

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний факультет

(факультет)

Кафедра електропривода

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Негоди Юрія Андрійовича

(ПІБ)

академічної групи 141-19М-4

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Автоматизований електропривод пасажирського ліфта

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Казачковський М. М.			
розділів:				
Технологічна частина	Казачковський М. М.			
Автоматизований електропривод	Казачковський М. М.			
Дослідження динаміки електропривода	Казачковський М. М.			
Техніко-економічне обґрунтування	Тимошенко Л. В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Казачковський М. М.			

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
електропривода
_____ (повна назва)

_____ Казачковський М.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня _____ магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту _____ Негоді Ю. А. _____ академічної групи _____ 141-19М-4 _____
(прізвище та ініціали) (шифр)
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ _____
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Автоматизований електропривод пасажирського ліфта,
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступ; Технологічна частина	Загальна характеристика механізму, обґрунтування вимог до електроприводу, розрахунок потужності двигуна.	
Автоматизований електропривод	Вибір двигуна та перетворювача, обґрунтування та вибір методу частотного керування.	
Дослідження динаміки електропривода	Побудова моделі та дослідження її динаміки	
Техніко-економічне обґрунтування	Розрахунок терміну окупності капітальних витрат та економічної ефективності.	
Висновки	Сукупний обґрунтований висновок.	

Завдання видано _____
(підпис керівника)

_____ Казачковський М.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

_____ Негода Ю. А.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 110 с., 20 рис., 12 табл., 1 додаток, 9 джерел, мультимедійна презентація на 20 слайдах.

Об'єкт досліджень: головний електропривод пасажирського ліфта.

Мета роботи: автоматизація головного електроприводу пасажирського ліфта, шляхом впровадження в систему управління перетворювача частоти, а також заміни двошвидкісного асинхронного двигуна на одношвидкісний.

Вибрані елементи силового ланцюга: асинхронний одношвидкісний двигун АИРМ132S6, перетворювач частоти ATV930U75M3.

Визначено очікуваний економічний ефект за рахунок модернізації системи керування з можливістю зниження затрат на енергоресурси, термін окупності капітальних витрат склав 1,226 р.

Практична цінність результатів полягає у значній економії електроенергії, витрат на експлуатацію та обслуговування ліфта, комфортному русі ліфта без ривків завдяки перетворювачу частоти.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, ДВОХШВИДКІСНИЙ ДВИГУН, ОДНОШВИДКІСНИЙ ДВИГУН, ЛІФТ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ДИНАМІКА.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.					Автоматизований електропривод пасажирського ліфта	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.							3	110
Реценз.						141-19М-4		
Н. Контр.								
Затверд.								

ABSTRACT

Explanatory note 110 pages, 20 figures, 12 tables, 1 appendix, 9 sources, multimedia presentation on 20 slides.

Object of research: the main electric drive of the passenger elevator.

Purpose: automation of the main electric drive of the passenger elevator, by introducing a frequency converter into the control system, as well as replacing a two-speed asynchronous motor with a single-speed one.

Selected elements of the power circuit: asynchronous single-speed motor AIRM132S6, frequency converter ATV930U75M3.

The expected economic effect due to the modernization of the management system with the possibility of reducing energy costs, the payback period of capital expenditures was 1,226 years.

The practical value of the results is significant savings in electricity, operating and maintenance costs of the elevator, comfortable movement of the elevator without jerks thanks to the frequency converter.

AUTOMATED ELECTRIC DRIVE, FREQUENCY CONVERTER, ASYNCHRONOUS MOTOR, TWO-SPEED MOTOR, SINGLE-SPEED MOTOR, LIFT, LIFT.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Опис та робота ліфта.....	8
1.2 Система керування	11
1.3 Вимоги до електроприводу.....	21
1.4 Обґрунтування роду струму і величини напруги.....	21
1.5 Обґрунтування необхідності модернізації.....	21
1.6 Розрахунок та побудова механічної характеристики двигуна до модернізації.....	22
2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	40
2.1 Вибір двигуна	41
2.2 Перевірка двигуна по пуску і за нагрівом.....	54
2.3 Вибір ПЧ та опис роботи ліфту з застосуванням ПЧ.....	55
2.4 Розрахунок і вибір гальмівного резистора.....	67
2.5 Опис принципу дії системи керування.....	70
2.6 Розрахунок та вибір кабелю	75
2.7 Вибір комутаційної апаратури	78
2.8 Розрахунок споживання електроенергії до та після модернізації	79
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	84
3.1 Розробка математичної моделі електропривода.....	85
3.2 Параметри системи керування	87
3.3 Моделювання.....	89
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	93
4.1 Вступ.....	94
4.2 Розрахунок капітальних витрат.....	94
4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	98
4.4 Визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування.....	102
4.5 Визначення та аналіз показників економічної ефективності	103
ВИСНОВКИ.....	107
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	108
Додаток А.....	110

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У наші часи енергозбереження є однією з найважливіших задач.

До енергозбереження відноситься також і економія електроенергії за рахунок нових технологій. Однією з таких технологій є впровадження частотних перетворювачів в електричний привід.

У моїй кваліфікаційній роботі описана атоматизація головного приводу ліфта, шляхом впровадження в систему керування перетворювача частоти (ПЧ), а також заміни старого двошвидкісного двигуна на одношвидкісний.

Застосування ПЧ дозволяє поліпшити такі параметри приводу:

1. Економія електроенергії.
2. Зниження рівня шуму.
3. Комфортний рух ліфта (без ривків).
4. Знизити витрати на експлуатацію ліфта.

Застосування одношвидкісного АД загальної серії дозволяє:

1. Зменшити термін окупності.
2. Зменшити момент інерції.
3. Зменшити витрати на обслуговування двигуна.

Всі розрахунки наводяться в пояснювальній записці кваліфікаційної роботи.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1.1 Опис та робота ліфта

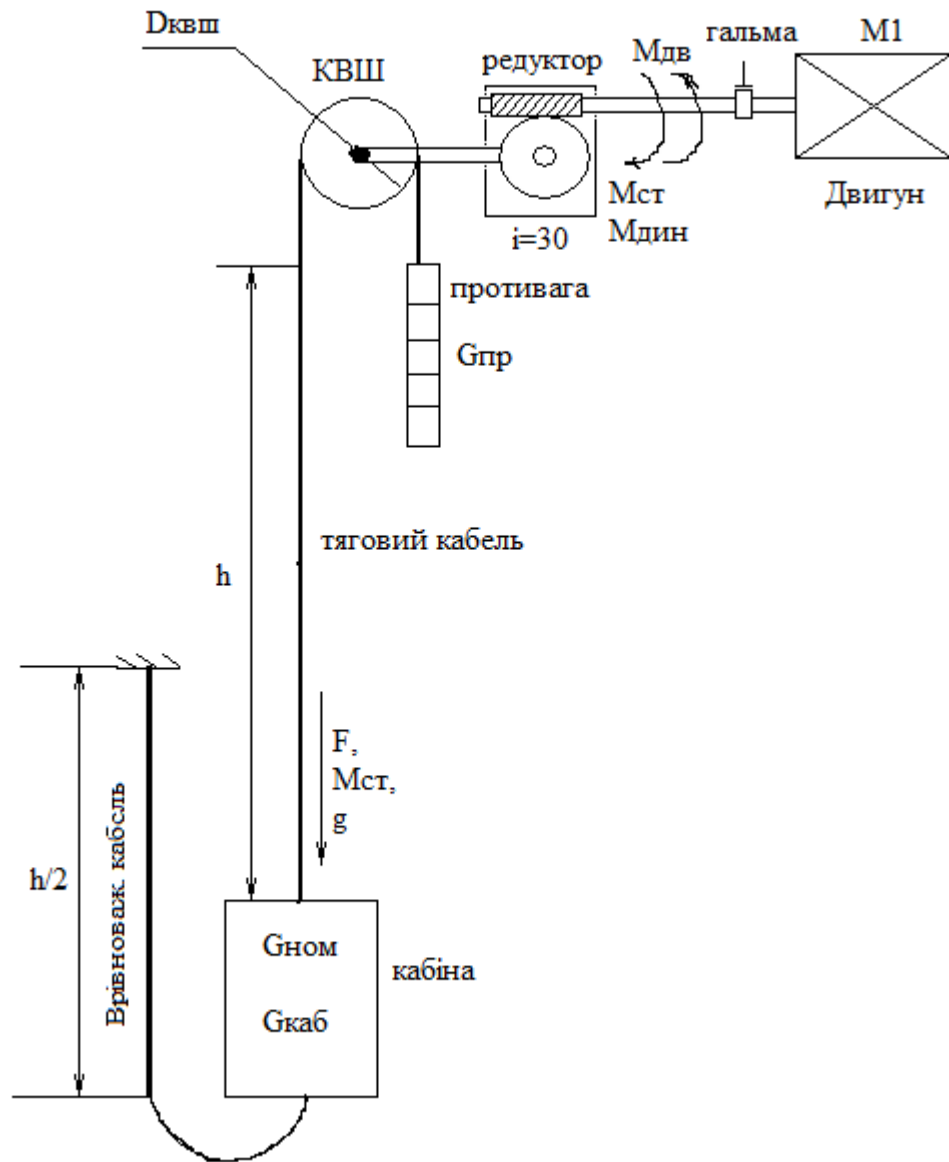


Рисунок 1.1 - Кінематична схема ліфта

Основні вузли:

- двигун, призначений для створення моменту на валу КВШ
- ел.м. гальмо, призначений для створення гальмівного моменту.

									ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
										8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- черв'ячний редуктор, призначений для приведення моментів на швидкохідному валу двигуна до тихохідного валу КВШ.

- КВШ, канатоведучий шків, призначений для створення моменту.

- протывага.

- тяговий кабель.

- кабіна.

- врівноважуючий канат.

Кінематична схема (рисунок 1.) являє собою схему взаємодії основних вузлів ліфта, на якій показані сили взаємодії. Кабіна ліфта закріплена до тягового каната, який проходить через КВШ і прикріплюється до протываги. Двигун лебідки при подачі на нього напруги, починає обертатися, через редуктор обертальний рух надходить на КВШ. Канатоведучий шків і тяговий канат перетворюють обертальний рух в поступальний. Кабіна ліфта починає підніматися. Врівноважуючий канат необхідний для компенсації ваги тягового каната. Черв'ячний редуктор дуже простий, тому у нього ККД = 75%, а також це дозволяє кабіні знаходитися в нерухомому положенні. Гальмо служить для зупинки обертання двигуна, щоб кабіна точно зупинилася на рівні поверху (± 3 см), а також для утримання її на місці.

Ліфт складається із складових частин, розміщених в шахті і машинному приміщенні. Машинне приміщення і шахту ліфта утворюють будівельні конструкції будівлі (цегляна кладка, бетонні блоки та інше).

Основними складовими частинами ліфта є: лебідка, кабіна, протывага напрямні кабіни і протываги, двері шахти, обмежувач швидкості, вузли та деталі прямку, електрообладнання та електророзводка.

Транспортування пасажирів і вантажів здійснюється в кабіні, яка переміщується по вертикальних напрямних.

Пересування кабіни і протываги здійснюється лебідкою встановленої в машинному приміщенні, за допомогою тягових канатів. Там також розміщені обмежувач швидкості, пристрій управління, ввідний пристрій.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У нижній частині шахти (прямка) розташований натягувач каната обмежувача швидкості, пов'язаний за допомогою каната з обмежувачем швидкості, а також буферні пристрої кабіни і противаги.

Для входу в кабінку і виходу з неї шахта по висоті має ряд отворів закритих дверима шахти. Відкривання і закривання дверей проводиться за допомогою приводу, встановленого на кабіні. Двері шахти відкриваються тільки тоді, коли кабіна перебуває на даному поверсі. У разі відсутності кабіни на поверсі відкривання дверей шахти зовні можливо тільки спеціальним ключем.

Загальний принцип роботи ліфта наступний:

При натисканні кнопки викличного апарату в електроапаратуру управління ліфтом подається електричний імпульс (виклик), якщо кабіна перебуває на зупинці, з якої надійшов виклик, відкриваються двері кабіни і шахти на даній зупинці, якщо кабіна відсутня, то подається команда на її рух. В обмотку електродвигуна лебідки і в котушку електромагніта гальма подається напруга, колодки гальма розпрямляються, і ротор електродвигуна починає обертатися, забезпечуючи за допомогою черв'ячного редуктора обертання канатоведучого шківa, який за рахунок сил тертя зумовлює рух кабіни та противаги.

При підході кабіни до потрібного поверху, система управління ліфтом перемикає електродвигун лебідки на роботу зі зниженою частотою обертання ротора. Швидкість руху кабіни знижується, і в момент, коли поріг підлоги кабіни суміститься з рівнем порогу дверей шахти, кабіна зупиняється, вмикається у роботу привід дверей, двері кабіни і шахти відкриваються.

При натисканні на кнопку наказу кнопкового поста, розташованого в кабіні, закриваються двері кабіни і шахти, і кабіна відправляється на поверх, кнопка наказу якого натиснута. Після прибуття на необхідний поверх і виходу пасажирів двері закриваються, і кабіна стоїть на зупинці до тих пір, поки не буде знову натиснута кнопка будь-якого викличного апарату.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лебідка встановлена в машинному приміщенні ліфта і призначена для приведення в рух кабіни і противаги. Основними складовими частинами лебідки є: редуктор, гальмо, рама, двигун, канатоведучий шків.

Всі елементи лебідки змонтовані на **рамі**, яка спирається на перекриття машинного приміщення через амортизатори.

Редуктор черв'ячний циліндричний призначений для зменшення частоти обертання з одночасним збільшенням обертального моменту на вихідному валу.

Гальмо колодке нормально-замкнутого типу призначене для зупинки і утримання в нерухомому стані кабіни ліфта при непрацюючому двигуні лебідки. Гальмо складається з електромагніту, важелів з закріпленими на них фрикційними накладками. Необхідний гальмівний момент створюється пружинами. Для ручного розгальмовування служить висувна рукоятка.

Двигун асинхронний двошвидкісний з короткозамкненим ротором. В обмотку статора вмонтовані датчики температурного захисту.

Канатоведучий шків перетворює обертальний рух в поступальний рух тягових канатів за рахунок сили тертя, що виникає між канатом і струмками шківа під дією сили тяжіння кабіни і противаги [1].

1.2 Система керування

У ліфті використана система з парним керуванням. Оскільки в будинку два ліфти (400 кг і 630 кг), то ліфт Б (вантажопідйомність 630 кг) залежить від роботи ліфта А (400кг)

Опис системи парного керування:

Кабіни ліфтів обладнані обмежувачем вантажопідйомності ВБГ-90, що запобігає зупинку ліфта по попутним викликам при повному завантаженні кабіни. Кабіни ліфтів вантажопідйомністю 630 кг забезпечені, крім того, обмежувачем вантажопідйомності ВБГ-110, що не допускає пуск ліфта при його перевантаженні.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

На першому поверсі встановлені тумблери (В7) для відключення і включення ліфта, перемикач ВР1 для переведення залежного ліфта Б в навантажувальний режим (ліфт А - базовий, в шахті якого монтуються кнопки виклику; ліфт Б - залежний).

Початковий стан схеми: ввідний пристрій, автоматичні вимикачі, вимикач В7 включені, перемикачі ВР1 і ВР2 встановлені в положення «Нормальна робота», двері шахти і кабіни закриті, все запобіжні пристрої в справності.

Кожен з ліфтів може працювати як одиночний, якщо другий ліфт вимкнений або знаходиться в режимі ревізії або режимі управління з машинного приміщення.

Розглянемо роботу ліфта в нормальному режимі при одиночному управлінні. Кабіна стоїть на першому поверсі. Для входу в кабіну пасажир натискає кнопку виклику 1кН. По ланцюгу: живить шина 101, контакти ВР2-1 (101-279), реле РОІ (279-297), контакт кнопки 1кН, контакти реле РОН, РОК, РВ2 (267-515), реле РІС (515-223), РН і РКД - вмикається реле РЗ, яке контактом (111-117) подає живлення на реле відкриття дверей РОД. Після припинення натискання па кнопку виклику реле РЗ залишиться включеним, отримуючи живлення через контакт реле РОД. Інші контакти реле РОД вмикають реле РВ2 і підключають до мережі двигун дверей М2, які відкриваються.

Після повного відкриття дверей вимикачем ВКО вмикаються реле РОД і двигун М2. Після розмикання контакту РОД в ланцюзі РЗ, останній залишається ввімкненим через контакти реле РВ2 і РН.

При вході пасажир в кабіну реле підпільного контакту РПК вмикається і контактом (279-99) забезпечує живлення реле РВ2, яке одним своїм контактом (279-211) запобігає вимиканню реле РЗ і закриття дверей, а іншим (185-187) підготовує до включення котушки кнопок наказу.

Для відправлення кабіни на необхідний поверх пасажир натискає на кнопку наказу потрібного поверху, наприклад п'ятого. До початку руху котушка кнопки 5КнП утримується у ввімкненому стані через контакти реле РТО, РПК. і РВ2 (35-187).

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Через замкнутий контакт кнопки 5КнП замкнуті контакти реле РИС верхніх поверхів увімкнуться реле РУВ, яке своїм контактом вмикає реле РН. Останнє контактом (211-207) відключає реле РЗ.

Контакт РЗ, що замкнувся, вмикає реле закриття дверей РЗД, а контакти РЗ (19-25-27) готують до включення контактор КБ.

Реле РЗД включає двигун дверей М2, двері зачиняються. Після повного закриття дверей кінцевим вимикачем ВКЗ відключиться реле РЗД і двигун М2; контакти ДК, ДЗ і ДШ замкнуться, увімкнувши реле РКД і підготувавши до включення контактор КВ. Контакт РКД (27-29) подає живлення на контактор КБ. Після включення контактор КБ силовими контактами готує до включення двигун М1; контактом КБ (101-95) вмикає реле РБ; контактом КБ (35-187) в ланцюзі котушок кнопок наказу забезпечує живлення останніх після початку руху, коли розімкнеться контакт РТО (35-189). Увімкнувшись реле РБ контактом РБ (101-210) включає реле РИТО, контактом РБ (389-81) включає реле РТО, яке своїми контактами: (79-41-39) подає живлення на контактор КВ, (Л25-Л23) готує до вмикання котушки гальмівного електромагніта.

Контактор КВ силовими контактами подає напругу на приводний електродвигун М1 і на гальмівний електромагніт ЕмТ, вмикається електродвигун і кабіна рухається на основній швидкості.

При підході кабіни до поверху, на який вона була відправлена (в даному випадку до п'ятого), на шляху, що дорівнює шляху уповільнення, на поверховий датчик впливає шунт, розташований на кабіні. Увімкнене послідовно з датчиком реле 5РИС відпадає. Контакт 5РИС (555-551) вмикається реле РУВ. Контакт РУВ (17-19) знеструмлює реле РН і контактор КБ.

Силові контакти КБ відключають обмотку великій швидкості приводного електродвигуна М1, контакт (39-89) включає контактор КМ; контакт КБ (35-187) перериває живлення котушки кнопки наказу - кнопка випадає.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

До мережі приєднується тихохідна обмотка статора приводного електродвигуна, який знижує швидкість (режим генераторного гальмування) і кабіна рухається на малій швидкості.

Після відключення контактора КБ живлення реле РТО в перший момент відбувається через контакт реле РБ, яке має невелику витримку часу при відключенні котушки. За час відключення реле РБ встигає замкнутися контакт контактора КМ, через який і буде здійснюватись подальше живлення РТО.

На зниженій швидкості кабіна підходить до заданого поверху. При вході шунта в зазор датчика точної зупинки ДчТО, установленного на кабіні, реле імпульсу точної зупинки РИТО відключається і розмикає свій контакт в колі живлення реле точної зупинки РТО, яке відключається і своїми контактами (79-41-39) відключає контактори КМ і КВ - двигун і гальмівної електромагніт відключаються від мережі.

Накладається гальмо і кабіна зупиняється на рівні точної зупинки заданого поверху. На початку уповільнення, як тільки відключилося реле 5РИС, а кнопка 5КнП ще не випала, через кнопку наказу і контакт 5РИС (555-223) встигає включитися реле РЗ і, замикаючи свій контакт (111-117), готує до включення реле відкриття дверей РІД.

У точної зупинки реле РИТО відпадає і його контакт включає реле РІД. Незважаючи на те, що контакт КМ при зупинці розриває коло живлення реле РЗ, останнім буде включено через контакт реле РІД. Двері відкриваються. Пасажир виходить з кабіни, реле РПК включається і відключає контактом (279-99) реле РВ2. Після закінчення витримки часу реле РВ2, відключиться реле РЗ і своїм контактом (121-123) ввімкне живлення на реле РЗД. Двері закриються і кабіна стоятиме на поверсі з закритими дверима в очікуванні виклику.

При натисканні кнопки виклику поверху, на якому знаходиться кабіна, процес відкривання дверей відбувається аналогічно описаному вище.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

При натисканні пасажиром кнопки виклику іншого поверху кабіна відразу попрямує за викликом. Вибір напрямку руху і пуск кабіни відбувається так само, як і при роботі за наказами.

При наявності декількох викликів вище кабіни порожня кабіна попрямує на виконання найвищого виклику, а всі останні виклики будуть виконані як попутні при русі кабіни вниз. Якщо одночасно виклики зареєстровані з поверхів, що лежать як вище, так і нижче кабіни, вибирається напрямок вгору (завдяки ємності Сб, включеної паралельно котушці реле РУВ).

Попутня зупинка при русі кабіни вниз відбувається незалежно від того, рухається кабіна вільна або з пасажирами. В цьому випадку при підході до найближчого з зареєстрованих поверхів включається реле уповільнення РЗ. Наприклад, якщо кабіна рухається вниз і зареєстровані виклики на шостому, четвертому і третьому поверхах, то при підході кабіни до шостого поверху через контакт кнопки виклику 6Кн, замкнувшись розмикаючий контакт 6РИС (565-223), контакти РУВ (223-225) і РБЗ (225-209) увімкнеться реле РЗ і розмикає свої контакти РЗ (19-25-27) у колі контактора Б, після чого починається уповільнення руху кабіни.

За допомогою реле РБЗ (контакт 225-209) відключається можливість зупинки кабіни за попутнім викликом при русі вниз, якщо відстань до поверху, з якого надійшов виклик, недостатньо для нормального уповільнення і зупинки кабіни на рівні поверхової площадки. Якщо виклик надійшов з поверху в той момент, коли реле РИС цього поверху встигло відключитись і відключити реле РБЗ, кабіна на поверсі не зупиниться.

Натискання кнопки виклику може викликати рух кабіни тільки в тому випадку, якщо кабіна вільна. Якщо в кабіні знаходиться пасажир, реле РПК відключено, його контакт (205-229) у колі реле РПВ розімкнута, реле РПВ знеструмлено і його контакти, увімкнені послідовно з контактами кнопок виклику, також розімкнуті, завдяки чому натискання кнопок виклику не приводить до вибору напрямку руху і пуску кабіни.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Схемою передбачена сигналізація про проходження кабіною поверхів. Світлове табло встановлюють на першому поверсі.

Система парного управління передбачає три режими роботи для кожного ліфта, що становить пару: режим нормальної роботи, режим ревізії, режим управління з машинного приміщення, і четвертий - навантажувальний для одного з них (для ліфта Б).

На кожному поверсі встановлюється одна кнопка виклику, загальна для двох ліфтів. У режимі нормальної роботи включені обидва ліфти, що працюють за наступною програмою:

при наявності на першому поверсі двох вільних кабін і натисканні кнопки виклику першого поверху відкриття дверей відбувається тільки в однієї з кабін, при надходженні виклику з інших поверхів - на його виконання попрямує також одна з кабін;

кабіна що стоїть на першому поверсі вільна, кабіна призначена для роботи за наказами пасажирів з першого поверху. Ця ж вільна кабіна попрямує на виклик в разі, якщо він надійшов з поверху, лежачого вище, йде вниз другої кабіни;

кабіна, яка звільнилася від пасажирів, залишається стояти на проміжному поверсі з закритими дверима у випадках коли:

друга кабіна стоїть на першому поверсі і відсутні зареєстровані виклики;

друга кабіна рухається вниз;

друга кабіна зупинилася на поверсі за попутнім викликом вниз; кабіна, яка звільнилася від пасажирів на проміжному поверсі, попрямує на виклики у випадках:

коли друга кабіна знаходиться на першому поверсі та є виклики вище або нижче першої кабіни; якщо до моменту закриття дверей звільнившись кабіни були виклики як вище, так і нижче її, кабіна пройде спочатку на найвищий виклик, а інші будуть виконані нею при русі вниз як попутні;

при русі вниз другої кабіни і наявності зареєстрованого виклику вище цієї кабіни;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

кабіна, яка звільнилася від пасажирів, автоматично відправляється вниз у разі, якщо друга кабіна обрала напрямок або рухається вгору;

рухається з пасажиром вгору кабіна з викликами не зупиняється;

при наявності декількох зареєстрованих наказів кабіна зупиниться на найближчому у напрямку руху зареєстрованому поверсі.

У схему управління кожного з ліфтів введено по одному реле РОК, які заблоковані між собою так, що одночасне включення обох котушок виключено; реле включено при русі кабіни вгору.

Відповідно до програми роботи при знаходженні двох звільнених кабін на першому поверсі і натисканні на кнопку виклику першого поверху, двері відкриє одна з кабін, причому включення реле РЗ і відкривання дверей здійснюється через розмикає контакт РОК (267-271). Таким чином, двері відкриває та кабіна ліфта, реле РОК якого відключено.

Живлення реле підключення викликів РПВ кожного з ліфтів здійснюється через замикаючий контакт реле РОК (227-245) свого ліфта, тому відправлення кабіни ліфта за викликом є можливим тільки при включеному реле РОК, цього ліфта.

З двох кабін, які рухалися вгору, автоматично відправиться на перший поверх кабіна, що звільнилася першою, тобто та, реле РОК якої відключиться першим. Автоматичний вибір напрямку і відправлення на перший поверх здійснюються по ланцюгу:

живляча шина 101, контакти реле РИС (101-131), перемикачі ВР2-3 реле РУВ, РОК (265-271), РВ2 (271-515), РИС (515-233) - увімкниться реле РУН. Подальша послідовність роботи схеми та ж, що при одиночному управлінні. Після початку руху, так як реле РВ2 включено, живлення котушки реле РУН здійснюється через прикінцеві контакти РН (265- 269) і РКД (269-515).

На виклик з поверху вище кабіни, що йде вниз, відправиться інша вільна кабіна, за рахунок увімкнення реле РПЗ кабіни, що йде вниз. Наприклад, кабіна А рухається вниз в зоні п'ятого поверху, вище неї, на сьомому поверсі,

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

zareєстрований виклик, кабіна Б знаходиться на першому поверсі. По ланцюгу: кнопка виклику 7Кн (299- 573), контакт РПВ1, прикінцеві контакти реле РИС вищих поверхів, контакт РУН (213-251), контакт 5РИС (251- 253), який замикається як тільки кабіна А увійде в зону уповільнення п'ятого поверху – вмикається реле А-РПЗ. Увімкнувшись реле А-РПЗ контактом (227-239) вмикає реле підключення викликів РПВ кабіни Б, у якій через кнопку 7Кн увімкниться реле РУВ і кабіна Б відправиться на виконання виклику з сьомого поверху.

Якщо в ліфті є несправність, внаслідок чого після натискання кнопки наказу або виклику вибирається напрямок руху (вмикається реле РУВ або РУН), але кабіна не починає рух (наприклад, не закрилися двері, не увімкнувся контактор напрямку), реле РОН цього ліфта з витримкою часу вимикається, так як розімкнутий контакт РУВ (227-113) або РУН (113- 115). Витримка часу на відключення реле РОН, створювана конденсатором С9, становить 3-5 с.

При відключенні реле РОН несправного ліфта, наприклад ліфта Б, контакт Б-РОН (227-239) підключає реле РПВ справного ліфта, який переходить в одиночний режим роботи. Кнопки виклику підключені до шини викликів 279 ліфта А. Якщо ліфт А несправний, реле А-РОН вимикається і замкнувшись розмикальним контактом А-РОН (297-279) підключає живлення кнопок до шини 279 ліфта Б.

У вантажному режимі, призначеному для перевезення вантажів (зазвичай це ліфт більшого габариту), може працювати тільки ліфт Б.

Переведення ліфта в режим навантаження здійснюється перемикачем ВР1. При цьому контакт ВР1-1 (279-227) розмикається, вимикаючи реле підключення викликів ліфта Б, реле Б-РОН і Б-РОК. При відключенні Б-РОН ліфт А автоматично переходить в одиночний режим, а кабіна Б, що знаходиться на будь-якому проміжному поверсі, автоматично попрямує на перший поверх (при відключенні Б-РОК через його контакт (265-271) і контакт реле РВ2 (271 -515) вмикається реле РУН ліфта Б). Якщо кабіна Б перебувала на першому поверсі, її двері негайно відкриваються і залишаються відкритими внаслідок замикання

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

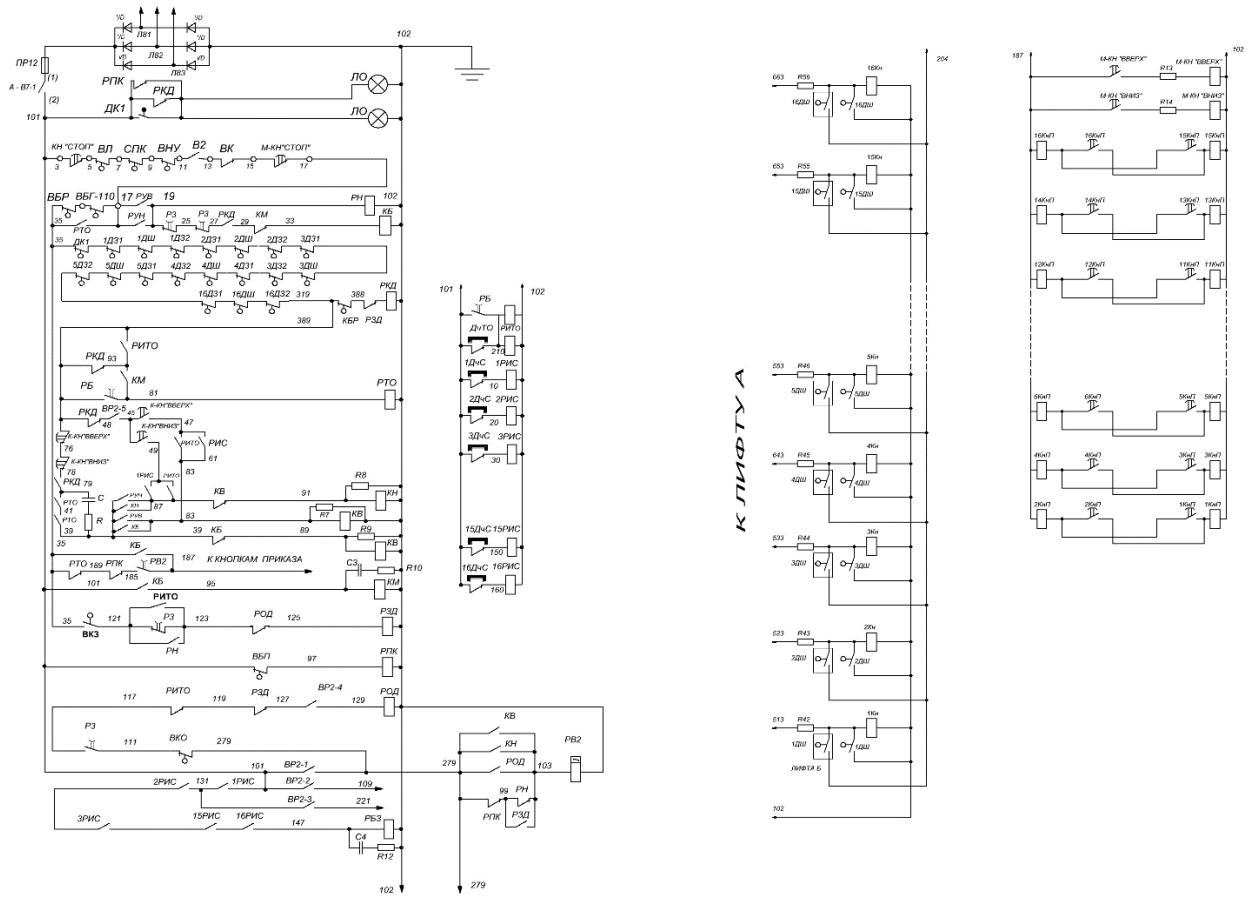
контакту ВР1-2 (279-211) в ланцюзі реле РЗ. Закриття дверей і відправлення кабіни можливо тільки при натисканні на кнопку наказу потрібного поверху.

У режимі ревізії схемою передбачено управління з даху кабіни на малій швидкості. Для перекладу ліфта в цей режим необхідно: у шафі управління перевести в положення «Управління з машинного приміщення» перемикач режимів роботи ВР2, контакт (48-45) якого підготує до включення ланцюг живлення вузла ревізії, а розімкнутий контакт ВР2-1 (101-279) вимкне можливість управління від кнопок наказу і виклику; вийняти з кнопочного поста ревізії на даху кабіни спеціальний ключ, який при цьому розімкне блокувальний контакт режиму ревізії КБР (389-388) і знеструмить реле РКД, контакт якого (389- 48) підключить ланцюг живлення вузла ревізії. Відключення реле РКД вилучить можливість включення його контактом (27-29) контактора КБ.

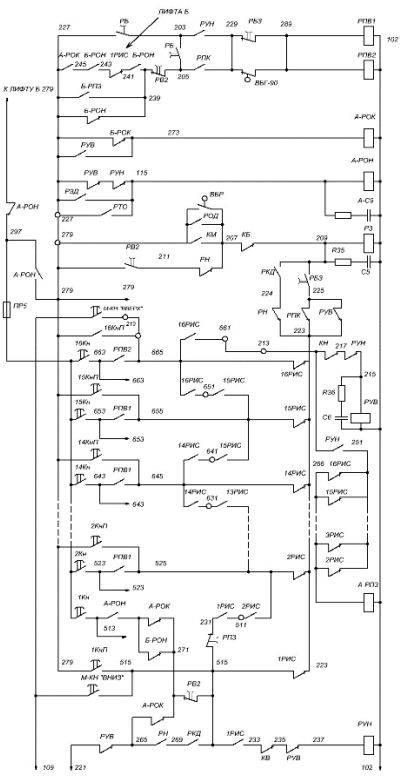
Управління здійснюється натисканням на одну з кнопок двокнопочного поста К-Кн «Вниз» або К-Кн «Вгору».

При управлінні з машинного приміщення перемикач ВР2 встановлюється в положення, коли контакт ВР2-1 (101-279) розімкнутий і управління від кнопок наказу, відкриття дверей і виклик кабіни виключені, а контакт ВР2-2 (101-109), що вмикає кнопки управління з машинного приміщення, замкнутий. У цьому режимі рух кабіни відбувається на великій швидкості. Зупинка кабіни на крайніх поверхах здійснюється автоматично, а в будь-якому місці шахти - від кнопки М-Кн «Стоп» [2].

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



УЗЕЛ ВИБОРА НАПРАВЛЕНИЯ ЛИФТА А



УЗЕЛ ВИБОРА НАПРАВЛЕНИЯ ЛИФТА Б

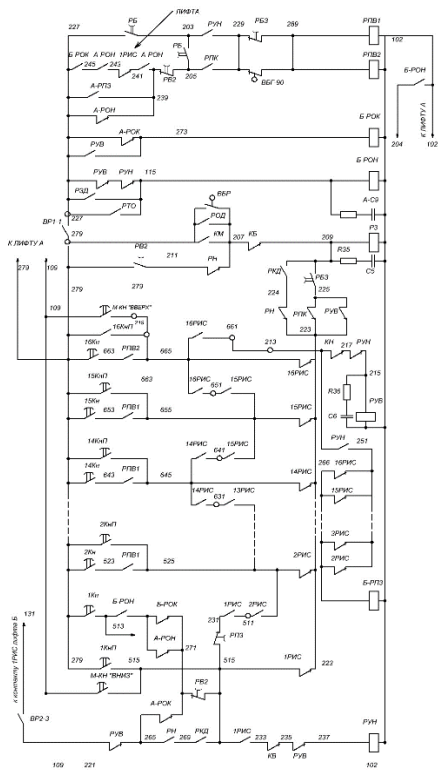


Рисунок 1.2 – Схема електрична принципова

1.3 Вимоги до електроприводу

Сформуємо вимоги до електроприводу:

- 1) Режим роботи повторно-короткочасний;
- 2) Реверсивність приводу;
- 3) Плавність ходу;
- 4) Точність зупинки ± 3 см;
- 5) Надійність.
- 6) Економічність.
- 7) Діапазон регулювання 5: 1 [3].

Виходячи з вищевикладених вимог, вибираємо АД загальної серії, яким замінимо двошвидкісний АД ліфтової серії. Як пристрій управління АД використовуємо ПЧ з векторним керуванням без зворотного зв'язку за швидкістю.

1.4 Обґрунтування роду струму і величини напруги

Для живлення двигуна використовуємо змінну напругу. За допомогою ПЧ ми можемо змінювати частоту і величину напруги живлення, проте максимальна величина напруги не повинна перевищувати 380 В, а частота не повинна перевищувати 50 Гц. Використовуючи ПЧ для живлення АД, ми підвищуємо коефіцієнт потужності.

Для живлення релейно-контакторної схеми управління використовується постійна напруга 110 В.

1.5 Обґрунтування необхідності модернізації

Ліфтове господарство міста - це галузь з підвищеною енергоємністю, оскільки щорічні витрати електроенергії при експлуатації ліфтового обладнання

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

становить близько одного мільярда кіловат-годин. У зв'язку з цим, впровадження новітніх енергозберігаючих технологій при модернізації ліфтового обладнання стає вкрай актуальним завданням. Систематичний аналіз інформації будівельних, монтажних і проектних організацій дозволяє зробити висновок, що в якості базисної програми з енергозбереження на ліфтах необхідно розглядати впровадження частотно-регульованих електроприводів, головний елемент яких - перетворювач частоти.

Застосування частотно-регульованого електроприводу підйомного пристрою (лебідки) ліфта значно підвищує комфортність при русі кабіни, забезпечує безшумність і високу точність зупинки, збільшує довговічність механічного обладнання, а також дозволяє знизити витрату електроенергії на 40-60%. Підвищує комфортні показники при русі кабіни ліфта і довговічність механічного обладнання за рахунок отримання плавних перехідних процесів. Знижує експлуатаційні витрати на капітальний ремонт обладнання за рахунок значного зниження динамічних навантажень в елементах кінематичного ланцюга. Зниження споживання електроенергії досягається завдяки значному (в 5-6 разів) зменшення обертових махових мас лебідки, що виключає непродуктивні втрати в перехідних пуско-гальмівних режимах: плавні перехідні процеси дозволяють знизити динамічні навантаження в елементах кінематичного ланцюга приводу ліфта, що призводить до збільшення терміну служби редуктора головного приводу, канатоведучого шківа, гальмівних колодок, електродвигуна, тягових канатів, елементів підвіски противаги [4].

1.6 Розрахунок та побудова механічної характеристики двигуна до модернізації

Розрахунок статичних сил:

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Визначаємо кількість передбачуваних людей в кабіні ліфта вантажопідйомністю 630 кг при висоті будівлі в 16 поверхів і середній вазі людини 80 кг

$$n_n = \frac{G_{\text{ном}}}{G_{\text{пас}}} \quad (1.1)$$

де $G_{\text{ном}}$ – вантажопідйомність,

$G_{\text{пас}}$ – вага пасажера.

$$G_{\text{ном}} = 630 \cdot 9,8 = 6174 \text{ Н};$$

$$G_{\text{пас}} = 80 \cdot 9,8 = 784 \text{ Н};$$

$$n_n = \frac{6174}{784} = 7,875$$

Приймаємо кількість передбачуваних зупинок $N_o = 16$, кількість осіб $n_n = 8$.

Знаходимо зміну вантажу кабінки по поверхах

$$\Delta G = \frac{G_{\text{ном}}}{N_o} \quad (1.2)$$

$$\Delta G = \frac{6174}{16} = 385,875 = 386 \text{ Н}$$

Визначаємо тягове зусилля кабінки, що піднімається з 1 поверху при номінальному завантаженні

$$F = G_{\text{каб}} \cdot G_{\text{ном}} + 4 \cdot q_{\text{т.к}}(H - h \cdot N) + q_{\text{в.к}} \cdot (0,5 \cdot (N - 1) \cdot h) - G_n \quad (1.3)$$

де $G_{\text{каб}}$ – вага кабінки, Н;

$q_{\text{т.к}}$ – вага 1 метра тягнучого каната, Н;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

H – висота шахти, м;

h – висота від підлоги поверху до верху кабіни, м;

N – порядковий номер зупинки;

$q_{в.к}$ – вага 1 метра врівноважуючого каната, Н;

$G_{п}$ – вага противаги, $G_{п} = G_{каб} + 0,4 \cdot G_{ном}$, Н

$$F = 0,6 \cdot G_{ном} + 4 \cdot q_{т.к} (H - h \cdot N) + q_{в.к} \cdot (0,5 \cdot (N - 1) \cdot h)$$

$$F = 6174 \cdot 0,6 + 4 \cdot 3,9 \cdot (51 - 3 \cdot 1) + 22 \cdot (0,5 \cdot (1-1) \cdot 3) = 4453,5 \text{ Н}$$

Визначаємо тягове зусилля (F') порожньої кабіни, що опускається з останнього поверху

$$F' = 4 \cdot q_{т.к} (H - h \cdot N) + q_{в.к} \cdot (0,5 \cdot (N - 1) \cdot h) - 0,4 \cdot G_{ном} \quad (1.4)$$

$$F' = 4 \cdot 3,9 \cdot (51 - 3 \cdot 16) + 22 \cdot (0,5 \cdot (16-1) \cdot 3) - 6174 \cdot 0,4 = -1928 \text{ Н}$$

Визначаємо статичний момент на валу двигуна в руховому режимі при підйомі завантаженої кабіни

$$M_{ст1} = \frac{F \cdot d}{2 \cdot i \cdot \eta} \quad (1.5)$$

де i – передаточне число редуктора;

η – ККД (при спуску і підйомі ККД = 0,75).

F – тягове зусилля кабіни

$$M_{ст1} = \frac{4453,5 \cdot 0,65}{2 \cdot 30 \cdot 0,75} = 64,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Визначаємо статичний момент на валу двигуна в руховому режимі при спуску порожньої кабіни (при спуску тягове зусилля береться з боку противаги)

$$M_{ст2} = \frac{-F' \cdot d}{2 \cdot i \cdot \eta} \quad (1.6)$$

де η – ККД (при спуску і підйомі ККД = 0,75).

$$M_{ст2} = \frac{1928 \cdot 0,65}{2 \cdot 30 \cdot 0,75} = 28 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Визначаємо час руху кабіни за повний хід

$$t_p = \frac{K_t \cdot 2 \cdot H}{V_k} \quad (1.7)$$

де H – висота шахти, м;

V_k – швидкість руху кабіни, м/с.

K_t – коефіцієнт що враховує додаткові витрати часу при роботі ліфта, дорівнює 1,2

$$t_p = \frac{1,2 \cdot 2 \cdot 51}{1} = 122,4 \text{ с}$$

Визначаємо повний час циклу руху кабіни

$$T = t_p + 2 \cdot N_o \cdot t' + 2 \cdot N_o \cdot t'' \quad (1.8)$$

де N_o – кількість зупинок;

t' – час відкриття і закриття дверей, с;

t'' – час входу і виходу пасажирів, с;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t_p – час рейсу кабіни за повний хід, с.

$$T = 122,4 + 2 \cdot 16 \cdot 7 + 2 \cdot 16 \cdot 1 = 378,4 \text{ с}$$

Визначаємо час руху кабіни від поверху до іншого поверху

$$t''' = \frac{t_p}{30} \quad (1.9)$$

де t_p – час рейсу кабіни за повний хід, с;

30 – максимальна кількість зупинок за рейс;

$$t''' = \frac{122,4}{30} = 4,08 \text{ с}$$

Визначаємо розрахункову тривалість включення двигуна

$$TB_p = \frac{t_p}{T} \cdot 100\% \quad (1.10)$$

де t_p – час рейсу кабіни за повний хід, с;

T – повний час циклу руху кабіни, с;

$$TB_p = \frac{122,4}{378,4} \cdot 100\% = 32,3\%$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Дані двошвидкісного АД використовуваного в приводі ліфта представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Параметри двошвидкісного АД ліфта

Тип	$P_{ном}, кВт$	$n, об/хв$	ККД, %	$\cos \varphi$	$I_{ном}, А$	$M_{ном}, Н \cdot м$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	Число пусків	$J, Кг \cdot м^2$	Маса, кг
5АН200S6/24	5,6	920	83	0,7 6	13,5	60	2,3 (138)	5,5	180	0,46	215
	1,3	210	-	-	18,8	60	1,8 (108)	-			

Визначаємо максимальний момент двигуна

$$M_{макс.} = 2,8 \cdot M_{ном} \quad (1.11)$$

$$M_{макс} = 2,8 \cdot 60 = 168 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Визначаємо пусковий момент двигуна на великій швидкості

$$M_{пуск} = 2,3 \cdot M_{ном} \quad (1.12)$$

$$M_{пуск} = 2,3 \cdot 60 = 138 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ					Арк.
										27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Визначаємо пусковий момент двигуна на малій швидкості

$$M_{\text{пуск. м.}} = 1,8 \cdot M_{\text{ном}} \quad (1.13)$$

$$M_{\text{пуск. м.}} = 1,8 \cdot 60 = 108 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Визначаємо масу кабіни на відповідних зупинках

$$m = \frac{F}{g} \quad (1.14)$$

де F – тягове зусилля кабіни з урахуванням канатів, Н;

g – прискорення вільного падіння, Н;

m_1 – маса завантаженої кабіни, кг;

m_2 – маса порожньої кабіни, кг;

$$m_1 = \frac{F}{9,8} = 454,4 \text{ кг};$$

$$m_2 = \frac{F'}{9,8} = 196,7 \text{ кг}$$

Визначаємо кутову швидкість двигуна

$$\omega_{\text{дв}} = n / 9,55 \quad (1.15)$$

де n – кількість обертів двигуна, об / хв;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega_{\text{дв}} = 920 / 9,55 = 96,3 \text{ рад/с}$$

Визначаємо момент інерції при пуску і при номінальному завантаженні кабіни

$$J_{\Sigma 1} = 1,2 \cdot J_{\text{дв}} + m_1 \cdot \left(\frac{V_{\text{к}}}{\omega_{\text{дв}}}\right)^2 \quad (1.16)$$

де $J_{\Sigma 1}$ – момент інерції при номінальному завантаженні кабіни, кг·м²;

$J_{\text{дв}}$ – момент інерції двигуна, кг·м²;

m_1 – маса завантаженої кабіни на зупинках, кг;

$V_{\text{к}}$ – швидкість руху кабіни, м/с;

$\omega_{\text{дв}}$ – кутова швидкість двигуна, рад.

$$J_{\Sigma 1} = 1,2 \cdot 0,46 + 454,4 \cdot \left(\frac{1}{96,3}\right)^2 = 0,6 \text{ кг·м}^2$$

Визначаємо момент інерції при пуску порожньої кабіни

$$J_{\Sigma 2} = 1,2 \cdot J_{\text{дв}} + m_2 \cdot \left(\frac{V_{\text{к}}}{\omega_{\text{дв}}}\right)^2 \quad (1.17)$$

де $J_{\Sigma 2}$ – момент інерції при пуску порожньої кабіни, кг · м²;

m_2 – маса порожньої кабіни на зупинках, кг;

$\omega_{\text{дв}}$ – кутова швидкість двигуна, рад.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$J_{\Sigma 2} = 1,2 \cdot 0,46 + 196,7 \cdot \left(\frac{1}{96,3}\right)^2 = 0,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

Оскільки сумарні моменти інерції $J_{\Sigma 1}$ і $J_{\Sigma 2}$ приблизно рівні, то час встановленої роботи двигуна при підйомі або спуску, незалежно від завантаженості кабіни однаковий.

Визначаємо час пуску двигуна

$$t_{\text{п}} = \frac{J_{\Sigma 1} \cdot n}{9,55 \cdot (M_{\text{пуск}} - M_{\text{ст}})} \quad (1.18)$$

де $J_{\Sigma 1}$ – момент інерції при номінальному завантаженні кабіни, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

n – кількість обертів двигуна на великій швидкості, об / хв;

$M_{\text{пуск}}$ – пусковий момент, $\text{Н}\cdot\text{м}$;

$M_{\text{ст}}$ – статичний момент, $\text{Н}\cdot\text{м}$;

$$t_{\text{п}} = \frac{0,6 \cdot 920}{9,55 \cdot (138 - 64,3)} = 0,8 \text{ с}$$

Визначаємо момент інерції при переході з великій швидкості на малу при повному завантаженні кабіни

$$J_{\Sigma \text{пер}} = 1,2 \cdot J_{\text{дв}} + m_1 \cdot \left(\frac{V_{\text{к}} - V_{\text{м}}}{\omega_{\text{дв}} - \omega_{\text{м}}}\right)^2 \quad (1.19)$$

де $J_{\Sigma \text{пер}}$ – момент інерції при номінальному завантаженні кабіни, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

m_1 – маса завантаженої кабіни на зупинках, н ;

$V_{\text{к}}$ – швидкість руху кабіни, $\text{м}/\text{с}$;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\omega_{дв}$ – кутова швидкість двигуна, рад/с;

V_m – мала швидкість руху кабіни, м/с;

ω_m – мала кутова швидкість двигуна, рад/с;

$$J_{\Sigma пер.} = 1,2 \cdot 0,46 + 454,4 \cdot \left(\frac{1-0,23}{96,3-22}\right)^2 = 0,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Визначаємо час переходу з більшою швидкістю на малу при повному завантаженні кабіни

$$t_{пер.} = \frac{J_{\Sigma пер.} \cdot (n - n_m)}{9,55 \cdot (M_{пуск.м.} + M_{ст})} \quad (1.20)$$

де $J_{\Sigma пер.}$ – перехідний момент інерції при повному завантаженні кабіни, кг · м²;

n – кількість обертів двигуна на великій швидкості, об / хв;

n_m – кількість обертів двигуна на малій швидкості, об / хв;

$M_{ст}$ – статичний момент, Н · м;

$M_{пуск. м.}$ – пусковий момент двигуна при малій швидкості, Н · м;

$$t_{пер.} = \frac{0,6 \cdot 710}{9,55 \cdot (108 + 64,3)} = 0,25 \text{ с}$$

Визначаємо момент інерції при малій швидкості і повному завантаженні кабіни

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$J_{\Sigma 1M} = 1,2 \cdot J_{дв} + m_1 \cdot \left(\frac{V_M}{\omega_M}\right)^2 \quad (1.21)$$

де $J_{\Sigma 1M}$ – момент інерції при малій швидкості і повному завантаженні кабіни, $кг \cdot м^2$;

m_1 – маса завантаженої кабіни на зупинках, н;

V_M – мала швидкість руху кабіни, м/с;

ω_M – мала кутова швидкість двигуна, рад/с;

$$J_{\Sigma 1M} = 1,2 \cdot 0,46 + 454,4 \cdot \left(\frac{0,23}{0,22}\right)^2 = 0,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Визначаємо час гальмування на малій швидкості

$$t_{г.м.} = \frac{J_{\Sigma м} \cdot n_m}{9,55 \cdot (M_{пуск.м.} + M_{ст})} \quad (1.22)$$

де $J_{\Sigma м}$ – момент інерції при номінальному завантаженні кабіни, $кг \cdot м^2$;

n_m – кількість обертів двигуна;

$M_{пуск. м.}$ – пусковий момент двигуна при малій швидкості, н · м;

$M_{ст}$ – статичний момент, н · м;

$$t_{г.м.} = \frac{0,6 \cdot 210}{9,55 \cdot (108 + 64,3)} = 0,08 \text{ с}$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо час встановленої роботи

$$t_{\text{вст.}} = t''' - t_{\text{п.}} - t_{\text{пер.}} - t_{\text{г.м.}} - t_{\text{м.}} \quad (1.23)$$

де $t_{\text{вст.}}$ – час встановленої роботи, с;

$t_{\text{п.}}$ – час пуску двигуна, с;

$t_{\text{пер.}}$ – час переходу з великій швидкості на малу, с;

$t_{\text{г.м.}}$ – час гальмування на малій швидкості, с;

$t_{\text{м.}}$ – час руху на малій швидкості, с;

$$t_{\text{вст.}} = 4,08 - 0,8 - 0,25 - 0,08 - 1 = 1,95 \text{ с}$$

Тепер можна побудувати тахограми роботи ліфта. Для цього використовуємо раніше розраховані часи. Оскільки швидкість кабіни ліфта мало залежить від завантаженості, і час спуску і підйому один і той же, то тахограма представлена на рисунку 1.3 буде спільною.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

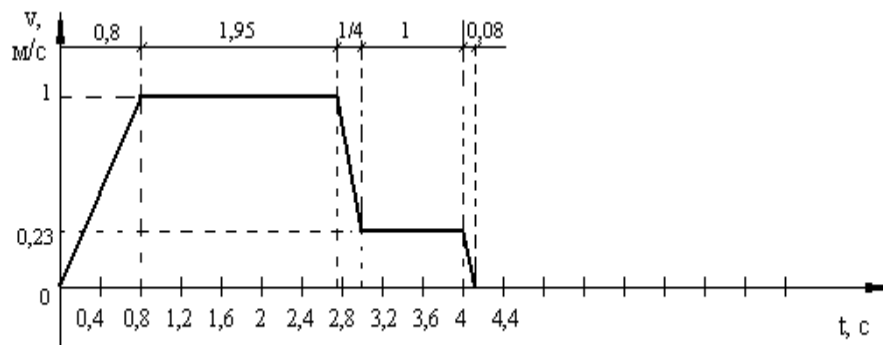


Рисунок 1.3 - Тахограми руху кабіни ліфта з застосуванням двошвидкісного АД

Для побудови навантажувальної діаграми двигуна визначимо динамічні моменти на ділянках:

1. Пуск;
2. Перехід з більшою швидкості на меншу;
3. Гальмування на малій швидкості.

Визначаємо динамічний момент при пуску

$$M_{\text{дин.п.}} = \frac{(J_{\Sigma 1} \cdot \omega_{\text{дв}})}{t_{\text{п}}} \quad (1.24)$$

де $M_{\text{дин. п.}}$ – динамічний момент при пуску, Н·м;

$J_{\Sigma 1}$ – момент інерції при номінальному завантаженні кабіни, кг·м²;

$\omega_{\text{дв}}$ – кутова швидкість двигуна, рад/с;

$t_{\text{п}}$ – час пуску двигуна, с;

$$M_{\text{дин. п.}} = \frac{(0,6 \cdot 96,3)}{0,8} = 72,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо динамічний момент при переході з більшою швидкості на меншу

$$M_{\text{дин.пер.}} = \frac{(-J_{\Sigma\text{пер}} \cdot \omega_{\text{дв}})}{t_{\text{пер}}} \quad (1.25)$$

де $M_{\text{дин.пер.}}$ – динамічний момент при переході з більшою швидкості на меншу, Н·м;

$J_{\Sigma\text{пер}}$ – момент інерції при переході з більшою швидкості на меншу, кг·м²;

$\omega_{\text{дв. пер.}}$ – кутова швидкість двигуна, рад/с;

$t_{\text{пер}}$ – час переходу з більшою швидкості на меншу, с;

$$M_{\text{дин.пер.}} = (-0,6 \cdot 74,3) / 0,25 = -178,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо динамічний момент при гальмуванні на малій швидкості

$$M_{\text{дин.г.}} = \frac{(-J_{\Sigma\text{м}} \cdot \omega_{\text{м}})}{t_{\text{пер}}} \quad (1.26)$$

де $M_{\text{дин.г.}}$ – динамічний момент при гальмуванні, Н·м;

$J_{\Sigma\text{м}}$ – момент інерції при переході з більшою швидкості на меншу, кг·м²;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ω_m – мала кутова швидкість двигуна, рад/с;

$t_{т.м.}$ – час гальмування, с;

$$M_{дин.т.} = \frac{(-0,6 \cdot 22)}{0,08} = -165 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тепер визначаємо моменти двигуна на цих ділянках у двох випадках:

1. Коли кабіна завантажена повністю і рухається вгору;
2. Коли кабіна порожня і рухається вниз;

Визначаємо момент на валу двигуна при підйомі завантаженої кабіни:

1. при пуску

$$M_1 = M_{ст1} + M_{дин. п.} \quad (1.27)$$

де M_1 – момент на валу двигуна при пуску і повністю завантаженої кабіни,
Н·м;

$M_{дин. п.}$ – динамічний момент при пуску, Н·м;

$M_{ст1}$ – статичний момент на валу двигуна, Н·м;

$$M_1 = 64,3 + 72,3 = 136,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2. при переході з більшої швидкості на меншу

$$M_2 = M_{ст1} + M_{дин.пер.} \quad (1.28)$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де M_2 – момент на валу двигуна при переході з більшої швидкості на меншу, Н·м;

$M_{\text{дин.пер.}}$ – динамічний момент при переході з більшої швидкості на меншу, Н·м;

$M_{\text{ст1}}$ – статичний момент на валу двигуна, Н·м;

$$M_2 = 64,3 - 178,3 = - 114 \text{ Н·м}$$

3. при гальмуванні на малій швидкості

$$M_3 = M_{\text{ст1}} + M_{\text{дин.г.}} \quad (1.29)$$

де M_3 – момент на валу двигуна при гальмуванні на малій швидкості, Н·м;

$M_{\text{дин.г.}}$ – динамічний момент при гальмуванні на малій швидкості, Н·м;

$M_{\text{ст1}}$ – статичний момент на валу двигуна, Н·м;

$$M_3 = 64,3 - 165 = - 100,7 \text{ Н·м}$$

Визначаємо момент на валу двигуна при спуску порожньої кабіни:

1. при пуску

$$M_1' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин. п.}} \quad (1.30)$$

де M_1' – момент на валу двигуна при пуску порожньої кабіни, Н·м;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$M_{\text{дин. п.}}$ – динамічний момент при пуску, Н·м;

$M_{\text{ст2}}$ – статичний момент на валу двигуна, Н·м;

$$M_1' = 28 + 72,3 = 100,3 \text{ Н·м}$$

2. при переході з більшої швидкості на меншу

$$M_2' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин.пер.}} \quad (1.31)$$

де M_2' – момент на валу двигуна при переході з більшою швидкості на меншу, Н·м;

$$M_2' = 28 - 178,3 = -150,3 \text{ Н·м}$$

3. при гальмуванні на малій швидкості

$$M_3' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин.г.}} \quad (1.32)$$

де M_3' – момент на валу двигуна при гальмуванні на малій швидкості, Н·м;

$M_{\text{дин.г.}}$ – динамічний момент при гальмуванні на малій швидкості, Н·м;

$$M_3' = 28 - 165 = -137 \text{ Н·м}$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепер можна побудувати навантажувальні діаграми роботи двигуна ліфта при підйомі завантаженої кабіни (рисунок 1.3) і при спуску порожньої кабіни (рисунок 1.4). Для цього використовуємо раніше розраховані моменти і часи.

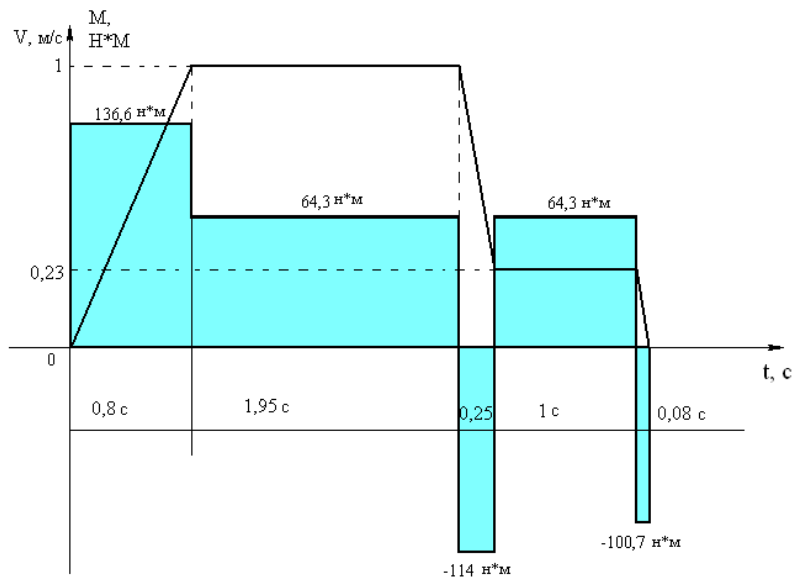


Рисунок 1.4 - Навантажувальна діаграма роботи двигуна при підйомі завантаженої кабіни і тахограма її руху

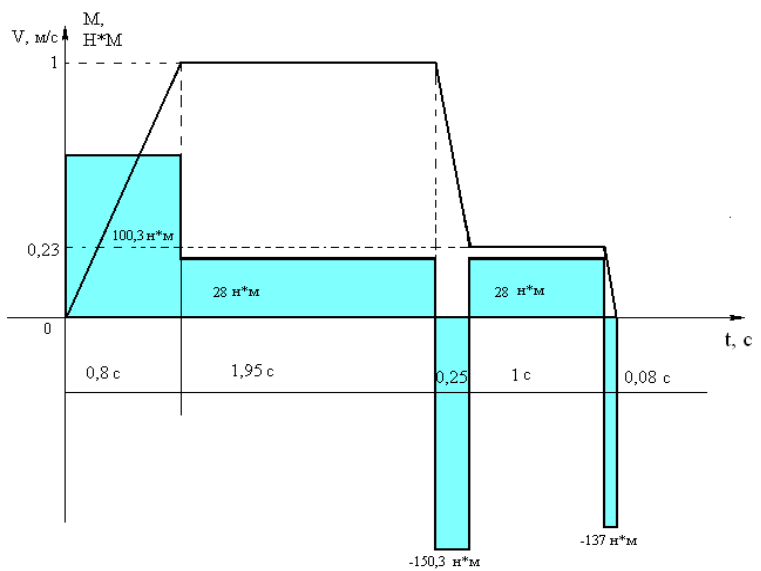


Рисунок 1.5 - Навантажувальна діаграма роботи двигуна при спуску порожньої кабіни і тахограма її руху

2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

2.1 Вибір двигуна, розрахунок та побудова механічної характеристики двигуна після модернізації

Застосування перетворювачів частоти (ПЧ) дозволяє використовувати АД з КЗ ротором загального застосування. Момент інерції таких двигунів на порядок менше аналогічних ліфтових двошвидкісних двигунів, а вартість значно менше. Застосування АД з КЗ ротором загального застосування дозволяє зменшити термін окупності модернізації [5].

Визначаємо еквівалентний момент на валу двигуна з урахуванням тривалості включення

$$M_{\text{екв.}} = \sqrt{\frac{M_{\text{ст}}^2 \cdot t'''}{2 \cdot t'''}} \cdot \sqrt{\frac{T_{\text{Вр}}}{T_{\text{Вном}}}} \quad (2.1)$$

де $M_{\text{ст}}$ – статичний момент на валу двигуна, Н·м;

t''' – час руху кабіни від однієї станції до іншої, с;

$T_{\text{Вр}}$ – розрахункова тривалість включення двигуна;

$T_{\text{Вном}}$ – номінальна тривалість включення двигуна.

$$M_{\text{екв.}} = \sqrt{\frac{(64,3^2 + 28^2)}{2}} \cdot 0,89 = 44,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Визначаємо швидкість обертання двигуна

$$n_{\text{розр}} = \frac{60 \cdot V_{\text{к}} \cdot i}{\pi \cdot D} \quad (2.2)$$

де $V_{\text{к}}$ – швидкість руху кабіни, с;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

i – передавальне число редуктора;

Π – число $\pi = 3,14$;

D – діаметр КВШ, м.

$$n_{\text{розр}} = \frac{60 \cdot 1 \cdot 30}{3,14 \cdot 0,65} = 882 \text{ об/хв}$$

Визначаємо потужність двигуна

$$P = \frac{M_{\text{екв}} \cdot n}{9550} \quad (2.3)$$

де $M_{\text{екв}}$ – еквівалентний момент на валу, Н·м;

n – швидкість обертання двигуна на великій швидкості, об / хв;

$$P = \frac{44,2 \cdot 882}{9550} = 4,08 \text{ кВт}$$

З каталогу обираємо двигун типу АИРМ132S6, його характеристики наведені у таблиці 2.1.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 - Характеристики одношвидкісного АД

Тип	$P_{ном}, кВт$	n об/хв	КПД, %	$\cos \varphi$	$I_{ном}, А$	$M_{ном}, Н \cdot м$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$I_{пуск}/I_{ном}$	Число пусків	$J, Кг \cdot м^2$	Маса, кг
АИРМ132S6	5,5	960	84,5	0,8	12,4	55	2	5,8	---	0,048	68,5

Ступінь захисту IP54, клас термостійкості ізоляції «F», $2p = 6$; $n = 1000$ об / хв.

Для того щоб рух ліфта був комфортним для пасажирів, і для зниження динамічних моментів, час на ділянках розгону і уповільнення потрібно збільшити.

$t_{вст.} = 1,5$ с, час встановленої роботи залежить від розташування шунтів.

$t_{п.} = 1,5$ с, час пуску двигуна програмується в ПЧ;

$t_{пер} = 0,8$ с, час переходу програмується в ПЧ;

$t_{г.м.} = 0,08$ с, час гальмування на малій швидкості залежить від часу накладення гальма, розташування шунтів і від ПЧ;

$t_{м.} = 0,6$ с, час руху на малій швидкості залежить від розташування шунтів;

Визначаємо частоту вихідної напруги від ПЧ для великої швидкості обертання

$$f_1 = \frac{f_{мережі} \cdot n_{розр.}}{n_{ном}} \quad (2.4)$$

де f_1 – частота напруги, необхідна для обертання валу двигуна з частотою 882 об / хв, Гц;

$n_{\text{розр.}}$ – розрахункова частота обертання вала двигуна, об / хв;

$f_{\text{мережі}}$ – частота мережі, 50 Гц;

$n_{\text{ном.}}$ – номінальна частота обертання валу двигуна, об / хв;

$$f_1 = \frac{50 \cdot 882}{960} = 46 \text{ Гц}$$

Визначаємо частоту вихідної напруги від ПЧ для великої швидкості обертання

$$f_2 = \frac{f_{\text{мережі}} \cdot n_{\text{мал.}}}{n_{\text{ном}}} \quad (2.5)$$

де f_2 – частота напруги, необхідна для обертання валу двигуна з частотою 192 об / хв, Гц;

$n_{\text{мал.}}$ – частота обертання валу двигуна на малій швидкості, об / хв;

$$f_2 = \frac{50 \cdot 192}{960} = 10 \text{ Гц}$$

Із застосуванням ПЧ номінальна швидкість ліфта дорівнює 1 м / с, а при переміщенні на малій швидкості 0,22 м / с. Також ПЧ забезпечує плавні переходи швидкості.

Для побудови тахограми використовуємо раніше розраховані часи.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

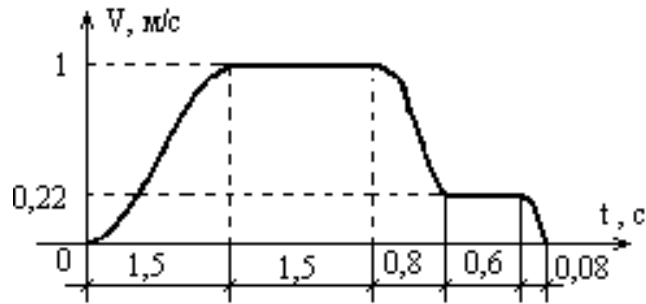


Рисунок 2.1 - Тахограми ліфта з використанням ПЧ і одношвидкісного АД

Визначаємо кутову швидкість двигуна

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{n_{\text{розр}}}{9,55} \quad (2.6)$$

де $n_{\text{розр}}$ – кількість обертів двигуна, об / хв;

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{882}{9,55} = 92,4 \text{ рад/с}$$

Визначаємо момент інерції при пуску і номінальному завантаженні кабіни

$$J_{\Sigma 1} = J_{\text{дв}} + m_1 \cdot \left(\frac{V_k}{\omega_{\text{дв}}}\right)^2 \quad (2.7)$$

де $J_{\Sigma 1}$ – момент інерції при номінальному завантаженні кабіни, кг·м²;

$J_{\text{дв}}$ – момент інерції двигуна, кг·м²;

m_1 – маса завантаженої кабіни на зупинках, кг;

V_k – швидкість руху кабіни, м/с;

$\omega_{\text{дв}}$ – кутова швидкість двигуна, рад.

$$J_{\Sigma 1} = 0,048 + 454,4 \cdot \left(\frac{1}{92,4}\right)^2 = 0,1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

Визначаємо момент інерції при пуску порожньої кабіни

$$J_{\Sigma 2} = J_{\text{дв}} + m_2 \cdot \left(\frac{V_k}{\omega_{\text{дв}}}\right)^2 \quad (2.8)$$

де m_2 – маса порожньої кабіни на зупинках, кг;

$$J_{\Sigma 2} = 0,048 + 196,7 \cdot \left(\frac{1}{92,4}\right)^2 = 0,07 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

Визначаємо момент інерції при переході з великій швидкості на малу при повному завантаженні кабіни

$$J_{\Sigma \text{пер}} = J_{\text{дв}} + m_1 \cdot \left(\frac{V_k - V_m}{\omega_{\text{дв}} - \omega_m}\right)^2 \quad (2.9)$$

де $J_{\Sigma \text{пер}}$ – момент інерції при переході і номінальному завантаженні кабіни, кг·м²;

V_m – мала швидкість руху кабіни, м/с;

ω_m – мала кутова швидкість двигуна, рад/с;

$$J_{\Sigma \text{пер}} = 0,048 + 454,4 \cdot \left(\frac{(1-0,22)}{(92,4-20,1)}\right)^2 = 0,1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо момент інерції при переході з великій швидкості на малу при порожній кабіні

$$J_{\Sigma_{\text{пер.п}}} = J_{\text{дв}} + m_2 \cdot \left(\frac{V_{\text{к}} - V_{\text{м}}}{\omega_{\text{дв}} - \omega_{\text{м}}} \right)^2 \quad (2.10)$$

де $J_{\Sigma_{\text{пер.п}}}$ – момент інерції при переході порожньої кабіни, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$$J_{\Sigma_{\text{пер.п}}} = 0,048 + 196,7 \cdot \left(\frac{(1-0,22)}{(92,4-20,1)} \right)^2 = 0,07 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Визначаємо момент інерції на малій швидкості і повному завантаженні кабіни

$$J_{\Sigma_{\text{м}}} = J_{\text{дв}} + m_1 \cdot \left(\frac{V_{\text{м}}}{\omega_{\text{м}}} \right)^2 \quad (2.11)$$

де $J_{\Sigma_{\text{м}}}$ – момент інерції на малій швидкості і повному завантаженні кабіни, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$$J_{\Sigma_{\text{м}}} = 0,048 + 454,4 \cdot \left(\frac{0,22}{20,1} \right)^2 = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Визначаємо момент інерції на малій швидкості при порожній кабіні

$$J_{\Sigma_{\text{м.п}}} = J_{\text{дв}} + m_2 \cdot \left(\frac{V_{\text{м}}}{\omega_{\text{м}}} \right)^2 \quad (2.12)$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $J_{\Sigma_{1м.п.}}$ – момент інерції на малій швидкості при порожньої кабіни, $кг \cdot м^2$;

$$J_{\Sigma_{1м.п.}} = 0,048 + 196,7 \cdot \left(\frac{0,22}{20,1}\right)^2 = 0,07 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Для побудови навантажувальної діаграми двигуна визначимо динамічні моменти на ділянках:

1. Пуск;
2. Перехід з більшою швидкості на меншу;
3. Гальмування на малій швидкості;

Визначаємо динамічний момент при пуску завантаженої кабіни

$$M_{\text{дин.п.}} = \frac{(J_{\Sigma 1} \cdot \omega_{\text{дв}})}{t_{\text{п}}} \quad (2.13)$$

$$M_{\text{дин. п.}} = \frac{(0,1 \cdot 92,4)}{1,5} = 6,16 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Визначаємо динамічний момент при пуску порожньої кабіни

$$M_{\text{дин.п.}'} = \frac{(J_{\Sigma 2} \cdot \omega_{\text{дв}})}{t_{\text{п}}} \quad (2.14)$$

де $M_{\text{дин. п.}'}$ – динамічний момент при пуску, $Н \cdot м$;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$J_{\Sigma 2}$ – момент інерції при номінальному завантаженні кабіни, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$$M_{\text{дин. п.}} = \frac{(0,07 \cdot 92,4)}{1,5} = 4,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо динамічний момент при переході з більшої швидкості на меншу завантаженої кабіни

$$M_{\text{дин.пер.}} = \frac{(-J_{\Sigma \text{пер}} \cdot \omega_{\text{дв}})}{t_{\text{пер}}} \quad (2.15)$$

де $M_{\text{дин.пер.}}$ – динамічний момент при переході з більшої швидкості на меншу завантаженої кабіни, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

$J_{\Sigma \text{пер}}$ – момент інерції при переході з більшої швидкості на меншу, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$\omega_{\text{дв}}$ – кутова швидкість двигуна, рад/с ;

$t_{\text{пер}}$ – час переходу з більшої швидкості на меншу, с ;

$$M_{\text{дин.пер.}} = \frac{(-0,1 \cdot 72,3)}{0,8} = -9 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Визначаємо динамічний момент при переході з більшої швидкості на меншу порожньої кабіни

$$M_{\text{дин.пер.}} = \frac{(-J_{\Sigma \text{пер.п.}} \cdot \omega_{\text{дв}})}{t_{\text{пер}}} \quad (2.16)$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $M_{\text{дин.пер.}}$ – динамічний момент при переході з більшої швидкості на меншу порожньої кабіни, Н·м;

$$M_{\text{дин.пер.}} = \left(\frac{-0,07 \cdot 72,3}{0,8} \right) = -6,3 \text{ Н·м};$$

Визначаємо динамічний момент при гальмуванні на малій швидкості завантаженої кабіни

$$M_{\text{дин.г.}} = \frac{(-J_{\Sigma M} \cdot \omega_M)}{t_{г.м}} \quad (2.17)$$

де $M_{\text{дин.г.}}$ – динамічний момент при гальмуванні, Н·м;

$J_{\Sigma M}$ – момент інерції при переході з більшою швидкості на меншу завантаженої кабіни, кг·м²;

ω_M – мала кутова швидкість двигуна, рад/с;

$t_{г.м.}$ – час гальмування, с;

$$M_{\text{дин.г.}} = \frac{(-0,1 \cdot 20,1)}{0,08} = -25 \text{ Н·м};$$

Визначаємо динамічний момент при гальмуванні на малій швидкості порожньої кабіни

$$M_{\text{дин.г.}} = \frac{(-J_{\Sigma M.п.} \cdot \omega_M)}{t_{г.м}} \quad (2.18)$$

де $M_{\text{дин.г.}}$ – динамічний момент при гальмуванні, Н·м;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$J_{\Sigma \text{м.п.}}$ – момент інерції при переході з більшої швидкості на меншу порожньої кабіни, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$$M_{\text{дин.г.}} = \frac{(-0,07 \cdot 20,1)}{0,08} = -17,6 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Тепер визначаємо моменти двигуна на цих ділянках в двох випадках:

1. Коли кабіна завантажена повністю і рухається вгору;
2. Коли кабіна порожня і рухається вниз;

Визначаємо момент на валу двигуна при підйомі завантаженої кабіни:

1. при пуску

$$M_1 = M_{\text{ст1}} + M_{\text{дин. п.}} \quad (2.19)$$

де M_1 – момент на валу двигуна при пуску і повністю завантаженої кабіни, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

$M_{\text{ст1}}$ – статичний момент на валу двигуна, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

$$M_1 = 64,3 + 6,16 = 70,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2. при переході з більшої швидкості на меншу

$$M_2 = M_{\text{ст1}} + M_{\text{дин.пер.}} \quad (2.20)$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де M_2 – момент на валу двигуна при переході з більшої швидкості на меншу, Н·м;

$$M_2 = 64,3 - 9 = 55,3 \text{ Н·м}$$

3. при гальмуванні на малій швидкості

$$M_3 = M_{ст1} + M_{дин.г.} \quad (2.21)$$

де M_3 – момент на валу двигуна при гальмуванні на малій швидкості, Н·м;

$$M_3 = 64,3 - 25 = 39,3 \text{ Н·м}$$

Визначаємо момент на валу двигуна при спуску порожньої кабіни:

1. при пуску

$$M_{1'} = M_{ст2} + M_{дин.п.} \quad (2.22)$$

де $M_{1'}$ – момент на валу двигуна при пуску порожньої кабіни, Н·м;

$M_{ст2}$ – статичний момент на валу двигуна, Н·м;

$$M_{1'} = 28 + 4,3 = 32,3 \text{ Н·м}$$

2. при переході з більшої швидкості на меншу

$$M_{2'} = M_{ст2} + M_{дин.пер.} \quad (2.23)$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де M_2' – момент на валу двигуна при переході з більшої швидкості на меншу, Н·м;

$M_{ст2}$ – статичний момент на валу двигуна, Н·м;

$$M_2' = 28 - 6,3 = 21,7 \text{ Н·м}$$

3. при гальмуванні на малій швидкості

$$M_3' = M_{ст2} + M_{дин.г.}' \quad (2.24)$$

де M_3' – момент на валу двигуна при гальмуванні на малій швидкості, Н·м;

$$M_3' = 28 - 17,6 = 10,4 \text{ Н·м}$$

Тепер можна побудувати навантажувальні діаграми роботи двигуна ліфта при підйомі завантаженої кабіни (рисунок 2.2) і при спуску порожньої кабіни (рисунок 2.3). Для цього використовуємо раніше розраховані моменти і часи.

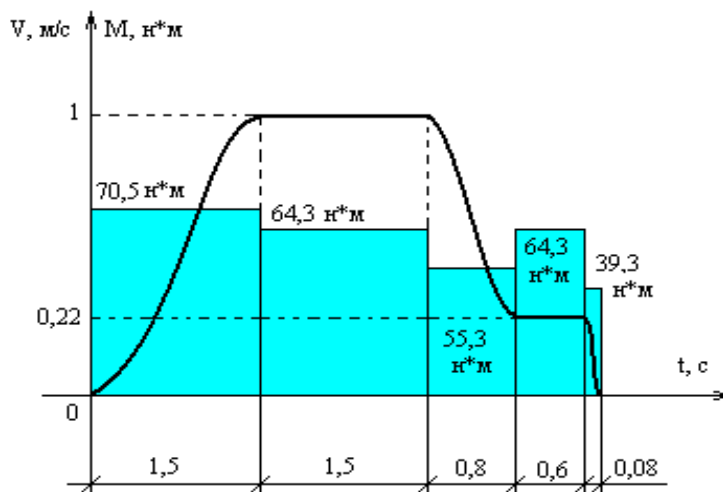


Рисунок 2.2 - Навантажувальна діаграма роботи двигуна при підйомі завантаженої кабіни і тахограма її руху

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{(70,5^2 + 32,3^2) \cdot 1,5 + (64,3^2 + 28^2) \cdot 1,5 + (55,3^2 + 21,7^2) \cdot 0,8 + (64,3^2 + 28^2) \cdot 0,6 + (39,3^2 + 10,4^2) \cdot 0,08}{2 \cdot 4,48}} \cdot \sqrt{\frac{32,3}{40}}$$

$$M_{\text{екв}} = 49,9 \cdot 0,89 = 44,84 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$44,84 < 55$$

Двигун перевірку за нагрівом пройшов.

2.3 Вибір ПЧ та опис роботи ліфту з застосуванням ПЧ

З каталогу вибираємо ПЧ, потужність якого дорівнює або більше номінальної потужності двигуна [6].

Вибираємо ПЧ типу ATV930U75M3, його параметри представлені в таблиці 2.2, а його зовнішній вигляд показаний на рисунку 2.4.

Таблиця 2.2 - Параметри ПЧ

Тип	Мережа					Двигун	Перетворювач частоти		
	U пит.	I лін.	I макс. к.з.	Потужність двигуна			I ном	Макс. перех. струм	Втрати потужності
ATV930U75M3	B	A	кА	кВт	л.с.	A	A	Вт	кг
	380	17	5	5,5	7,7	13	17,7	200	6,9



Рисунок 2.4 - Зовнішній вигляд ПЧ типу ATV930U75M3

Схема підключення ПЧ до двигуна показана на рисунку 2.5.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

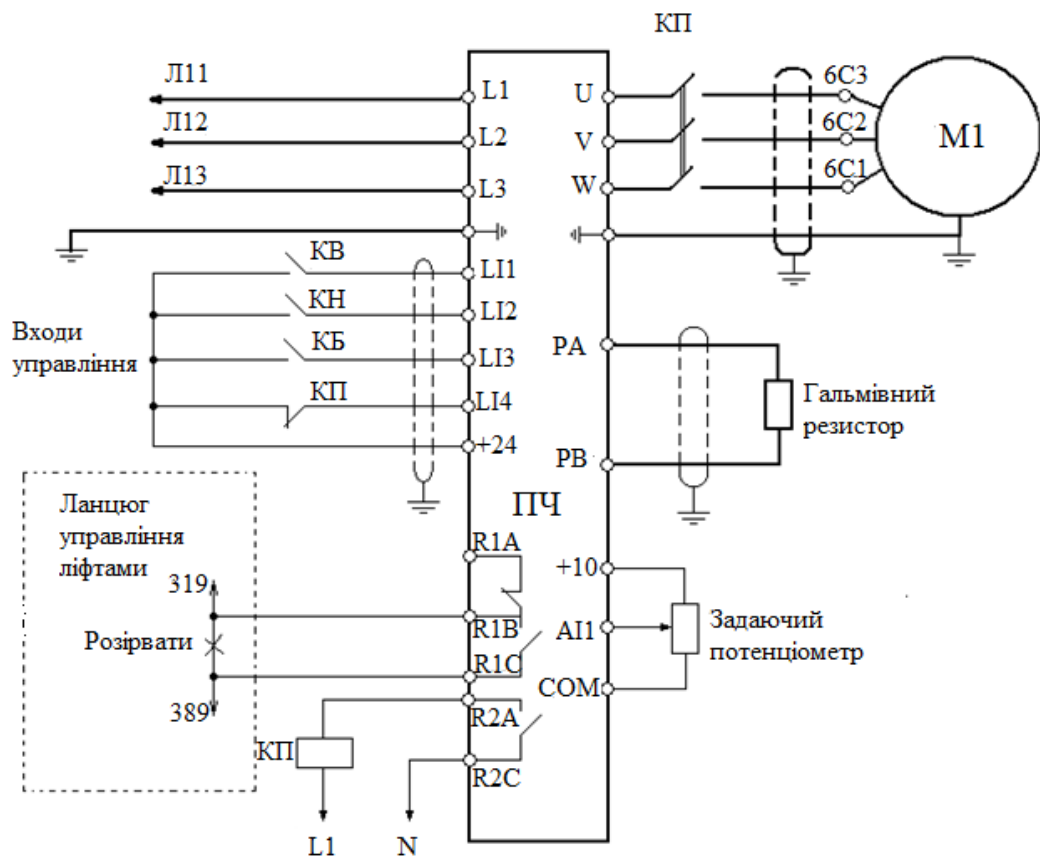


Рисунок 2.5 - Схема підключення ПЧ до мережі і до двигуна

Силлові клеми:

Розташування клем

⊥	L1	L2	L3	PA	PB	U	V	W	⊥
---	----	----	----	----	----	---	---	---	---

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.КР.20.15.01.ПЗ

Арк.

57

Таблиця 2.3 - Призначення клем силових ланцюгів

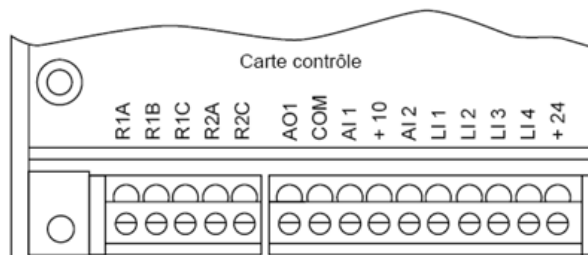
Клеми	Призначення	Для ПЧ ATV
↓	Клема заземлення ПЧ	Всі типи
L1 L2 L3	Силове живлення	Всі типи
+ -	Ланка постійного струму	D28N4-D79N4
PA PB	Гальмівний опір	Всі типи
U V W	Підключення двигуна	Всі типи
↓	Клема заземлення ПЧ	Всі типи

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

Для ПЧ ATV930U75M3, потрібно підключити «+» джерела до клем PA і «-» до наконечника J16, розташованому з боку силового клемника.

Клеми ланцюгів керування:

Розташування клем



Таблиця 2.4 - Призначення клем ланцюгів керування

Клема	Призначення	Електричні характеристики
R1A R1B R1C	Перемикаючий контакт із загальною точкою (R1C) реле безпеки R1	Мінімальна комутаційна здатність: 10 мА для 24 В змінного струму Максимальна комутаційна здатність при індуктивному навантаженні (COS φ 0,4 і L/R 7 мс.): 1,5 А для 250 В змінного струму та 30 В постійного струму
R2A R2C	НО контакт програмуемого реле R2	
AO1	Аналоговий вихід за струмом	Аналоговий вихід за струмом X-Y мА, де X та Y можуть програмуватися Заводські налаштування 0-20 мА Повний опір 500 Ом
COM	Загальна клема для дискретних та аналогових входів	
AI1	Аналоговий вхід за напругою	Аналоговий вхід 0 + 10 В Повний опір 30 кОм
+10	Живлення для задаючого потенціометра від 1 до 10 кОм	+ 10 В (-0, + 10%) 10 мА макс. З захистом від к.з. та перенавантажень
AI2	Аналоговий вхід за струмом	Аналоговий вхід за струмом X-Y мА, де X та Y можуть програмуватися Заводські налаштування 4-20 мА Повний опір 100 Ом
LI1 LI2 LI3 LI4	Дискретні входи	Програмуючі дискретні входи Повний опір 3,5 кОм Живлення +24 В(макс. 30 В) Стан 0, якщо < 5 В, стан 1, якщо > 11 В
+24	Живлення входів	+ 24 В з захистом від к.з. на перенавантажень мінімум 18 В, максимум 30 В Максимальний струм 200 мА

Застосування перетворювача частоти (ПЧ), що підключається до обмотки двигуна, забезпечує переміщення кабіни ліфта з підвищеною (робочою) і зниженою (дотягування) швидкостями, а також зі швидкістю ревізії. Рух здійснюється з плавними пусками і гальмуваннями при обмежених ривках і прискореннях і високому рівні комфорту проїзду в кабіні ліфта [7].

Цикл роботи головного приводу ліфта в нормальному режимі наступний. У вихідному стані кабіна ліфта нерухома. При необхідності пересування з пристрою управління на ПЧ надходить сигнал завдання напрямку руху, а замиканням контактів пускача обмотка двигуна підключається до перетворювача. З контактів вбудованого в ПЧ реле на пристрій управління приходить сигнал про готовність ПЧ до роботи. На двигун подається напруга, необхідна для створення моменту утримання. Після наростання струму в обмотках двигуна до величини, що забезпечує момент утримання, на пристрій управління через замкнуті контакти іншого вбудованого в ПЧ реле надходить відповідний сигнал. Після цього, за командами з пристрою управління, знімається механічне гальмо, а на ПЧ подається сигнал завдання рівня робочої (підвищеної) швидкості. Після отримання цього сигналу ПЧ формує на обмотці двигуна напруга таким чином, що при цьому забезпечується плавний пуск кабіни ліфта з необхідними ускореннями і ривками до робочої швидкості. Після наїзду на датчик уповільнення з пристрою управління на ПЧ надходить сигнал завдання зниженій швидкості. ПЧ формує напругу, що забезпечує плавне гальмування до швидкості дотягування. Ліфт продовжує рух зі зниженою швидкістю до наїзду на датчик точної зупинки, після чого по команді з пристрою управління ПЧ формує напругу, що забезпечує остаточне загальмування і утримання. Після зупинки двигуна з ПЧ на пристрій управління подається сигнал про закінчення руху, по надходженню якого накладається механічне гальмо, двигун відключається від ПЧ, а все командні сигнали з ПЧ знімаються. Цикл роботи головного приводу при цьому закінчено.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Використання ПЧ дає наступні переваги:

- збільшений діапазон регулювання швидкості, що покращує точність зупинки,
- більш високу точність підтримки швидкості ліфта, незалежно від завантаження кабіни, що забезпечує підвищену продуктивність і зниження часу проїзду,
- обмежені пускові струми двигуна, що зменшує витрату електроенергії, знижує нагрів і збільшує термін служби ізоляції,
- не потрібно використання додаткових маховиків, що також знижує витрату електроенергії і зменшує нагрівання;
- зняття і накладення механічного гальма відбувається при повністю зупиненому роторі двигуна, що знижує знос колодок гальма і підвищує надійність його роботи після модернізації електроприводу. Від правильного програмування залежать: точність зупинки, механічні характеристики і економічні показники приводу.

Програмування ПЧ здійснюється за допомогою робочого терміналу. Його зовнішній вигляд показаний на рисунку 2.6.

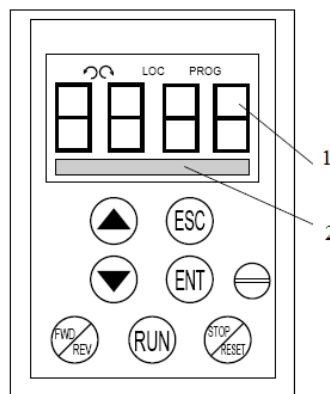









Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд робочого терміналу (1 - 4-х символний індикатор: відображення числових значень і кодів; 2 - шістнадцятисимвольний рядок: відображення текстових повідомлень)

Таблиця 2.5 - Використання кнопок і сенс повідомлень

	Блимаюча сигналізація (вказує вибраний напрямок обертання)
	Фіксована сигналізація (вказує напрямок обертання двигуна)
LOC	Режим керування з терміналу
PROG	Виникає у режимі вводу в експлуатацію та програмування
	Прокрутка меню або параметрів та налаштування значень
	Повернення до попереднього пункту меню або відмова від поточних налаштувань та повернення до початкового значення
	Вибір пункту меню, підтвердження вибору або налаштування з зберіганням
	Зміна напрямку обертання
	Команда пуску двигуна
	Команда зупинки двигуна або скидання несправності. Функція STOP кнопки може бути заборонена програмно.

Доступ до параметрів перетворювача частоти і їх коригування здійснюється шляхом використання кнопок «Стрілка вгору», «Стрілка вниз», «Ent», «Esc».

Коригування параметра здійснюється наступним чином:

- за допомогою клавіш зі стрілкою здійснюється «гортання» для знаходження потрібного меню;

- вхід в меню здійснюється натисканням кнопки «Ent»;
 - в обраному меню за допомогою кнопок здійснюється «гортання» параметрів для знаходження потрібного параметра;
 - доступ до значення параметра здійснюється натисканням кнопки «Ent»;
 - вибір необхідного значення параметра відбувається за допомогою кнопок.
- У разі, якщо параметр має не числове, а функціональне значення, (наприклад, призначення логічного входу) його значення відображається у вигляді напису на нижньому рядку дисплея;
- підтвердження обраного параметра здійснюється натисканням кнопки «Ent»;
 - повернення в попереднє меню відбувається за допомогою кнопки «Esc».

Для **введення параметрів двигуна**, потрібно зайти в меню «привод», вибрати вертикальними стрілками параметр, задати його значення і зберегти.

Ctrl - вибір типу управління: векторний (розімкнутий) або замкнутий. Вибираємо векторне управління. Для цього вибираємо значення «SVC» і зберігаємо.

UnS - Номінальна напруга двигуна, наведене на таблиці. За допомогою вертикальних стрілок виставляємо значення «380» і зберігаємо натиснувши на кнопку ENT.

FrS - Номінальна частота напруги живлення двигуна, наведена на таблиці. Виставляємо значення «50» і зберігаємо.

nCr - Номінальний струм двигуна, наведений у таблиці. Виставляємо значення «1.00 In» і зберігаємо.

In відповідає номінальному струму перетворювача.

nSP - Номінальна частота обертання двигуна, наведена на таблиці. Виставляємо значення «960» і зберігаємо.

COS- Cos Phi двигуна, наведений у таблиці. Виставляємо значення «0,8» і зберігаємо.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

tUn - Дозволяє зробити автопідстроювання управління двигуном після установки даного параметра на «YES». По завершенню автоподстройки параметр автоматично перемикається на «DONE» або на «по» в разі несправності. Вибираємо значення «YES» і зберігаємо.

tFr - Максимальна вихідна частота. Виставляємо значення «46» і зберігаємо.

Stt - Спосіб зупинки: По команді зупинки активізується обраний спосіб до досягнення порогового значення

FFt (Налаштувальне меню). Нижче цієї уставки здійснюється зупинка на вибігу.

STN: З заданим темпом

FST: Швидка зупинка

NST: Зупинка на вибігу

DCI: Динамічне гальмування

Параметри з'являються в залежності від настройки іншого параметра чи наявності додаткової карти. Вибираємо значення «STN» і зберігаємо.

Для **налаштування параметрів розгону** і уповільнення за допомогою кнопок у вигляді вертикальних стрілок знаходимо меню «ліфт», натискаємо на ENT і заходимо в нього. Далі вибираємо ті параметри, значення яких потрібно змінити.

ACC- Час розгону. Визначається для розгону двигуна від нульової до ном. частоти (FrS). Вибираємо значення «1,50 с» і зберігаємо.

dEC - Час уповільнення. Визначається для гальмування двигуна від номінальної (FrS) до нульової частоти. Вибираємо значення «1,00 с» і зберігаємо.

HSP - Верхня швидкість Вибираємо значення «tFr» і зберігаємо.

FLG - Контур регулювання частоти: дозволяє адаптувати швидкість протікання перехідних процесів в залежності від кінематики механізму. Для механізмів з великим моментом опору навантаження або значним моментом інерції з швидким циклом збільшуйте поступово коефіцієнт. За замовчуванням значення «20».

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

StA - Дозволяє адаптувати досягнення сталого режиму після перехідного процесу по швидкості в залежності від кінематики механізму. Збільшуйте поступово стійкість для зменшення перерегулювання по швидкості. За замовчуванням значення «20».

SP2 - 2-га задана швидкість. Виставляємо значення «10 Hz» і зберігаємо.

dbS - Витримка часу встановлення струму при замиканні контакторів двигуна.

- Якщо немає входу LI, призначеного на "о.с. контактора" (Lix = RCA), то цей час відповідає запізнюванню при встановленні струму в двигуні. Якщо цей параметр призначений на занадто мале значення або на non і на виході перетворювача використовуються контактори, то ПЧ може блокуватися з несправності "OPF".

- Якщо LI призначений на "о.с. контактора", то можливі два випадки:

- dbS \neq non, цей час відповідає максимальній витримці, налаштованої таким чином, щоб бачити перехід цього LI в 0. Якщо LI не перейшов в 0, то після закінчення цього часу ПЧ заблокується по несправності "FCA", що скидається при знятті команди пуску .

- dbS = non, ПЧ очікує невизначений час переходу в 0 входу LI, призначеного на RCA, перш ніж живити двигун. Після спрацьовування зміна стану дискретного входу не впливає на привід, тобто контроль стану контакторів не активний. Виставляємо значення «0,2» і зберігаємо.

trC - Час відключення і / або контролю контакторів двигуна. Виставляємо значення «0,2» і зберігаємо.

USC- Коефіцієнт, який використовується з параметром rFr (вихідна частота напруги, що прикладається до двигуна), що дозволяє відображати швидкість механізму за допомогою параметра USP в меню контролю. USP = rFr x USC. Виставляємо значення «0,022» і зберігаємо.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

r2 - Дозволяє вибрати функції, призначені на релейний вихід відповідно до переліку, який змінюється в залежності від призначення параметра «USr». Вибираємо значення «ОСС» і зберігаємо.

USr - Дозволяє вибрати рівень доступу.

Standard: доступні найбільш часто використовуваних функцій для застосувань і користувач отримує підказки для налаштування деяких параметрів.

Expert: немає заборони щодо доступу до функцій і підказкам

Вибираємо значення «Expert» і зберігаємо.

Для того, що б **призначити на входи управління функції**, треба вибрати тип управління. Тип управління вибираємо в меню «управління», призначення дискретних входів вибираємо в меню «призначення входів-виходів» .У зв'язку з особливостями схеми управління ліфтом, вибираємо двопровідне управління. На рисунку 2.7 показаний принцип роботи двухпровідного управління.

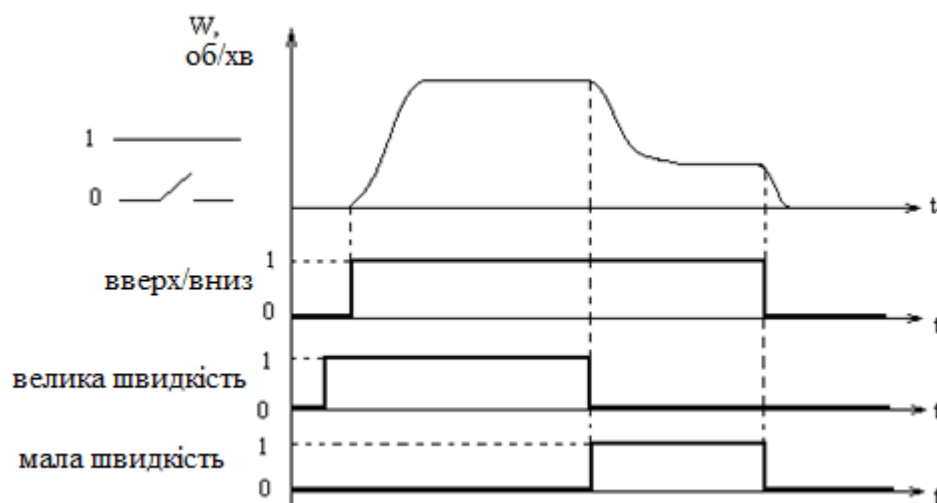


Рисунок 2.7 – Годинна діаграма роботи контактів керування

tCC - Конфігурація типу управління через клемник: 2-х або 3-х дротове. вибираємо значення «2W» і зберігаємо.

LI1 - за допомогою вертикальних стрілок вибираємо значення «FW» і зберігаємо.

LI2 - за допомогою вертикальних стрілок вибираємо значення «RV» і зберігаємо.

LI3 - за допомогою вертикальних стрілок вибираємо значення «PS2» і зберігаємо.

LI4 - за допомогою вертикальних стрілок вибираємо значення «RCA» і зберігаємо.

2.4 Розрахунок і вибір гальмівного резистора

Резистор забезпечує роботу перетворювача частоти Altivar 93 при гальмуванні до повної зупинки або під час зниження швидкості шляхом розсіювання гальмівної енергії.

Гальмівний момент з резистором розраховується за графіком (рис. 2.8).

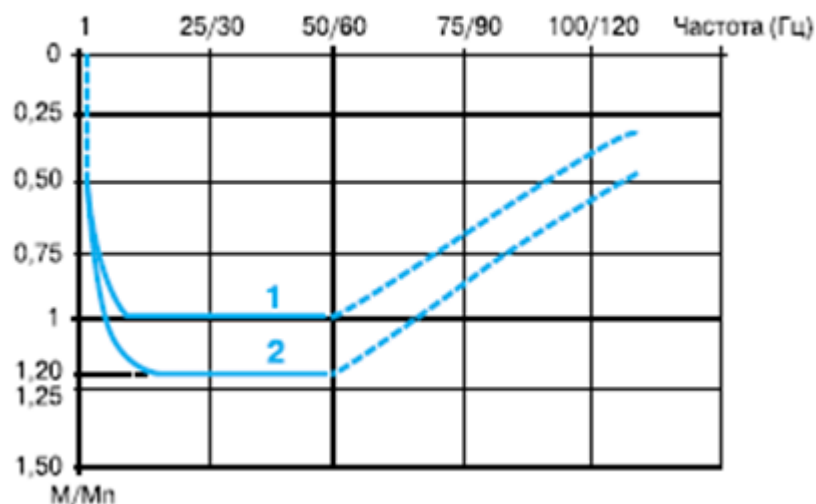


Рисунок 2.8 - Гальмівний момент з резистором (1 - тривалий гальмівний момент (активний момент), коефіцієнт навантаження 100%; 2 - максимальний перехідний гальмівний момент (протягом 60 с))

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

Для ПЧ типу ATV930U75M3 рекомендується використовувати резистор типу VW3A7733, опором не менше 47 Ом.

Визначаємо коефіцієнт навантаження

$$f_m = \frac{t}{T} \cdot 100\% \quad (2.27)$$

де f_m – коефіцієнт навантаження, %;

t – час гальмування, с;

T – тривалість циклу, с;

$$f_m = \frac{1}{14} \cdot 100\% = 7,1 \%$$

Визначаємо коефіцієнт $K1$ за графіком представленим на рисунку 2.9, відповідний гальмівному моменту рівному номінальному моменту і коефіцієнту навантаження 5,5%. Як видно з графіка коефіцієнт $K1 = 0,039$.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

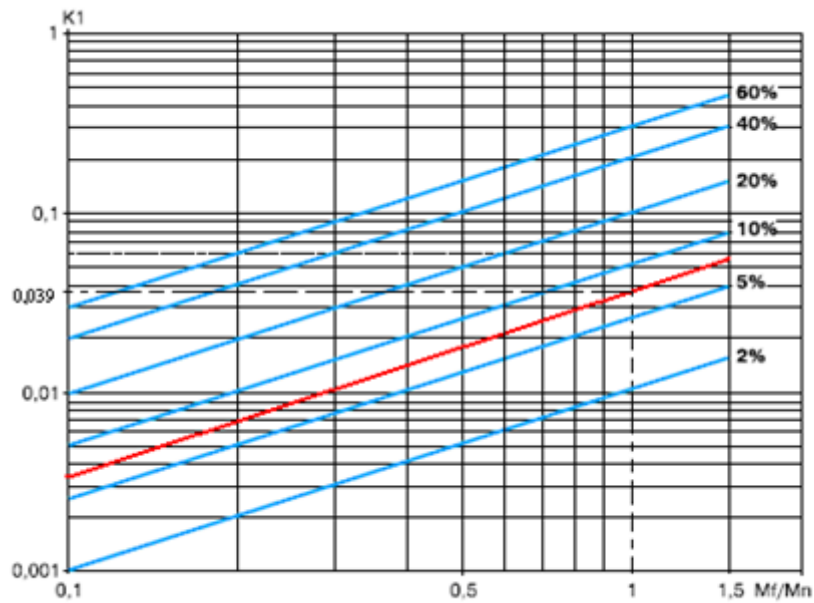


Рисунок 2.9 - Значення коефіцієнта K_1 , в залежності від гальмівного моменту і f_m

Допустиме перенавантаження резистора в залежності від часу показане на рисунку 2.10. З цього графіку ми визначаємо коефіцієнт K_2 , відповідний часу гальмування 1 с. Як видно з графіка $K_2 = 20$.

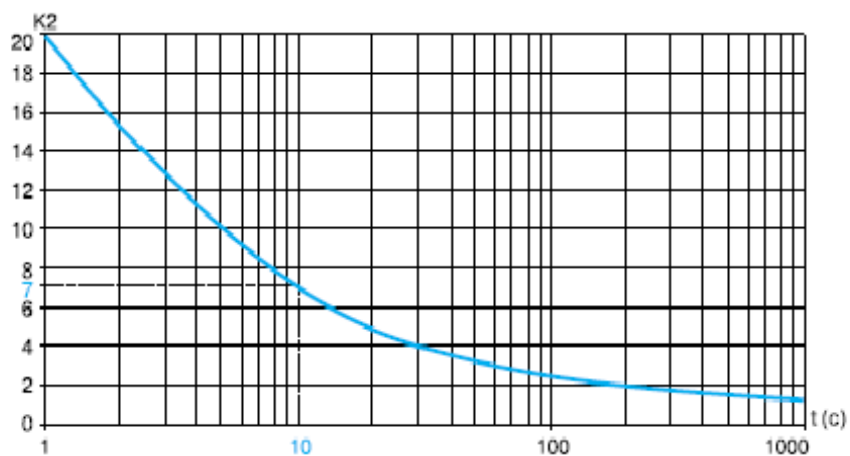


Рисунок 2.10 - Допустиме перевантаження резистора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Визначаємо номінальну потужність резистора

$$P_n = P_m \cdot K_1 \cdot \eta \cdot \left(1 + \frac{1}{K_2 \cdot f_m} \right) \quad (2.28)$$

де P_n – розрахункова потужність резистора, Вт;

P_m – потужність двигуна, Вт;

K_1 – коефіцієнт відповідний гальмівній моменте і коефіцієнту навантаження;

η – ККД двигуна;

K_2 – коефіцієнт відповідний часу гальмування

f_m – коефіцієнт навантаження, %;

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

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

Вибираємо гальмівний модуль VW3A7733, що складається з двох резисторів $P_n = 96 \text{ Вт}$, $R = 60 \text{ Ом}$.

2.5 Опис принципу дії системи керування

Розрізняють такі типи систем керування ППЧ: скалярного і векторного керування.

Системи скалярного керування є більш простими й відносно дешевими. Вони характеризуються невеликим діапазоном регулювання швидкості (від 1: 5 до 1:10), відносно низькою точністю і якістю регулювання;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Скалярне керування є найпростішим варіантом реалізації частотно-регульованого асинхронного електроприводу. Незважаючи на низькі показники якості і точності регулювання перетворювачі зі скалярним керуванням у багатьох випадках повністю задовольняють вимогам, що пред'являються до електроприводу. Це, в першу чергу, відноситься до електроприводів турбомеханізмів, вимоги до яких невисокі. За рахунок нескладної системи управління, тобто застосування простого контролера, відсутності датчиків на валу двигуна ППЧ зі скалярним керуванням користуються попитом і успішно конкурують з дорогими багатofункціональними перетворювачами.

Системи векторного керування можуть бути зі зворотним зв'язком за швидкістю і без неї. Вони є найбільш швидкодіючими і якісними, і забезпечують діапазон регулювання швидкості 1: 1000 і більше. Їх недолік полягає в необхідності використання вбудованого в двигун або прибудованого датчика швидкості.

Для створення високоякісних асинхронних приводів використовується векторне управління. На відміну від скалярного управління в ньому використовується векторне подання регульованих величин, тобто в системі управління крім абсолютних значень струмів і потокозчеплень використовується їх кутове положення в обраній системі координат. У переважній більшості сучасних високоякісних асинхронних електроприводів використовується принцип орієнтації поля, при якому регулювання відбувається в системі координат, жорстко пов'язаної з однією з векторних величин. Як правило, в якості базового вектора використовується потокозчеплення ротора, з яким поєднується. Одна з осей обертається системи координат. Запис величин в системі координат дозволяє розділити канали управління потоком і моментом, причому значення цих величин визначаються незалежно двома складовими струму статора, відповідними проекція вектора струму на осі обертаючої системи координат. Перехід до нової системи координат дозволяє провести аналогію з двигуном постійного струму з незалежним збудженням. Система управління в цьому випадку є класичною системою підлеглого регулювання, в якій контури струмових складових є внутрішніми по відношенню до контурів регулювання потоку і моменту.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Векторне керування ПЧ полягає в одночасному управлінні моментом і потоком двигуна. Для того щоб керувати моментом і потоком в асинхронному двигуні, струм статора повинен керуватися по амплітуді і фазі, тобто величині вектора. Для того щоб керувати фазою щодо ротора, його положення повинно бути відомо, отже, для повного векторного керування повинен використовуватися датчик швидкості, для того щоб повідомити перетворювача положення ротора.

Для багатьох застосувань не потрібно і не можуть бути виправдані додаткові витрати на датчик швидкості. У цьому випадку застосовується програмний алгоритм з математично моделюванням основних властивості двигуна повинен точно обчислити положення і швидкість ротора. Для цього перетворювач повинен:

- Дуже точно контролювати вихідну напругу і струм.
- Обчислити параметри двигуна (опір ротора і статора, індуктивність витоків і т.д).
- Мати точну модель теплових характеристик двигуна.
- Адаптувати параметри двигуна для його умов роботи.
- Мати можливість дуже швидко виконувати математичні обчислення. Це стало можливим при використанні, розробленої фірмою, призначеної для користувача ASIC;
- Мати швидкий процесор з плаваючою крапкою (F2P2).

Це було досягнуто при використанні швидкого процесора з плаваючою точкою, що виконує мільйони обчислень в секунду, що потрібно для досягнення строгих критеріїв роботи. В результаті, вироблений момент збільшений до 150% або більше при 0,5 Гц і більше 200% при 2,5 Гц, і за допомогою теплової моделі адаптації двигуна, робота підтримується у всьому діапазоні температур.

Векторне керування дозволяє:

- розвивати високий момент на низьких оборотах;
- задавати двигуну дуже велике прискорення;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

- здійснити підхоплення двигуна при короткочасному зникненні напруги живлення без перекидання інвертора;
- здійснювати пропуск небажаних для механізму швидкостей (наприклад, пов'язаних з механічними проблемами резонансу).

Векторне керування дозволяє управляти роботою високодинамічних систем, що вимагають дуже високих показників якості регулювання; механізмів з високими вимогами до моменту, як під час пуску, так і при гальмуванні, високоінерціальних механізмів (кранів, верстатів, ліфтів). Система управління в цілому функціонує за принципом регулювання по відхиленню. Задатчик інтенсивності формує необхідну швидкість наростання або спаду задає сигналу, тим самим задається час пуску і гальмування електроприводу. Сигнал зворотного зв'язку по швидкості формується блоком математичної моделі двигуна, яка обчислює фактичне значення швидкості за рахунок вимірювання струму і напруги в обмотках двигуна. При подачі на вхід системи задає сигналу швидкості він порівнюється з сигналом зворотного зв'язку по швидкості з виходу блоку математичної моделі двигуна. У разі невідповідності швидкості заданому значенню сигнал помилки надходить на вхід пропорційно-інтегрального - диференціального регулятора швидкості (ПІД-регулятора), який здійснює пропорційне перетворення сигналу і підсумовування його з попереднім значенням сигналу помилки. За рахунок паралельного зв'язку з диференціюючою складовою швидкості створюється випереджаюча дія регулятора на швидкість наростання сигналу помилки. Керуючий сигнал з виходу регулятора подається далі на блок обчислення моменту і струму. Система здійснює забезпечення струму статора в залежності від сигналу помилки по швидкості. І забезпечує по окремому каналу обмеження максимальних пускових струмів двигуна відповідно до завдання стартового струму I_{start} . Відповідно з вихідним сигналом ПІ-регулятора цього каналу здійснюється корекція вихідного сигналу перетворювача координат задають напруга статора АСД.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому в системі є блок налаштування регулювання співвідношення напруги до частоти з перемикачем. При регулюванні частоти вгору від номіналу $f > f_s$ установка частоти здійснюється в залежності від фактичної швидкості. При цьому значення напруги на обмотках залишається номінальним.

При регулюванні частоти вниз від промислової $f < f_s$ установка напруги здійснюється з корекцією сигналу по фактичній швидкості і частоті f_{slip} при постійному контролі навантаження. При цьому значення напруги на обмотках регулюється вниз від номіналу, в залежності від значення частоти, з метою регулювання перевантажувальної здатності двигуна і запобігання перенасичення магнітної системи машини. За допомогою цих каналів забезпечується налаштування приводу на необхідне навантаження.

Підлегле регулювання координат полягає в підпорядкуванні контуру регулювання струму контуру регулювання швидкості.

В середині 1980-х рр., коли передбачалося, що векторне керування стане стандартом в створенні систем управління, з'явилися нові дослідження, які не використали ідею перетворення координат і аналогії з двигуном постійного струму. На відміну від векторного способу керування, при якому потік і момент керуються впливом на дві струмові складові, новому способу ці величини регулюються безпосередньо, в той час як струми і напруги - побічно. Основна ідея полягає у відмові від звичного широтно-імпульсного модулятора і виборі такого стану інвертора, яке викликає зміна потоку і моменту в потрібну сторону. Цей метод отримав назву прямого керування моментом і потоком, або пряме керування моментом. В даному способі керування використовуються принципи релейного (гістерезисного) управління.

Всі ППЧ додатково можуть мати вбудований пропорційний інтегрально-диференціальний регулятор (ПІД-регулятор) для формування контуру регулювання технологічного параметра, аналогові і частотні входи і виходи, дискретні і релейні входи і виходи для керування допоміжним обладнанням, стандартні канали зв'язку для інтеграції в систему автоматизації і обміну даними

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

з персональним комп'ютером. Як правило, є вбудований або знімний пульт управління з дисплеєм і клавіатурою для налагодження, оперативних змін у налаштуваннях, сигналізації і діагностики.

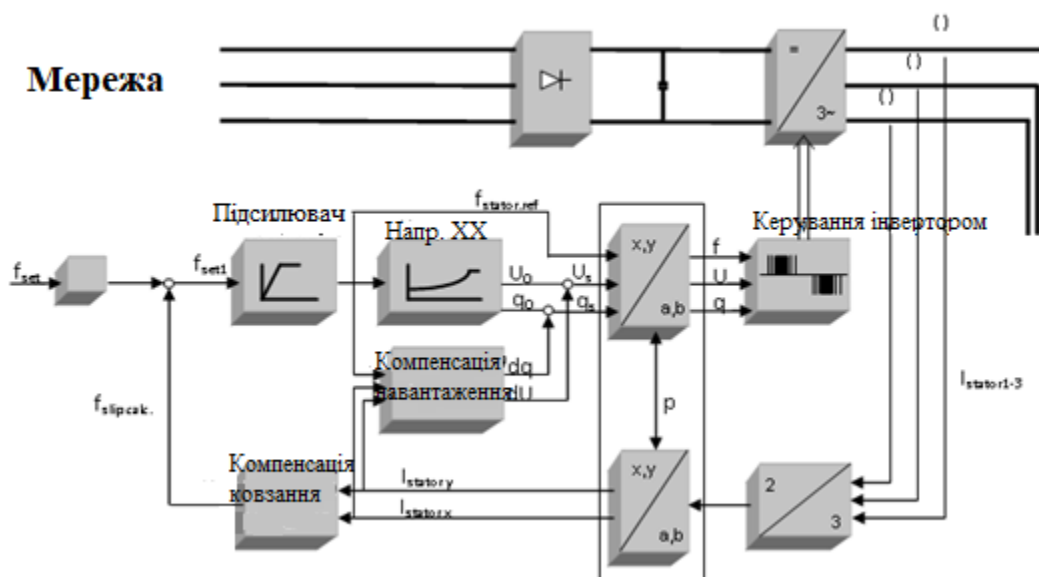


Рисунок 2.11 - Управління вектором напруги (без зворотного зв'язку)

2.6 Розрахунок та вибір кабелю

Оскільки середній час роботи ліфта за добу дорівнює 7-ми годинам, то за рік час роботи ліфта не буде перевищувати 3000 годин, кабель вибираємо по нагріванню.

У керівництві по підключенню ПЧ рекомендується вибирати екранований кабель. Як екран можна використовувати металорукав, його слід заземлити.

Надійна робота проводів і кабелів визначається тривалою допустимою температурою їх нагрівання, значення якої залежить від виду ізоляції. З огляду на умови надійності, безпеки і економічності, ПУЕ встановлюють допустиму температуру нагрівання в залежності від матеріалу провідника, ізоляції, тривалості проходження струму.

Тривало протікаючий по провіднику струм, при якому встановлюється тривало допустима температура нагріву, називається допустимим струмом по нагріванню. Тривало допустимі струми навантаження проводів і кабелів вказані в таблицях 2.6 і 2.7, при максимальній температурі повітря 40 ° С.

Вибір площі перерізу по нагріванню тривалим струмом зводиться до порівняння сили розрахункового струму I_p з допустимим табличним значенням $I_{доп}$ для проводу або кабелю прийнятих марок і умов їх прокладки.

Відкритий провід						Перетин кабелю кв.мм	Закритий провід					
мідь			Алюміній				мідь			алюміній		
струм, А	потужність, кВт		струм, А	потужність, кВт			струм, А	потужність, кВт		струм, А	потужність, кВт	
	220В	380В		220В	380В	220В		380В	220В		380В	
17	3,7	6,4	-	-	-	1	14	3	5,3	-	-	-
23	5	8,7	-	-	-	1,5	15	3,3	5,7	-	-	-
26	5,7	9,8	21	4,6	7,9	2	19	4,1	7,2	14	3	5,3

Таблиця 2.6 - Перетин кабелю при допустимому струмі

Таблиця 2. 7 - Допустимий струм в залежності від перетину і виду прокладки кабелю

Перетин жили	Струм, А, для проводів, прокладених					
	Відкрито	в одній трубі				
		2-х одножильних	3-х двожильних	4-х одножильних	Двожильних	Трьохжильних
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21

При виборі перетину повинна виконуватися умова:

$$I_p \leq I_{\text{доп.}} \quad (2.29)$$

де I_p – розрахунковий струм, який дорівнює максимальному струму двигуна
 $I_p = 18,8A$;

$I_{\text{доп}}$ – допустимий струм для даного перетину жили, в залежності від умов прокладки кабелю.

Вибираємо кабель з перетином жили, рівним 2 мм². Умова вибору виконується, тепер вибираємо відповідний тип кабелю.

Вибираємо кабель типу ВВГ-1 3*2,5 $I_{доп} = 23A$, $U_n = 0,4$ кВ, довжина кабелю $l = 7$ м.

Провіди вибираємо по нагріванню, перетином 1 мм^2 . Тип провoda ВВГ-1 1*1. $I_{доп} = 14A$, $U_n = 0,4$ кВ. Довжина провodu $l_{п} = 6$ м.

2.7 Вибір комутаційної апаратури

Вибір комутаційної апаратури передбачає:

- 1) вибір пускача КП;
- 2) вибір проміжних реле КМ, КБ, КВ, КН;

Сформуємо вимоги до пускачів:

- 1) Напруга живлення котушки $U_{пит.} = 210 - 250$ В, 50Гц.
- 2) Наявність 1-го нормально замкнутого контакту.
- 3) Номінальний струм контактів більше номінального струму двигуна.

Вибираємо пускач типу ПМЛ- 2110. Його характеристики наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Характеристики пускача ПМЛ - 2110

Тип	Номінальний струм контактів	Номінальна напруга	Клас захисту	Напруга котушки	Наявність дод. контактів
ПМЛ-2110	А	кВ		В	
	25	До 0,6	IP54	~220	1 нормально замкнутий

2.8 Розрахунок споживання електроенергії до та після модернізації

Розраховуємо споживання електроенергії до модернізації

Знаходимо середньоквадратичний момент на валу двигуна

$$M_{\text{сер.кв.1.}} = \frac{\sqrt{(M_1^2 + M_1'^2) \cdot t_n + (M_{\text{см1}}^2 + M_{\text{см2}}^2) \cdot (t_{\text{вст.}} + t_{\text{м.}}) + (M_2^2 + M_2'^2) \cdot t_{\text{пер.}}}}{\sqrt{2 \cdot (t_n + t_{\text{вст.}} + t_n + t_{\text{пер.}})}} \cdot \sqrt{\frac{T_{\text{Вр}}}{T_{\text{В}}}} \quad (2.30)$$

де $M_{\text{сер.кв.1.}}$ – еквівалентний момент на валу двохшвидкісного АД, Н·м;

M_1 – момент на валу двигуна при пуску завантаженої кабіни, Н·м;

M_2 – момент при переході з більшої швидкості на меншу завантаженої кабіни, Н·м;

M_1' – момент на валу двигуна при пуску завантаженої кабіни, Н·м;

M_2' – момент при переході з більшої швидкості на меншу завантаженої кабіни, Н·м;

$T_{\text{вст.}}$ – час встановленої роботи, с;

t_n – час пуску двигуна, с;

$t_{\text{пер}}$ – час переходу з більшої швидкості на меншу, с;

$t_{\text{м.}}$ – час руху на малій швидкості, с;

$T_{\text{Вр}}$ – розрахункова тривалість включення, %;

$T_{\text{В}}$ – номінальна тривалість включення, %;

$$M_{\text{сер.кв.1.}} = \sqrt{\frac{(136,6^2 + 100,3^2) \cdot 0,8 + (64,3^2 + 28^2) \cdot 1,95 + (114^2 + 150,3^2) \cdot 0,25 + 64,3^2 + 28^2}{2 \cdot 4,0}} \cdot \sqrt{\frac{32,3}{40}}$$

$$M_{\text{сер.кв.1.}} = 76,14 \cdot 0,898 = 68,42 \text{ Н·м};$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо потужність, споживану двигуном з мережі

$$P_1 = \frac{M_{сер.кв.1} \cdot (\omega_в + \omega_м)}{2 \cdot \eta_{\deltaв}} \quad (2.31)$$

де P_1 – потужність споживана двигуном, кВт;

$\omega_в$ – велика кутова швидкість двигуна, рад/с;

$\omega_м$ – менша кутова швидкість двигуна, рад/с;

$M_{сер.кв.1}$ – еквівалентний момент на валу двохшвидкісного АД, Н·м;

$\eta_{\deltaв}$ – ККД двигуна;

$$P_1 = 68,42 \cdot \frac{(96,3 + 22)}{(2 \cdot 0,83)} = 4,876 \text{ кВт};$$

Знаходимо втрати потужності

$$\Delta P_1 = P_1 \cdot \frac{(1 - \eta_{\deltaв})}{\eta_{\deltaв}} \quad (2.32)$$

де ΔP_1 – втрати потужності при роботі двигуна, кВт;

$\eta_{\deltaв}$ – ККД двигуна;

P_1 – потужність споживана двигуном, кВт;

$$\Delta P_1 = 4,876 \cdot \frac{(1 - 0,83)}{0,83} = 1 \text{ кВт}$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо електроенергію, споживану двигуном з мережі за 1 годину роботи

$$W_1 = P_1 \cdot T \quad (2.33)$$

де W_1 – електроенергія, споживана двигуном за 1 годину роботи, кВт · год;

P_1 – потужність, споживана двигуном з мережі, кВт;

T – час роботи, 1 год;

$$W_1 = 4,876 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розраховуємо споживання електроенергії після модернізації

Знаходимо середньоквадратичний момент на валу двигуна

$$M_{\text{сер. кв.2.}} = \frac{\sqrt{(M_1^2 + M_1'^2) \cdot t_n + (M_{\text{см1}}^2 + M_{\text{см2}}^2) \cdot (t_{\text{вст.}} + t_m) + (M_2^2 + M_2'^2) \cdot t_{\text{пер.}}}}{\sqrt{2 \cdot (t_n + t_{\text{вст.}} + t_n + t_{\text{пер.}})}} \cdot \sqrt{\frac{TB_p}{TB}} \quad (2.34)$$

де $M_{\text{сер.кв.2.}}$ - еквівалентний момент на валу одношвидкісного АД, Н·м;

M_1 - момент на валу двигуна при пуску завантаженої кабіни, Н·м;

M_2 - момент при переході з більшої швидкості на меншу завантаженої кабіни, Н·м;

M_1' - момент на валу двигуна при пуску завантаженої кабіни, Н·м;

M_2' - момент при переході з більшої швидкості на меншу завантаженої кабіни, Н·м;

$t_{\text{вст.}}$ - час встановленої роботи, с;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{п.}$ - час пуску двигуна, с;

$t_{пер}$ - час переходу з більшою швидкості на меншу, с;

$t_{м.}$ - час руху на малій швидкості, с;

$TВ_p$ - розрахункова тривалість включення, %;

$TВ$ - номінальна тривалість включення, %;

$$M_{ср.кв.2} = \sqrt{\frac{(70,5^2 + 32,3^2) \cdot 1,5 + (64,3^2 + 28^2) \cdot 1,5 + (55,3^2 + 21,7^2) \cdot 0,8 + (64,3^2 + 28^2) \cdot 0,6}{2 \cdot 4,40}} \cdot \sqrt{\frac{32,3}{40}}$$

$$M_{ср.кв.2} = 50,2 \cdot 0,898 = 45,08 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Знаходимо потужність, споживану двигуном з мережі

$$P_2 = \frac{M_{ср.кв.2} \cdot (\omega_{в} + \omega_{м})}{2 \cdot \eta_{дв}} + P_{пч} \quad (2.35)$$

де P_2 - потужність споживана двигуном, кВт;

$P_{пч}$ - втрати потужності в ПЧ, $P_{пч} = 0,2$ кВт;

$\omega_{в}$ - велика кутова швидкість двигуна, рад / с;

$\omega_{м}$ - менша кутова швидкість двигуна, рад / с;

$M_{ср.кв.2}$ - еквівалентний момент на валу одношвидкісного АД, Н·м;

$\eta_{дв}$ - ККД двигуна;

$$P_2 = 45,08 \cdot \frac{(92,4 + 20,1)}{(2 \cdot 0,845)} + 0,2 = 3,2 \text{ кВт};$$

Знаходимо втрати потужності

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

$$\Delta P_2 = P_2 \cdot \frac{(1-\eta_{\text{дв}})}{\eta_{\text{дв}}} \quad (2.36)$$

де ΔP_2 – втрати потужності при роботі двигуна, кВт;

$\eta_{\text{дв}}$ – ККД двигуна;

P_2 – потужність споживана двигуном, кВт;

$$\Delta P_1 = 3,2 \cdot \frac{(1-0,845)}{0,845} = 0,59 \text{ кВт}$$

Знаходимо електроенергію, споживану двигуном з мережі за 1 годину роботи

$$W_2 = P_2 \cdot T \quad (2.37)$$

де W_2 - електроенергія, споживана двигуном за 1 годину роботи, кВт · год;

P_2 - потужність, споживана двигуном з мережі, кВт;

T - час роботи, 1 год;

$$W_2 = 3,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

З ДОСЛІДЖЕННЯ
ДИНАМІКИ
ЕЛЕКТРОПРИВОДА

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

3.1 Розробка математичної моделі електропривода

На рис. 3.1 наведено функціональну схему електропривода, на основі якої розроблено структурну схему рис. 2.2. Основне припущення під час побудови структурної схеми: робота АД на ділянці механічної характеристики в межах значень абсолютного ковзання $S_a \leq S_k$.

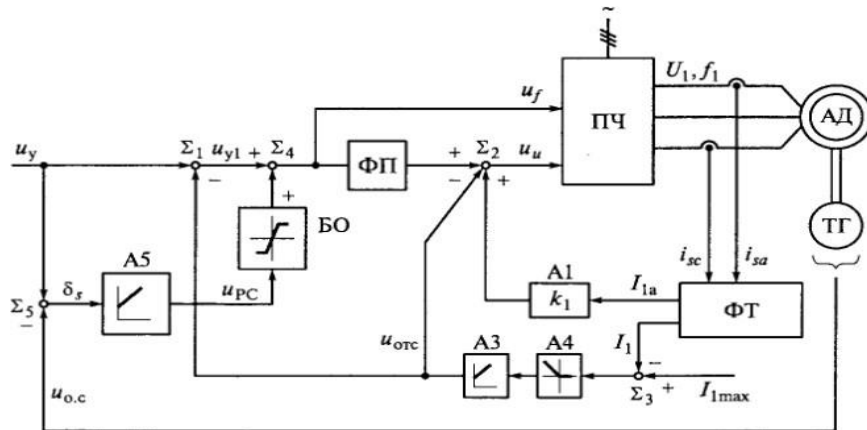


Рисунок 3.1 - Функціональна схема системи ПЧ-АД зі зворотним зв'язком за швидкістю

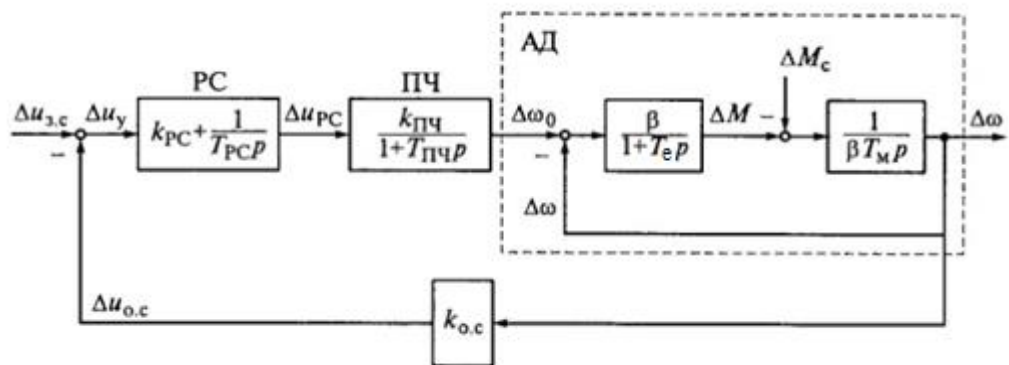


Рисунок 3.2 - Структурна схема системи ПЧ-АД зі зворотним зв'язком за швидкістю

Для АД загальнопромислового призначення критичне ковзання

$S_k = 0,05 \dots 0,5$ (менші значення характерні для потужних двигунів), $T_e = 0,006 \dots 0,06$ с.

При роботі АД в зоні частот $f_1 \leq f_{1\text{ном}} = 50$ Гц і номінальному сигналі керування перетворювачем $u_{y.\text{ПЧном}}$ має місце співвідношення

$$\frac{\Delta f_1}{\Delta u_{pc}} = \frac{f_1}{u_{y.\text{ПЧном}}} \quad (3.1)$$

Стала часу $T_{\text{ПЧ}}$ кола керування ПЧ при високих частотах модуляції вихідної напруги промислових ПЧ (2...30 кГц) не перевищує 0,001 с.

Передатна функція ПІ-регулятора швидкості

$$W_{pc}(p) = \frac{\Delta u_{pc}}{\Delta u_y} = k_{pc} + \frac{1}{T_{pc}p} \quad (3.2)$$

Передатна функція ланцюга зворотного зв'язку за швидкістю двигуна

$$W_{o.c}(p) = \frac{\Delta u_{o.c}}{\Delta \omega} = k_{o.c} \quad (3.3)$$

При номінальному сигналі управління електроприводом, рівному $u_{z.c.\text{ном}}$, і відповідної йому номінальної швидкості АД $k_{o.c} = u_{z.c.\text{ном}}/\omega_{\text{ном}}$.

Відповідно до структурної схеми АД його результуюча передатна функція за відхиленням

$$W_{д(p)} = \frac{\Delta \omega}{\Delta \omega_0} = \frac{1}{T_e T_M p^2 + T_M p + 1} \quad (3.4)$$

Якщо $T_M \geq 4T_e$, то

$$W_{д(p)} = \frac{1}{(T_{01}p+1)(T_{02}p+1)} \quad (3.5)$$

де

$$\frac{1}{T_{01}} = \frac{1}{2T_e} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_M}} \right) \quad (3.6)$$

$$\frac{1}{T_{02}} = \frac{1}{2T_e} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_M}} \right) \quad (3.7)$$

3.2 Параметри системи керування

Наведені на рис. 3.2 змінні розраховуються виходячи з параметрів асинхронного двигуна наступним чином.

Розрахунок параметрів САР і моделювання проводимо у відносних одиницях.

Задавач інтенсивності:

$$Kzi = \frac{10}{t} \quad (3.8)$$

$$Kzi = \frac{10}{0,053} = 187,458$$

де

$$t = j \cdot \frac{\omega_0}{M_n} \quad (3.9)$$

$$t = 0,053$$

Стала часу та коефіцієнт передачі ПЧ:

$$T_{пч} = 0,005$$

$$k_{пч} = \frac{\omega_0}{10} \quad (3.10)$$

$$k_{пч} = \frac{104.72}{10} = 10,472$$

Коефіцієнт жорсткості механічної характеристики:

$$\beta = \frac{2 \cdot M_{kr}}{\omega_0 \cdot S_{kr}} \quad (3.11)$$

$$\beta = 4,615$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електромагнітна стала часу двигуна:

$$T_e = \frac{1}{\omega_0 \cdot S_{kr}} \quad (3.12)$$

$$T_e = 0,011 \text{ с}$$

Електромеханічна стала часу двигуна:

$$T_M = 4 \cdot T_e \quad (3.13)$$

$$T_M = 0,044 \text{ с}$$

Коефіцієнт передачі негативного зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_{oc} = \frac{10}{\omega_0} \quad (3.14)$$

$$k_{oc} = 0,095$$

Коефіцієнт підсилення механічної частини двигуна:

$$k_{мч} = \frac{1}{\beta \cdot T_M}$$

$$(3.15)$$

$$k_{мч} = 4,977$$

$$T_\mu = \frac{2 \cdot T_e}{1 - \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{T_e}{T_M}}} \quad (3.16)$$

$$T_\mu = 0,027$$

$$T_{01} = \frac{2 \cdot T_e}{1 + \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{T_e}{T_M}}} \quad (3.17)$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{01} = 0,022$$

Коефіцієнт передачі інтегральної частини регулятора швидкості:

$$T_{pc} = k_{o.c} \cdot k_{пч} \cdot a_{\mu} \cdot T_{\mu} \quad (3.18)$$

$$T_{pc} = 0,107$$

$$\frac{1}{T_{pc}} = 9,339 \quad (3.19)$$

Коефіцієнт передачі пропорційної частини регулятора швидкості:

$$k_{pc} = \frac{T_{01}}{T_{pc}} \quad (3.20)$$

$$k_{pc} = 0,203$$

3.3 Моделювання

Згідно розрахунку параметрів п. п. 3.2 у середовищі MATLAB\Simulink побудована модель електроприводу (рис. 3.3). Наявність на вході регулятора швидкості задавача інтенсивності сприяє зменшенню динаміки в електромагнітних частинах приводу [8].

Дослідження системи електропривода виконувалось для режимів:

- пуск від задавача інтенсивності за номінального навантаження;
- усталений режим за номінальних параметрів;
- пуск до швидкості, меншої на 30 %;
- усталена робота на меншій швидкості;
- гальмування до повної зупинки.

Для реалізації поставлених режимів модель рис. 3.3 оснащено рядом програмованих перемикачів, які перемикаються у функції часу. Вони перемикають константи що визначають завдання на швидкість та навантаження.

Криві перехідних процесів показано на рис. 3.4.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

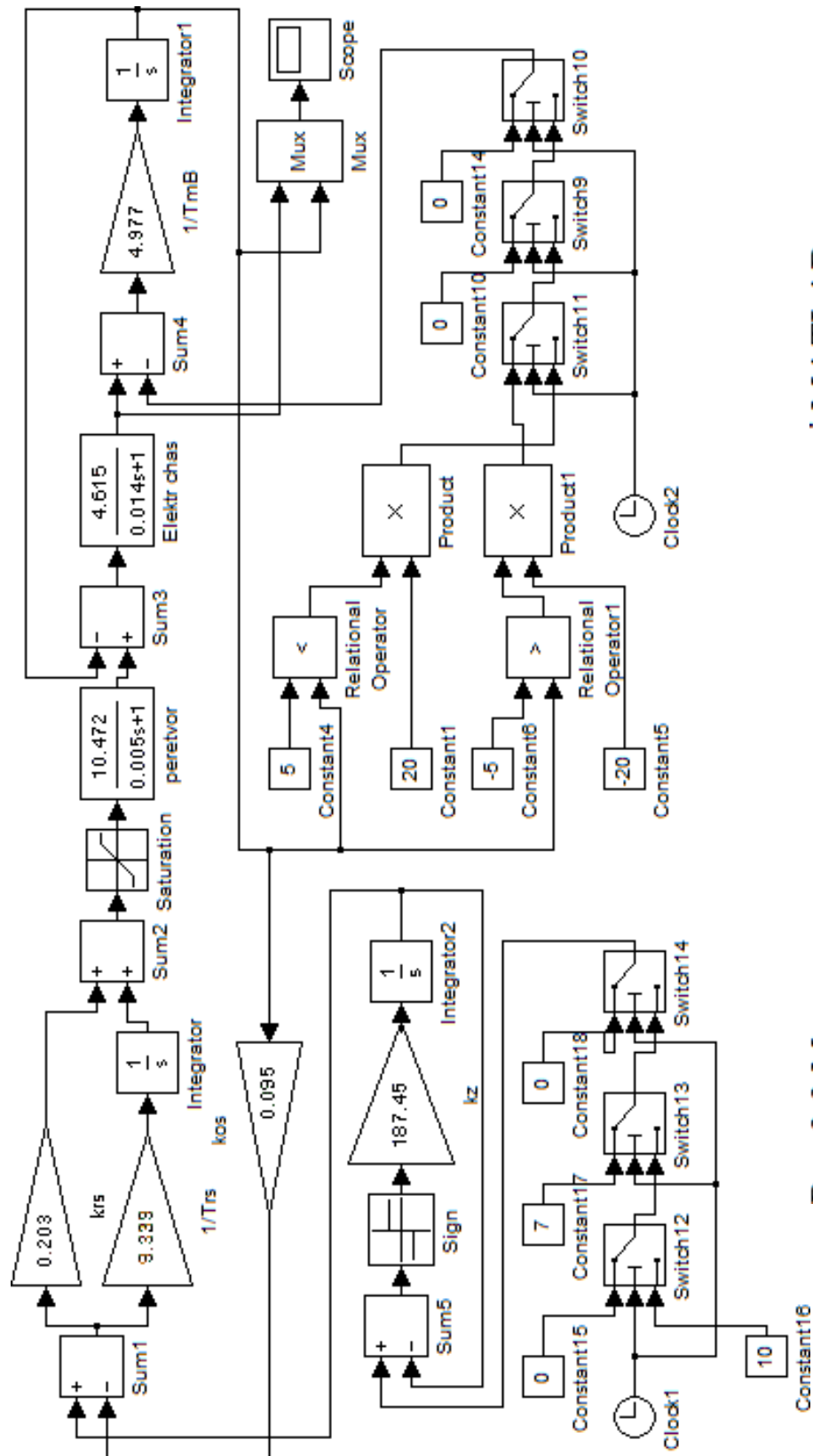


Рис.3.3 Модель електроприводу у середовищі MATLAB

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

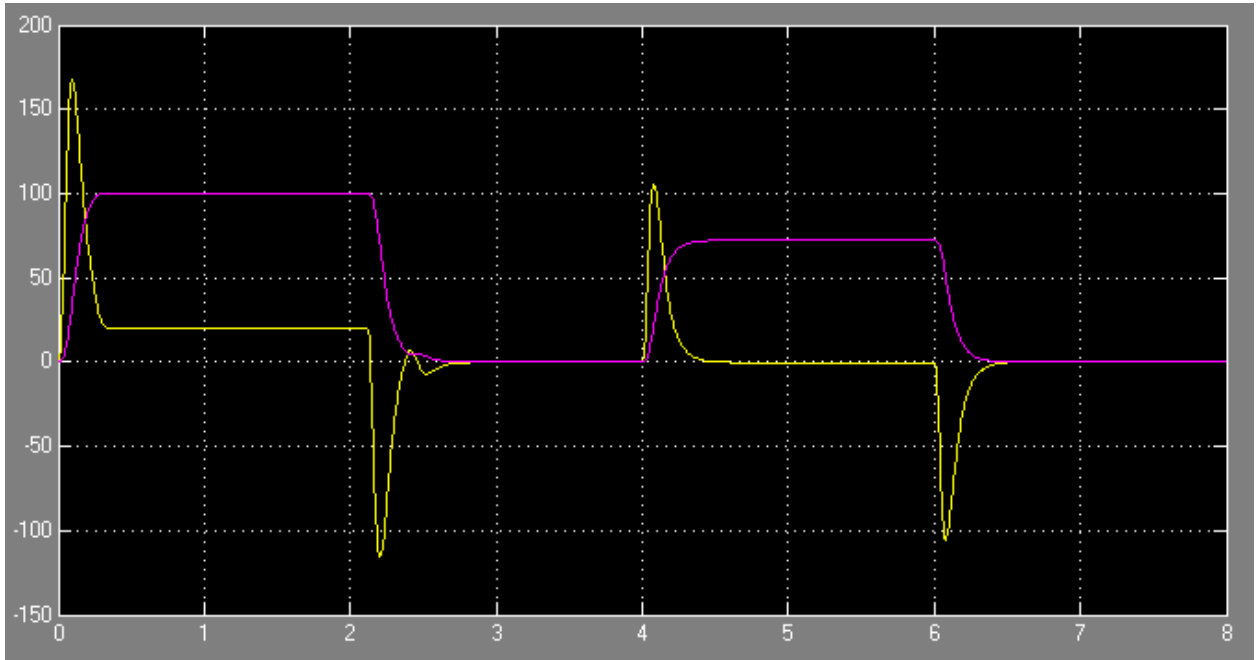


Рисунок 3.4 – Графік перехідних процесів

Висновок.

Аналізуючи графіки перехідних процесів швидкості та моментів можна зробити наступні висновки.

Отримана система управління відповідає заявленим вимогам. Діапазон регулювання задовольняє технологічної необхідності. В цілому результати моделювання підтверджують працездатність спроектованої системи електроприводу.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

4.1 Вступ

Основним завданням техніко-економічного обґрунтування є доведення економічної доцільності використання перетворювача частоти для керування електричним двигуном приводу переміщення ліфта.

У кваліфікаційній роботі запропоновано модернізувати систему електропривода пасажирського ліфта на більш сучасну, використовуючи заміну двохшвидкісного асинхронного двигуна на одношвидкісний та перетворювач частоти. Це технічне рішення сприятиме зниженню витрат на обслуговування електродвигуна, підвищить надійність роботи системи у цілому, відповідно значно зменшиться споживання електроенергії.

Застосування електродвигуна керованого за допомогою перетворювача частоти не тільки покращить швидкодію та точність роботи двигуна, що в свою чергу позитивно вплине на конкурентоспроможність, а й поліпшить техніко-економічні показники.

В техніко-економічному обґрунтуванні необхідно вирішити наступні завдання:

- визначити обсяг капітальних витрат;
- розрахувати обсяг експлуатаційних витрат;
- визначити річну економію від впровадження науково-технічного рішення;
- визначити та проаналізувати показники економічної ефективності [9].

4.2 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних засобів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні інвестиції з реалізації науково-технічного рішення можуть включати:

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

- витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;

- витрати, пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;
- витрати, пов'язані з виконанням монтажних-налагоджувальних робіт;
- витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації науково-технічного рішення.

Підрахунок витрат здійснюється на основі цін, наведених в прайс-листі виробників обладнання та інших довідкових матеріалів. Зведення капітальних витрат представлені у таблиці 3.1.

Для визначення проектних капіталовкладень використовується формула:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} \quad (4.1)$$

де $K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i)$ – вартість придбання електрообладнання;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів, од.;

$Z_{\text{тзс}}$ – транспортно-заготівельні та складські витрати, грн;

$Z_{\text{м}}$ – витрати на монтажні роботи, грн;

$Z_{\text{н}}$ - витрати на налагоджувальні роботи, грн;

$Z_{\text{пр}}$ – інші одноразові вкладення грошових коштів, грн.

$$K_{\text{пр}} = 6180 + 13824 + 38565 + 672 + 1728 + 238 + 32,2 + +1331 + 444,63 + 530,67 = 63513,3 \text{ грн.}$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат, грн

Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість, шт.	Ціна за од., грн	Сума, грн	Обґрунтування	З _{тзс} , грн
Двигун головного приводу АИРМ132S6 (n=960 об/хв, P=5,5 кВт, ККД=84,5%, довжина 470 мм, висота 300 мм, ширина 300 мм, вага 75 кг)	1	6180	6180	SYSTEMAX™, https://systemax.com.ua/p22840406-elektrodivigatel-air132s6-air.html м. Київ, Брест-Литовське шосе, 7Б	489
Гальмівний модуль VW3A7733 (P _n =96 Вт, R=60 Ом, ширина 190 мм, висота 570 мм, глибина 180 мм, маса 3,8 кг)	2	6912	13824	ООО «Ин-Лайт» https://schneider.kiev.ua/schneider-electric-vw3a7733-galmivniy-rezistor-dlya-atv900 м. Київ, проспект Відрадний 95	255
Перетворювач частоти ATV930U75M3 (P=5,5 кВт, ККД=96%, ширина 211 мм, висота 545,9 мм, глибина 235 мм, вага 13,8 кг)	1	38565	38565	ООО «Ин-Лайт» https://schneider.kiev.ua/schneider-electric-atv930u75m3-peretvorchastoti-atv930-75-kvt-220v м. Київ, проспект Відрадний 95	330
Пускач ПМЛ-2110 (I _{ном} = 25 А, U _{ном} =0,6 кВ, 134x185x101мм, вага 1,07 кг)	1	672	672	ООО “Кабельные-технологии” https://kabelshop.com.ua/magnitnyi-puskatel-pml-2110-o2a-220v-etajl м. Харків, вул Москалівська, 167	88
Проміжне реле РЕП-20с (I _{ном} = 1 А, U _{ном} =0,22 кВ, 85x48x87 мм, вага 0,3 кг)	4	432	1728	https://rozetka.com.ua/211407139/p211407139/ м. Київ	109
Кабель від ПЧ до АД (ВВГ 3×2,5, I _{ном} = 23А, U _{ном} =0,4)	7	34	238	https://epicentrk.ua/shop/kabel-gibkiy-expert-power-kg-3x2-5.html м. Дніпро, вул. Стартова, 9-А	30
Провід для ланцюгів управління (ВВГ 1×1, I _{ном} = 14 А, U _{ном} =0,4)	6	4,6	32,2	https://epicentrk.ua/shop/provod-expert-power-pv-3-1-0.html м. Дніпро, вул. Стартова, 9-А	30
Кошти на монтажні-налагоджувальні роботи					975,3
Кошти транспортно-заготівельні					1331,0
Усього капітальних витрат					63513,3

ЕП.КР.20.15.01.ПЗ

Арк.

96

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат ($Z_{тзс}$) визначається виходячи з прейскуранта цін «Нової пошти» і розрахована за калькулятором <https://novaposhta.ua/ru/delivery>. Доставка здійснюється кур'єром до м. Дніпро.

Таким чином, загальна сума транспортно-заготівельних і складських витрат дорівнює:

$$K_{тзс} = 489 + 255 + 330 + 88 + 109 + 30 + 30 = 1331,0 \text{ грн.} \quad (4.2)$$

Витрати на монтаж та налагодження

Витрати на монтажні (Z_M) і на налагоджувальні роботи (Z_H) можна визначити наступним чином:

$$Z_M = \sum(C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{сз} \cdot K_{пр} \quad (4.3)$$

$$Z_M = \sum(1 \cdot 35,9 \cdot 4 + 1 \cdot 39,4 \cdot 4) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 444,63 \text{ грн.}$$

$$Z_H = \sum(C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{сз} \cdot K_{пр} \quad (4.4)$$

$$Z_H = \sum(1 \cdot 39,4 \cdot 8) \cdot 1,15 \cdot 1,22 \cdot 1,2 = 530,67 \text{ грн.}$$

де C_i – чисельність робітників 3 - го та 4 - го розрядів, необхідних для виконання монтажних і налагоджувальних робіт, чол.

a_i - годинна тарифна ставка робітника 3-го, 4 - го розряду, грн.

t_i – час, необхідний для виконання монтажних і налагоджувальних робіт, год.

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{сз}$ – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи;

$K_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних і налагоджувальних робіт.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування (проектний і базовий варіанти) за рік:

$$C_{\text{пр}} = C_a + C_3 + C_c + C_T + C_э + C_{\text{пр}} \quad (4.5)$$

$$C_{\text{пр}} = 11432,39 + 1095,636 + 51520,0 = 64048,026 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{баз}} = C_a + C_3 + C_c + C_T + C_э + C_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

$$C_{\text{баз}} = 6615 + 30750,918 + 78503,6 = 115869,518 \text{ грн.}$$

C_a - амортизаційне відрахування, грн;

C_3 - заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн;

C_c - відрахування на соціальні заходи від заробітної плати, грн;

C_T - витрати на тех.обслуговування і поточний ремонт обладнання, грн;

$C_э$, вартість електроенергії споживаної об'єктом проектування, грн;

$C_{\text{пр}}$ інші експлуатаційні витрати, грн.

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$Na = \frac{\Phi_{\text{п}} - Л}{\Phi_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}} \cdot 100, \% \quad (4.7)$$

де $\Phi_{\text{п}}$ – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів ($\Phi_{\text{п}} = K_{\text{пр}}$),

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T_n – термін корисного використання (амортизаційний період),

L – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів ($10 \% K_{пр}$)

$$N_a = \frac{63513,3 - 6351,33}{63513,3 \cdot 5} \cdot 100 = 18 \%$$

Розраховуємо річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом та отримані дані заносимо до таблиці 4.2.

$$AO = \frac{\Phi_n \cdot N_a}{100} \quad (4.8)$$

$$AO_{пр} = \frac{63513,3 \cdot 18}{100} = 11432,394 \text{ грн.}$$

$$AO_{баз} = \frac{36750 \cdot 18}{100} = 6615,0 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.2 – Амортизаційні відрахування

№	Найменування показників	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
1.	Проектний варіант	63513,3	18	11419,07
2.	Базовий варіант	36750,00	18	6615,0

Базовий варіант включає вартість двохшвидкісного асинхронного двигуна та допоміжного обладнання, що використовувалося до модернізації.

Розрахунок річного фонду заробітної плати

Чисельність робітників не змінилася. Пасажирський ліфт обслуговує один електромонтер 3 – го розряду та один електромонтер 4 – го розряду.

Визначення річних витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт

Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати за формулою:

$$З_{т.р.пр} = \sum_{i=1}^n (R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\phi}) \quad (4.9)$$

$$З_{т.р.пр} = \left(35,9 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 2,1 + \frac{432 \cdot 1}{130000} \cdot 8050 \right) + \left(39,4 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 2,1 + \frac{672 \cdot 1}{17520} \cdot 8050 \right) = 1095,636 \text{ грн.}$$

$$З_{т.р.баз} = \sum_{i=1}^n (R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\phi}) \quad (4.10)$$

$$З_{т.р.баз} = \left(39,4 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 2,1 + \frac{3350 \cdot 2}{10000} \cdot 8050 \right) + \left(35,9 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 2,1 + \frac{550 \cdot 2}{8760} \cdot 8050 \right) + \left(35,9 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 2,1 + \frac{425 \cdot 3}{17520} \cdot 8050 \right) + \left(35,9 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 2,1 + \frac{515 \cdot 4}{8760} \cdot 8050 \right) + \left(39,4 \cdot 15 \cdot 0,1 \cdot 2,1 + \frac{11045 \cdot 2}{8760} \cdot 8050 \right) = 30750,918 \text{ грн.}$$

де n - число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

R_i - годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн;

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

t_i - трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю залежно від виду ремонту год./ од .: малого - 1,2; середнього - 7,0; капітального - 15,0.

m_i - число ремонтів за рік (для закритих електромашин число малих ремонтів – 2, середніх – 1, капітальних – 0,1);

R_{Σ} - сумарна категорія складності ремонту в залежності від виду електрообладнання:

- ✓ асинхронний двигун від 0,5 до 5 кВт - 1,3;
- ✓ асинхронний двигун від 5 до 10 кВт - 2,1;
- ✓ асинхронний двигун від 55 до 75 кВт - 6,0;
- ✓ машини постійного струму від 0,5 до 5 кВт - 2,5;
- ✓ електродвигуни та генератори постійного струму від 55 до 75 кВт - 10,0.

S_i - вартість однотипних замінних елементів, грн.;

Π_i - кількість однотипних замінних елементів;

T_i - середній термін служби деталей даного типу, год.;

T_{ϕ} - число годин роботи апаратури в рік, год.

Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності (з врахуванням втрат потужності розрахованої в п.п. 2.8) і річного фонду робочого часу об'єкта проектування (для проектного і базового варіантів):

$$C_{e\text{ пр}} = W_p \cdot C_e \quad (4.11)$$

$$C_{e\text{ пр}} = (3,2 \cdot 8050) \cdot 2 = 51520,0 \text{ грн.}$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

$$C_{e \text{ баз}} = W_p \cdot C_e \quad (4.12)$$

$$C_{e \text{ баз}} = (4,876 \cdot 8050) \cdot 2 = 78503,6 \text{ грн.}$$

де W_p – кількість спожитої за рік електроенергії, кВт·год;

C_e – тариф на електроенергію для для побутових споживачів (промислових підприємств). Джерело - <https://index.minfin.com.ua/tariff/electric/prom/>.

Визначення інших витрат

Інші витрати не визначаються, тому що обслуговуючий персонал не змінився після модернізації електропривода.

4.4 Визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування

Річна економія від впровадження прийнятого науково-технічного рішення ($E_{кр}$) може полягати в наступному:

- безпосередній економії ресурсів (електроенергії), зниженні собівартості і збільшенні прибутку від реалізації продукції (за інших рівних умов);
- економією платежів за спожиту електроенергію за рахунок: застосування диференційованих (багатозонних) тарифів на електроенергію та упорядкування графіка навантажень або підвищення класу точності приладів обліку;
- збільшенні випуску продукції за рахунок скорочення часу простоїв основного технологічного обладнання і поліпшення якості продукції. Це також призводить до збільшення прибутку підприємства в результаті збільшення обсягу реалізації і продажної ціни (за інших рівних умов);
- скорочення екологічних платежів, обумовленому зменшенням шкідливих викидів підприємства у навколишнє природне середовище.

Якщо річну економію передбачається отримувати тільки при впровадженні даного проектного варіанту, а саме внаслідок заміни застарілого обладнання, то розрахунок повної річної економії може здійснюватися за формулою:

$$E_{кп} = E_{кр} \pm \Delta C, \text{ грн.} \quad (4.13)$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

де ΔC – економія (перевитрата) на експлуатаційних витратах.

$$E_{\text{кп}} = 115869,518 - 64048,026 = 51827,492 \text{ грн.}$$

4.5 Визначення та аналіз показників економічної ефективності

Оцінка економічної ефективності розглянутих в дипломному проекті технічних і організаційних рішень здійснюється на основі визначення та аналізу наступних показників:

а) розрахункового коефіцієнта ефективності (прибутковості) капітальних витрат E_p ;

б) терміну окупності капітальних витрат T_p .

Коефіцієнт ефективності (прибутковості) капітальних витрат E_p показує, скільки гривень додаткового прибутку (економії) приносить одна гривня капітальних витрат:

$$E_p = E_{\text{кп}}/K_{\text{пр}}, \text{ долі од.}, \quad (4.14)$$

де $E_{\text{кп}}$ - загальна річна економія від впровадження об'єкта проектування (формула 4.13), тис. грн.;

$K_{\text{пр}}$ - капітальні витрати за варіантом, що викликали економію, тис. грн.

$$E_p = 51827,492/63513,3 = 0,816$$

Термін окупності капітальних витрат T_p показує, за скільки років вони окупляться за рахунок загальної економії від впровадження прийнятого технічного рішення:

$$T_p = K_{\text{пр}}/E_{\text{кп}}, \text{ років} \quad (4.15)$$

$$T_p = \frac{63513,3}{51827,492} = 1,226$$

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для остаточної оцінки варіантів і вибору найбільш ефективного з них необхідно порівняти розрахункове значення E_p з нормативним значенням E_n .

Проект (варіант) капітальних вкладень визнається доцільним за умови

$$E_p > E_n \quad (4.16)$$

При $E_p < E_n$ варіант є збитковим і більш економічним визнається відмова від його реалізації.

Визначити нормативне значення коефіцієнта ефективності можна також виходячи з прийнятої для підприємства індивідуальної норми прибутковості:

$$E_n = 1/T_{оч} \quad (4.17)$$

де $T_{оч}$ – очікуваний, прийнятний для підприємства термін окупності капітальних вкладень, років.

$$E_n = \frac{1}{2} = 0,5$$

$E_p = 0,816 > E_n = 0,5$, отже, проект капітальних вкладень даної кваліфікаційної роботи визнається доцільним.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

Таблиця 4.3 - Порівняльна оцінка техніко-економічних показників

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Базовий (альтернативний) варіант	Проектний варіант	Зміни у порівнянні з альтернативним варіантом	
					± (тис. грн)	%
1	2	3	4	5	6	7
1	Капітальні витрати	тис. грн.	36750,0	63513,3	+ 26763,3	72,83
2	Експлуатаційні витрати всього	тис. грн.	115869,518	64048,026	- 51827,492	44,73
	у тому числі:					
	* амортизаційні відрахування	тис. грн.	6615,0	11432,39	+ 4817,39	72,83
	* технічне обслуговування та поточний ремонт	тис. грн.	30750,918	1095,636	- 29655,282	96,44
	* вартість споживаної електроенергії	тис. грн.	78503,6	51520,0	- 26983,6	34,37
3	Річна економія всього	тис. грн.	51827,492			
4	Розрахунковий коефіцієнт ефективності	долі од.	0,5	0,816	+0,316	63,2
5	Розрахунковий термін окупності капітальних вкладень	років	2,0	1,226	-0,613	30,65
6	Економія електроенергії	кВт·год	4,876	3,2	- 1,968	40,36

Висновок:

У розрахунках цього розділу кваліфікаційної роботи були вирішені всі поставлені задачі: отримані значення проектних капіталовкладень, витрат на монтажні і налагоджувальні роботи, річних експлуатаційних витрат, вартості електроенергії, споживаної об'єктом проектування впродовж року, витрат на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації, річній економії від впровадження прийнятого технічного рішення, коефіцієнта ефективності капітальних витрат, терміну окупності капітальних витрат.

Річна економія від модернізації пропонованого устаткування складає 51827,492 гривень.

Експлуатаційні витрати знизились на 44,73 %. Термін окупності капітальних витрат T_p складає 1,226 рік. Коефіцієнт ефективності (прибутковості) капітальних витрат E_p складає 0,816 та перевищує нормативне значення E_n , тож використання даної моделі є доцільним.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розраховано автоматизований електропривод пасажирського ліфта, а саме: обрано відповідний вимогам двигун та перетворювач частоти.

Розрахована система автоматичного керування. На базі цих розрахунків створена модель електропривода, з якої зняті характеристики перехідних процесів.

У розділі техніко-економічного обґрунтування шляхом розрахунків встановлена доцільність обраної моделі.

Аналізуючи все вищезазначене можна сказати, що у кваліфікаційній роботі була доведена доцільність використання розглянутої системи автоматичного керування.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Обухов А. И. Монтаж лифтов и канатных дорог : справочник / А. И. Обухов [и др.] ; под ред. А. И. Обухова. - 2-е изд., доп. и перераб. - М. : Стройиздат, 1983. - 279 с.
2. Проектирование механического оборудования лифтов. Третье издание: -М.: Монография. Издательство АСВ, 2005, - 336 с.
3. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. та інші. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. Навч. посіб. за напрямом «Електромеханіка» / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та інші. – К.: Либідь, 2005. – 680 с. Ч1.
4. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. та інші. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. Навч. посіб. за напрямом «Електромеханіка» / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та інші. – К.: Либідь, 2005. – 680 с. Ч2.
5. Теорія електропривода: Підручник / М.Г. Попович, М.Г. Борисюк, В.А. Гаврилюк та ін.; За ред. М.Г. Поповича. – К.: Вища шк., 1993 – 494 с.
6. Преобразователи частоты « Altivar Process ATV900 » Shneider Electric, Каталог - 2016 г. Режим доступа: <https://elprivod.nmu.org.ua/ua/student/techdoc/pch/Altivar%20Process%20ATV900%D0%BA%D0%B0%D1%82%20%D1%80%D1%83%202016.pdf>
7. Казачковський М. М. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти: навч. посіб. [Електронний ресурс] / М. М. Казачковський ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Електрон. текст. дані. – 2-ге вид., випр. та допов. – Дніпро.: НГУ, 2017. – 324 с.
8. Терехов В. М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений. Под ред. В.М.Терехова. — 2-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 304 с.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

9. Методичні вказівки до виконання економічної частини кваліфікаційної роботи для студентів напряму підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укладач: Л.В. Тимошенко - Дніпро: НТУ «ДП», 2020. - 18 с.

					ЕП.КР.20.15.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		109

Додаток А

Ліфт працює в повторно-короткочасному режимі, відноситься до 2-ї групи по ЕСТ. Технічні дані ліфта представлені в таблиці 5.1. Висота поверху 3 метри. Висота шахти 51 метр. Машинне приміщення знаходиться на верху.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані

Назва	Кількість, шт	Тип	Маса, кг	Примітка
Кабіна ліфта	1	ЛП-0621	740	Вантажопідйомність 630 кг
Тяговий канат	4	ЛК-0 6*19(1+9 +9)+1 о.с.	39,4кг/ 100м	Діаметр d=10,5 мм Довжина одного елемента l=54 м Мін. дозв.. навантаження 52,65 кН; Кз=15,5
Противага	1	-	992	Знаходиться позаду
Лебідка	1	ЛЛ-0501		Передавальне число редуктора i=30 Діаметр КВШ D=650 мм Швидкість підйому V=1 м/с ККД=0,75
Двигун головного приводу	1	5АН200S 6/24		n=920/210 об/хв P=5,6/1,3 кВт До 180 пусків/год ККД=83%
Шафа управління ліфтом	1	ШОК5906		Використовується разом з блоком ЯОК9501УХЛ4
Блок парного управління ліфтами А і Б	1	ЯОК9501 УХЛ4		Один на дві шафи управління
Електромагнітне гальмо	1	КМТД- 100	11	M _г = 40 Нм, D _{шк} = 160 мм,