктаж виконується при зміні умов праці, застосуванні нових матеріалів чи обладнання, при порушенні вимог охорони праці, а також після нещасних випадків. Цільовий інструктаж проводиться перед виконанням разових або особливо небезпечних робіт.

2.8.2.1 Загальні вимоги

Перед початком технічного обслуговування: повідомити диспетчера; зробити запис у журналі; вивісити плакати «Ліфт зупинений на техогляд» на всіх дверях шахти; перевірити відсутність самовільного відкриття дверей [20]. Кабіну встановити між поверхами; відключити ввідний рубильник; переключити схему в режим управління з машинного приміщення.

Кабіну ліфта, зупиненого на технічне обслуговування, необхідно встановити між поверхами для унеможливлення входу пасажирів. Переміщення кабіни має здійснюватися виключно за допомогою апаратів управління з машинного приміщення - шляхом короткочасного натиснення кнопок "вгору" або "вниз". Зупинку кабіни у потрібному місці шахти виконують натисненням кнопки "стоп". Відключення ввідного рубильника і перевірка відсутності напруги є обов'язковими перед початком будь-яких ремонтних або регулювальних робіт.

У разі виявлення несправностей блокувального пристрою дверей або кінцевих вимикачів електромеханік зобов'язаний негайно зупинити ліфт і вжити заходів до їх усунення до відновлення роботи установки. Необхідно також переконатися в тому, що у відсутності кабіни на поверхах двері шахти ліфта не відкриваються самостійно. Порухення цієї вимоги потребує негайного втручання та усунення несправності.

2.8.2.2 Безпека виконання робіт у шахті з даху кабіни

При роботі на даху кабіни: перевірити блокувальні контакти дверей; встановити кабіну так, щоб її дах знаходився нижче поверхового майданчика не більше ніж на 200 мм; зафіксувати стулки рейкою 600 мм; перейти на дах; переключити схему в режим "Ревізія"; евакуювати помічника. Швидкість у цьому режимі - не більше 0,36 м/с [20].

Забороняється: більше двох осіб на даху; опиратися на давачі під час руху; наближатися до обладнання шахти. Пуск фіксацією кнопок пуску - категорично заборонено [20].

Переміщення кабіни у шахті при роботі з даху здійснюється з обмеженою швидкістю не більше 0,36 м/с. Управління ліфтом у цьому режимі виконується за допомогою поста управління на кабіні. Переміщення кабіни вгору у зоні верхнього крайнього поверху у режимі ревізії - заборонено.

При виконанні робіт з даху кабіни необхідно постійно стежити за положенням кабіни у шахті та зберігати безпечну відстань від стін шахти, направляючих і обладнання, закріпленого в шахті. Проводити огляд або регулювання апаратів при відкритих кришках під час перебування на рухомій кабіні категорично забороняється.

2.8.2.3 Робота в зоні верхнього крайнього поверху

Кабіна встановлюється не вище 500 мм від рівня поверхового майданчика [21]. Переміщення кабіни з електромеханіком на даху у верхній зоні - заборонено.

2.8.2.4 Робота в зоні нижнього поверху і в прямку

Перед короткочасними роботами: переконатися, що машинне приміщення замкнено; вимкнути вимикач прямка; зафіксувати двері рейкою 600 мм; надіти захисну каску. Перед тривалими роботами: повністю відключити ліфт і зафіксувати кабіну від самовільного переміщення [21].

До тривалих робіт у прямку відносяться: технічний огляд і регулювання буферів кабіни і противаги, натяжних пристроїв і тягових канатів, уловлювачів і їх привода, обмежувача швидкості (натягача) і пружинних буферів; перевірка стану підлоги і стін прямка; заміна буферів і натягача обмежувача швидкості.

Перед початком тривалих робіт у прямку і зоні нижнього крайнього поверху електромеханік повинен: зупинити ліфт і вивісити попереджувальні таблички; закрити двері шахти на всіх поверхах і зафіксувати їх у закритому положенні; зафіксувати кабіну від самочинного переміщення за допомогою встановлення спеціальних упорів під кабіну; прийняти заходи щодо попередження стороннього включення ліфта.

2.8.2.5 Захист від ураження електричним струмом

Організаційні заходи: підготовка робочого місця і призначення відповідального. Технічні заходи: ізольовані струмовідні частини; діелектричні рукавички і калоші; електроінструмент з подвійною ізоляцією або живленням до 42 В [21].

2.8.3 Протипожежні заходи

Порядок вогневих робіт встановлюється наказом керівника [22]. На тимчасових місцях для кожного випадку розробляються заходи пожежної профілактики і видається письмовий дозвіл на одну зміну [23]. При вогневих роботах забороняється: розпочинати на несправному обладнанні [24]; зварювати свіжопофарбовані конструкції [25]; використовувати одяг зі слідами горючих матеріалів. Відповідальна особа перевіряє місце через 3-5 год після закінчення.

Для гасіння пожеж на ліфтах застосовуються вуглекислотні вогнегасники ВВ-2, ВВ-5 [27], що ізолюють осередок від кисню і не погіршують стан ізоляції. Первинні засоби: вогнегасники, ящик з піском, пожежний інвентар [28].

ВИСНОВКИ

У процесі виконання випускної роботи досягнуто поставленої мети - розроблено автоматизовану систему керування ліфтом для дев'ятиповерхового будинку. Проведено аналіз теоретичних основ і практичних аспектів побудови систем управління підйомно-транспортним обладнанням, вибрано оптимальний склад апаратних засобів і розроблено ефективний алгоритм функціонування.

Встановлено, що традиційні системи з двошвидкісним асинхронним двигуном і релейно-контакторним управлінням не задовольняють сучасних вимог до точності, плавності руху і енергоефективності. Обґрунтовано доцільність застосування частотно-регульованого привода на базі перетворювача Danfoss FC-302 (7,5 кВт) із векторним управлінням.

Вибір програмованого логічного контролера Siemens LOGO! 12/24RCE з трьома модулями розширення DM16 24R забезпечує необхідну кількість входів/виходів для повноцінної реалізації алгоритму управління. Математичне моделювання підтверджує, що швидкість привода досягає номінального значення за 2,5 с при двократному обмеженні пускового струму.

Запропоновані технічні рішення забезпечують: підвищення точності посадки кабіни до ± 20 мм; зниження питомих витрат електроенергії; підвищення ресурсу апаратури; можливість інтеграції у систему управління будівлею через EIB/KNX.

Розроблено заходи охорони праці при обслуговуванні ліфтових установок, що відповідають вимогам чинних нормативних документів. Результати роботи мають практичну цінність для підприємств, що здійснюють проектування, монтаж і обслуговування ліфтових установок.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Терещенко Т.О., Плешков П.Г., Зінзура В.В. Електроприводи у системах автоматизованого управління: навч. посіб. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. 210 с.
2. ДСТУ EN 81-20:2019. Норми безпеки до конструкції та монтажу ліфтів. Ліфти для транспортування пасажирів і вантажів. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
3. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи менеджменту охорони здоров'я та безпеки праці. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
4. Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й. Моделювання електромеханічних систем: монографія. Кременчук: КДПУ, 2001. 376 с.
5. Черчик Л.М., Ткач Б.П. Аналіз систем регульованого електропривода: навч. посіб. Луцьк: ЛНТУ, 2014. 172 с.
6. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 20.05.2024).
7. Будова та принцип роботи ліфта. URL: <https://masterlift.com.ua/budova-lifta.html> (дата звернення: 02.04.2026).
8. Каталог дроселів ED 33. URL: <https://enext.ua/catalog/droseli/> (дата звернення: 02.05.2024).
9. Danfoss VLT AutomationDrive FC-302 7,5 кВт. URL: <https://ovk.ua/ua/shop/product/danfoss-vlt-automation-drive-fc-302-75-kvt-3f-131b0082> (дата звернення: 02.04.2026).
10. Siemens LOGO! 12/24RCE. URL: <https://meanwell.kiev.ua/ua/p1486336390-6ed1052-1md08-0ba1.html> (дата звернення: 10.04.2026).
11. Давач поверховий ДПЕ-101. URL: https://www.bau.com.ua/oborudovanie_pl/p-35568 (дата звернення: 15.04.2026).
12. Мощинський Ю.А. та ін. Визначення параметрів схеми заміщення асинхронних машин за каталожними даними. Електрика. 1998. № 4. С. 38-42.
13. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 20.04.2026).

14. ДСТУ EN 81-20:2019. Норми безпеки до конструкції та монтажу ліфтів. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.

15. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи менеджменту охорони здоров'я та безпеки праці. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.

16. Постанова КМУ № 1107 від 30.11.2011 «Про затвердження Порядку проведення розслідування та обліку нещасних випадків». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1107-2011-%D0%BF> (дата звернення: 20.04.2026).

17. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0426-99> (дата звернення: 20.04.2026).

18. ДСН 3.3.1.050-98 «Положення про медичні огляди працівників певних категорій».

19. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці від 26.01.2005 № 15.

20. Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів.

21. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

22. Наказ про порядок проведення вогневих робіт на підприємствах.

23. Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів.

24. Інструкція з пожежної безпеки на підприємстві.

25. Норми і правила пожежної безпеки України.

26. Положення про перевірку знань з питань пожежної безпеки.

27. Правила експлуатації вуглекислотних вогнегасників.

28. Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів.

29. Гушко С.В. Вимоги з оформлення письмових робіт. Навч. посібник. Кривий Ріг: ДУЕТ, 2020. 53 с.



Метадані

ДОКУМЕНТ

Заголовок

141-13-2026арб

Автор

141-13-2026арб

Науковий керівник / Експерт

Модло Є

ІД документу

334133526

ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

підрозділ

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

ЗВІТ

Дата звіту

6/2/2026

Дата редагування

—

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



КП 1

7293

Кількість слів



КЦ

54584

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		32
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		18

Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копію тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копію тексту

#	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://revolution.allbest.ru/manufacture/00801111_0.html	46 (0.63 %)

ЗГОДА здобувача вищої освіти
Державного університету економіки і технологій про перевірку
кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, *Ковальчук Володимир Михайлович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота Електромеханічне елеваторне обладнання. Елепривод лебідки ліфта дев'яти-поверхового будинку виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований, що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений.

1.06.2026