

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально – науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Сергій БОЙЧЕНКО

«__» _____ 2025 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг інтелектуальних
електротехнічних та мехатронних комплексів»**

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**на тему: «Електромеханічне обладнання та автоматизація електроприводу
високошвидкісного ліфта»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ОА-11
Горецький Олександр Сергійович

Керівник:

д-р філ., ст. викл. Мугенов Данііл Джалільович

Консультант з «Електропостачання»:

канд. техн. наук, доц. Мейта Олександр В'ячеславович

Консультант з «Охорони праці»:

канд. техн. наук, доц. Мітюк Людмила Олексіївна

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2025 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально – науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій БОЙЧЕНКО

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Горецькому Олександрю Сергійовичу

1. Тема проєкту: «Електромеханічне обладнання та автоматизація електроприводу високошвидкісного ліфта», керівник проєкту Мугенов Данііл Джалільович, Старший викладач, затверджені наказом по університету від «23» травня 2025 р. № 1698-с
2. Термін подання студентом проєкту «17» червня 2025 р.
3. Вихідні дані до проєкту: будинок 25 поверхів, вантажопідйомність 8 осіб.
4. Зміст пояснювальної записки: Огляд конструкцій та особливостей роботи високошвидкісних ліфтів; Розробка системи електропостачання цивільної багатоповерхової споруди; Розрахунок та моделювання високошвидкісного ліфта в MATLAB/Simulink; Охорона праці та пожежна безпека.
5. Перелік графічного матеріалу: Схеми керування електроприводом швидкісного ліфта; Спрощена принципова електрична схема розподільної

мережі цивільної багатоповерхової споруди; Моделі системи електроприводу в середовищі MATLAB/Simulink; Графіки перехідних процесів електроприводу ліфта.

6. Консультанти розділів проєкту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електропостачання	канд. техн. наук, доц. Мейта О.В.		
Охорона праці	канд. техн. наук, доц. Мітюк Л.О.		

7. Дата видачі завдання: «13» січня 2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд літературних джерел щодо електромеханічного обладнання ліфтових установок	15.01.2025 – 15.02.2025	
2	Розрахунок параметрів електроприводу ліфта	16.02.2025 – 15.03.2025	
3	Розрахунок електропостачання	16.03.2025 – 15.04.2025	
4	Моделювання режимів роботи різних типів електроприводів ліфта	16.04.2025 – 09.05.2025	
5	Розробка заходів із охорони праці	10.05.2025 – 25.05.2025	
6	Підготовка документів до захисту	26.05.2025 – 16.06.2025	

Студент
Керівник

Олександр ГОРЕЦЬКИЙ
Данііл МУГЕНОВ

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Електромеханічне обладнання та автоматизація
електроприводу високошвидкісного ліфта»**

РЕФЕРАТ

Обсяг текстової складової дипломного проєкту налічує 69 сторінок. Пояснювальна записка включає 20 ілюстрацій, серед яких електричні схеми, графіки у MATLAB/Simulink, а також 10 таблиць з технічними та розрахунковими відомостями. До проєкту додаються 4 креслення формату А1, 1 додаток, перелік використаних джерел налічує 30 пунктів.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи високошвидкісного ліфта шляхом порівняльного аналізу характеристик системи керування на базі релейної логіки та сучасного частотно-регульованого електропривода.

В дослідженні застосовано аналітичні підходи, інженерні обчислення, а також імітаційне моделювання у середовищі MATLAB/Simulink. Детально проаналізовано принципи функціонування електромеханічного устаткування, здійснено розробку проєкту системи електрозабезпечення споруди, виконано розрахунки навантажень, короткого замикання та підбір кабельних ліній й електричних апаратів.

Проєкт завершено успішно – розроблено електропривідну систему ліфта для 25-поверхового будинку на 8 пасажирів. Вона забезпечує швидку роботу з мінімальним споживанням енергії. Моделювання підтвердило ефективність частотно-регульованого приводу, що знижує енергоспоживання на 30–40% і підвищує надійність системи.

Рекомендації щодо реалізації цього проєкту поширюються на оновлення ліфтових систем в жилих та громадських будівлях.

Ключові слова: високошвидкісний ліфт, електропривод, автоматизація, енергоефективність.

ABSTRACT

The textual component of the diploma project consists of 69 pages. The explanatory note includes 20 illustrations, such as electrical schematics and MATLAB/Simulink graphs, as well as 10 tables containing technical and calculation data. The project also includes 4 A1-format drawings, 1 appendix, and a list of references comprising 30 sources.

The aim of the work is to improve the efficiency of a high-speed elevator by conducting a comparative analysis of control system characteristics based on relay logic and a modern frequency-controlled electric drive.

The research employs analytical approaches, engineering calculations, and simulation modeling in the MATLAB/Simulink environment. The principles of operation of electromechanical equipment are thoroughly analyzed, a project for the building's power supply system is developed, and calculations are performed for loads, short circuits, cable line selection, and electrical apparatus.

The project has been successfully completed — an elevator drive system has been developed for a 25-story building with a capacity of 8 passengers. It ensures high-speed operation with minimal energy consumption. Modeling confirmed the effectiveness of the frequency-controlled drive, which reduces energy consumption by 30–40% and enhances system reliability.

Recommendations for the implementation of this object have been extended to update elevator systems in residential and public buildings.

Keywords: high-speed elevator, electric drive, automation, energy efficiency.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ	2
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ I. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЛІФТІВ	12
1.1. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ТИПИ ЛІФТІВ.....	12
1.2. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЛІФТІВ	13
1.3. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЛІФТА	14
1.4. ОГЛЯД ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЛІФТІВ	16
1.5. СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЛІФТОМ	19
1.6. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЛІФТОВИХ СИСТЕМ	20
ВИСНОВОК ДО 1 РОЗДІЛУ	21
РОЗДІЛ II. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦИВІЛЬНОЇ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ СПОРУДИ	22
2.1. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ.....	22
2.2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	24
2.3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ.....	27
2.4. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КЗ.....	31
2.5. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ	36
ВИСНОВОК ДО 2 РОЗДІЛУ	39
РОЗДІЛ III. РОЗРАХУНОК ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ЛІФТА В MATLAB/SIMULINK	40
3.1. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЛІФТА.....	40
3.2. СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ.....	45
3.3. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/SIMULINK	46
3.4. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ	49
ВИСНОВОК ДО 3 РОЗДІЛУ	53
РОЗДІЛ IV. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА.....	54
4.1. АНАЛІЗ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ	54

4.2. ЗАХОДИ ЗАХИСТУ ВІД ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ	56
4.3. УМОВИ ПРАЦІ.....	57
4.4. ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	59
4.5. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА	60
ВИСНОВОК ДО 4 РОЗДІЛУ	61
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
ДОДАТОК 1	68

ВСТУП

В сучасних реаліях, коли міське будівництво прискорюється, а висота будівель збільшується, потреба у високошвидкісних ліфтах стає все більш значущою. Вони стали ключовим елементом інфраструктури багатоповерхових об'єктів, гарантуючи швидке, зручне та захищене вертикальне переміщення пасажирів. Для забезпечення безперебійної та енергоощадливої роботи таких систем необхідне використання передового електромеханічного устаткування та вдосконалена автоматизація електроприводу. До того ж багато існуючих будинків мають застаріле електромеханічне обладнання із релейним управлінням і двошвидкісними асинхронними двигунами, модернізація таких ліфтових установок є **актуальною** задачею.

Об'єктом дослідження виступає багатоповерхова цивільна споруда, де встановлюється високошвидкісний ліфт.

Предметом дослідження є електромеханічне обладнання та система автоматизації електроприводу високошвидкісного ліфта.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи високошвидкісного ліфта шляхом порівняльного аналізу характеристик системи керування на базі релейної логіки та сучасного частотно-регульованого електропривода.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

1. Провести аналіз конструкції та принципу дії електромеханічного обладнання високошвидкісного ліфта.
2. Розглянути особливості побудови систем керування на базі релейної логіки та частотно-регульованих електроприводів.
3. Розрахувати параметри електропостачання та електропривода ліфтової установки.
4. Побудувати імітаційну модель електропривода ліфта з різними типами систем керування в середовищі MATLAB Simulink.

					ДП 0А11.09.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Горецький О.С.			ВСТУП ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.		Мугенов Д.Д.					10	2
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.						Каф. АЕМК, Гр. 0А-11		
Затв.		Мугенов Д.Д.						

5. Виконати імітаційне моделювання та провести порівняльний аналіз основних динамічних та енергетичних показників роботи систем.

6. Обґрунтувати доцільність використання частотно-регульованого електропривода для високошвидкісного ліфта за результатами дослідження.

7. Розробити заходи з охорони праці під час експлуатації та обслуговування електромеханічного обладнання ліфта.

У даній роботі використано підходи аналітичного моделювання та інженерного розрахунку, а структура роботи включає вступну частину, аналітичний розділ, розрахунково-конструктивну складову, блок моделювання, розділ з охорони праці, а також заключні положення та додатки.

					<i>ДП 0А11.09.000 ПЗ</i>	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

РОЗДІЛ І. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЛІФТІВ

1.1. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ТИПИ ЛІФТІВ

Класифікація ліфтів базується на ключових характеристиках, серед яких пріоритетними є тип приводу, призначення, система управління та конструктивні особливості. Нижче представлено детальний аналіз основних типів ліфтів відповідно до цих параметрів.

За типом приводу ліфти класифікуються на:

- електричні;
- гідравлічні;
- пневматичні.

Електричні ліфти є найбільш розповсюдженими, використовуючи електродвигун та лебідку. Ці ліфти забезпечують високу швидкість підйому і не мають обмежень по висоті переміщення. Гідравлічні ліфти функціонують на основі тиску масла, який виштовхує шток. Їх перевагами є велика вантажопідйомність і безпечне опускання навіть при відсутності електроживлення. Пневматичні ліфти працюють на основі тиску повітря, вони компактні, легкі в установці та особливо зручні для встановлення в будівлях, де немає ліфтової шахти.

За призначенням ліфти розділяються на:

- пасажирські;
- вантажні.

Пасажирські ліфти використовуються для перевезення людей та встановлюються в житлових, адміністративних, промислових будівлях, а також у приватних будинках. Серед них виділяють спеціальні ліфти, зокрема, лікарняні, які мають збільшені габарити для перевезення медичного обладнання та пацієнтів на візках, а також для осіб з інвалідністю, оснащені системами для

					<i>ДП ОА11.09.000 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Горецький О.С.</i>			РОЗДІЛ І ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЛІФТІВ		
<i>Перев.</i>		<i>Мугенов Д.Д.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затв.</i>		<i>Мугенов Д.Д.</i>					
					<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
						12	10
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i> <i>Каф. АЕМК, Гр. ОА-11</i>		

комфортного та безпечного користування.

Вантажні ліфти призначені для переміщення товарів, обладнання та інших вантажів. До них належать стандартні вантажні ліфти (вантажопідйомність до 5000 кг), малі вантажні або кухонні ліфти (до 300 кг), тротуарні ліфти, що піднімаються до рівня тротуару зовні будівлі, а також вантажопасажирські ліфти, які можуть перевозити як вантажі, так і людей, часто використовуються на промислових об'єктах або на підприємствах.

За способом управління ліфти розрізняють з:

- самостійним управлінням;
- оператором (ліфтером).

В першому випадку пасажери самостійно натискають кнопки виклику, а в другому – управління здійснює працівник, що супроводжує поїздку.

За конструктивними особливостями виділяють ліфти з машинним відділенням та без нього. Ліфти з машинним відділенням мають окреме приміщення для обладнання над або під шахтою, тоді як безмашинні ліфти мають компактніший механізм, що дає змогу заощадити простір. Крім того, ліфти розрізняються за типом дверей (розпашні, розсувні, вертикальні тощо) та вантажопідйомністю – від 320 кг для пасажирських до 5000 кг і більше для вантажних моделей [1].

1.2. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЛІФТІВ

Високошвидкісні ліфти, які знаходяться в хмарочосах, мають низку технічних рішень, що гарантують їхню надійну, безпечну і комфортну експлуатацію. Ці характеристики чітко відрізняють їх від звичайних ліфтів, призначених для стандартних багатоповерхівок.

Одним з основних елементів конструкції швидкісних ліфтів є компенсаційні троси. У хмарочосах довжина головних тросів велика, і їхня вага починає помітно впливати на рівновагу ліфтової системи. Для уникнення цього, використовуються спеціальні троси, які з'єднують нижню частину кабіни з

противагою. Вони компенсують зміни довжини основних тросів під час руху ліфта вгору чи вниз, забезпечуючи стабільну роботу підйомного механізму.

Ще один суттєвий елемент – напрямні башмаки, що пом'якшують коливання та гуркіт при пересуванні кабіни. У ліфтах, що рухаються зі швидкістю до 2,5 м/с, встановлюють ковзаючі башмаки, але у високошвидкісних використовують роликові, котрі витриваліші та сприяють плавності ходу, що критично важливо на значних швидкостях.

При швидкостях понад 6 м/с важливими є аеродинамічні властивості кабіни. Для зменшення опору повітря та зниження шуму, кабіни оснащують спеціальними обтічниками зверху та знизу. Крім того, існують два конструктивних варіанти: розміщення декількох кабін в одній шахті з роздільниками або надання кожній кабіні окремої шахти. У разі індивідуальних шахт, для поліпшення вентиляції та зменшення аеродинамічного тиску, в них монтують спеціальні повітроводи.

Слід також пам'ятати, що висотні будинки здатні давати усадку, особливо після завершення будівництва. Щоб ця деформація не впливала на функціонування ліфта, в системі застосовуються спеціальні кріплення. Вони компенсують структурні зміни в будівлі, завдяки чому ліфт зберігає стабільність і точність руху, навіть якщо змінюється геометрія споруди [2].

1.3. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЛІФТА

Основні настанови для електроприводу ліфта зосереджені на гарантуванні його безпечної, надійної та продуктивної діяльності. Ці вимоги беруть до уваги характеристики електроприводів, що працюють як від змінного, так і від постійного струму, та визначають функціонування гальмівної системи, послідовність увімкнення та вимкнення приводів, а також умови аварійного відключення.

Перш за все, незалежно до типу електроприводу, замикання струмопровідних елементів гальмівного приводу на корпус не має спричинити самочинного запуску електроприводу чи розблокування гальма в момент, коли

ліфт не рухається. До того ж, для ліфтів, що працюють на номінальній швидкості понад 0,71 м/с, необхідним є режим пересування на пониженій швидкості – не вище 0,4 м/с – для проведення сервісних робіт або дій в надзвичайних ситуаціях.

У електроприводах змінного струму, що живляться напругу від мережі, розгальмування дозволено тільки після або одночасно з подаванням напруги на електродвигун. Відключення привода обов'язково повинно супроводжуватися надійним замиканням механічного гальма. При цьому, потрібне подвійне незалежне розімкнення головного кола живлення – наприклад, через два електромагнітні апарати, один з яких може бути кінцевим вимикачем.

Якщо електропривод отримує живлення від керованого перетворювача, розгальмування можливе тільки після досягнення необхідного утримуючого моменту кабіни. Вимкнення двигуна, як і в попередньому варіанті, повинно відбуватися з накладенням гальма. Розривати електричне коло одним пристроєм можна лише за умови, що він забезпечує надійне блокування живлення від перетворювача. У разі його несправності потрібно забезпечити повне вимкнення приводу та унеможливити повторне включення.

Для електроприводів постійного струму також передбачено, що розблокування гальма можливе виключно тоді, коли є струм, якого вистачить для утримання кабіни. Коли ліфт зупиняється, гальмо мусить автоматично спрацювати, крім випадків, коли кабіну тримає сам електромотор. Якщо гальмівна система дає збій, відповідальність за утримання кабіни переходить до приводу – як до електродвигуна, так і до перетворювача. При спрацюванні запобіжних вимикачів має бути забезпечене автоматичне гальмування, зупинка кабіни та відключення живлення.

Додатково наголошується, що дистанційне вимикання перетворювача можливе тільки після надійного накладання гальма. У випадку втрати збудження двигуна, якірний ланцюг повинен негайно відключатися, а гальмо – накладатися. Забороняється використання роз'єднувачів між двигуном та перетворювачем, якщо двигун відповідає за утримання кабіни на місці посадки [3].

1.4. ОГЛЯД ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЛІФТІВ

У багатьох житлових будинках України, зокрема в Києві, досі експлуатуються ліфти з релейно-контакторними системами керування, які були встановлені ще в радянські часи. Такі системи управління забезпечують базову функціональність ліфта, але мають обмежені можливості щодо енергоефективності, плавності руху та безпеки. Зокрема, релейно-контакторні схеми, такі як НКП типу ШОК-5704, використовуються для управління електроприводом ліфта, але не дозволяють реалізувати сучасні функції, як-от плавне регулювання швидкості чи дистанційне керування [4].

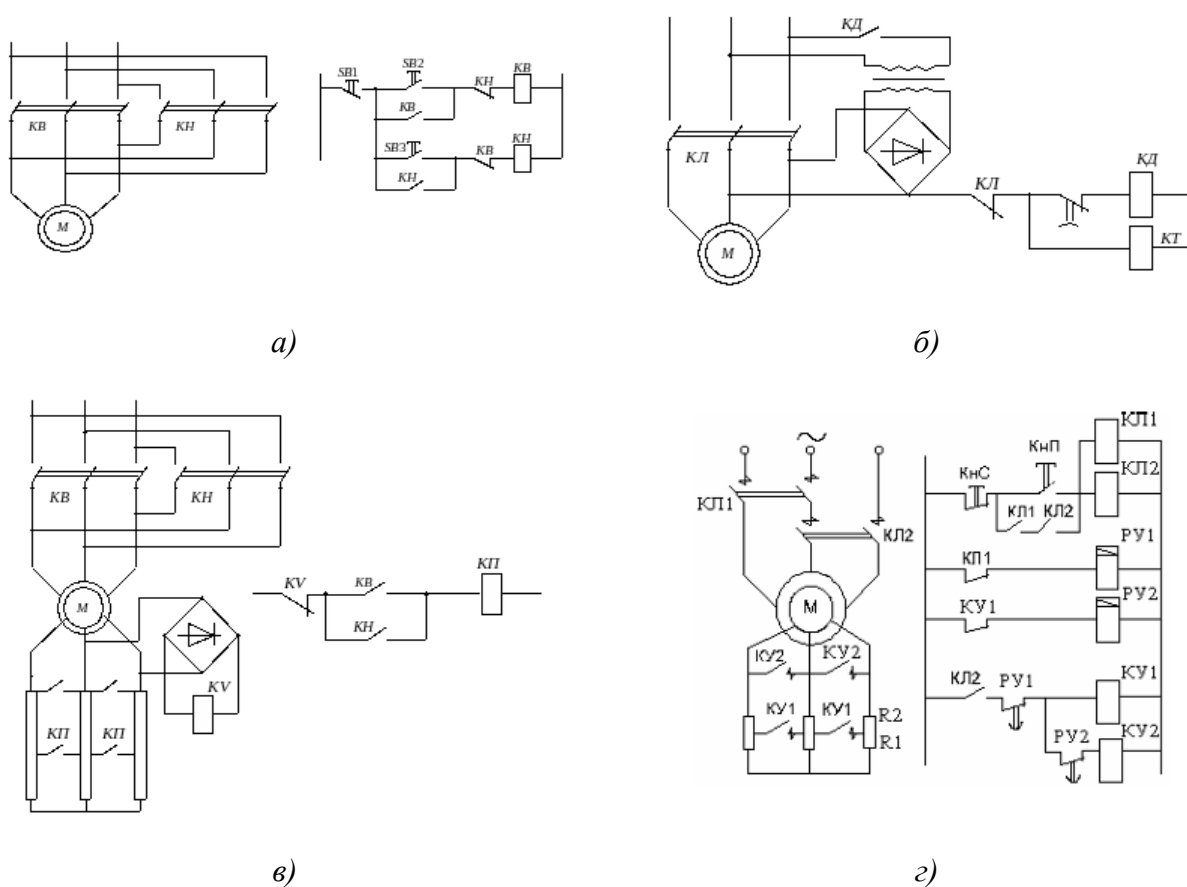


Рис. 1.1 – Типові вузли схем релейно-контакторного керування АД та схема пуску.
 а) Вузол реверсу; б) Вузол динамічного гальмування; в) Вузол противмикання АД;
 г) Схема пуску

За даними Київської міської державної адміністрації, значна частина ліфтів у столиці експлуатується понад нормативний термін у 25 років, що призводить до частих зупинок та необхідності аварійних ремонтів. Зношеність технічних частин ліфтового обладнання та застарілі системи керування є основними

причинами таких збоїв. У зв'язку з цим, модернізація ліфтового господарства, зокрема заміна релейно-контакторних систем на сучасні мікропроцесорні, стає актуальним завданням для забезпечення безпеки та комфорту мешканців [5].

Завод "Євроформат" – ключовий український виробник ліфтів. Його виробничі потужності розміщені у місті Києві. Компанія експортує свою продукцію до країн Європи. Звернемося до їх каталогів [6], та розглянемо обладнання яке вони використовують.

Одним із ключових компонентів виступає привідна система, зокрема безредукторні лебідки з постійними магнітами (PM). Вони вирізняються високою енергоощадністю, низьким рівнем шуму, компактністю та не потребують машинного відділення (MRL). Завдяки таким властивостям гарантується плавна та надійна функція ліфта. EUROFORMAT інтегрує обладнання від провідних світових брендів, зокрема SICOR (Італія) та MONADRIVE (Китай).

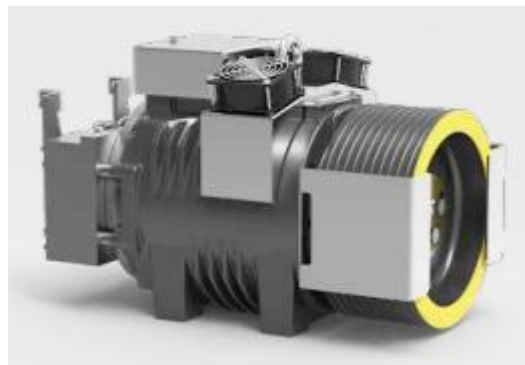


Рис. 1.2 – Безредукторна лебідка

Не менш значущим елементом є частотний перетворювач, який відповідає за регулювання обертання двигуна. Він дає змогу плавно починати та завершувати рух ліфта, мінімізуючи механічне навантаження та забезпечуючи комфорт для пасажирів. Деякі з моделей підтримують функцію рекуперації енергії, яка дає змогу повертати частину енергії в мережу під час гальмування, збільшуючи загальну енергоефективність системи.

Мікропроцесорна система управління, як мозок ліфта, визначає логіку його функціонування: від обробки викликів до контролю безпеки, та управління дверима. Її адаптивність дозволяє налаштовувати роботу ліфта відповідно до потреб різних споруд та режимів використання.

Окрему увагу заслуговує система дверей, в якій використані передові автоматичні приводи з можливістю регулювання швидкості та зусилля відкривання/закривання. Доступні як телескопічні, так і центральні варіанти

відкривання, що сприяє ефективному використанню простору шахти. Постачальниками дверей виступають визнані лідери галузі, такі як WITTUR та Fermator.

У каталогах також представлені сучасні інтерфейси та панелі управління. Вони відзначаються ергономічним дизайном, актуальним стилем та можливістю застосування безконтактного управління, а також інтеграції з системами контролю доступу. Це гарантує як візуальну привабливість, так і комфорт у використанні.

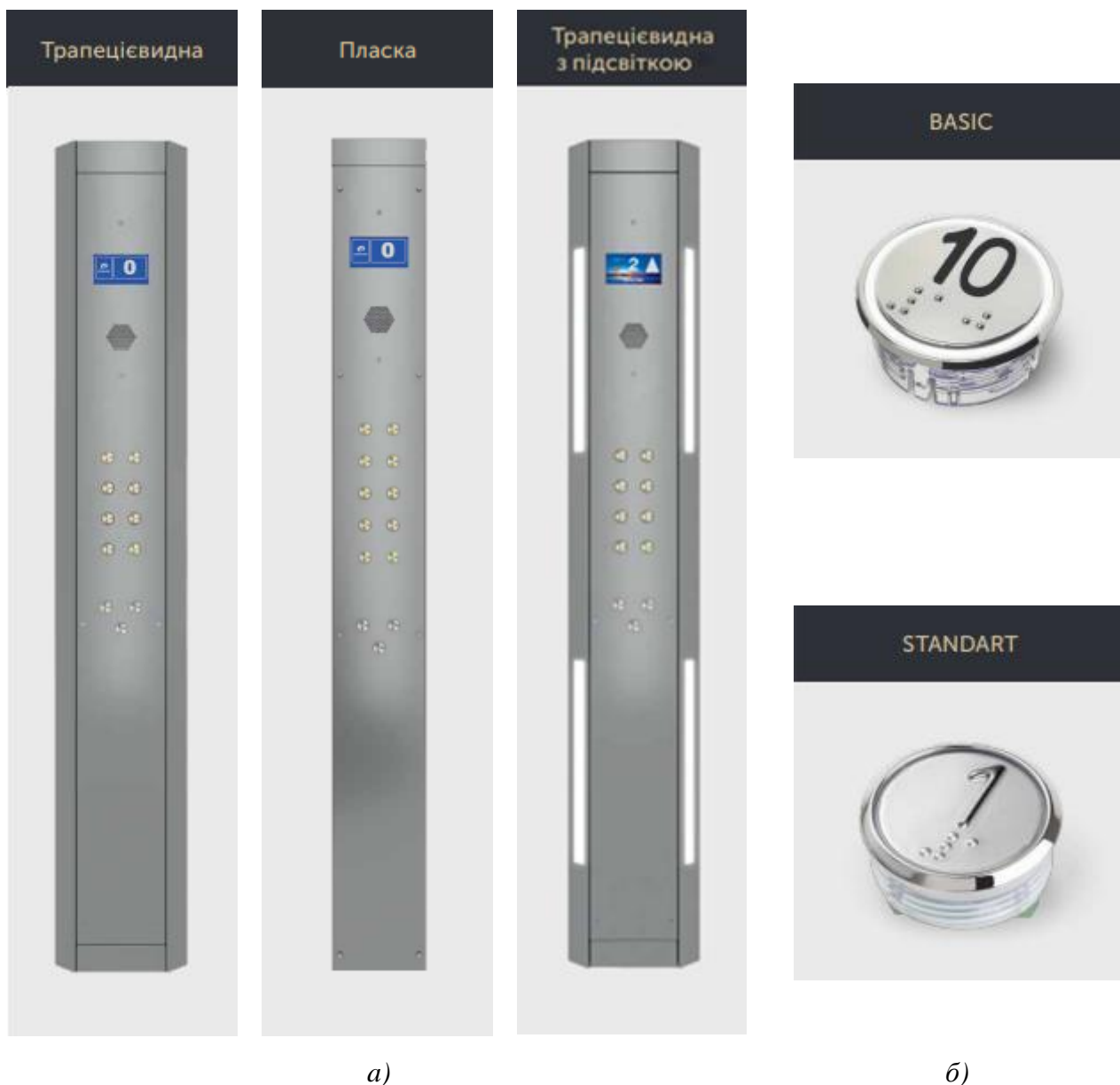


Рис. 1.3 – Сучасні види: а) панель управління; б) кнопки

Особлива увага зосереджена на безпеці: всі компоненти відповідають вимогам стандарту EN 81, що включає в себе наявність аварійного живлення,

засобів зв'язку, систем оповіщення та автоматизованого контролю.

До того ж, обладнання EUROFORMAT демонструє високу енергоощадність. Використання частотного регулювання, світлодіодного освітлення, систем рекуперації дає змогу скоротити споживання енергії на 30-40%.

1.5. СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЛІФТОМ

Сучасні системи автоматизованого управління ліфтами – невід'ємний елемент розумних будівель, які відіграють визначальну роль у підтримці ефективного, безпечного й комфортного функціонування підйомного устаткування. Ці системи значно переросли традиційні технології й сьогодні є складними програмно-апаратними комплексами, що використовують інструменти штучного інтелекту, сенсори, датчики руху та інші цифрові рішення.

Однією з ключових функцій таких систем є аналіз пасажиропотоку. Сучасні алгоритми здатні відстежувати активність у будівлі – скільки людей є в приміщенні, коли спостерігається найбільше навантаження, яка кількість викликів відбувається з кожного поверху. Також беруться до уваги зовнішні чинники, такі як час доби або навіть погодні умови. На основі зібраних даних система автоматично ухвалює рішення, наприклад: направити ліфти на певні поверхи заздалегідь, збільшити чи зменшити швидкість роботи, змінити алгоритм обслуговування викликів.

Ще однією ключовою рисою виступає інтелектуальне передбачення маршрутів. Це суттєво зменшує період очікування і загалом покращує ефективність ліфтової системи. Скажімо, у час пік один з ліфтів може бути налаштований на обслуговування тільки верхніх поверхів, а інший – лише нижніх, що



Рис. 1.4 – Виклики ліфтів за допомогою смартфона

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

дає змогу уникнути зайвих зупинок на кожному поверсі.

Автоматизовані системи управління також інтегрують бездротові та безконтактні технології, наприклад, через мобільні додатки або сенсорні панелі. Це не тільки практично, але й збільшує санітарну безпеку – важливий момент в умовах після пандемії. Користувач може викликати ліфт з власного смартфона або обрати поверх без дотику до кнопок.



Рис. 1.5 – Безконтактне управління. а) Система розпізнавання жестів, яка дає можливість людям керувати кнопками ліфта, здійснюючи рухи рук вгору та вниз; б) Функція, яка дає змогу викликати ліфт, використовуючи ногу, завдяки технології розпізнавання, інтегрованій під кнопкою виклику

Стосовно споживання енергії, новітні системи обладнані енергозберігаючими функціями. Скажімо, вночі чи в періоди меншого завантаження ліфти мають змогу перемикатися у “сплячий режим”, відключати освітлення кабіни чи знижувати швидкість. Завдяки використанню перетворювачів частоти, систем рекуперації енергії та оптимізованої логіки управління, обсяги споживаної електроенергії суттєво зменшуються [7].

1.6. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЛІФТОВИХ СИСТЕМ

Перспективи розвитку швидкості ліфтових систем є сьогодні надзвичайно важливими з огляду на стрімке розростання міст та збільшення хмарочосів у великих містах. Новітні технології дають змогу розробляти ліфти, які здатні забезпечувати швидке, безпечне та зручне підняття пасажирів вгору на значну висоту.

Одним із вражаючих прикладів успіхів у цій царині є високошвидкісні ліфти, що використовуються у хмарочосі Taipei 101, що знаходиться в Тайбеї (Тайвань). Ці ліфти, вироблені компанією Toshiba Elevator and Building Systems, мають здатність рухатись зі швидкістю до 17 м/с (приблизно 61 км/год), що дає змогу підніматися на самий верх 508-метрової будівлі лише за 30 секунд. Ці досягнення були офіційно зафіксовані Книгою рекордів Гіннеса як найшвидші пасажирські ліфти у світі.

Для забезпечення зручності пасажирів під час стрімкого пересування ліфтами впроваджено систему регулювання тиску, що унеможливорює виникнення дискомфорту, зокрема, закладання вух. До того ж, застосування обтічних кабін і активної системи контролю сприяє мінімізації вібрацій та шуму у процесі руху ліфта.

У перспективі розробка високошвидкісних ліфтів передбачає використання передових матеріалів, як-от вуглецеві нанотрубки, які дозволять виробляти ще легші та надміцні троси для підйому. Крім того, планується інтеграція штучного інтелекту з метою оптимізації маршрутів та збільшення енергоефективності систем [8].

ВИСНОВОК ДО 1 РОЗДІЛУ

Було здійснено ретельний огляд різновидів та конструкцій ліфтів, зосереджуючись на високошвидкісних варіантах. Розглянуто їхні технічні характеристики, вимоги до електроприводу, новітнє електромеханічне оснащення та автоматизовані системи управління. Окремо проаналізовано перспективи розвитку ліфтових систем з великою швидкістю в умовах урбанізації та технологічного прогресу.

									Аркуш
									21
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ОА11.09.000 ПЗ				

РОЗДІЛ II. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦИВІЛЬНОЇ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ СПОРУДИ

Розрахунки виконані за методикою викладеною в [9].

Для визначення навантаження та проектування системи електропостачання обрано багатоповерхову споруду. Будівля першої категорії комфортності, має 25 поверхів, складається з однієї секції, з 120 квартирами. На кожному поверсі розташовано по 5 квартир. У складі комплексу також передбачено: ліфти 2·10,5 кВт; вентсистема 8 кВт; вентилятор димовидалення 15 кВт; насоси водопостачання 2·1,5 кВт + резервний 1,5 кВт; пожежні насоси 9 кВт + резервний 9 кВт; система автоматизації 5 кВт та інженерно-технічний поверх 35 кВт.

Табл. 2.1 – Вихідні дані комплексу

Споживач	Кількість	P_n , кВт	K_n	$\cos \varphi$
1	2	3	4	5
Ліфти	2	10,5	0,6	0,9
Вентсистема	1	8	0,8	0,85
Вентилятор димовидалення	1	15	0,5	0,85
Насоси водопостачання	2	1,5	0,8	0,8
Пожежні насоси	1	9	0,4	0,8
Система автоматизації	1	5	1	1
Інженерно-технічний поверх	1	35	0,6	0,65

2.1. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ

Вихідні дані: Приміщення (3,1·2,4 м) та (2,5·3,6 м); $h=2,4$ м; Світла/Сірі
 $E_n=60$ лк.

Використовуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку.

					<i>ДП ОА11.09.000 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Горецький О.С.</i>			РОЗДІЛ II РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦИВІЛЬНОЇ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ СПОРУДИ		
<i>Перев.</i>		<i>Мейта О.В.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затв.</i>		<i>Мугенов Д.Д.</i>					
					<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
						22	18
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i> <i>Каф. АЕМК, Гр. ОА-11</i>		

Для освітлення приймаємо світильники [10]:

Табл. 2.2 – Тип світильника

Тип світильника	Область застосування	Тип лампи	Потужність, Вт	Напруга, В	ККД, %	$\cos \varphi$	Світловий потік
1	2	3	4	5	6	7	8
SIVIO A80	Приміщення	LED E27	20	220	90	0,95	2000

Розраховуємо показники приміщень:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)};$$

$$i_1 = \frac{3,1 \cdot 2,4}{2,4 \cdot (3,1 + 2,4)} = 0,5636;$$

$$i_2 = \frac{2,5 \cdot 3,6}{2,4 \cdot (2,5 + 3,6)} = 0,6148,$$

де A і B – довжина та ширина освітлюваного приміщення, м; h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м.

Розраховуємо загальний світловий потік, потрібний для забезпечення необхідної освітленості:

$$F = \frac{K_3 \cdot E_H \cdot S \cdot z}{K_B};$$

$$F_1 = \frac{1 \cdot 60 \cdot 7,44 \cdot 1,35}{0,28} = 2152,2857 \text{ лм};$$

$$F_2 = \frac{1 \cdot 60 \cdot 9 \cdot 1,35}{0,28} = 2603,5714 \text{ лм},$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, який враховує старіння ламп та заповищеність їхніх ковпаків [11], ($K_3 = 1$); E_H – задана номінальна освітленість, лк; $S = A \cdot B$ – площа освітлюваного приміщення, ($S_1 = 3,1 \cdot 2,4 = 7,44 \text{ м}^2$, $S_2 = 2,5 \cdot 3,6 = 9 \text{ м}^2$); z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, ($z = 1,3 \dots 1,4$); $K_B = 0,28$ – коефіцієнт використання освітлювальних установок.

Обчислюємо потрібну кількість ламп:

$$n = \frac{F}{F_L};$$

$$n_1 = \frac{F_1}{F_{\text{л}}} = \frac{2152,2857}{2000} = 1,0761 \approx 1 \text{ лампи};$$

$$n_2 = \frac{F_2}{F_{\text{л}}} = \frac{2603,5714}{2000} = 1,3018 \approx 2 \text{ лампи.}$$

2.2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Табл. 2.3 – Вихідні дані комплексу

№	Споживач	P_n , кВт	n	K_n	$\cos \varphi$
1	2	3	4	5	6
Споживачі 0,4 кВ					
1	Ліфт	10,5	2	0,6	0,9
2	Вентсистема	8	1	0,8	0,85
3	Вентилятор димовидалення	15	1	0,5	0,85
4	Насос водопостачання	1,5	2	0,8	0,8
5	Пожежний насос	9	1	0,4	0,8
6	Система автоматизації	5	1	1	1
7	Інженерно-технічний поверх	35	1	0,6	0,65

Визначимо розрахункове активне навантаження P_p для споживачів 0,4 кВ:

$$P_p = K_{\text{п}} \sum_{i=1}^n P_{\text{ні}i};$$

$$P_{p1} = 0,6 \cdot 2 \cdot 10,5 = 12,6 \text{ кВт};$$

$$P_{p2} = 0,8 \cdot 1 \cdot 8 = 6,4 \text{ кВт};$$

$$P_{p3} = 0,5 \cdot 1 \cdot 15 = 7,5 \text{ кВт};$$

$$P_{p4} = 0,8 \cdot 2 \cdot 1,5 = 2,4 \text{ кВт};$$

$$P_{p5} = 0,4 \cdot 1 \cdot 9 = 3,6 \text{ кВт};$$

$$P_{p6} = 1 \cdot 1 \cdot 5 = 5 \text{ кВт};$$

$$P_{p7} = 0,6 \cdot 1 \cdot 35 = 21 \text{ кВт},$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт попиту; $P_{\text{ні}i}$ – номінальна потужність електроприймача, кВт;
 n – число електроприймачів у групі.

Розрахункове реактивне навантаження Q_p для споживачів 0,4 кВ:

$$Q_p = P_p \cdot \tan \varphi_p;$$

$$Q_{p1} = 12,6 \cdot \tan(\arccos(0,9)) = 6,1025 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p2} = 6,4 \cdot \tan(\arccos(0,85)) = 3,9664 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p3} = 7,5 \cdot \tan(\arccos(0,85)) = 4,6481 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p4} = 2,4 \cdot \tan(\arccos(0,8)) = 1,8 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p5} = 3,6 \cdot \tan(\arccos(0,8)) = 2,7 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p6} = 5 \cdot \tan(\arccos(1)) = 0 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p7} = 21 \cdot \tan(\arccos(0,65)) = 24,5517 \text{ кВАр},$$

де $\tan \varphi_p$ – відповідає розрахунковому значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_p$.

Оберемо квартири з електроплитами та розрахунковим навантаженням $P_{заяв.} = 9,9$ кВт/квартиру.

Визначимо розрахункову потужність однієї квартири:

$$P_{р.кв.} = K_{\Pi} \cdot P_{заяв.} = 0,8 \cdot 9,9 = 7,92 \text{ кВт},$$

де $K_{\Pi} = 0,8$ – коефіцієнт попиту; $P_{заяв.}$ – заявлена потужність на квартиру, кВт.

Потужність всіх квартир:

$$P_{кв.} = K_0 \cdot n_{кв.} \cdot P_{р.кв.} = 0,14 \cdot 120 \cdot 7,92 = 133,056 \text{ кВт},$$

де $K_0 = 0,14$ – коефіцієнт одночасності для квартир підвищеної (І категорії) комфортності; $n_{кв.} = 120$ – кількість квартир у житловому будинку.

Розрахункове навантаження житлового будинку визначаємо за формулою:

$$P_{р.ж.б.} = P_{кв.} + 0,9 \cdot P_c = 133,056 + 0,9 \cdot 58,5 = 185,706 \text{ кВт},$$

де P_c – розрахункове активне навантаження силових електроприймачів, кВт:

$$P_c = \sum_{i=1}^7 P_{pi} = 12,6 + 6,4 + 7,5 + 2,4 + 3,6 + 5 + 21 = 58,5 \text{ кВт}.$$

Визначимо повне розрахункове навантаження:

$$S_p = \sqrt{P_{р.ж.б.}^2 + Q_c^2} = \sqrt{185,706^2 + 43,7686^2} = 190,7942 \text{ кВА},$$

де Q_c – розрахункове реактивне навантаження силових електроприймачів, кВАр:

$$Q_c = \sum_{i=1}^7 Q_{pi} = 6,1025 + 3,9664 + 4,6481 + 1,8 + 2,7 + 0 + 24,5517 =$$

$$= 43,7686 \text{ кВАр.}$$

По значенню S_p оберемо силовий трансформатор ТМ-250/10 з наступними параметрами:

- Номінальна потужність $S_{ном.} = 250$ кВА;
- Номінальні напруги $U_{вн} = 6; 10$ кВ, $U_{нн} = 0,4$ кВ;
- Втрати потужності КЗ $P_{к.з.} = 3,7$ кВт;
- Напруга КЗ $U_{к.з. \%} = 6,5$ %.

Результати розрахунків наводимо у вигляді таблиці:

Табл. 2.4 – Результати розрахунків

Вихідні дані				Результати розрахунків			
№	P_n , кВт	К-ть споживачів	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8
Споживачі 0,4 кВ							
1	10,5	2	0,9	0,4843	12,6	6,1025	14
2	8	1	0,85	0,6197	6,4	3,9664	7,5294
3	15	1	0,85	0,6197	7,5	4,6481	8,8235
4	1,5	2	0,8	0,75	2,4	1,8	3
5	9	1	0,8	0,75	3,6	2,7	4,5
6	5	1	1	0	5	0	5
7	35	1	0,65	1,1691	21	24,5517	32,3077
8	9,9	120	-	-	133,056	-	-
Σ	-	-	-	-	185,706	43,7686	190,7942

2.3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Табл. 2.5 – Вихідні дані ліній

ЛІНІЯ				
Тип лінії	Матеріал провідів	Позначення		Довжина
1	2	3		4
ПЛ	Алюм.	<1кВ	L_1	55 м
ПЛ	Алюм.		L_2	120 м
ПЛ	Алюм.		L_3	120 м
ПЛ	Алюм.		L_4	55 м
ПЛ	Алюм.		L_5	55 м
ПЛ	Алюм.		L_6	50 м
ПЛ	Алюм.		L_7	50 м
ПЛ	Алюм.		L_8	120 м

Вхідними даними для розрахунків слугують розрахункові струми в лініях $L_1 - L_8$, які визначимо за формулою:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нн}}}, \text{ A};$$

$$I_{p1} = \frac{14}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 20,2073 \text{ A}; \quad I_{p5} = \frac{4,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 6,4952 \text{ A};$$

$$I_{p2} = \frac{7,5294}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 10,8678 \text{ A}; \quad I_{p6} = \frac{5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 7,2169 \text{ A};$$

$$I_{p3} = \frac{8,8235}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 12,7357 \text{ A}; \quad I_{p7} = \frac{32,3077}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 46,6321 \text{ A};$$

$$I_{p4} = \frac{3}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 4,3301 \text{ A}; \quad I_{p8} = \frac{115,6335}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 166,2096 \text{ A},$$

де S_p – повне розрахункове навантаження для даного елемента мережі, кВА;

$U_{\text{нн}}$ – напруга мережі, кВ;

Розрахунок електричної мережі за нагрівом розрахунковим струмом в тривалому режимі.

Обираємо полівінілхлоридну ізоляцію в полівінілхлоридній оболонці.

Для вибору провідника значення його робочого струму повинно бути менше допустимого значення:

$$I_p < I_{\text{доп}};$$

$$20,2073 \text{ A} < 21 \text{ A}; \quad 6,4952 \text{ A} < 21 \text{ A};$$

$$10,8678 \text{ A} < 21 \text{ A}; \quad 7,2169 \text{ A} < 21 \text{ A};$$

$$12,7357 \text{ A} < 21 \text{ A}; \quad 46,6321 \text{ A} < 50 \text{ A};$$

$$4,3301 \text{ A} < 21 \text{ A}; \quad 166,9026 \text{ A} < 167 \text{ A}.$$

Розрахунок втрат напруги в трансформаторі проводимо за формулою:

$$\Delta U_{\text{ТР}\%} = \beta (U_{\text{а}\%} \cos \varphi_{\text{ТР}} + U_{\text{р}\%} \sin \varphi_{\text{ТР}}) = 0,7632 \cdot (1,48 \cdot 0,9733 + 6,3293 \cdot 0,225) = 2,1862 \%,$$

де β – коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$\beta = \frac{S_p}{S_{\text{НОМ.}}} = \frac{190,7942}{250} = 0,7632;$$

$S_{\text{НОМ.}}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА; S_p – розрахункове навантаження трансформатора, кВА; $U_{\text{а}\%}$ – активна складова напруги КЗ трансформатора:

$$U_{\text{а}\%} = \frac{P_{\text{к}}}{10 \cdot S_{\text{НОМ.}}} = \frac{3700}{10 \cdot 250} = 1,48 \%;$$

$P_{\text{к}}$ – втрати КЗ трансформатора, Вт; $\cos \varphi_{\text{ТР}}$ – коефіцієнт потужності трансформатора:

$$\cos \varphi_{\text{ТР}} = \frac{P_{\text{р.ж.б.}}}{S_p} = \frac{185,706}{190,7942} = 0,9733;$$

$U_{\text{р}\%}$ – реактивна складова напруги КЗ трансформатора:

$$U_{\text{р}\%} = \sqrt{U_{\text{к.з.}}^2 - U_{\text{а}\%}^2} = \sqrt{6,5^2 - 1,48^2} = 6,3293 \%,$$

$U_{\text{к}\%}$ – напруга КЗ трансформатора, %; $\sin \varphi_{\text{ТР}}$ – обчислюється на основі відомого значення $\cos \varphi_{\text{ТР}}$.

Отримане значення втрат напруги $\Delta U_{\text{ТР}\%}$ у % переводимо у В за формулою:

$$\Delta U_{\text{ТР}} = \Delta U_{\text{ТР}\%} \cdot K_0 \cdot \frac{U_{\text{НН}}}{100} = 2,1862 \cdot 1 \cdot \frac{400}{100} = 8,7448 \text{ В},$$

де $\Delta U_{\text{ТР}\%}$ – розраховане значення втрат напруги в трансформаторі, %; $K_0 = 1$ – коефіцієнт зміни напруги в трансформаторі; $U_{\text{НН}}$ – генераторна напруга мережі, В.

Розрахунок втрат напруги в кабелі проводимо за формулою:

$$\Delta U_{\text{Г.к.}} = \frac{P_p \cdot L_i \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\text{Г.к.}} \cdot U_{\text{НН}} \cdot \eta_{\text{Н}}};$$

$$\Delta U_{\text{Г.к.1}} = \frac{12,6 \cdot 55 \cdot 10^3}{32 \cdot 16 \cdot 400 \cdot 1} = 3,3838 \text{ В};$$

$$\Delta U_{\text{Г.к.2}} = \frac{6,4 \cdot 120 \cdot 10^3}{32 \cdot 10 \cdot 400 \cdot 1} = 6 \text{ В};$$

$$\Delta U_{\text{Г.к.3}} = \frac{7,5 \cdot 120 \cdot 10^3}{32 \cdot 16 \cdot 400 \cdot 1} = 4,3945 \text{ В};$$

$$\Delta U_{\text{Г.к.4}} = \frac{2,4 \cdot 55 \cdot 10^3}{32 \cdot 4 \cdot 400 \cdot 1} = 2,5781 \text{ В};$$

$$\Delta U_{\text{Г.к.5}} = \frac{3,6 \cdot 55 \cdot 10^3}{32 \cdot 6 \cdot 400 \cdot 1} = 2,5781 \text{ В};$$

$$\Delta U_{\text{Г.к.6}} = \frac{5 \cdot 50 \cdot 10^3}{32 \cdot 10 \cdot 400 \cdot 1} = 1,9531 \text{ В};$$

$$\Delta U_{\text{Г.к.7}} = \frac{21 \cdot 50 \cdot 10^3}{32 \cdot 50 \cdot 400 \cdot 1} = 1,6406 \text{ В};$$

$$\Delta U_{\text{Г.к.8}} = \frac{133,056 \cdot 120 \cdot 10^3}{32 \cdot 120 \cdot 400 \cdot 1} = 10,395 \text{ В},$$

де P_p – потужність всіх електроприймачів, що живиться цим кабелем, кВт; L_i – довжина кабелю, м; $\gamma = 32$ – питома провідність алюмінієвих жил, м/(Ом·мм²); $S_{\text{Г.к.}}$ – переріз кабелю:

$$S_{\text{Г.к.1}} = 16 \text{ мм}^2; \quad S_{\text{Г.к.2}} = 10 \text{ мм}^2; \quad S_{\text{Г.к.3}} = 16 \text{ мм}^2; \quad S_{\text{Г.к.4}} = 4 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{Г.к.5}} = 6 \text{ мм}^2; \quad S_{\text{Г.к.6}} = 10 \text{ мм}^2; \quad S_{\text{Г.к.7}} = 50 \text{ мм}^2; \quad S_{\text{Г.к.8}} = 120 \text{ мм}^2,$$

$U_{\text{НН}}$ – номінальна напруга мережі, В; $\eta_{\text{Н}}$ – ККД електроприймача (приймаємо рівним 1).

Суму отриманих значень втрат напруги в кабелі $\Delta U_{г.к.}$ у В порівнюємо з допустимим $\Delta U_{доп} = 39$ В:

$$\sum_{i=1}^8 \Delta U_{г.к.i} < \Delta U_{доп},$$

$$\sum_{i=1}^8 \Delta U_{г.к.i} = 3,3838 + 6 + 4,3945 + 2,5781 + 2,5781 + 1,9531 + 1,6406 + 10,395 = 32,9233 \text{ В};$$

$$32,9233 \text{ В} < 39 \text{ В}.$$

Усі умови виконуються, отже отримані значення вважаються обраними вірно за допустимими втратами напруги.

Складаємо загальну таблицю перевірок:

Табл. 2.6 – Загальна таблиця перевірок

№ лінії	Розрахунковий робочий струм лінії I_p , А	За нагрівом		За втратами напруги		Остаточна обрана марка та переріз лінії $S_{ост.}$, мм ²	
		$I_{доп}$, А	$S_{нагр}$, мм ²	$\Delta U_{г.к.}$, В	$S_{втр.напр.}$, мм ²		
1	2	3	4	5	6	7	
L_1	20,2073	21	2,5	3,3838	16	АВВГ	16
L_2	10,8678	21	2,5	6	10		10
L_3	12,7357	21	2,5	4,3945	16		16
L_4	4,3301	21	2,5	2,5781	4		4
L_5	6,4952	21	2,5	3,5781	6		6
L_6	7,2169	21	2,5	1,9531	10		10
L_7	46,6321	50	10	1,6406	50		50
L_8	166,9026	167	70	10,395	120		120

2.4. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КЗ

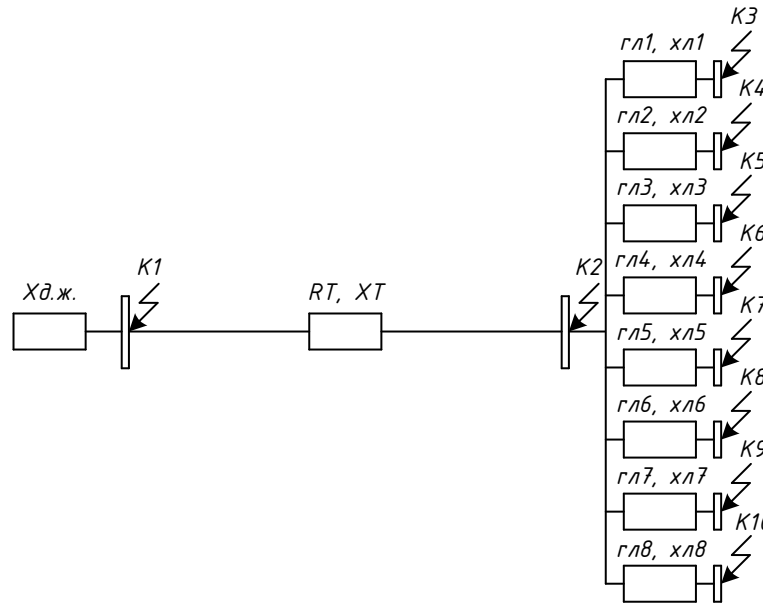


Рис. 2.1 – Схема заміщення

Головною задачею при розрахунках струмів КЗ є визначення опорів елементів системи.

Джерело живлення.

ДЖ не має активного опору. Реактивний опір, приведений на напругу вторинної обмотки трансформатора, визначаємо за формулою:

$$X_{\text{д.ж.}} = \frac{U_{\text{с.н.}}^2}{S_{\text{к}}^{(3)}} = \frac{(0,4 \cdot 10^3)^2}{10 \cdot 10^6} = 0,016 \text{ Ом,}$$

де $S_{\text{к}}^{(3)}$ – потужність трифазного короткого замикання на шинах РПП-6 (ЦПП) (приймаємо, що $S_{\text{к}}^{(3)} = 10 \cdot 10^6$ ВА); $U_{\text{с.н.}}$ – середня номінальна напруга ступеня короткого замикання, В.

Опір трансформатора.

Активний опір трансформатора:

$$R_{\text{T}} = \frac{P_{\text{к.з.}}}{3 \cdot I_{\text{н.т.}}^2} = \frac{3700}{3 \cdot 360,8439^2} = 0,0095 \text{ Ом,}$$

де $P_{\text{к.з.}}$ – втрати короткого замикання трансформатора, Вт; $I_{\text{н.т.}}$ – номінальний струм вторинної обмотки трансформатора:

$$I_{\text{н.т.}} = \frac{S_{\text{ном.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нн}}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 360,8439 \text{ А.}$$

Повний опір трансформатора:

$$Z_T = \frac{U_{к.з. \%} \cdot U_{с.н.}}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{н.т.}} = \frac{6,5 \cdot 400}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 360,8439} = 0,0416 \text{ Ом,}$$

де $U_{к.з. \%}$ – напруга короткого замикання трансформатора, %.

Реактивний опір трансформатора:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{0,0416^2 - 0,0095^2} = 0,0405 \text{ Ом.}$$

Опір ліній.

Активний опір ліній:

$$r_l = \frac{r_{пг}}{1000} \cdot L;$$

$$r_{л1} = \frac{1,91}{1000} \cdot 55 = 0,105 \text{ Ом; } r_{л5} = \frac{5,11}{1000} \cdot 55 = 0,281 \text{ Ом;}$$

$$r_{л2} = \frac{3,08}{1000} \cdot 120 = 0,3696 \text{ Ом; } r_{л6} = \frac{3,08}{1000} \cdot 50 = 0,154 \text{ Ом;}$$

$$r_{л3} = \frac{1,91}{1000} \cdot 120 = 0,2292 \text{ Ом; } r_{л7} = \frac{0,641}{1000} \cdot 50 = 0,032 \text{ Ом;}$$

$$r_{л4} = \frac{7,41}{1000} \cdot 55 = 0,4076 \text{ Ом; } r_{л8} = \frac{0,253}{1000} \cdot 120 = 0,0304 \text{ Ом,}$$

де L – довжина лінії, м; $r_{пг}$ – погонний активний опір лінії:

$$r_{пг1} = 1,91 \text{ Ом/км; } r_{пг5} = 5,11 \text{ Ом/км;}$$

$$r_{пг2} = 3,08 \text{ Ом/км; } r_{пг6} = 3,08 \text{ Ом/км;}$$

$$r_{пг3} = 1,91 \text{ Ом/км; } r_{пг7} = 0,641 \text{ Ом/км;}$$

$$r_{пг4} = 7,41 \text{ Ом/км; } r_{пг8} = 0,253 \text{ Ом/км.}$$

Реактивний опір ліній:

$$x_l = \frac{x_{пг}}{1000} \cdot L;$$

$$x_{л1} = \frac{0,32}{1000} \cdot 55 = 0,0176 \text{ Ом; } x_{л5} = \frac{0,32}{1000} \cdot 55 = 0,0176 \text{ Ом;}$$

$$x_{л2} = \frac{0,32}{1000} \cdot 120 = 0,0384 \text{ Ом; } x_{л6} = \frac{0,32}{1000} \cdot 50 = 0,016 \text{ Ом;}$$

$$x_{л3} = \frac{0,32}{1000} \cdot 120 = 0,0384 \text{ Ом; } x_{л7} = \frac{0,32}{1000} \cdot 50 = 0,016 \text{ Ом;}$$

$$x_{л4} = \frac{0,32}{1000} \cdot 55 = 0,0176 \text{ Ом}; \quad x_{л8} = \frac{0,32}{1000} \cdot 120 = 0,0384 \text{ Ом},$$

де $x_{пт}$ – погонний реактивний опір лінії (приймаємо, що $x_{пт} = 0,32 \text{ Ом/км}$).

Розрахунки опорів фіксуємо у вигляді таблиці:

Табл. 2.7 – Таблиця опорів

Елемент мережі	R , Ом	X , Ом
1	2	3
Джерело живлення	0	0,016
Трансформатор	0,0095	0,0405
Лінія L_1	0,105	0,0176
Лінія L_2	0,3696	0,0384
Лінія L_3	0,2292	0,0384
Лінія L_4	0,4076	0,0176
Лінія L_5	0,281	0,0176
Лінія L_6	0,154	0,016
Лінія L_7	0,032	0,016
Лінія L_8	0,0304	0,0384

При визначенні струмів КЗ користуємось формулами:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{U_{с.н.}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}};$$

$$I_{к.з.1}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0^2 + 0,016^2}} = 14,4338 \text{ кА};$$

$$I_{к.з.2}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 0,0095)^2 + (0,016 + 0,0405)^2}} = 4,0307 \text{ кА};$$

$$I_{к.з.3}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,105)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0176)^2}} = 1,693 \text{ кА};$$

$$I_{к.з.4}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,3696)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0384)^2}} = 0,591 \text{ кА};$$

$$I_{к.з.5}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,2292)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0384)^2}} = 0,8991 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.6}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,4076)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0176)^2}} = 0,5452 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.7}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,281)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0176)^2}} = 0,7703 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.8}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,154)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,016)^2}} = 1,2914 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.9}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,032)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,016)^2}} = 2,7639 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.10}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,0304)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0384)^2}} = 2,2437 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.}^{(2)} = \frac{U_{с.н.}}{2 \cdot \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}};$$

$$I_{к.3.1}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{0^2 + 0,016^2}} = 12,5 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.2}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{(0 + 0,0095)^2 + (0,016 + 0,0405)^2}} = 3,4907 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.3}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,105)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0176)^2}} = 1,4662 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.4}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,3696)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0384)^2}} = 0,5118 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.5}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,2292)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0384)^2}} = 0,7787 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.6}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,4076)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0176)^2}} = 0,4722 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.7}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,281)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0176)^2}} = 0,6671 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.8}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,154)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,016)^2}} = 1,1184 \text{ кА};$$

$$I_{к.3.9}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,032)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,016)^2}} = 2,3936 \text{ кА};$$

					ДП ОА11.09.000 ПЗ	Аркуш
Эм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$I_{к.з.10}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{(0 + 0,0095 + 0,0304)^2 + (0,016 + 0,0405 + 0,0384)^2}} = 1,9431 \text{ кА,}$$

де $U_{с.н.}$ – середня номінальна напруга ступеня короткого замикання (приймаємо, що $U_{с.н.} = U_{нн} = 400 \text{ В}$); $\sum R, \sum X$ – сума активних і реактивних опорів до точки КЗ. Включаючи трансформатор та опір зовнішньої системи, Ом.

Амплітудне значення ударного струму КЗ визначимо за формулою:

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к.з.}^{(2)};$$

$$i_{y1} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 12,5 = 17,6777 \text{ кА}; \quad i_{y2} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,4907 = 4,9365 \text{ кА};$$

$$i_{y3} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,4662 = 2,0735 \text{ кА}; \quad i_{y7} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,6671 = 0,9434 \text{ кА};$$

$$i_{y4} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,5118 = 0,7238 \text{ кА}; \quad i_{y8} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,1184 = 1,5816 \text{ кА};$$

$$i_{y5} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,7787 = 1,1012 \text{ кА}; \quad i_{y9} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,3936 = 3,3851 \text{ кА};$$

$$i_{y6} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,4722 = 0,6678 \text{ кА}; \quad i_{y10} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,9431 = 2,748 \text{ кА,}$$

де K_y – ударний коефіцієнт (приймаємо рівним 1).

Розрахунки струмів КЗ зводимо у таблицю:

Табл. 2.8 – Струми КЗ

Точки КЗ	Опори, Ом							Струми КЗ, кА		
	R_T	X_T	$R_{з.к.}$	$X_{з.к.}$	$X_{д.ж.}$	$\sum R$	$\sum X$	$I_{к.з.}^{(3)}$	$I_{к.з.}^{(2)}$	i_y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K_1	-	-	-	-	0,016	0	0,016	14,434	12,5	17,678
K_2	0,0095	0,0405	-	-		0,0095	0,0565	4,0307	3,4907	4,9365
K_3			0,105	0,0176		0,1145	0,0741	1,693	1,4662	2,0735
K_4			0,3696	0,0384		0,3791	0,0949	0,591	0,5118	0,7238
K_5			0,2292	0,0384		0,2387	0,0949	0,8991	0,7787	1,1012
K_6			0,4076	0,0176		0,417	0,0741	0,5452	0,4722	0,6678
K_7			0,281	0,0176		0,2905	0,0741	0,7703	0,6671	0,9434
K_8			0,154	0,016		0,1635	0,0725	1,2914	1,1184	1,5816
K_9			0,032	0,016		0,0415	0,0725	2,7639	2,3936	3,3851
K_{10}			0,0304	0,0384		0,0398	0,0949	2,2437	1,9431	2,748

2.5. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

Обираємо ро'зєднувачі за загальною умовою вибору електричних апаратів:

$$U_{\text{н.а.}} \geq U_{\text{н}} \rightarrow 0,4 \text{ кВ} = 0,4 \text{ кВ};$$

$$U_{\text{м.а.}} \geq U_{\text{р.м.}} \rightarrow 0,46 \text{ кВ} > 0,4 \text{ кВ},$$

де $U_{\text{н.а.}}$, $U_{\text{н}}$ – номінальна напруга відповідно вибираємого апарата і мережі ($U_{\text{н.а.}} = 0,4 \text{ кВ}$); $U_{\text{р.м.}}$ – максимально тривала робоча напруга (приймаємо, що $U_{\text{р.м.}} = U_{\text{нн}} = 0,4 \text{ кВ}$); $U_{\text{м.а.}}$ – максимально допустима напруга апарата ($U_{\text{м.а.}} = 1,25 \cdot U_{\text{н.а.}} = 1,25 \cdot 0,4 = 0,46 \text{ кВ}$).

При виборі апаратів за струмом:

$$I_{\text{н.а.}} \geq I_{\text{р}} \rightarrow 250 \text{ А} > 166,9026 \text{ А},$$

де $I_{\text{н.а.}}$ – номінальна напруга вибираємого апарата, ($I_{\text{н.а.}} = 250 \text{ А}$).

Обираємо ро'зєднувачі типу Р32.

Вибір автоматичних вимикачів.

Автоматичні вимикачі добирають за номінальною напругою мережі $U_{\text{н}}$, розрахунковим струмом $I_{\text{р}}$ та перевіряють по граничному струму вимикання (комутаційній здатності). При цьому повинні виконуватись такі умови:

$$U_{\text{н.а.}} \geq U_{\text{н}} \rightarrow 0,4 \text{ кВ} = 0,4 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{н.а.}} \geq I_{\text{р}}; \quad I_{\text{в}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{к.з.}}^{(3)};$$

$$32 \text{ А} > 12,7357 \text{ А}; \quad 1,6 \text{ кА} > 1,2 \cdot 0,8991 = 1,079 \text{ кА};$$

$$32 \text{ А} > 10,8678 \text{ А}; \quad 1,6 \text{ кА} > 1,2 \cdot 0,591 = 0,7092 \text{ кА};$$

$$250 \text{ А} > 46,6321 \text{ А}; \quad 4 \text{ кА} > 1,2 \cdot 2,7639 = 3,3167 \text{ кА};$$

$$160 \text{ А} > 20,2073 \text{ А}; \quad 2,6 \text{ кА} > 1,2 \cdot 1,693 = 2,0316 \text{ кА};$$

$$250 \text{ А} > 166,903 \text{ А}; \quad 4 \text{ кА} > 1,2 \cdot 2,243 = 2,6925 \text{ кА};$$

$$32 \text{ А} > 7,2169 \text{ А}; \quad 1,6 \text{ кА} > 1,2 \cdot 1,2914 = 1,5497 \text{ кА};$$

$$32 \text{ А} > 4,3301 \text{ А}; \quad 1,6 \text{ кА} > 1,2 \cdot 0,5452 = 0,6543 \text{ кА};$$

$$32 \text{ А} > 6,4952 \text{ А}; \quad 1,6 \text{ кА} > 1,2 \cdot 0,7703 = 0,9243 \text{ кА},$$

де $I_{\text{н.а.}}$, $U_{\text{н.а.}}$ – номінальні струми та напруги автомата ($I_{\text{н.а.1}} = 32 \text{ А}$, $I_{\text{н.а.2}} = 160 \text{ А}$, $I_{\text{н.а.3}} = 250 \text{ А}$, $U_{\text{н.а.}} = 0,4 \text{ кВ}$); $I_{\text{в}}$ – граничний струм автомата, що вимикається ($I_{\text{в1}} = 1,6 \text{ кА}$, $I_{\text{в2}} = 2,6 \text{ кА}$, $I_{\text{в3}} = 4 \text{ кА}$); $I_{\text{к.з.}}^{(3)}$ – струм трифазного короткого

замикання на входних затискачах автоматичного вимикача, кА.

Обираємо автоматичні вимикачі типу А3714Б, А3724Б та А3734Б.

Вибір пускачів.

Пускачі добирають за номінальною напругою мережі U_H , номінальним струмом керованого двигуна I_p а також за потужністю:

$$U_{н.п.} = U_H \rightarrow 0,4 \text{ кВ} = 0,4 \text{ кВ};$$
$$I_{н.п.} \geq I_p; \quad P_{m.j} \geq P_p$$
$$40 \text{ А} \geq 12,736 \text{ А}; \quad 18,5 \text{ кВт} > 7,5 \text{ кВт};$$
$$40 \text{ А} \geq 10,868 \text{ А}; \quad 18,5 \text{ кВт} > 6,4 \text{ кВт};$$
$$40 \text{ А} \geq 20,207 \text{ А}; \quad 18,5 \text{ кВт} > 12,6 \text{ кВт};$$
$$40 \text{ А} \geq 4,3301 \text{ А}; \quad 18,5 \text{ кВт} > 2,4 \text{ кВт};$$
$$40 \text{ А} \geq 6,4952 \text{ А}; \quad 18,5 \text{ кВт} > 3,6 \text{ кВт},$$

де $I_{н.п.}$, $U_{н.п.}$ – номінальний струм і напруга пускача ($I_{н.п.} = 40 \text{ А}$, $U_{н.п.} = 0,4 \text{ кВ}$); $P_{m.j}$ – максимальна потужність керованого пускачем двигуна залежно від j -ї категорії застосування контактора ($P_{m.j} = 18,5 \text{ кВт}$); I_p , P_p – номінальний струм та потужність двигуна, А; кВт.

Обираємо пускачі типу ПМА 3000УХЛ2А.

Вибір запобіжників.

Визначаємо номінальний струм плавкої вставки $F_{1,2}$ освітлювальної лінії за умови максимального струму лінії.

Максимальний робочий струм лінії складається із розрахункових струмів I_{p1} , I_{p2} , I_{p3} , I_{p4} , I_{p5} , I_{p6} , I_{p7} , I_{p8} :

$$I_{роб.макс} = I_{p1} + I_{p2} + I_{p3} + I_{p4} + I_{p5} + I_{p6} + I_{p7} + I_{p8} = 20,2073 + 10,8678 + 12,7357 + 4,3301 + 6,4952 + 7,2169 + 46,6321 + 166,9026 = 275,3876 \text{ А}.$$

Для установлення, в запобіжник приймають плавку вставку за номінальним струмом, найбільш близьким до розрахункового. Вибираємо плавку вставку 300 А.

Надійність спрацювання (K_q) плавкої вставки при мінімальних струмах короткого замикання перевіряємо за умови:

$$\frac{I_{к.з.}^{(2)}}{I_{роб.макс}} \geq (4...7);$$

$$\frac{3491}{275,3876} = 12,6755 > 7.$$

Обираємо запобіжники типу ПР-2.

Складемо таблицю електричних апаратів:

Табл. 2.9 – Таблиця електричних апаратів

Місце встановлення	I_p , А	I_n , А	$I_{к.з.}^{(3)}$, кА	$I_{к.з.}^{(2)}$, кА	I_{ϵ} , кА	$P_{m,j}$, кВт	$I_{уст}$, А	K_c	Тип прийнятого апарата
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Роз'єднувачі									
QS1-5	166,9	250	2,243	1,943	-	-	-	-	P32
Автоматичні вимикачі									
QF2	12,74	32	0,899	0,779	1,6	-	-	-	A3714Б
QF3	10,87	32	0,591	0,512	1,6	-	-	-	A3714Б
QF4	46,63	250	2,764	2,394	4	-	-	-	A3734Б
QF5,17	20,21	160	1,693	1,466	2,6	-	-	-	A3724Б
QF12	166,9	250	2,243	1,943	4	-	-	-	A3734Б
QF14	7,217	32	1,291	1,118	1,6	-	-	-	A3714Б
QF15	4,33	32	0,545	0,472	1,6	-	-	-	A3714Б
QF16	6,495	32	0,77	0,667	1,6	-	-	-	A3714Б
Пускачі									
KM1	12,74	40	0,899	0,779	-	18,5	-	-	ПМА 3000УХЛ2А
KM2	10,87	40	0,591	0,512	-	18,5	-	-	ПМА 3000УХЛ2А
KM3	20,21	40	1,693	1,466	-	18,5	-	-	ПМА 3000УХЛ2А
KM4	4,33	40	0,545	0,472	-	18,5	-	-	ПМА 3000УХЛ2А
KM5	6,495	40	0,77	0,667	-	18,5	-	-	ПМА 3000УХЛ2А

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
-----	-------	----------	--------	------

ДП ОА11.09.000 ПЗ

Аркуш

38

Табл. 2.9 (продовження)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Запобіжники									
F1,2	275,4	350	4,031	3,491	-	-	300	12,68	ПР-2

ВИСНОВОК ДО 2 РОЗДІЛУ

В результаті проведених розрахунків було визначено параметри системи електропостачання багатоповерхової будівлі. За повним навантаженням **190,7942 кВА** було обрано трансформатор **ТМ-250/10** встановлена потужність якого дозволить задовільнити потреби електрообладнання будівлі.

За струмовим навантаженням в номінальному режимі було обрано перерізи провідників мережі. Мережу виконано провідниками **АВВГ**, що відповідає умовам експлуатації.

За розрахунковими значеннями струмів КЗ та номінального режиму було обрано апаратуру комутації та захисту: автоматичні вимикачі **А3714Б, А3724Б, А3734Б**; пускачі **ПМА 3000УХЛ2А**; запобіжники **ПР-2**, що дозволить забезпечити надійний захист електрообладнання.

					ДП ОА11.09.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		39

РОЗДІЛ III. РОЗРАХУНОК ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ЛІФТА В MATLAB/SIMULINK

Розрахунки виконані за методикою викладеною в [13; 14].

3.1. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЛІФТА

Як уже було зазначено в першому розділі роботи, в Україні на сьогоднішній день досі експлуатуються ліфти з релейно-контакторними системами керування. У цьому розділі порівняно роботу релейно-контакторних систем (реостатне регулювання) та їх заміну сучасними мікропроцесорними системами (частотне регулювання).

У сучасних ліфтових установках широкого застосування набула система електроприводу за схемою ПЧ-АД (перетворювач частоти – асинхронний двигун) завдяки таким якостям, як плавне регулювання швидкості в широкому діапазоні (1:50), можливість віддачі електричної енергії в мережу завдяки рекуперативному гальмуванню, підвищена енергетична ефективність.

Насамперед необхідно здійснити вибір електродвигуна для досліджуваної системи та провести розрахунок його параметрів.

Для пасажирських та вантажопасажирських ліфтів вантажопідйомністю 1275 кг, згідно з [15], потужність електроприводу складає 11 кВт. Для моделювання двох систем електроприводів ліфта обрано електродвигун серії W22 від компанії “WEG” з такими параметрами [16]:

- Номінальна потужність $P_n = 11000$ Вт;
- Кратність пускового струму $K_{пс} = 72$ Н · м;
- Кратність пускового моменту $K_{пм} = 6$;
- Кратність максимального моменту $\lambda_{дв} = 2,1$;
- Граничний крутний момент $K_{грм} = 2,5$;
- Кратність максимального струму $K_I = 6$;
- Момент інерції $J_{дв} = 0,0753$ кг · м²;

					<i>ДП 0А11.09.000 ПЗ</i>					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Горецький О.С.			РОЗДІЛ III РОЗРАХУНОК ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ЛІФТА В MATLAB/SIMULINK					
Перев.		Мугенов Д.Д.						Літера	Аркуш	Аркушів
Реценз.									40	14
Н. Контр.								КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АЕМК, Гр. 0А-11		
Затв.		Мугенов Д.Д.								

- Номінальна швидкість $n_H = 1460$ об/хв;
- Швидкість холостого ходу $n_0 = 1500$ об/хв;
- ККД двигуна $\eta_{дв} = 0,88$;
- Коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{дв} = 0,82$;
- Номінальний струм $I_H = 22$ А;
- Лінійна напруга $U_H = 380$ В;
- Кількість пар полюсів $p = 2$;
- Частота $f_1 = 50$ Гц;

Визначимо відсутні параметри.

Струм холостого ходу:

$$I_0 = 0,8 \cdot I_H = 0,8 \cdot 22 = 17,6 \text{ А.}$$

Фазна напруга:

$$U_\phi = \frac{U_H}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В.}$$

Переведемо номінальну швидкість та швидкість холостого ходу в рад/с:

$$\omega_H = n_H \cdot \frac{\pi}{30} = 1460 \cdot \frac{3,14}{30} = 152,8908 \text{ рад/с;}$$

$$\omega_0 = n_0 \cdot \frac{\pi}{30} = 1500 \cdot \frac{3,14}{30} = 157,0796 \text{ рад/с.}$$

Номінальне та критичне ковзання:

$$S_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0} = \frac{1500 - 1460}{1500} = 0,0267;$$

$$S_{кр} = S_H \cdot \left(\lambda_{дв} + \sqrt{\lambda_{дв}^2 - 1} \right) = 0,0267 \cdot \left(2,1 + \sqrt{2,1^2 - 1} \right) = 0,1052.$$

Кут відставання струму від напруги:

$$\varphi_H = \arccos(\cos \varphi) \cdot \frac{180}{\pi} = \arccos(0,82) \cdot \frac{180}{3,14} = 34,9152^\circ;$$

$$\cos \left(\varphi_H \cdot \frac{\pi}{180} \right) = \cos \left(34,9152 \cdot \frac{3,14}{180} \right) = 0,82;$$

$$\sin \left(\varphi_H \cdot \frac{\pi}{180} \right) = \sin \left(34,9152 \cdot \frac{3,14}{180} \right) = 0,5724.$$

Номинальний момент:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{11000}{152,8908} = 71,9468 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Максимальний момент:

$$M_{\text{макс}} = M_H \cdot \lambda_{\text{дв}} = 71,9468 \cdot 2,1 = 151,0882 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Пусковий момент:

$$M_{\text{пуск}} = M_H \cdot K_{\text{пм}} = 71,9468 \cdot 6 = 431,6805 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Механічні втрати потужності дорівнюватимуть:

$$P_{\text{мв}} = 0,05 \cdot P_H = 0,05 \cdot 11000 = 550 \text{ Вт.}$$

Приймаємо коефіцієнт приведення рівним:

$$C_p = 1,02.$$

Приведений опір ротора:

$$R_{\text{пр}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{P_H + P_{\text{мв}}}{I_H^2 \cdot \frac{1 - S_H}{S_H}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{11000 + 550}{22^2 \cdot \frac{1 - 0,0267}{0,0267}} = 0,2179 \text{ Ом.}$$

Активний опір статора:

$$R_s = U_\phi \cdot \cos \varphi_{\text{дв}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{дв}}}{I_H} - C_p^2 \cdot R_{\text{пр}} - \frac{P_{\text{мв}}}{3 \cdot I_H^2} =$$
$$= 220 \cdot 0,82 \cdot \frac{1 - 0,88}{22} - 1,02^2 \cdot 0,2179 - \frac{550}{3 \cdot 22^2} = 0,3758 \text{ Ом.}$$

Приведена індуктивність розсіювання ротора (статора):

$$L_{s\sigma} = \frac{U_\phi}{4 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot (1 + C_p^2) \cdot K_I \cdot I_H} = \frac{220}{4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (1 + 1,02^2) \cdot 6 \cdot 22} = 0,0013 \text{ Гн.}$$

Приведена індуктивність обмотки ротора (статора):

$$L_s = \frac{U_\phi}{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot I_H \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{\text{дв}}} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot M_{\text{макс}} \cdot S_H}{p \cdot U_\phi} \cdot \frac{S_H}{S_{\text{кр}}}} =$$
$$= \frac{220}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 22 \cdot \sqrt{1 - 0,82^2} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 151,0882 \cdot 0,0267}{2 \cdot 220} \cdot \frac{0,0267}{0,1052}} = 0,0557 \text{ Гн.}$$

Взаємна індуктивність:

$$L_m = L_s - L_{s\sigma} = 0,056 - 0,0013 = 0,0544 \text{ Гн.}$$

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					42

Тепер розрахуємо коефіцієнт приведення:

$$C_{пр} = 1 + \frac{L_{s\sigma}}{L_s} = 1 + \frac{0,0013}{0,0557} = 1,0238.$$

Розрахунок опорів ступенів реостата.

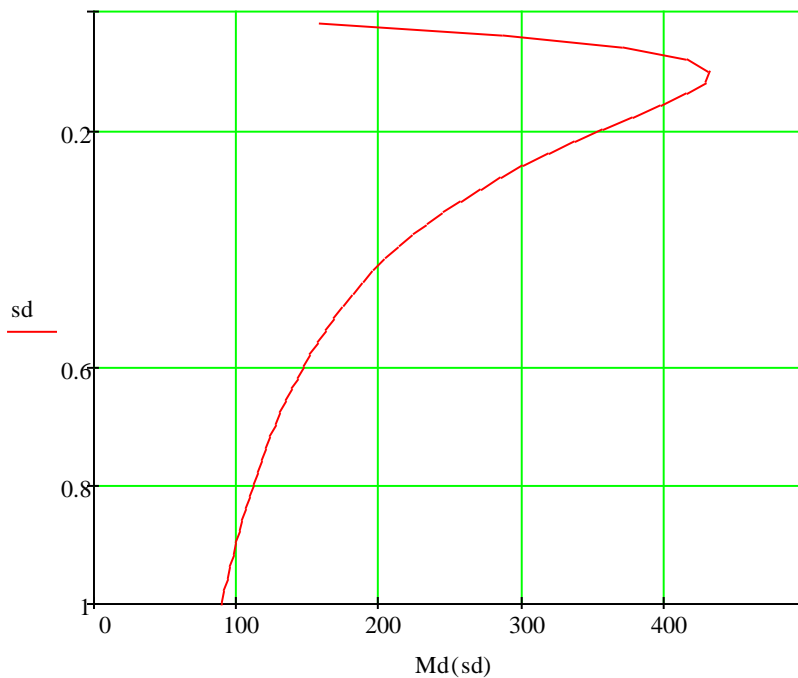
Статичний момент навантаження:

$$M_c = 0,8 \cdot M_H = 0,8 \cdot 71,9468 = 57,5574 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Критичний момент дорівнює пусковому $M_{пуск}$:

$$M_{кр} = M_{пуск} = 431,6805 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Користуючись спрощеною формулою Клосса побудовано механічну характеристику обраного АД для графічного відображення залежності моменту від ковзання $M = f(S)$:



$$M(S) = \frac{2 \cdot M_{кр}}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S}}$$

Рис. 3.1 – Механічна характеристика асинхронного двигуна типу W22

Коефіцієнт для лінеаризованої моделі при нормальному опорі ротора:

$$\beta_{н0} = \frac{M_{кр}}{S_{кр} \cdot \omega_0} = \frac{431,6805}{0,1052 \cdot 157,0796} = 26,1125.$$

Електромагнітна стала часу двигуна:

$$T_{ем} = \frac{L_{s\sigma}}{R_s} = \frac{0,0013}{0,3758} = 0,0035 \text{ с}.$$

Кількість ступенів:

$$m = 6.$$

Задаємося максимальним моментом перемикачя:

$$M_{\text{рmax}} = 2,1 \cdot M_{\text{H}} = 2,1 \cdot 71,9468 = 151,0882 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

він повинен відповідати умові:

$$0,85 \cdot M_{\text{кр}} \geq M_{\text{рmax}};$$

$$0,85 \cdot 431,6805 = 366,9285 > 151,0882.$$

Коефіцієнт пускових моментів:

$$\lambda = \sqrt[m]{\frac{M_{\text{H}}}{M_{\text{рmax}} \cdot S_{\text{H}}}} = \sqrt[6]{\frac{71,9468}{151,0882 \cdot 0,0267}} = 1,6167.$$

Мінімальний момент перемикачя:

$$M_{\text{рmin}} = \frac{M_{\text{рmax}}}{\lambda} = \frac{151,0882}{1,6167} = 93,4534 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

він повинен відповідати умові:

$$(1,1 \dots 1,3) \cdot M_{\text{с}} \leq M_{\text{рmin}};$$

$$1,3 \cdot 57,5574 = 74,8246 < 93,4534.$$

Повний опір реостатних характеристик:

$$R_{\text{рп}} = R_{\text{пр}} \cdot \lambda^m = 0,2179 \cdot 1,6167^6 = 3,8917 \text{ Ом}.$$

Визначимо необхідний опір ротора АД для забезпечення розгону:

$$R_{\text{р6}} = R_{\text{пр}} \cdot \lambda^6 = 3,8917 \cdot 1,6167^6 = 3,8917 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{р5}} = R_{\text{пр}} \cdot \lambda^5 = 3,8917 \cdot 1,6167^5 = 2,4071 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{р4}} = R_{\text{пр}} \cdot \lambda^4 = 3,8917 \cdot 1,6167^4 = 1,4889 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{р3}} = R_{\text{пр}} \cdot \lambda^3 = 3,8917 \cdot 1,6167^3 = 0,9209 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{р2}} = R_{\text{пр}} \cdot \lambda^2 = 3,8917 \cdot 1,6167^2 = 0,5696 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{р1}} = R_{\text{пр}} \cdot \lambda^1 = 3,8917 \cdot 1,6167^1 = 0,3523 \text{ Ом}.$$

Додаткові опори для кожного ступеня пускового реостата:

$$R_{\text{д1}} = R_{\text{р6}} - R_{\text{р5}} = 3,8917 - 2,4071 = 1,4845 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{д2}} = R_{\text{р5}} - R_{\text{р4}} = 2,4071 - 1,4889 = 0,9182 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{д3}} = R_{\text{р4}} - R_{\text{р3}} = 1,4889 - 0,9209 = 0,568 \text{ Ом};$$

$$R_{д4} = R_{p3} - R_{p2} = 0,9209 - 0,5696 = 0,3513 \text{ Ом};$$

$$R_{д5} = R_{p2} - R_{p1} = 0,5696 - 0,3523 = 0,2173 \text{ Ом}.$$

Розрахунок електродинамічного гальмування (ЕДГ).

Струм збудження ЕДГ:

$$I_{зЕДГ} = 3 \cdot I_0 = 3 \cdot 17,6 = 52,8 \text{ А}.$$

Напругу ЕДГ приймаємо рівною фазній U_ϕ :

$$U_{ЕДГ} = U_\phi = 220 \text{ В}.$$

Гальмівний опір:

$$R_{ЕДГ} = \frac{U_{ЕДГ}}{I_{зЕДГ}} = \frac{220}{52,8} = 3,4037 \text{ Ом}.$$

3.2. СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

Перед системою ПЧ-АД встановлено модель задаючого пристрою другого порядку. Задаючий пристрій (ЗП) встановлюється на вході системи автоматичного регулювання (САР) швидкості та призначений для формування сигналу завдання на швидкість. ЗП обмежує темп наростання зниження завдання на швидкість і тим самим забезпечує, щоб прискорення та динамічний момент електроприводу не перевищували допустимих значень.

Таблиця 3.1 – Параметри задаючого пристрою

U_{wo1}	U_{wo2}	K_I
1	2	3
1	0	2,9

Визначимо відсутні параметри.

Необхідні параметри U_i , визначаються залежностями:

$$U_1 = U_{wo1} = 1;$$

$$U_2 = U_{wo2} - U_{wo1} = 0 - 1 = -1.$$

Значення часу t_i підбираємо самостійно з умови, щоб діаграма вихідного сигналу задатчиків інтенсивності була повною:

$$t_1 = 0 \text{ с};$$

$$t_2 = t_1 + 6 = 0 + 6 = 6 \text{ с.}$$

Крім того, для задатчика інтенсивності 2-го порядку приймаємо:

$$K_2 = \frac{K_1}{5} = \frac{2,9}{5} = 0,58;$$

$$K_a = \frac{K_2}{2 \cdot K_1} = \frac{0,58}{2 \cdot 2,9} = 0,1.$$

Величину зони нечутливості покладемо:

$$x = 0,005.$$

Максимальне значення сигналу нелінійних елементів обмежимо значенням:

$$U_{1m} = 1.$$

Модель задаючого пристрою представлено на рис. 3.2:

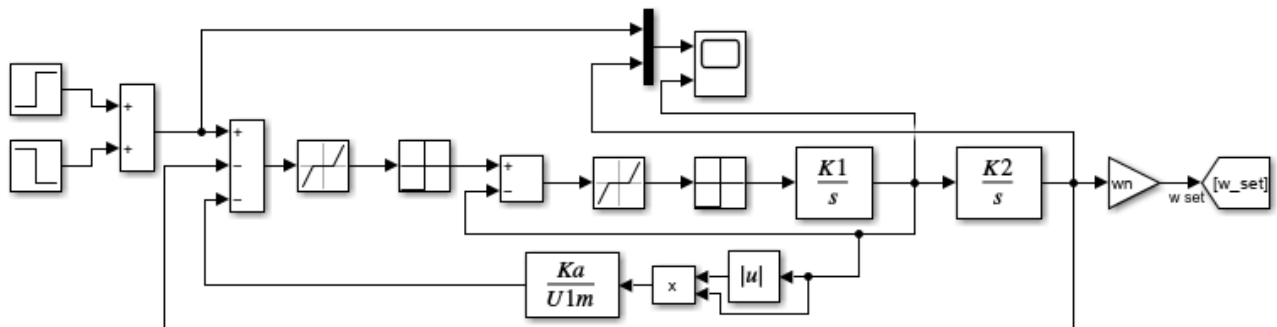


Рис. 3.2 – Схема задаючого пристрою в MATLAB/Simulink

3.3. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/SIMULINK

В середовищі MATLAB/Simulink сформовано моделі систем електроприводів (ЕП): за релейно-контакторною схемою та схемою «Перетворювач частоти – асинхронний двигун».

На рис. 3.3 зображено структурну схему моделі електроприводу за схемою ПЧ-АД із ПІ-регулятором швидкості. Модель містить аперіодичну ланку 1 порядку, яка імітує перетворювач частоти, ланку, що визначає жорсткість механічної характеристики двигуна і його електромагнітну сталу часу, а також ланку, яка враховує момент інерції системи. Також модель враховує статичний момент навантаження.

Таблиця 3.2 – Параметри ПІ-регулятора швидкості та перетворювача частоти

K_1	K_2	$K_{пер}$	$T_{пер}$
1	2	3	4
2	0,001	1,05	0,001

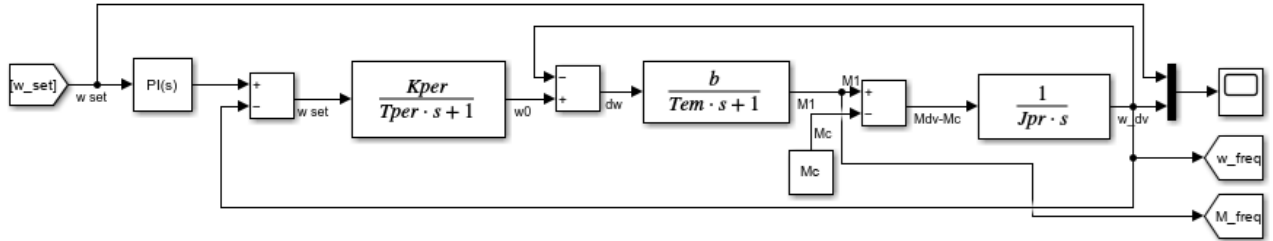


Рис. 3.3 – Структурна схема моделі ЕП за схемою ПЧ-АД

На рисунку 3.4 представлено модель асинхронного електроприводу із реостатним регулюванням. Модель містить джерело змінного струму, контактори «dc breaker» для забезпечення режиму електродинамічного гальмування, гальмівний резистор, джерело постійного струму. Також модель містить блок вимірювань, що видає виміряні напруги і струми.

В подальшому виміряні струми і напруги використовуються для розрахунку повної і активної потужності, середньоквадратичного струму статора та $\cos \varphi$ (рис. 3.5). В схемі встановлено модель асинхронного двигуна із бібліотеки Simscapre, активні опори і контактори, які імітують реостатне регулювання. Із виходу блоку асинхронного двигуна надходять сигнали швидкості обертання валу і моменту, що створює двигун.

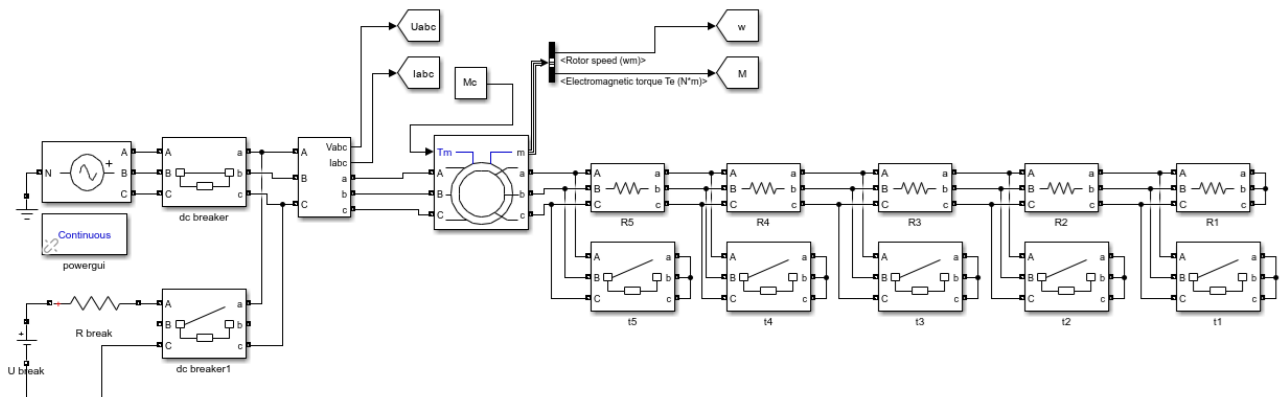


Рис. 3.4 – Модель асинхронного електроприводу із реостатним регулюванням

Синтезовану підсистему для визначення електричної енергії, яку споживає електропривод за цикл роботи, представлено на рис. 3.6.

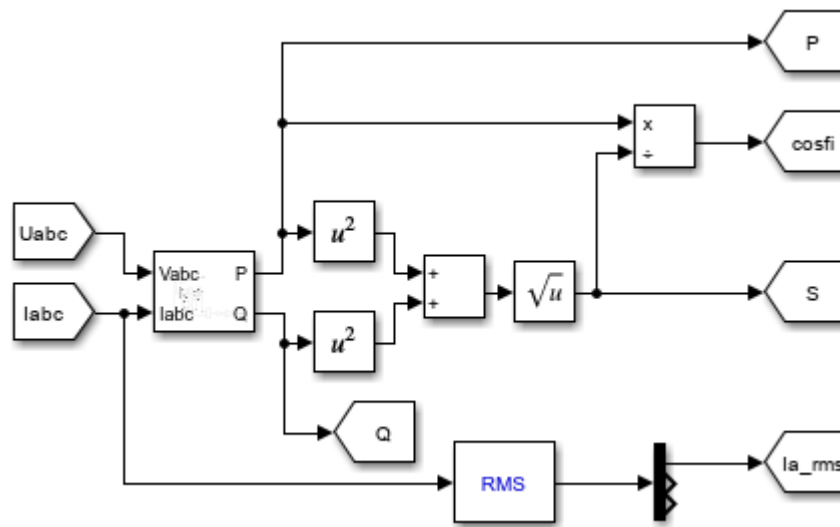


Рис. 3.5 – Модель для розрахунку повної і активної потужності, середньоквадратичного струму статора і коефіцієнта потужності

При моделюванні циклу роботи можна отримати графік активної потужності двома шляхами.

Якщо знехтувати втратами в сталі, то можна стверджувати, що потужність, яку споживає двигун дорівнює механічній потужності на валу, тобто добутку моменту на кутову швидкість, розділеній на ККД двигуна, таким чином розраховано спожиту потужність для моделі за схемою ПЧ-АД.

Для моделі із реостатним регулюванням потужність, яку споживає привод за цикл, розраховується за допомогою підсистеми на рис. 3.5.

Якщо проінтегрувати сигнал зміни потужності (Вт) в часі – отримаємо енергію (Дж). Для того, щоб отримати значення у звичній розмірності виміру електроенергії (кВт·год), необхідно Дж перевести в кВт·год, задамося коефіцієнтом:

$$K_{\text{потуж}} = \frac{1}{3600000}$$

В моделі на рис. 3.6 це реалізовано за допомогою інтеграторів та блоків Gain.

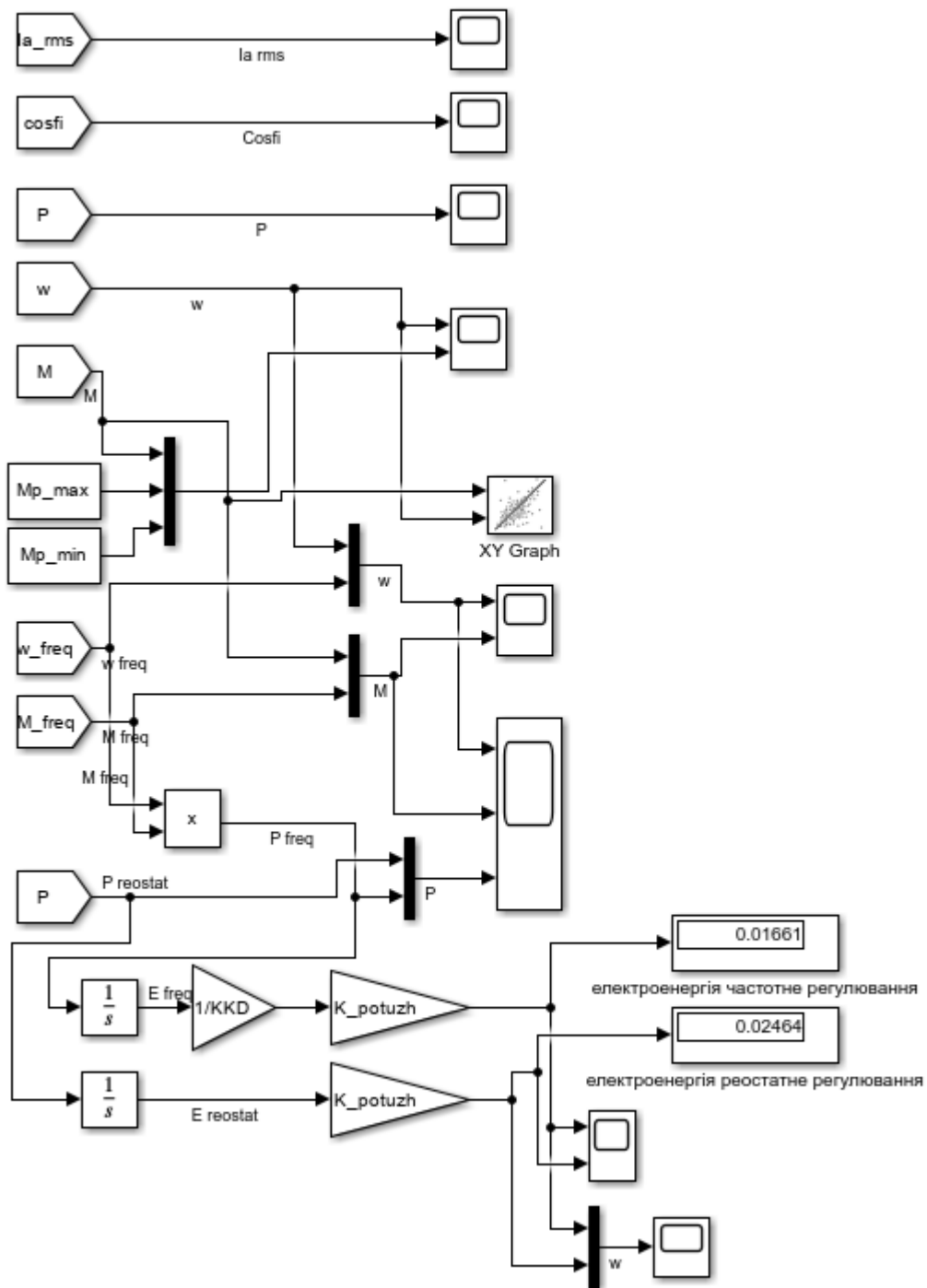


Рис. 3.6 – Модель для виведення сигналів швидкості, моменту та розрахунку спожитої електроенергії

3.4. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ

Коректне функціонування моделі забезпечує використання змінних, записаних у відповідний m-файл, його код наведено в Додатку 1.

На рис. 3.7 зображено сигнал завдання швидкості і відповідні прискорення.

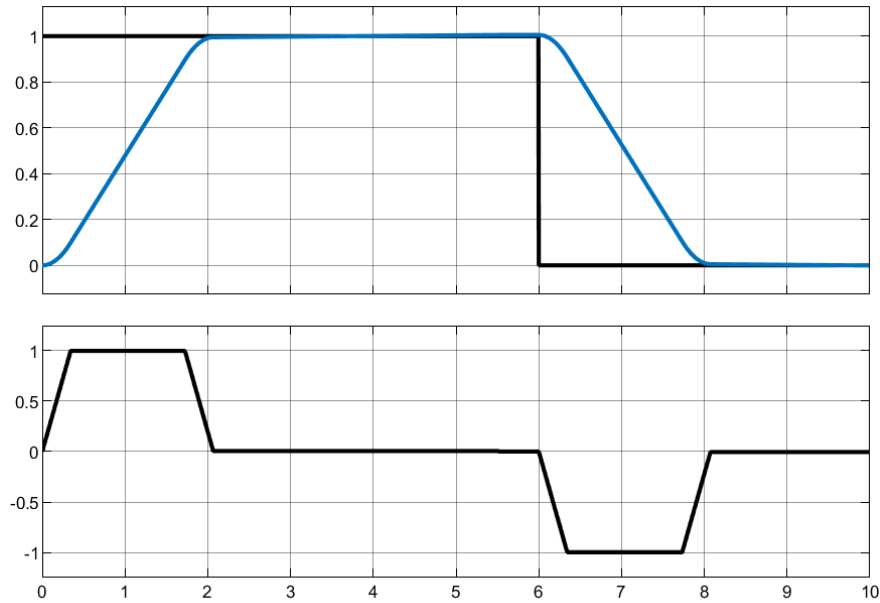


Рис. 3.7 – Вихідні сигнали задаючого пристрою

Розглянемо результати моделювання моделі реостатного регулювання. На рис. 3.8 представлено середньоквадратичний струм статора за цикл роботи електропривода.

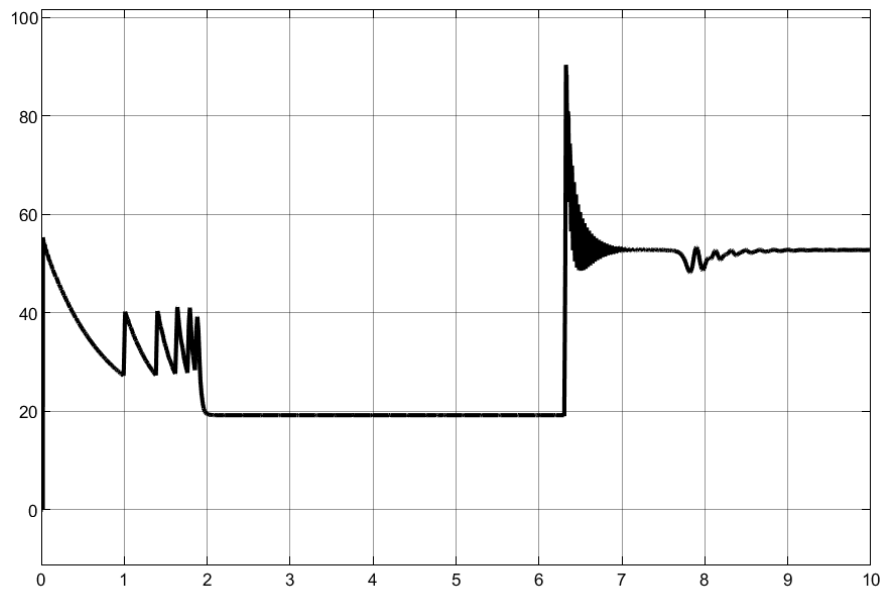


Рис. 3.8 – Середньоквадратичний струм статора при реостатному пуску і ЕДГ

На рис. 3.9. Зображено зміну коефіцієнту потужності за цикл роботи. Оскільки гальмування відбувається способом електродинамічного гальмування, під час якого на дві обмотки статора подається постійний струм, визначити коефіцієнт потужності для режиму гальмування неможливо. Це пов'язано із відсутністю кута між фазами напруги і струму в колі постійного струму. Тому на

графіку після 6 секунди графік $\cos \varphi (t)$ представляю собою шумовий сигнал.

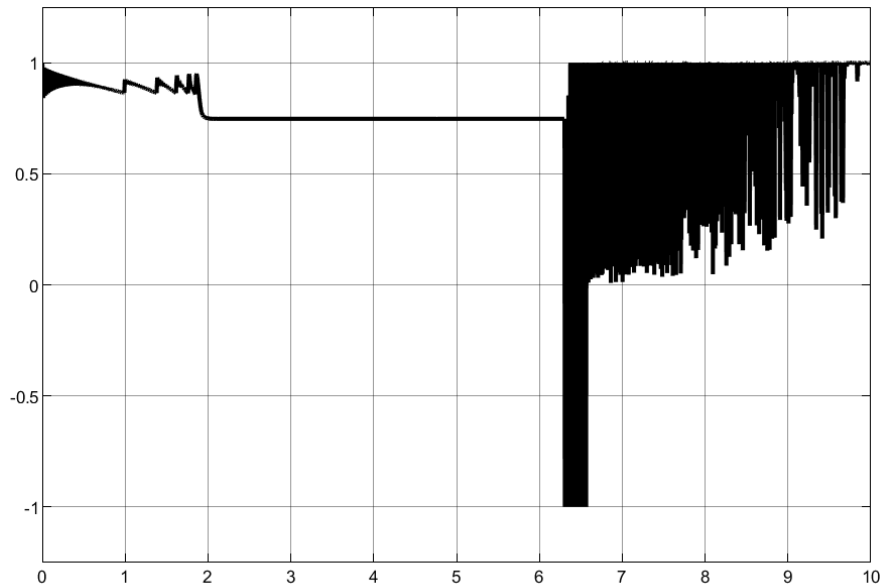


Рис. 3.9 – Коефіцієнт потужності при реостатному регулюванні і ЕДГ

На рис. 3.10. відображено залежності швидкості і моменту від часу при реостатному регулюванні. На графіку моментів додано константи – межі пускового моменту, на основі яких були розраховані моменти часу ввімкнення ступенів пускового реостату.

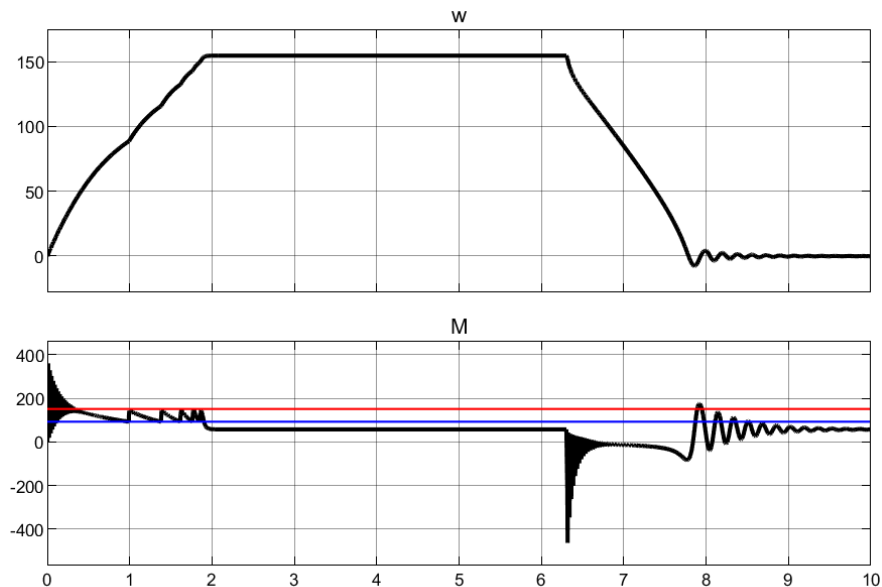


Рис. 3.10 – Залежності швидкості і моменту від часу при реостатному регулювання

На рис. 3.11 представлено механічні характеристики АД при реостатному пуску і ЕДГ. На рисунку можна спостерігати зміну механічної характеристики двигуна при опорі в роторному колі. Також механічні характеристики

відображають пуск в визначеному коридорі моментів від 90 до 150 Н·м.

Значні коливання характеристики при низькій швидкості пов'язані із тим, що при пуску двигуна, його магнітна система була ненасичена.

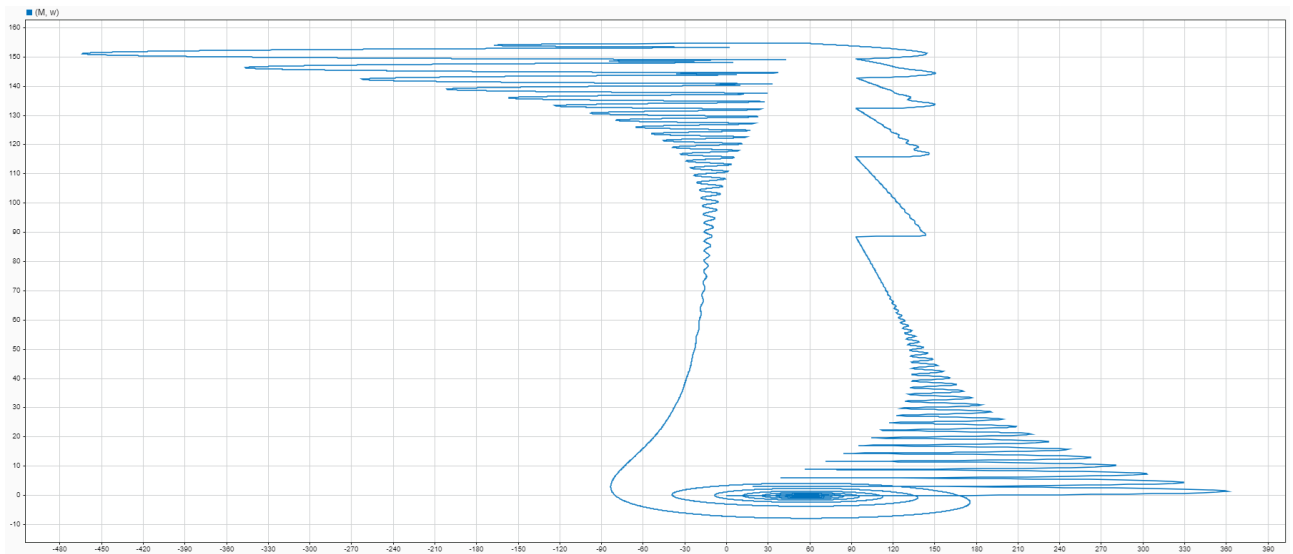


Рис. 3.11 – Механічні характеристики при реостатному регулюванні

Рис. 3.12 відображає діаграми швидкості, моменту і активної потужності для реостатного і частотного регулювання електроприводу.

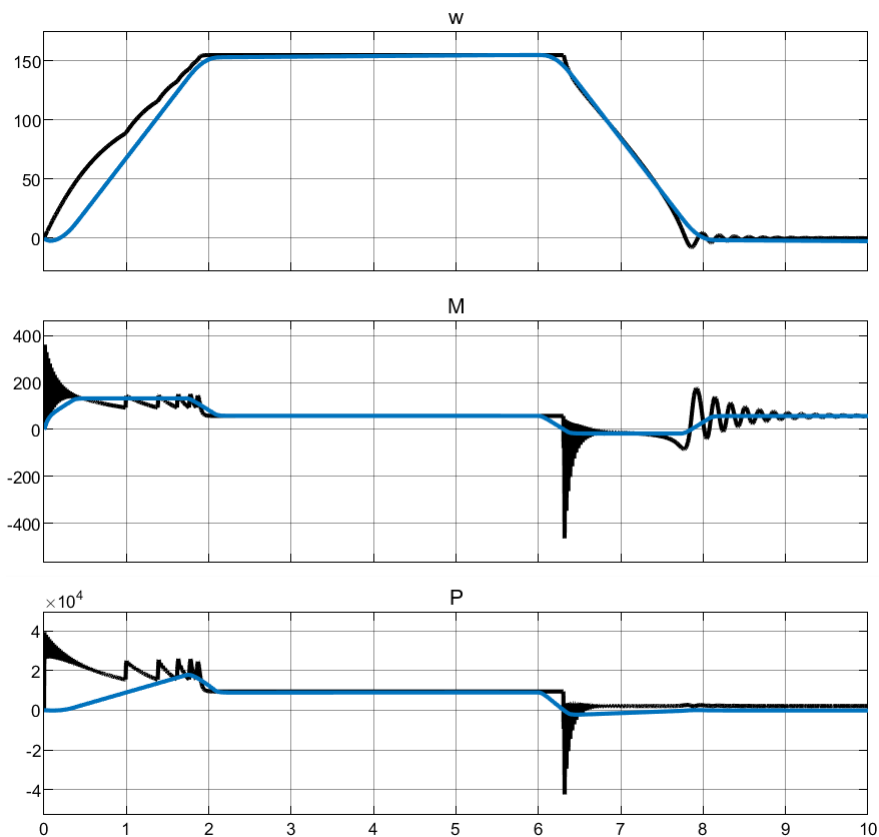


Рис. 3.12 – Діаграми швидкості, моменту і активної потужності для реостатного і частотного регулювання електроприводу ліфта

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ОА11.09.000 ПЗ

Аркуш

52

На рис. 3.13 відтворено проінтегровані сигнали спожитої потужності за цикл роботи. Вихідний сигнал відображається на дисплеї і можна кількісно оцінити різницю в електроспоживанні електроприводів однакової потужності із різними типами системи управління (рис. 3.14).

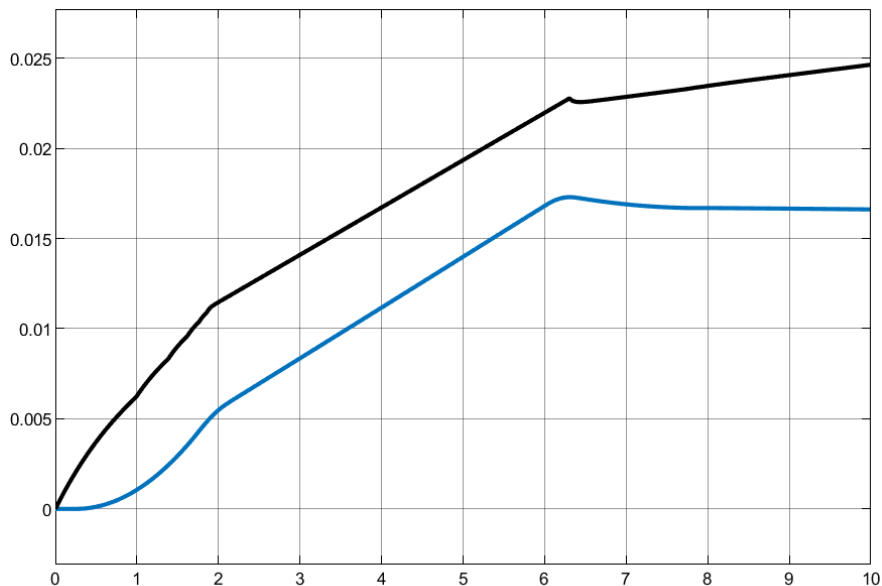
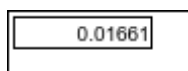
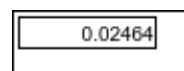


Рис. 3.13 – Графік спожитої електричної енергії



а)



б)

Рис. 3.14 – Електроспоживання ЕП при регулюваннях: а) частотному; б) реостатному

ВИСНОВОК ДО 3 РОЗДІЛУ

В результаті моделювання встановлено, що сучасний електропривод ліфта за схемою «Перетворюваччастоти – асинхронний двигун» споживає за цикл роботи на 32.5% менше електричної енергії, ніж схема із реостатним регулюванням. Заміна застарілого електромеханічного обладнання ліфтів на сучасне сприяє підвищенню загальної енергоефективності будівель, зменшенню навантаження на електромережу та скороченню експлуатаційних витрат у сфері цивільного будівництва.

РОЗДІЛ IV. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

Розділ виконаний за матеріалом викладеним в [3; 17].

Охорона праці та пожежна безпека мають першорядне значення при зведенні й використанні ліфтів, адже гарантують захист життя та здоров'я як пасажирів, так і працівників, що їх обслуговують. У процесі використання ліфтів можливі небезпечні випадки – падіння, затиснення, ураження електричним струмом, загоряння, вібрація та інші механічні пошкодження. Правила безпеки розроблені з метою запобігання цим ризикам.

Вкрай важливо неухильно дотримуватися технічних стандартів, які визначають конструкцію ліфтів, їхню установку, систему евакуації, пожежну безпеку, електробезпеку та інші параметри. Конструкція ліфтів має бути розроблена таким чином, щоб забезпечити безпечне виведення людей у випадку поломки або відключення електроживлення, а також відповідати нормам протипожежного захисту.

Крім того, на законодавчому рівні встановлено необхідність здійснювати технічне обслуговування, планові ремонтні роботи, експертні обстеження та забезпечувати навчання персоналу згідно з нормативно-правовими актами України. Це регламентовано такими документами: НАПБ А.01.001-2014 (Правила пожежної безпеки) [18], НПАОП 0.00-6.18-2004 (Порядок технічного діагностування) [19] та ДСТУ EN 81-72:2022 (вимоги щодо ліфтів для пожежних підрозділів) [20].

4.1. АНАЛІЗ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ

Під час спорудження та функціонування ліфтів у багатоповерхових будівлях, персонал і пасажери можуть зіткнутися з різноманітними шкідливими та небезпечними виробничими факторами. Ці фактори прямо чи побічно впливають на безпеку праці, стан здоров'я та життя людей.

					<i>ДП ОА11.09.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗДІЛ IV ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Горецький О.С.</i>					54	8
<i>Перев.</i>		<i>Мітюк Л.О.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Мугенов Д.Д.</i>						
						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АЕМК, Гр. ОА-11</i>		

Одним із найбільших джерел небезпеки є загроза падіння. Це стосується як самої кабіни ліфта, так і тих, хто залучений до монтажу чи обслуговування. Причиною можуть стати технічні неполадки у підйомному механізмі, або ж недотримання правил безпеки під час роботи. Ще одним ризиком є можливість защемлення або здавлювання частин тіла. Це може статися між рухомими компонентами ліфта або між кабіною та шахтою.

Електричний струм, як джерело живлення ліфтів, становить певну загрозу, враховуючи необхідність роботи з електричними ланцюгами під час обслуговування. Неналежне заземлення чи пошкоджена ізоляція можуть викликати удар струмом.

Пожежа у шахті або кабіні ліфта несе особливу небезпеку, особливо у висотних будівлях. Полум'я та дим мають тенденцію швидко поширюватися через вентиляційні канали та шахту, ставлячи під загрозу безпеку численних мешканців. Згідно з нормативними вимогами, необхідно застосовувати вогнестійкі матеріали для дверей шахт та обладнати ліфти системами пожежної безпеки.

З-поміж небезпечних факторів слід відзначити вібрацію й гуркіт, котрі здатні шкідливо впливати на здоров'я монтажників та технічного персоналу. До того ж, у вибоях з поганою вентиляцією існує ймовірність накопичення пилю, випарів мастил або конденсату, що спричинює додаткове навантаження на дихальні шляхи та підвищує ймовірність професійних захворювань.

До механічних пошкоджень відносяться травми, викликані падінням інструментів, частин ліфтової конструкції або порушенням правил безпеки під час зварювальних робіт, встановлення кабіни, кріплення напрямних та інших операцій. Всі з'єднання, зокрема ті, що зазнають динамічних навантажень, повинні бути закріплені згідно з вимогами стандартів, щоб уникнути випадкового роз'єднання.

4.2. ЗАХОДИ ЗАХИСТУ ВІД ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ

Забезпечення безпеки від шкідливих та небезпечних чинників під час зведення та використання ліфтів у висотних будівлях досягається сукупністю технічних, технологічних а організаційних дій.

Запобігання падінням та механічним травмам.

- Усі ліфти зобов'язані мати механізми безпеки – уловлювачі, обмежувачі швидкості, вимикачі кінцевого положення, буфери та інше, що унеможливають падіння кабіни чи противаги.

- Передбачається наявність захисних щитів та огорожень у шахті, що перешкоджають доступу до небезпечних місць і рухомих компонентів

- Конструктивні вимоги до ліфтів включають евакуаційні люки, аварійні двері та люки для огляду, що забезпечують можливість безпечної евакуації пасажирів у випадку зупинки кабіни.

Забезпечення безпеки від ураження електричним струмом.

- Кожен електротехнічний компонент підлягає заземленню або зануленню, згідно з відповідними нормами НПАОП 40.1-1.32-2001 [21].

- Електроустановки зобов'язані відповідати вимогам Правил технічної експлуатації (ПТЕ). Обслуговування та ремонт повинні здійснювати виключно спеціалісти з відповідною кваліфікацією.

- Необхідно дотримуватись норм щодо ізоляції проводів, герметизації складових електроприводу, а також вживати заходів для унеможливлення доступу до струмопровідних деталей.

Противожежний захист.

- Ліфти повинні відповідати вимогам НАПБ А.01.001-2014 (Правила пожежної безпеки) [18] та ДСТУ EN 81-72:2022 [20], що стосуються ліфтів для пожежних підрозділів.

- Необхідна наявність вогнетривких дверей шахти, вентиляційних отворів для відведення диму та уникнення розповсюдження вогню.

- Для ліфтів, розміщених у пожежонебезпечних зонах, передбачено

									Аркуш
									56
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ОА11.09.000 ПЗ				

спеціальне вибухозахищене виконання обладнання.

Забезпечення захисту від вібрацій, шуму та інших фізичних впливів.

- Ліфти повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99 (виробничий шум) [22] та ДСН 3.3.6.039-99 (вібрація) [23], з метою уникнення створення шкідливого середовища для персоналу, який їх обслуговує.

- Під час встановлення та оновлення використовують високоякісні амортизатори й буфери, що пом'якшують вібрації та знижують шум.

Запобігання перевантаженню та аварійним випадкам.

- Усі сучасні ліфти оснащено системою контролю перевантаження, що блокує запуск, якщо вага вантажу або кількість пасажирів перевищує встановлені ліміти.

- Передбачені сигнальні пристрої в кабіні для фіксації перевантаження, а також автоматична зупинка у разі несправності або збоїв.

Захист персоналу (організаційні заходи).

- Запроваджено обов'язкове навчання та перевірку знань з охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-2005 [24]), дозвіл на виконання робіт надається лише працівникам, що пройшли інструктаж та атестацію.

- Передбачено здійснення технічного обслуговування, планових профілактичних ремонтів та експертних обстежень з метою виявлення та усунення дефектів до настання аварійної ситуації.

4.3. УМОВИ ПРАЦІ

Умови праці з ліфтами, які монтуються та функціонують у багатоповерхових спорудах, представлені сукупністю технічних і організаційних приписів, покликаних гарантувати безпеку робітників на всіх стадіях: від встановлення до технічного супроводу.

Насамперед, експлуатація ліфтів включає в себе всі стадії їхнього життєвого шляху – від зберігання, транспортування, технічного обслуговування та ремонту до утилізації включно. Під час проведення зазначених робіт, робітники зобов'язані неухильно дотримуватися правил з охорони праці,

									Аркуш
									57
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП ОА11.09.000 ПЗ

санітарних норм і нормативних документів з технічної безпеки.

Конструкція ліфтів зобов'язана гарантувати легкий доступ до всіх елементів та механізмів для здійснення огляду, діагностики та технічного обслуговування. Усі робочі простори – машинні зали, шахти, приямки – мають бути обладнані освітленням, системою вентиляції та засобами для доступу (драбини, платформи), що гарантують безпеку працівників.

Робочі зони у шахтах та машинних відділеннях зобов'язані бути убезпечені від пилу, надлишкової вологи й недостатнього освітлення. У приямку шахти необхідно передбачити достатньо простору для обслуговування обладнання або евакуації працівників у випадку аварійної ситуації – зокрема, слід забезпечити можливість розміщення прямокутного блоку розмірами щонайменше 500×600×1000 мм.

Під час огляду шахти або робіт з ремонту устаткування передбачено можливість управління ліфтом у “режимі ревізії”. Це дозволяє керувати з даху кабінки, що в свою чергу забезпечує безпеку працівника від несподіваного старту ліфта. Зазначається, що всі зварювальні роботи здійснюються виключно атестованими зварниками, відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.16-96 [25]. Це підкреслює суворі вимоги до професійного рівня виконавців робіт.

Особливу увагу приділено умовам температури та мікроклімату у місцях розташування обладнання. За потреби, у машинних відділеннях необхідно обладнати системи опалення та вентиляції відповідно до будівельних норм і рекомендацій виробника.

Як було уже зазначено у минулому пункті, персонал, який має допуск до робіт з ліфтами, зобов'язаний пройти навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці відповідно до вимог НПАОП 0.00-4.12-2005 [24]. Порядок дій при аварійних ситуаціях, інструкції з безпечного проведення робіт, перелік дозволених та заборонених дій – все це підлягає затвердженню відповідною експлуатаційною документацією.

4.4. ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Електробезпека під час монтажу та використання ліфтів у висотних будівлях – надзвичайно важливий чинник загальної безпеки, зважаючи на те, що ліфти приводяться в дію електрикою і містять елементи з високою напругою.

Перш за все, всі електричні установки ліфта зобов'язані мати заземлення (занулення), яке реалізується згідно з НПАОП 40.1-1.32-2001 [21]. Це надзвичайно важливо задля уникнення ураження електричним струмом, якщо станеться пробій ізоляції або пошкодження електрообладнання.

Усі компоненти електричного приводу ліфта, включно з пусковими пристроями, колами керування, приводом дверей, освітленням та сигналізацією, мають бути виконані з дотриманням вимог електробезпеки. Обладнання, що підключено до електромережі, повинно бути захищене кожухами та недоступним для прямого контакту, а елементи управління слід розміщувати в спеціальних шафах або на пультах.

Освітлення шахти, машинного та блокового приміщень має бути автономним від кіл живлення приводу ліфта. Це забезпечує можливість технічного обслуговування навіть за умов аварійного знеструмлення ліфта.

Окрім того, для збільшення стійкості та безпеки функціонування, ліфти мають відповідати вимогам електромагнітної сумісності: ДСТУ EN 12015:2016 (випромінювання перешкод) [26] та ДСТУ EN 12016:2017 (несприйнятливість до електромагнітних перешкод) [27] – це дає змогу уникнути збоїв у роботі ліфта через вплив електричних полів ззовні.

Як було уже зазначено у минулому пункті, для гарантування безпеки під час обслуговування ліфтів передбачений спеціальний “режим ревізії”. Він передбачає керування ліфтом безпосередньо з даху кабіни, коли проводяться огляди або ремонтні роботи в шахті. Цей режим запобігає випадковому запуску ліфта з поверхового пульта управління або з системи автоматичного управління.

Зновуж таки, відповідно до вимог, усі електричні роботи повинні здійснюватися фахівцями з належною кваліфікацією, які пройшли інструктаж з електробезпеки. Ця вимога визначена нормативним документом НПАОП 0.00-

									Аркуш
									59
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 0А11.09.000 ПЗ				

4.12-2005 [24], який регулює процедуру перевірки знань та допуску до робіт з електроустановками.

4.5. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

Пожежна безпека ліфтів, що використовуються у багатоповерхових будівлях, є надзвичайно важливим компонентом загальної системи безпеки споруди.

Перш за все, пожежа – один з головних видів небезпечних ситуацій при роботі ліфтів. Згідно з цим, протипожежна безпека ліфтів регулюється численними стандартами та нормативними документами, серед яких:

Табл. 4.1 – Протипожежна безпека

Шифр нормативного документа	Повна назва
1	2
НАПБ А.01.001-2014 [18]	Правила пожежної безпеки в Україні
ДСТУ EN 81-72:2022 [20]	Ліфти для пожежної служби
ДСТУ EN 81-73:2022 [28]	Режим роботи ліфтів у разі пожежі

Щоб уникнути пожеж та обмежити розповсюдження вогню, шахта ліфта повинна бути обладнана протипожежним огороженням. Наприклад, двері шахти слід виготовляти з матеріалів, що забезпечують необхідну вогнестійкість, згідно з ДСТУ EN 81-58:2022 [29], який передбачає проведення випробувань на вогнестійкість.

Ліфтові шахти, які змонтовані зовні будівель чи у відкритому повітрі, зобов'язані мати скляні конструкції з вогнестійкого або армованого скла, замість традиційного. Таке рішення покликане унеможливити поширення вогню через отвори шахти до інших приміщень споруди.

Крім того, у будівництві ліфтів слід передбачити наявність вентиляційних отворів, які призначені для відведення диму та розжарених газів. В процесі експлуатації необхідний протипожежний режим, що активує автоматичні дії у випадку пожежі, а саме: переміщення кабіни до безпечного поверху, блокування

управління та зупинка ліфта.

Ліфти для пожежних бригад, призначені для переміщення рятувальників та спорядження, зобов'язані відповідати нормам ДСТУ EN 81-72:2022 [20] та володіти посиленою конструкцією, автономним живленням, додатковими системами сигналізації, а також режимом управління з пріоритетом для пожежних.

У разі транспортування вантажів, що становлять пожежну небезпеку (скажімо, легкозаймистих речовин), постанови безапеляційно не дозволяють спільне перевезення таких вантажів та пасажирів. Усі операції з цими вантажами зобов'язані узгоджуватися з вимогами пожежної безпеки.

Знову ж, з метою забезпечення безпеки обладнання після довготривалого використання, проводиться експертне обстеження ліфта після вичерпання граничного терміну експлуатації, що визначено згідно з НПАОП 0.00-6.18-2004 [19].

ВИСНОВОК ДО 4 РОЗДІЛУ

Здійснено огляд низки заходів з охорони праці та пожежної безпеки у контексті розробки проєктів, монтажу та безпосереднього використання ліфтів у багатоповерхових будівлях. Здійснено аналіз шкідливих і небезпечних факторів, з визначенням технічних, технологічних та організаційних способів забезпечення захисту. Значна увага зосереджена на електробезпеці, вимогах до умов праці працівників, а також протипожежному захисту, що відповідають чинним нормативним актам. Ключовою метою є гарантування безпечних умов праці та експлуатації ліфтового устаткування.

									Аркуш
									61
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ОА11.09.000 ПЗ				

ВИСНОВКИ

Зробимо загальний висновок, пройшовшись по кожній задачі яку ми ставили собі у дипломному проєкті:

1. Здійснено аналіз будови та механізму функціонування електротехнічного обладнання високошвидкісного ліфту. Виявлено, що використання актуальних безредукторних приводів на основі постійних магнітів і мікропроцесорних систем керування гарантує високий рівень енергоощадності, безвідмовності та зручності переміщення пасажирів.

2. Розглянуто специфіку організації систем управління, що базуються на релейній логіці, та тих, що використовують електроприводи з частотним регулюванням. Продемонстровано сильні сторони останніх: адаптивність в керуванні, плавність руху і, як наслідок, енергоощадність.

3. Здійснено обчислення характеристик електропостачання та електроприводу ліфтової системи. Визначено повне навантаження, відповідно до нормативів підбрано трансформатор, кабельні мережі та апаратуру комутації та захисту що гарантує безперебійне функціонування електроприводу.

4. Створено імітаційну модель електропривода ліфта, використовуючи платформу MATLAB/Simulink. Ця модель охоплює динаміку систем з різними методами керування, що відкриває можливості для майбутніх досліджень.

5. Проведено моделювання та порівняльний аналіз динамічних та енергетичних характеристик систем з релейним і частотно-регульованим керуванням. Підтверджено переваги частотного регулювання за параметрами плавності, точності й економії.

6. Обґрунтовано доцільність застосування частотно-регульованого електроприводу для швидкісного ліфта, виходячи з результатів моделювання. Ця система демонструє покращену керованість, вищий рівень безпеки та сприяє зниженню споживання електроенергії.

					<i>ДП 0А11.09.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Горецький О.С.</i>			<i>ВИСНОВКИ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перев.</i>		<i>Мугенов Д.Д.</i>					62	2
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АЕМК, Гр. 0А-11</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Мугенов Д.Д.</i>						

7. Розроблено комплекс заходів з охорони праці та протипожежної безпеки для електромеханічного обладнання ліфтів під час їхньої експлуатації. Ці заходи відповідають актуальним нормативним вимогам та спрямовані на посилення безпеки обслуговуючого персоналу.

Отже, мету дипломного проєкту було досягнуто шляхом вирішення поставлених задач.

					<i>ДП 0А11.09.000 ПЗ</i>	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		63

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Види ліфтів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lift.kiev.ua/vidy-liftov/>
2. Конструкційні особливості ліфтів хмарочосів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lift.kiev.ua/konstruksionnye-osobennosti-liftov-neboskrebov/>
3. Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів : [затв. наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 01 вересня 2008 р. № 190 ; зареєстровано в Мін'юсті України 07.10.2008 за № 937/15628]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0937-08>
4. Теряєв В.І. Автоматизований електропривод: навчальний посібник. Частина 2. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 204 с.
5. Моніторинг соціально-економічного розвитку м. Києва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://old.kyivcity.gov.ua/news/30917.html>
6. Продукція компанії EUROFORMAT: ліфти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://euroformat.com/products/elevators>
7. Сучасні ліфтові технології / CITY LIFT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://citylift.com.ua/company-news/modern-elevator-technologies.html>
8. Швидкісний ліфт – ліфт майбутнього [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lift.kiev.ua/skorostnoj-lift-lift-budushhego/>
9. Проектування електропостачання та електрообладнання машин і установок геотехнічних виробництв: Курсове та дипломне проектування [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізацій «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв», «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І.С. Рябенко, О.В. Мейта. – Електронні текстові данні (1 файл: 6,78 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 244 с.

					<i>ДП 0А11.09.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Горецький О.С.</i>			<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перев.</i>		<i>Мугенов Д.Д.</i>					64	4
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АЕМК, Гр. 0А-11</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Мугенов Д.Д.</i>						

10. LED-лампа E27 A80 20W біла 6500K SIVIO [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://led-lenta.com.ua/led-lampa-e27-a80-20w-bila-6500k-sivio/>
11. Як правильно вибрати кількість ламп і світильників для освітлення кімнати та інших приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://mark-lviv.com.ua/uk/iak_pravilino_vibrati_kilikisti_lamp_i_svitilnikiv_dlia_osvitleni_a_kimnati_ta_inshih_primishcheni/
12. Василега, П.О. Електропостачання : підручник. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с. – ISBN 978-966-657-743-9.
13. Основи електроприводу : практикум / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» ; кафедра електроприводу. – Дніпро, 2021. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elprivod.nmu.org.ua/ua/student/disciplines/oep/Основи_електроприводу_практ_методичка_2021.pdf
14. Чермалих, О.В., Босак, А.В., Майданський, І.Я., Мугенов, Д.Д. Автоматизований електропривод машин і установок. Комп'ютерний практикум : навч. посібник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 37 с.
15. Karatlift. Електроприводи та системи керування – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://karatlift.com.ua/ru/pages/95/>
16. W22 AC motors : каталог продукції WEG [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.svaltera.ua/catalogs/knowledge-base/brands/weg/W22-AC_motors_ru.pdf
17. Третьякова, Л. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та пожежна безпека» у дипломному проєкті / Укл.: Л. Третьякова ; відп. ред. А. Гусев. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІЕЕ, 2021. – 58 с.
18. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» – Наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417; набрала чинності 14.08.2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60541
19. НПАОП 0.00-6.18-04 «Порядок проведення технічного огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів,

										ДП ОА11.09.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата							65

устаткування підвищеної небезпеки» – Постанова КМУ від 26.05.2004 № 687; набрала чинності 01.05.2022. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68887

20. ДСТУ EN 81-72:2022 «Правила безпеки для конструкції та встановлення ліфтів. Частина 72: Ліфти для пожежників» – Наказ УкрНДНЦ від 28.12.2022 № 285; набрав чинності 25.06.2023. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=104283
21. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» – Наказ МПСП від 21.06.2001 № 272; діє. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=47257
22. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» – Постанова МОЗ від 01.12.1999 № 37; діє. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48147
23. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» – Постанова Головного держсанлікаря від 01.12.1999 № 39; діє. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=6372
24. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» – Наказ Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 № 15; набрало чинності 25.10.2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=24622
25. НПАОП 0.00-1.16-96 «Правила атестації зварників» – Затверджена Держнаглядохоронпраці; діє. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=21902
26. ДСТУ EN 12015:2016 «Електромагнітна сумісність. Ліфти, ескалатори та пасажирські конвеєри. Емісія завад» – Наказ від 28.12.2016 № 460; набрав

- чинності 01.01.2018. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71639
27. ДСТУ EN 12016:2017 «Електромагнітна сумісність. Ліфти, ескалатори та пасажирські конвеєри. Несприйнятливість» – Наказ від 27.11.2017 № 380; набрав чинності 01.01.2019. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=73913
28. ДСТУ EN 81-73:2022 «Правила безпеки для конструкції та встановлення ліфтів. Частина 73: Поведінка ліфтів у разі пожежі» – Наказ від 28.12.2022 № 285; набрав чинності 25.06.2023. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=104282
29. ДСТУ EN 81-58:2022 «Правила безпеки для конструкції та встановлення ліфтів. Частина 58: Випробування на вогнестійкість посадочних дверей» – Наказ від 28.12.2022 № 285; набрав чинності 31.12.2023. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=108701
30. Бойченко, С. В., Босак, А. В., Поліщук, В. О. Дипломний проєкт бакалавра: виконання, оформлення та захист: навчальний посібник [Електронний ресурс] / С. В. Бойченко, А. В. Босак, В. О. Поліщук. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 55 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/a12aa921-88d4-471f-8149-9728c0c5da46/content>

ДОДАТОК 1

m-файл синтезованої моделі

```
% Параметри двигуна
% Параметри двигуна для моделі Simscape
Pn = 11000; % номінальна потужність, Вт
Un = 380; % номінальна лінійна напруга, В
Uph = 220; % номінальна фазна напруга, В
fn = 50; % номінальна частота напруги живлення, Гц
Mn = 71.947; % номінальний момент, Н*м
wn = 152.891; % номінальна кутова швидкість, рад/с
Rs = 0.376; % активний опір статора, Ом
Lls = 1.296e-3; % індуктивність розвіювання статора, Гн
Rr = 0.218; % приведений опір ротора, Ом
Llr = Lls; % індуктивність розвіювання ротора, Гн
Lm = 0.054; % взаємна індуктивність, Гн
J = 0.0753; % момент інерції двигуна, кг*м2
fr_f = 1e-5; % коефіцієнт тертя двигуна
p = 2; % к-ть пар полюсів
Tem = Lls/Rs; % електромагнітна стала часу двигуна с
b = 9.139; %
KKD = 0.88; % коеф. корисної дії двигуна
Kper = 1.05; % коеф підсилення перетворювача частоти
Tper = 0.001; % стала часу перетворювача частоти

% Параметри навантаження
Mc = 57.557; % Н*м, момент навантаження
Jnav = 10 * J; % момент інерції навантаження, кг*м2
Jpr = J + Jnav; % приведений до валу двигуна момент інерції, кг*м2

% Параметри пуску при реостатному регулюванні
% час вмикання ступенів пускового реостату
tr1 = 0.99;
tr2 = 1.38;
tr3 = 1.615;
tr4 = 1.76;
tr5 = 1.847;

% омичний опір ступенів пускового реосту
Rd1 = 1.485; % Ом
Rd2 = 0.918; % Ом
Rd3 = 0.568; % Ом
Rd4 = 0.351; % Ом
Rd5 = 0.217; % Ом

% коридор пускових моментів
Mp_max = 151; % Н*м
Mp_min = 93; % Н*м

% Параметри динамічного гальмування
Udc_br = 220; % пост. напруга динамічного гальмування, В
R_break = 3.415; % гальмівний опір, Ом
t_break = 6.3; % час початку динамічного гальмування, с

% коефіцієнти
Kfw = fn/wn; % залежність частоти напруги від завдання швидкості
K_potuzh = 1/3600000; % 1 кВт·год = 3 600 000 Дж

% Параметри задаючого пристрою
viscous = 1;
deadZone1 = 0.005;
K1 = 2.9;
K2 = K1 / 5;
```

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					68

ДП ОА11.09.000 ПЗ

$Ka = K2 / (2 * K1);$

$U1m = 1;$

$Uwo1 = 1;$

$Uwo2 = 0;$

$t1 = 0; \% c$

$t2 = t1 + 6; \% c$

$U1 = Uwo1;$

$U2 = Uwo2 - Uwo1;$

$\% \text{ Параметри ПІ регулятора швидкості}$

$Kp = 2;$

$Ki = 0.001;$

					<i>ДП ОА11.09.000 ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		69