

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, магістра)

студента Галати Ганни Володимирівни

(ПІБ)

академічної групи 141М-21-4

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код та назва спеціальності)

спеціалізації Електромеханічні системи автоматизації та електропривод

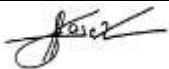
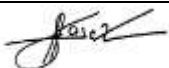

за освітньо-кваліфікаційною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(Офіційна назва)

на тему Модернізація електропривода пасажирського ліфта (ПП-401А) з вантажопідйомністю 350 кг

»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Балахонцев О.В.	90	Відмінно	
Розділів:				
Спеціальна частина	Балахонцев О.В.	90	Відмінно	
Техніко-економічне обґрунтування	Тимошенко Л.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Балахонцев О.В.	95	Відмінно	

Дніпро
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
Електропривода

(повна назва)

Худолій С.С.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« »

2022 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу ступеня магістра

(бакалавра, магістра)

студенту Галати Ганни Володимирівни
(ПІБ)

академічної групи 141М-21-4
(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

спеціалізації Електромеханічні системи автоматизації та електропривод


за освітньо-кваліфікаційною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(Офіційна назва)

на тему Модернізація електропривода пасажирського ліфта (ПП-401А) з вантажопідйомністю 350 кг

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 13.09.2022 № 918-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
1. Технологічна частина	Розрахунок та вибір електротехнічного обладнання, дослідження динаміки електроприводу.	01.09.2022- 10.09.2022
2. Автоматизований електропривод	Складання функціональної схеми, оцінка діючих сил, вибір складових електропривода.	
3. Дослідження динаміки електропривода	Моделювання системи, отримання вихідних функцій.	
4. Техніко-економічне обґрунтування	Розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат, визначення та аналіз показників економічної ефективності.	

Завдання видано


(підпис керівника)

Балахонцев О.В.

(прізвище, ініціали)


Дата видачі

01.09.2022 р

Дата подання до екзаменаційної комісії

11.12.2022 р.

Прийнято до виконання


(підпис студента)

Галата Г.В.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: стор.60, рис. 13, табл.7, 6 джерел, 2 листа графічної частини.

Об'єкт детальної розробки: Модернізація електропривода пасажирського ліфта (ПП-401А) з вантажопідйомністю 350 кг.

Мета роботи: Добути досвід з проектування систем автоматизованого електроприводу ліфту та навички з рішень технічних завдань.

В проєкті зроблений аналіз заходів щодо модернізації електропривода ліфту, обґрунтована номінальна потужність двигуна. Обрано перетворювач частоти і компоненти силової частини електропривода.

Виконаний розрахунок системи автоматичного регулювання і проведене дослідження динаміки електромеханічної системи.

Доведена економічна ефективність впровадження технічних рішень.

ЛТФТ, РЕГУЛЬОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН,
ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ

					ЕП.ПД 22.24.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис механізму	7
1.2. Вимоги до електроприводу	19
1.3. Розрахунок і вибір потужності двигуна	19
2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	23
2.1 Вибір типу електроприводу	23
2.3. Вибір перетворювача	31
2.4. Вибір гальмівного пристрою	37
2.5. Рекомендації щодо вибору програмного забезпечення для ПЧ.....	39
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	43
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	49
4.1 Розрахунок капітальних витрат	50
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	53
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	60

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Метою кваліфікаційної роботи є:

- розв'язання інженерних задач, використовуючи базові теоретичні методики та професійні навички;
- отримання досвіду, на прикладі модернізації електроприводу ліфту;
- розвиток творчої ініціативи та вміння орієнтуватися в технічній літературі.

Важливим аспектом підвищення технічного рівня промислового об'єкта в наші дні стало введення автоматизованих систем. Автоматизація дає змогу зменшити витрати на виробництво продукції, вести безперервний моніторинг і превентивно усувати неполадки. Економія електроенергії під час експлуатації транспортувального обладнання з автоматизованим електроприводом досягає 20-30%, що є досить вагомим показником. А з розвитком електроніки з'явилася можливість здійснювати контроль і регулювання асинхронного двигуна більш досконалими технічними засобами (програмований логічний контролер, частотний перетворювач).

Технічна простота асинхронного двигуна, його більший ресурс роботи (внаслідок відсутності іскр всередині, як у двигуні постійного струму) роблять його відмінним приводним пристроєм. Варто зазначити, що витрати на оснащення приводу ліфтів частотними перетворювачами окуповуються менш ніж за рік завдяки економії електроенергії, підвищенню ресурсу обладнання, зменшенню витрат на технічне обслуговування ліфту, а також зниженню аварійності та пожежо-небезпеки.

Об'єктом проектування в цій роботі є привод ліфту.

Завданнями цього проекту є:

- розрахунок по діаграмі навантаження необхідної потужності електродвигуна і вибір перетворювача частоти;

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- розрахунок математичної моделі рівнянь руху механічної частини ліфту та перетворювача енергії.
- синтез САК електроприводу ;
- створення моделі електроприводу;
- розрахунок техніко-економічної ефективності від застосування розробленої системи.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис механізму

ОСНОВНІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТИПИ ЛІФТІВ

Підйомні машини в різних конструктивних виконаннях знаходять широке застосування в усіх галузях народного господарства. До найпоширеніших різновидів механізмів вертикального транспорту слід віднести ліфти, які використовують у міському господарстві та на промислових підприємствах, а також шахтні підймальні машини, які транспортують вантажі та людей під час підземного способу видобутку корисних копалин.

Ліфт являє собою стаціонарний підйомник переривчастої дії з вертикальним рухом кабіни або платформи за жорсткими напрямними. Встановлюється в огороженій з усіх боків шахті, обладнаній на посадкових (навантажувальних) майданчиках дверцятами, що замикаються.

Ліфти вирізняються високим ступенем автоматизації та загальнодоступністю користування, комфортабельністю і безумовною безпекою. Лише електричний привід може відповідати тим високим вимогам, яким мають задовольняти сучасні ліфти.

За призначенням ліфти поділяють на пасажирські, вантажно-пасажирські, лікарняні, вантажні з провідником і без провідника, малі вантажні.

Вантажопідйомність пасажирських ліфтів становить 320... 1500 кг (кількість пасажирів від 5 до 21), вантажних ліфтів - до 5000 кг, малих вантажних ліфтів - до 160 кг.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Залежно від робочої швидкості руху кабіни розрізняють такі категорії ліфтів: тихохідні (до 0,5 м/с), швидкохідні (до 1 м/с), швидкісні (до 2,5 м/с), високошвидкісні (вище 2,5 м/с).

Основним обладнанням ліфта є кабіна, підйомна лебідка, канати, напрямні, противага, обмежувач швидкості, буфера або упори, двигун, електромеханічний гальмівний пристрій і апарати керування. Устаткування ліфта розташовується в шахті та в приміщеннях вище і нижче неї.

У верхній частині підйомної установки швидкісного ліфта розташоване машинне приміщення, нижче за нього - напівповерх із відповідним шківом і центробежним обмежувачем швидкості. Вниз іде шахта, де переміщається кабіна ліфта. У сучасних ліфтах тягове зусилля від двигуна до кабіни підйомника передається зазвичай за допомогою лебідки з канатопровідним шківом, на якому канати розташовуються в клиноподібних або напівкруглих доріжках на поверхні шківа в кілька заходів. Зв'язок між шківом і головними канатами здійснюється за рахунок тертя. У нижній частині шахти канати проходять через напрямні шківни.

У процесі роботи ліфта кабіна переміщається в шахті вздовж напрямних, які охоплюються роликками або вкладишами. Противага, що врівноважує певну частину маси навантаженої кабіни, також рухається вздовж своїх напрямних. На верхній частині кабіни встановлено електропривод дверей, який за допомогою системи важелів розсовує стулки дверей. Живлення до двигуна дверцят проходить через підвісну панель. Так само здійснюється зв'язок апаратів управління і сигналізації з обладнанням, що знаходиться вище кабіни, наприклад на щиті управління.

Кінематичні схеми приведені на рисунку 1.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

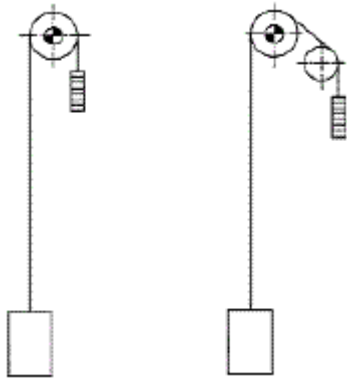


Рис.1- Канатна системи з верхнім розташуванням лебідки.

При наявності великої кількості різноманітних варіантів кінематичних концепцій ліфтів, перевагу надають канатній системі з верхнім розташуванням лебідки приводу. Таким являється ліфт, що я використовую в дипломному проекті, також він має шахту закритого типу з роздвижними дверима. За призначенням такий ліфт, відноситься до пасажирських з вагопідйомністю 350 кг, він широко застосовуються в багатоповерхових будинках. Характеризується високою швидкістю 0,8 м/с, високою точністю зупинки кабіни та дозволяє перевозку пасажирів в девятиповерховому домі.

Основними елементами ліфтів являються кабіна, підйомна лебідка (при наявності редуктора), канати, противага (контр вантаж), електродвигун, гальмуючий пристрій і прилади керування.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

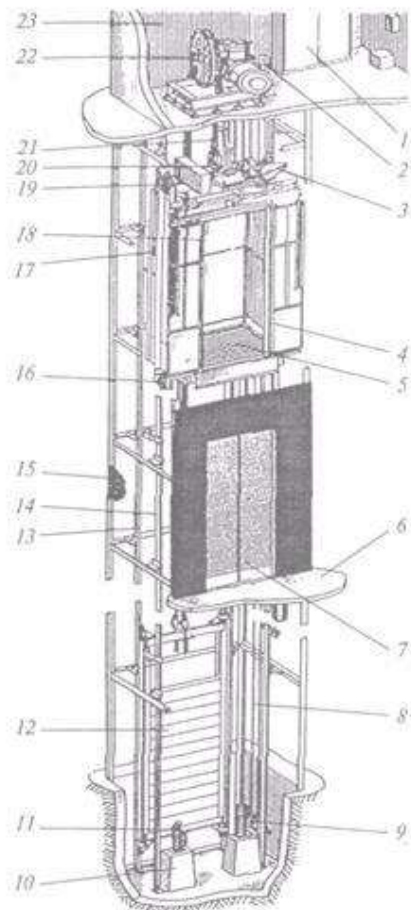


Рис.2 - Кінематична схема пасажирського ліфта.

Пасажирські ліфти отримали найбільше поширення в житлових і службових будинках.

Загальний вид пасажирського електричного ліфта приведений на рис.2, де

- 1 - станція управління,
- 2 - обмежувач швидкості,
- 3 - механізм відкриття дверей,
- 4 - двері кабіни,
- 5-підлога кабіни,
- 6- підлога поверхового майданчика,
- 7- двері шахти,
- 8- канат обмежувача швидкості,
- 9 - натягач,

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 10 - пріямок,
- 11 - буфер,
- 12 - протывага,
- 13 - спрямовуючі протываги,
- 14 - спрямовуючі кабіни,
- 15 - шахта,
- 16 - черевики,
- 17 - відведення,
- 18- кабіна,
- 19 - ловець,
- 20- підвіска,
- 21 - підйомні канати,
- 22 - підйомний механізм,
- 23 - машинне приміщення.

Таблиця 1. - Основні технічні дані пасажирського ліфта.

Найменування показників, одиниці вимірів	Значення
Вантажопідйомність, кг	350
Місткість, чоловік	4
Швидкість руху кабіни, м/с	0,8
Висота підйому, м	9
Кількість зупинок	3
Розміри кабіни (ахвхh), мм	2200×1200×2100
Двері кабіни	розсувні, автоматичні
Ширина дверного отвору, мм	1200×900×300
Висота дверного отвору, мм	1980
Розмір шахти (ахb), мм	2650×1700

Глибина приямка, мм	1400
Підвіска противаги	пружинна
Підвіска кабіни	збалансована 3- канатна
Система керування	кнопкова внутрішня з викликом кабіни на будь-який поверх.
Напруга живлячої мережі, В	380

Детальний опис пасажирського ліфта

Основними вузлами устаткування для пасажирських ліфтів є: підйомна лебідка, канати, кабіна, противага, двигун, механічне гальмо і апаратура керування.

Переміщення пасажирів і вантажів здійснюється в кабіні ліфта, яка рухається по направляючих, виготовлених із спеціального сталевого профілю і встановлені в шахті по всій її висоті. Фіксація положення кабіни в шахті зберігається за допомогою чотирьох ковзаючих башмаків, верхні з яких мають змащуючі апарати.

Кнопки виклику розташовуються на сходових майданчиках. Для зупинки кабіни на заданому поверсі застосовуються мікроконтролер (сигнал з датчика уповільнення і точної зупинки поступає на мікроконтролер, який подає сигнал уповільнення і зупинки на привід).

Шахту ліфта утворюють будівельні конструкції споруди (бетонні блоки).

Для входу в кабіну і виходу з неї шахта має ряд дверей, кількість яких відповідає кількості зупинок ліфта. Стулки дверей шахти розсуваються автоматично.

На верхній частині кабіни ліфта встановлюється електропривод дверей, який через систему важелів розсовує стулки дверей. Живлення до двигуна дверей, а також до апаратури керування і сигналізації, розташованої в кабіні ліфта, підводиться гнучким кабелем. Через цей же кабель здійснюється зв'язок з електроустаткуванням, що знаходиться поза кабіною.

Усі двері шахти забезпечені механічними замками, призначеними для

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

замикання ступок дверей. Відмикання замку автоматичної ступки робиться за допомогою відводки, яка встановлена на дверях кабіни.

Дверні контакти призначені для блокування, що дозволяє кабіні ліфта рухатися лише при закритих дверях кабіни і шахти, що необхідно з міркувань безпеки. Дверні контакти – це малогабаритні кінцеві вимикачі для ланцюгів керування з контактом, який замикається при закритті дверей.

Кабіна за допомогою балансирної підвіски підвішена на сталевих канатах.

Підвіска має спеціальний пристрій, що запобігає пуску кабіни у разі, коли один або декілька канатів неприпустимо ослабли або відірвалися. Канати укладені в клиновидні струмки канатоведучого шківа лебідки, встановленої в машинному приміщенні.

Для підвищення надійності ліфта і відключення ланцюгів керування при одночасному послабленні усіх тягових канатів служить додаткове облаштування контролю слабкого місця підвісу канатів.

Пристрій складається із закріпленого на осі рамки слабини підвісу канатів (СПК) важеля, який одним кінцем спирається на пружину, а іншим кінцем - на тягові канати.

При послабленні каната важіль під дією пружини обертається на осі і натискає на ролик кінцевого вимикача СПК. До інших кінців канатів за допомогою пружинної підвіски підвішена противага.

Противага рухається по своїх направляючих. Фіксоване положення противаги в шахті зберігається за допомогою чотирьох ковзаючих башмаків. Верхні башмаки мають змащуючі апарати.

Противагу призначено для врівноваження маси кабіни і частково маси переміщуваного вантажу, що дає змогу зменшити потужність приводного електродвигуна. У лебідок з канатоведучими шківками противаги забезпечують необхідне співвідношення зусиль у гілках канатів з боку кабіни і противаги, створюючи необхідні сили тертя між канатами і струмками канатоведучих шківків. Система (без урахування маси підйомних канатів) вважається повністю врівноваженою, якщо маса кабіни з вантажем дорівнює масі

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

протываги. У цьому разі під час усталеного руху ліфта електродвигун витрачає енергію тільки на подолання сил тертя, що дуже економічно. Маса протываги приймають рівною масі кабіни плюс 0,42-0,5 маси корисного вантажу. Верхню межу (0,5) приймають у разі частої роботи ліфта з повним навантаженням. У пасажирських ліфтах для житлових будинків масу протываги доцільно приймати рівною масі кабіни плюс 0,42-0,45 маси корисного вантажу. Протывага складається з металевого каркаса, заповненого чавунними або залізобетонними вантажами. Протывагу, що складається з декількох вантажів, виконано так, щоб можливе зсування кожного вантажу в бік не зменшувало зазори в шахті, і забезпечено напрямними башмаками. У разі обладнання протываги роликowymi башмаками мають бути передбачені жорсткі контрольні башмаки.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

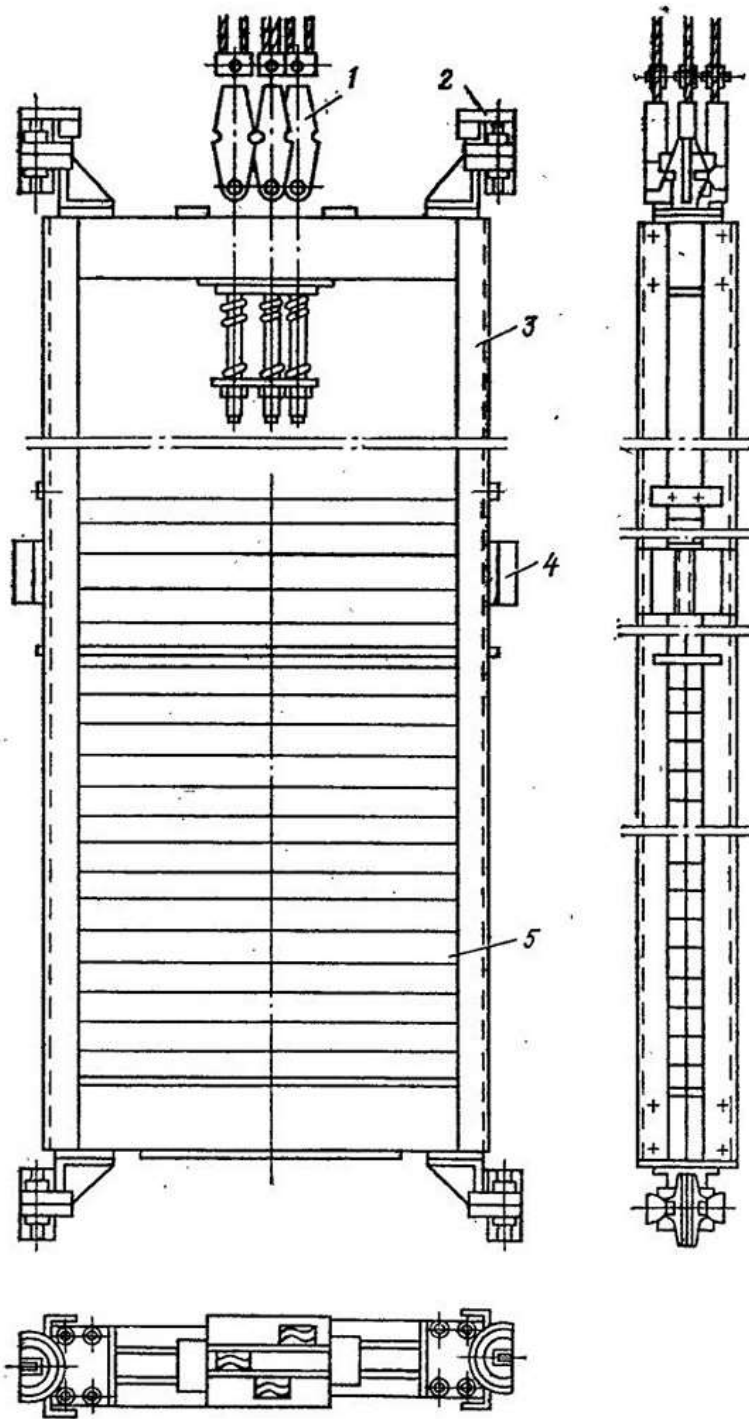


Рис. Загальний вигляд противаги

1 - підвіска; 2 - напрямний башмак; 3 - каркас; 4 - контрольний башмак;
5 - вантаж.

Кабіна має рухливу підлогу з контролем завантаження, здійснюваним контактами. При завантаженні 15 кг вимикається автоматичне закривання дверей без натискання на кнопку наказу. При завантаженні підлоги на 90% номінальної вантажопідйомності вимикається зупинка ліфта по попутних

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

викликах. При завантаженні на 110% номінальної вантажопідйомності двері не закриваються, а на кнопковій панелі спалахує світовий сигнал «Перевантаження».

Кабіна забезпечена ловцями плавного гальмування з постійним зусиллям, що запобігає падінню її при обриві канатів або на випадок, якщо швидкість руху кабіни вниз почне зростати понад допустимої.

Включення ловців здійснюється відцентровим обмежувачем швидкості через канат, прикріплений до важеля механізму включення ловців і укладений в клиновий струмок шківа обмежувача швидкості. Суть роботи самого механізму відцентрового обмежувача швидкості полягає в тому, що канат рухається разом із кабіною ліфта, а шків обертається зі швидкістю опускання цієї самої кабіни. Під час обертання шківа, разом з ним обертаються і вантажі, які під впливом відцентрової сили прагнуть до корпусу, проте в цьому їм заважає пружина. Якщо ж швидкість руху кабіни виявляється вищою за попередньо задані та налаштовані параметри, то і шків починає обертатися швидше, а вантажі стиснуть пружину, оскільки відцентрова сила, що впливає на них, стане більшою. Усе це спровокує збільшення радіуса обертання шківа, що зі свого боку призведе до активації уловлювачів, здатних зупинити рух кабіни.

При проході кабіною по певних причинах рівня крайньою верхньою або крайньою нижньою зупинок служить блокувальний вимикач ВК, встановлений в машинному приміщенні спільно з обмежувачем швидкості. У нижній частині шахти розташовані пружинні буфера кабіни і противаги, що служать для уникнення жорсткого удару при аварійних ситуаціях.

Пересування кабіни і противаги ліфта здійснюється за допомогою лебідки, яка складається з наступних основних вузлів :

- асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором;
- втулкової - пальцевої муфти;
- гальмівного пристрою;
- редуктора з передатним числом – 25;

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

рами;
підрамника;
амортизаторів.

Кінематична схема основного механізму

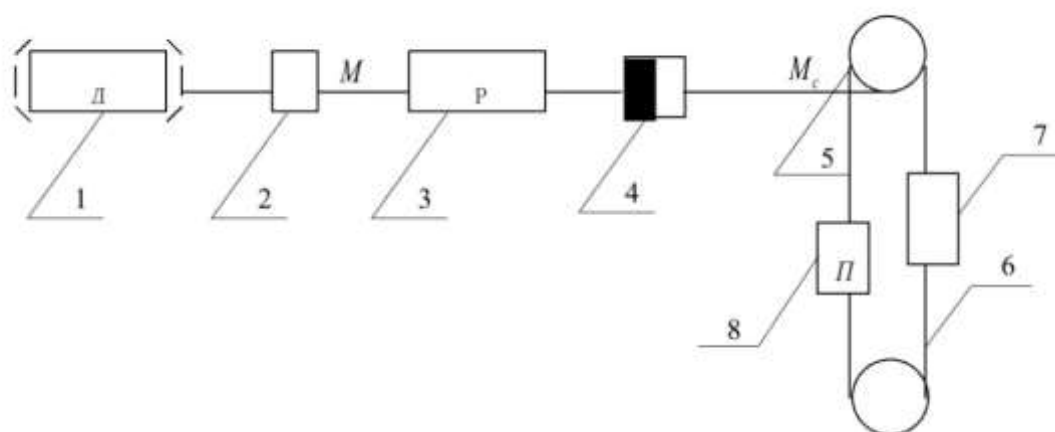


Рис.3. Кінематична схема ліфта.

У кінематичній схемі (рис.3) позначені:

- 1-двигун;
- 2- гальмівна муфта;
- 3-редуктор;
- 4-сполучна муфта;
- 5-канатоведучий шків;
- 6-канати;
- 7-кабіна;
- 8-противага.

У сучасних ліфтах переважно застосовують кінематичні схеми з верхнім розташуванням ЕП (рис.1). При такому розміщенні зменшується число перегинів канатів, що збільшує їх довговічність, підвищується ККД, зменшується навантаження на опорні конструкції, знижується вартість.

Проектований мною ліфт відноситься саме до цієї схеми.

Кінематична схема з верхнім розташуванням ЕП працює таким чином: рух від двигуна (1) передається на канатоведучий шків (5) через гальмівну муфту (2), редуктор (3) і сполучну муфту (4), який за допомогою канатів (6) приводить в рух кабіну (7) і противагу (8).

Розглянемо призначення деяких елементів кінематичної схеми.

Редуктор необхідний для зменшення частоти обертання ротора двигуна і збільшення крутного моменту двигуна.

Противагу необхідний для повного урівноваження кабіни, часткового урівноваження вантажу та зменшення статичного моменту опору, створюваного кабіною і вантажем.

Привід ліфта повинен забезпечити зупинку кабіни з відхиленням рівнів підлоги і кабіни, яка залежить від величини початкової швидкості при різних граничних прискореннях. Для цього підхід до поверху проводиться на більш низькій швидкості з подальшим включенням гальмівної муфти, за допомогою якої здійснюється повна зупинка кабіни.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.2. Вимоги до електроприводу

Для якісного виконання операцій по транспортуванню вантажів і пасажирів при високій продуктивності електропривод ліфтів повинен забезпечити:

- Реверсивну роботу двигуна;
- Плавний пуск і гальмування за умови, щоб прискорення і уповільнення, а також їх похідні не перевищували встановлені норми;
- Швидкість і прискорення не повинні залежати від завантаження кабіни (жорсткість характеристик) ;
- Точна підтримка швидкості руху кабіни ліфта;
- Мінімальний час перехідних процесів;
- Точну зупинку кабіни проти рівня підлоги поверху;
- Простота конструкції і експлуатації;
- Надійність в роботі і відносна простота ремонту;
- Відносно мала вага, габаритні розміри і вартість.

Даним вимогам задовольняє асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, в зв'язку з умовами вибираємо двигун двохскоростний.

1.3. Розрахунок і вибір потужності двигуна

Режим роботи ліфта повторно-короткочасний, реверсивний. Цикл роботи механізму складається з двох ділянок :

- підйому;
- опускання.

На кожній ділянці розглядається розгін механізму, рух із сталою швидкістю і гальмуванням. Діаграма швидкості приведена на рисунку 4.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

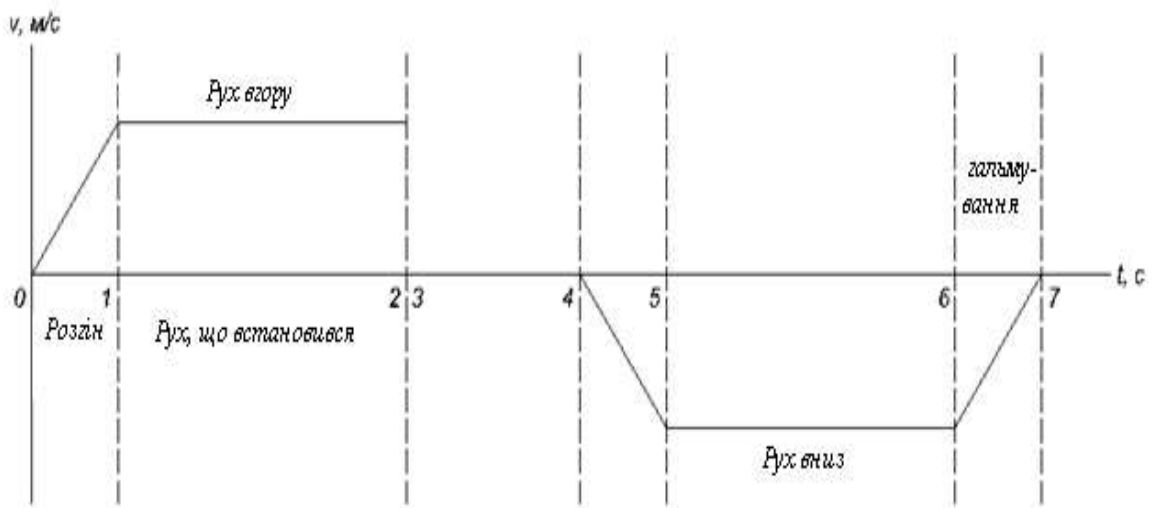


Рисунок 4. Діаграма швидкості.

Весь розрахунок потужності двигуна складається з двох розділів:

- попередній вибір двигуна;
- перевірка вибраного двигуна по нагріванню і перевантажувальній здатності, побудова навантажувальної діаграми за розрахунковими даними.

Данні для розрахунку приведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Початкові дані для розрахунку.

№ п/п	Найменування параметра	Позначення	По паспорту	Система СІ
1	Номінальна вантажопідйомність	G_n	350 кг	3,2 кН
2	Вага кабіни	G_0	400 кг	4 кН
3	Діаметр канатоведучого шківа	$D_{шк}$	525 мм	0,525 м

$$P_c = \frac{5,28 \cdot 0,8 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}}{0,8} = 5,28 \text{ ,кВт}$$

Визначаємо розрахункову кутову швидкість обертання двигуна.

$$\omega_{\text{розр}} = \frac{2 \cdot v \cdot i}{D_{\text{кш}}}, \text{рад/с (4)}$$

$$\omega_{\text{розр}} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 25}{0,525} = 76,19 \text{ ,рад/с}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання двигуна.

$$n_{\text{розр}} = 9,55 \cdot \omega_{\text{розр}} \text{ ,об/хв (5)}$$

$$n_{\text{розр}} = 9,55 \cdot 76,19 = 727,61 \text{ ,об/хв}$$

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

2.1 Вибір типу електроприводу

Для здійснення автоматичного регулювання передбачаються керовані перетворювачі і регулятори, що дозволяють автоматично під впливом зворотних зв'язків здійснювати регулювання координат електропривода, наприклад моменту, швидкості, потокозчеплення та інше. Найбільш широко використовуються електромашинні і вентильні керовані перетворювачі напруги постійного струму і частоти змінного струму і відповідні системи ЕП: система генератор - двигун (Г-Д); система тиристорний перетворювач - двигун (ТП-Д); система перетворювач частоти - асинхронний двигун (ПЧ-АД). Також швидкість і момент можна змінювати шляхом реостатного регулювання. Вибір раціонального способу регулювання з можливих є важливим завданням, яке вирішується при проектуванні електроприводу.

Всі вище перелічені системи мають ряд переваг і недоліків, аналіз яких при обліку пред'являються технічних вимог і специфіки виробничого механізму дозволяє здійснити правильний вибір системи регулювання.

Так, в даний час продовжує успішно застосовуватися система Г-Д. Її основними перевагами є відсутність викривлення споживаного з мережі струму і відносно невелике споживання реактивної потужності. При застосуванні синхронного двигуна в перетворювальній агрегаті шляхом регулювання струму збудження можна забезпечити роботу електропривода з $\cos\varphi$ для компенсації реактивної потужності, споживаної іншими установками.

На жаль, системі Г-Д притаманні кілька серйозних недоліків, обумовлених необхідністю триразового електромеханічного перетворення енергії. Як наслідок - низькі маса габаритні та енергетичні показники, і сприятливі регулювальні можливості досягаються ціною істотних витрат

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЕП.ПД22.24.11.ПЗ

дефіцитної міді, високоякісної сталі і праці. Поряд з цим характерний низький загальний ККД системи.

На сьогоднішній день досить популярною є система ДПТ-ТП. Завдяки своїй швидкодії, відносній про стоті та дешевизни. Недоліками цієї системи є значне спотворення форми спожитого з мережі струму та змінюваний в широких межах $\cos\varphi \approx \cos\alpha$.

Розглядаючи спосіб реостатного регулювання не можна не відзначити його низьку точність і діапазон регулювання, невисоку плавність, а також маса габаритні показники (наявність резисторів, комутуючих апаратури) і зниження ККД при збільшенні діапазону регулювання. Однак даний спосіб привабливий своєю простотою і невисокими витратами на реалізацію.

З розвитком силової напівпровідникової і мікропроцесорної техніки стало можливим створення пристрою частотного регулювання електроприводом, яке дозволяє точно управляти швидкістю і моментом електродвигуна по заданих параметрах в точній відповідності з характером навантаження. Це у свою чергу, дозволяє здійснювати точне регулювання практично будь-якого процесу в найбільш економічному режимі, без важких перехідних процесів в технологічних системах і електричних мережах.

Частотне регулювання ефективно застосовується на підприємствах енергетики, промисловості і комунального господарства.

Застосування пристроїв плавного регулювання частоти обертання двигунів дає ряд додаткових переваг, а саме:

- плавний пуск і зупинку двигуна виключає шкідливу дію перехідних процесів в технологічному устаткуванні;
- пуск двигуна здійснюється при струмах, обмежених на рівні номінального значення, що підвищує довговічність двигуна, знижує вимоги до потужності живлячої мережі і потужності комутуючої апаратури;
- можлива модернізація діючих технологічних агрегатів без заміни основного устаткування і практично без перерв в його роботі.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Системи управління на базі частотних перетворювачів можуть мати будь-які технологічно необхідні функції, реалізація яких можлива як за рахунок вбудованих в перетворювачі програмованих контролерів, так і додаткових контролерів, що функціонують спільно з перетворювачами.

Застосуємо електропривод по системі "Перетворювач частоти - асинхронний двигун". Такий тип є найбільш доцільним для даного механізму.

2.2 Вибір електродвигуна

Вибираю по каталогу двигун типу АИР100L2 його характеристики приведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Технічні характеристики двигуна.

Потужність, кВт	ТВ, %	Частота обертання, об/хв.	ККД, %	Струм статора, А	cos φ	$\frac{I_n}{I_n}$	$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{M_{мін}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$J_{дв}$, кг*м ²
5,5	2,7	750	86	12,3	0,8	6	1,4	1	2,2	4*10 ⁻²

2.2.2. Перевірка вибраного двигуна по нагріванню

Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором перевіряється на нагрів за методом еквівалентного моменту.

$$M_{скв} < M_n - \text{умови перегріву}$$

Визначаємо номінальну швидкість обертання двигуна.

$$\omega_{ном} = \frac{n_n}{9,55}, \text{ рад/сек (6)}$$

$$\omega_{ном} = \frac{750}{9,55} = 78,53, \text{ рад/сек}$$

Визначаємо номінальний момент.

$$M_n = \frac{P_n \cdot 10^3}{\omega_{ном}}, \text{ Нм (7)}$$

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>					Арк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$M_H = \frac{5,5 \cdot 10^3}{78,53} = 70,04 \text{ , Нм}$$

Визначаємо статичний момент на валу двигуна під час руху ліфта на підйом.

$$M_{c2} = \frac{F_c \cdot D_k}{2 \cdot i \cdot h_{ред}}, \text{ Нм (8)}$$

де $h_{ред}$ – коефіцієнт корисної дії редуктора. $h_{ред}=0,8$.

F_c - зусилля на канатоведучому шківу, $F_c=5,28\text{Нм}$

D_k - діаметр канатоведучого шківа, $D_k= 0,525\text{м}$

i - передавальне число редуктора $i =25$

$$M_{c2} = \frac{5,28 \cdot 10^3 \cdot 0,525}{2 \cdot 25 \cdot 0,8} = 69,3 \text{ , Нм}$$

Визначаємо статичний момент на валу двигуна при русі ліфта на опускання.

$$M_{c0} = \frac{F_c \cdot D_k}{2 \cdot i} \cdot h_{ред} \text{ , Нм (9)}$$

$$M_{c0} = \frac{5,28 \cdot 10^3 \cdot 0,525}{2 \cdot 25} \cdot 0,8 = 44,35 \text{ , Нм}$$

Приймаємо час розгону електропривода на ділянках 0-1, 4-5. Цей час визначається налаштуванням реле часу, з урахуванням власного часу спрацьовування контакторів.

$$t_{0-1} = t_{4-5} = 2,5 \text{ , с (10)}$$

Визначаємо момент інерції обертових частин механізму (ротора, муфти, канатоведучого шківа).

$$J_{обер} = d \cdot (J_{дв} + J_{муф} \cdot J_{шків}) \text{ , кг} \cdot \text{м}^2 \text{ (11)}$$

де d - коефіцієнт, що враховує моменти інерції обертових частин механізму (шестерні і черв'як редуктора).

$$d=1,25.$$

Для спрощення розрахунку приймаємо момент інерції шківа і муфти, виражений через момент інерції двигуна.

$$J_{шків} = 0,3 \cdot J_{дв} \text{ , кг} \cdot \text{м}^2 \text{ (12)}$$

$$J_{шків} = 0,3 \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 0,012 \text{ , кг} \cdot \text{м}^2$$

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Визначаємо максимальний момент двигуна.

$$M_{max} = 2,1 \cdot M_H, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (20)$$

$$M_{max} = 2,1 \cdot 70,04 = 147,08, \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Визначаємо результуючі моменти на кожній ділянці навантажувальної діаграми.

$$M_{0-1} = M_{c2} \cdot M_{дин_{0-1}}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (21)$$

$$M_{0-1} = 69,3 \cdot 4,82 = 74,12, \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{0-1} < M_{max}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (22)$$

$$74,12 \text{ Н}\cdot\text{м} < 147,08 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{1-2} = M_{c2}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (23)$$

$$M_{1-2} = 69,3, \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{4-5} = M_{c0} - M_{дин_{4-5}}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (24)$$

$$M_{4-5} = 44,35 - 4,82 = 39,53, \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{5-6} = M_{c0}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (25)$$

$$M_{5-6} = 37,63, \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{6-7} = M_{c0} + M_{дин_{6-7}}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (26)$$

$$M_{6-7} = 44,52 + 9,64 = 54,16, \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Визначаємо час встановленого руху з вантажем.

$$t_{1-2} = \frac{H_{1-2}}{v_H}, \text{ с} \quad (27)$$

$$t_{5-6} = \frac{H_{5-6}}{v_H}, \text{ с} \quad (28)$$

$$H_{1-2} = H - \frac{v_H}{2} \cdot t_{0-1}, \text{ м} \quad (29)$$

$$H_{5-6} = H - (H_{4-5} - H_{6-7}) = H - \frac{v_H}{2} \cdot (t_{4-5} + t_{6-7}), \text{ м} \quad (30)$$

$$H_{1-2} = 15 - \frac{0,82}{2} \cdot 2,5 = 14, \text{ м}$$

$$H_{5-6} = 15 - \frac{0,58}{2} \cdot (2,5 + 1) = 13,57, \text{ м}$$

$$t_{1-2} = \frac{14}{0,82} = 17,07, \text{ с}$$

$$t_{5-6} = \frac{50,76}{0,82} = 16,57, \text{ с}$$

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Адк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Визначаємо результуючий час.

$$t_p = t_{0-1} + t_{1-2} + t_{4-5} + t_{5-6} , \text{ с (31)}$$

$$t_p = 2,5 + 17,07 + 2,5 + 14,57 = 38,64 , \text{ с}$$

Визначаємо час паузи.

$$\sum t_{\text{паузи}} = \frac{t_p \cdot (100 - \text{ПВ})}{\text{ПВ}} , \text{ с (32)}$$

$$\sum t_{\text{паузи}} = \frac{38,64 \cdot (100 - 40)}{40} = 57 , \text{ с}$$

Визначаємо період підйому й опускання кабіни з зупинками на кожному поверсі.

$$T = \frac{2 \cdot k_n \cdot H - h_p (N_n + N_c + 1)}{v_n} + k_c \cdot [(t_1 + t_2 + t_3) \cdot (N_n + N_c + 1) + t_{4п} + t_{5п} + t_{4с} + t_{5с}] , \text{ с (33)}$$

де k_n – ймовірний коефіцієнт підйому кабіни. $k_n = 0,8$.

h_p – висота, пройдена кабіною за час розгону. $h_p = 0,5$ м.

N_n, N_c – кількість можливих зупинок вище і нижче посадкового поверху.

$N_n, N_c = 4$.

k_t – ймовірний коефіцієнт неврахованого часу. $k_t = 1,1$.

$$T = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 15 - 0,5(4+4+1)}{2} + 1,1 \cdot [15 \cdot (4 + 4 + 1) + 16 + 12] = 185,5 , \text{ с}$$

Визначаємо суму часу входу пасажирів при підйомі ($t_{4п}$) і опусканні ($t_{4с}$) і сума часу входу ($t_{5п}$) і виходу ($t_{5с}$) їх з кабіни

$$t_{4п} + t_{5п} = 2 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 5 = 16 , \text{ с (34)}$$

$$t_{4с} + t_{5с} = 2 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 5 = 12 , \text{ с (35)}$$

Визначаємо еквівалентний момент.

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{M_{0-1}^2 \cdot t_{0-1} + M_{1-2}^2 \cdot t_{1-2} + M_{4-5}^2 \cdot t_{4-5} + M_{5-6}^2 \cdot t_{5-6} + M_{6-7}^2 \cdot t_{6-7}}{t_p}} , \text{ Н} \cdot \text{м (36)}$$

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{74,13^2 \cdot 2,5 + 69,3^2 \cdot 17,07 + 39,53^2 \cdot 2,5 + 44,52^2 \cdot 16,57 + 54,16^2 \cdot 1}{38,64}} = 27,95 , \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Умова нагріву дотримується, тому що еквівалентний момент менше моменту номінального.

$$M_{\text{екв}} < M_n \text{ (37)}$$

$$27,95 \text{ Н} \cdot \text{м} < 70,04 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	АДК.	№ докум.	Підпис	Дата		

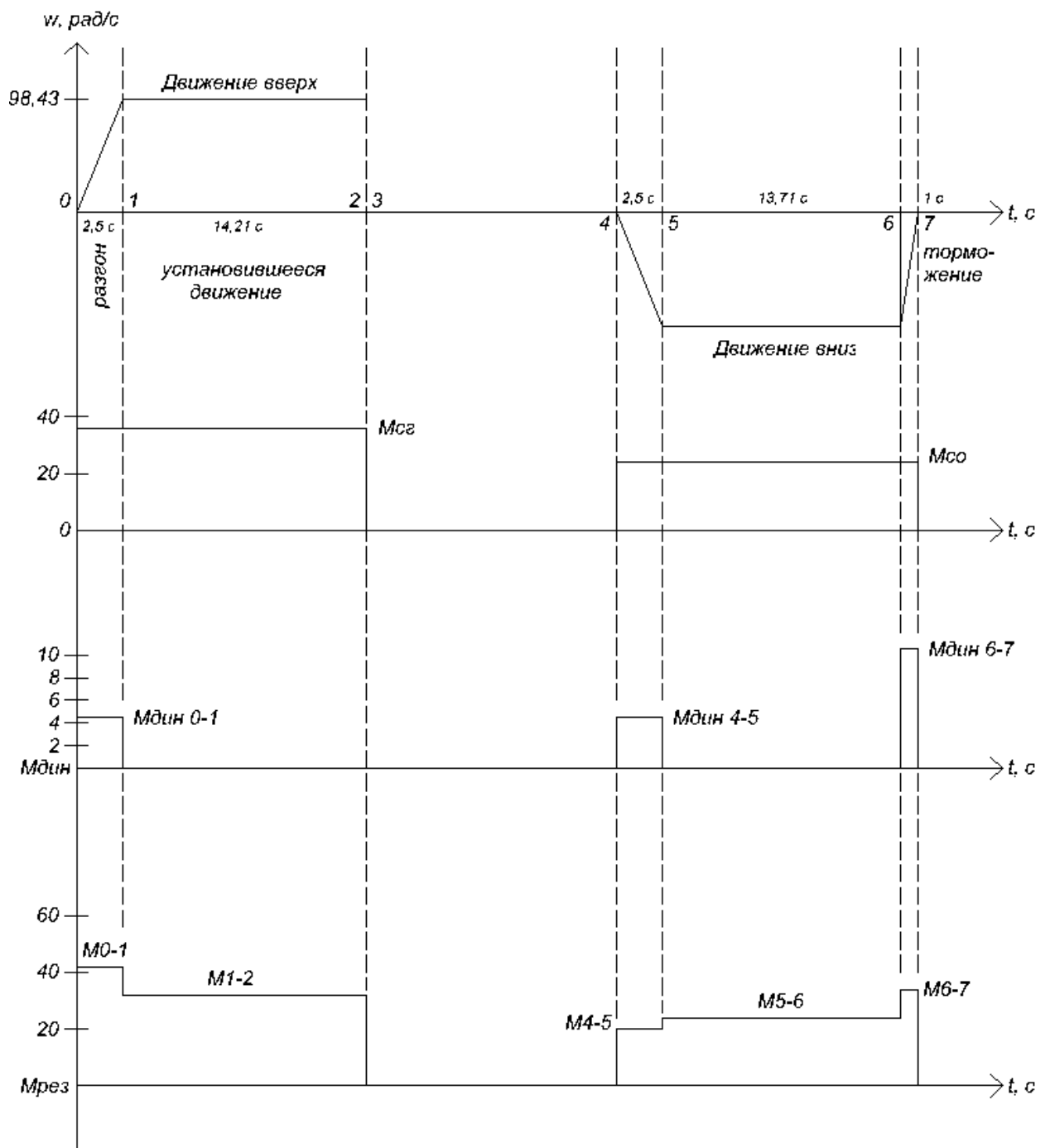


Рисунок 5. Диаграмма моментов

2.3. Вибір перетворювача

Перетворювачі частоти серії Vacon NXP випускаються в діапазоні потужностей від 0,25 кВт до 5000 кВт і напруг 208-690 В.

Якість і надійність роботи агрегатів часто залежать від точності і динаміки керування електроприводом. Перетворювачі частоти Vacon NXP були спеціально розроблені для забезпечення повної керованості механізмом при будь-яких зовнішніх впливах. Завдяки високій надійності і якості управління збільшується ресурс всієї системи.

В основі перетворювача Vacon NXP лежить високопродуктивний мікроконтролер, який забезпечує високі динамічні характеристики, необхідні для якісного і надійного контролю двигуна. Він може використовуватися як для додатків з розімкнутим контуром регулювання, так і для додатків, де потрібна наявність зворотного зв'язку по швидкості обертання.

Основні характеристики перетворювача частоти Vacon NXP:

- широкий діапазон потужностей і напруг;
- широкий набір макропрограми для адаптації Vacon NXP під будь-які вимоги і алгоритми;
- управління індукційними двигунами та двигунами з постійними магнітами (синхронні):
 - Динамічний векторне управління з розімкненим і замкнутим контуром регулювання
 - Статична помилка за швидкістю <0.01%
 - Вбудований гальмівний преривач (до 30 кВт)
 - Повне управління моментом у всьому діапазоні швидкостей
 - Вбудований дросель змінного струму на вході
 - Пусковий момент > 200%, залежно від відповідності потужності двигуна і перетворювача;
 - Високошвидкісні застосування (до 7200 Гц)
 - широкий набір комунікаційних опцій і плат вводу-виводу;

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- швидкодіючий зв'язок між приводами по системній шині;

Конструктивно перетворювач частоти складається з двох основних блоків - силового блоку і блоку управління. На вході, з боку мережі, трифазний дросель змінного струму і конденсатор ланки постійного струму утворюють LC-фільтр, який в поєднанні з випрямним мостом забезпечує постійну напругу постійного струму на вході IGBT-інверторного моста. Дросель змінного струму фільтрує як високочастотні перешкоди з боку мережі, так і перешкоди, що генеруються перетворювачем. Крім того, дросель змінного струму покращує форму кривої струму на вході перетворювача частоти. Потужність, споживана перетворювачем частоти з мережі, є практично активною. IGBT-інверторний міст створює симетричну 3-фазну змінну напругу живлення двигуна, регульовану методом широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Параметри перетворювача частоти Vacon NXP.

Таблиця 2.3

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Тип	-	NXP 0061 5
Номінальна потужність (двигуна)	кВт	5,5
Вихідна напруга	В	3×380
Номінальний вихідний струм	А	37,2
Діапазон зміни частоти	Гц	0,5..300

Обраний перетворювач реалізує векторний закон регулювання. Суть векторного регулювання полягає в незалежному управлінні двома складовими струму статора, орієнтованими по осях d , q ротора. Складова по осі d являється потокостворюючою, по осі q - моментостворюючою. Характеристики векторного асинхронного електроприводу, таким чином, по точності і швидкодії наближаються до характеристик двозонного електроприводу постійного струму.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

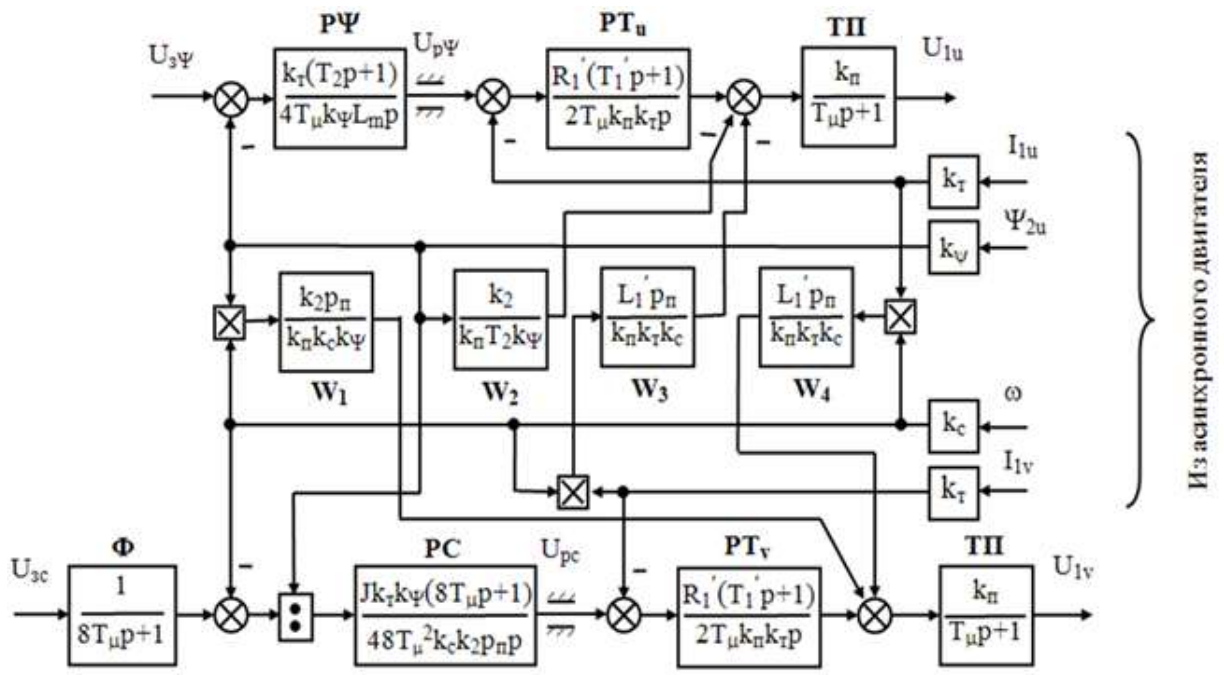


Рис. 2.3. Структурна схема САР електроприводу з векторним керуванням.

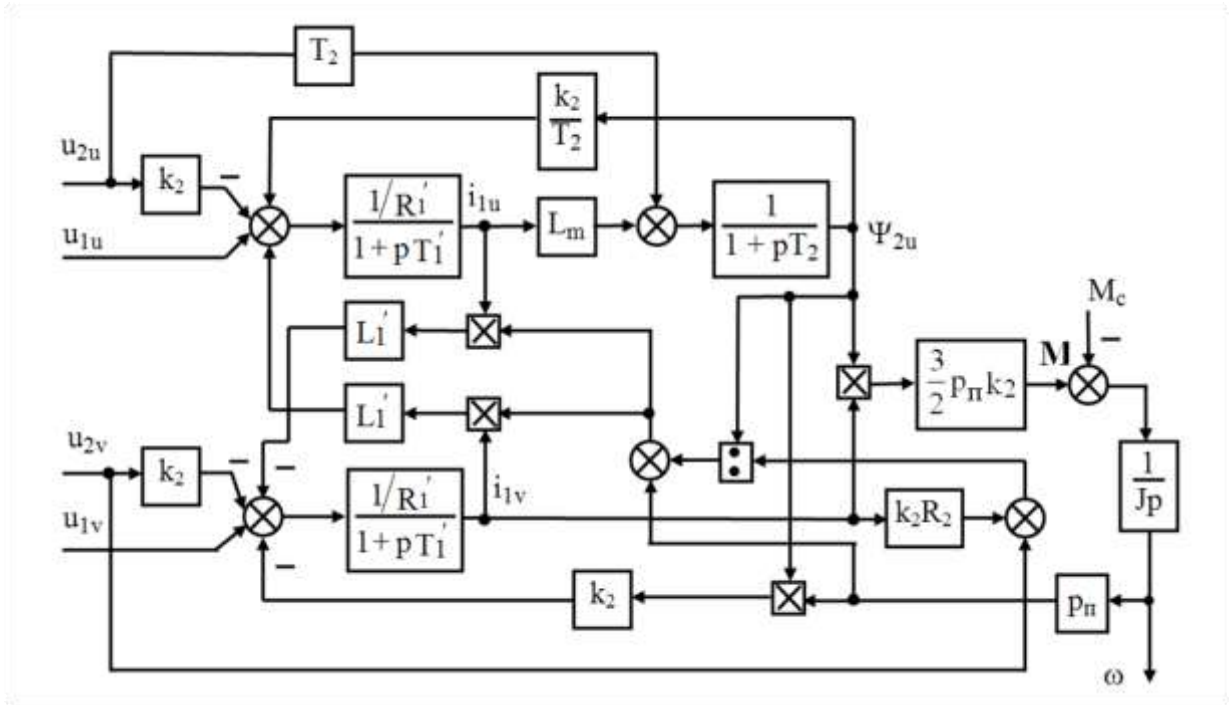


Рис. 2.4. Структурна схема асинхронного двигуна в осях d,q.

2.4.Вибір гальмівного пристрою

Перетворювач частоти без застосування додаткового гальмівного пристрою забезпечує гальмівний момент, рівний 30% від номінального (гальмування постійним струмом, гальмування магнітним потоком).

Для забезпечення режиму гальмування з підвищеним гальмівним моментом (механізми з великим моментом інерції, технологічні процеси, які вимагають від обладнання високої динаміки і швидкого гальмування, приводи, при роботі яких можливий перехід двигуна в генераторний режим) використовуються додаткові гальмівні пристрої - гальмівні переривники та гальмівні резистори.

Додаткове гальмівний пристрій складається з вбудованого гальмівного переривника і зовнішнього гальмівного резистора.

Гальмівні резистори діляться на дві категорії: призначені для легкого режиму роботи (light duty - LD) і для важкого режиму роботи (heavy duty - HD).

Гальмівний резистор для легкого режиму роботи забезпечує момент гальмування, рівний номінальному протягом 5 секунд при гальмуванні від номінальної швидкості до нуля.

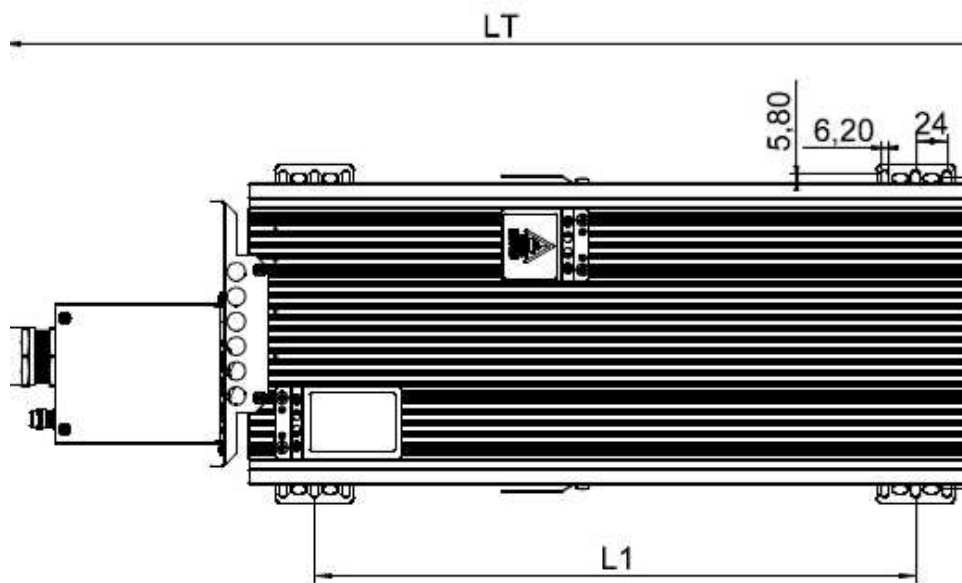
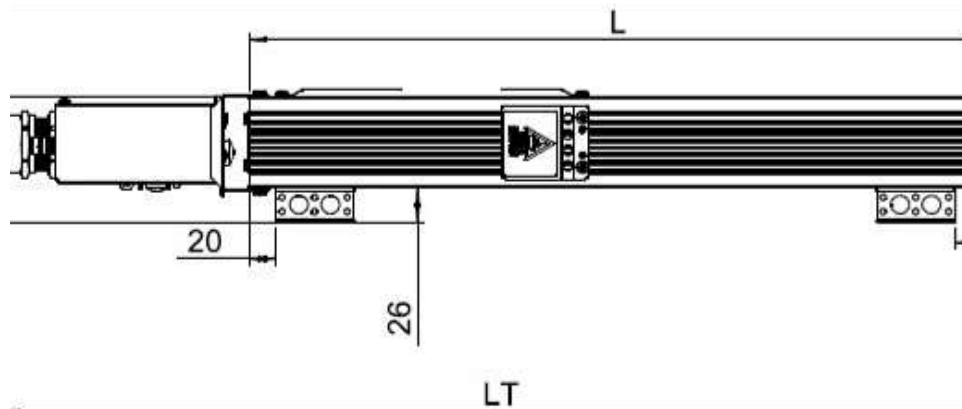
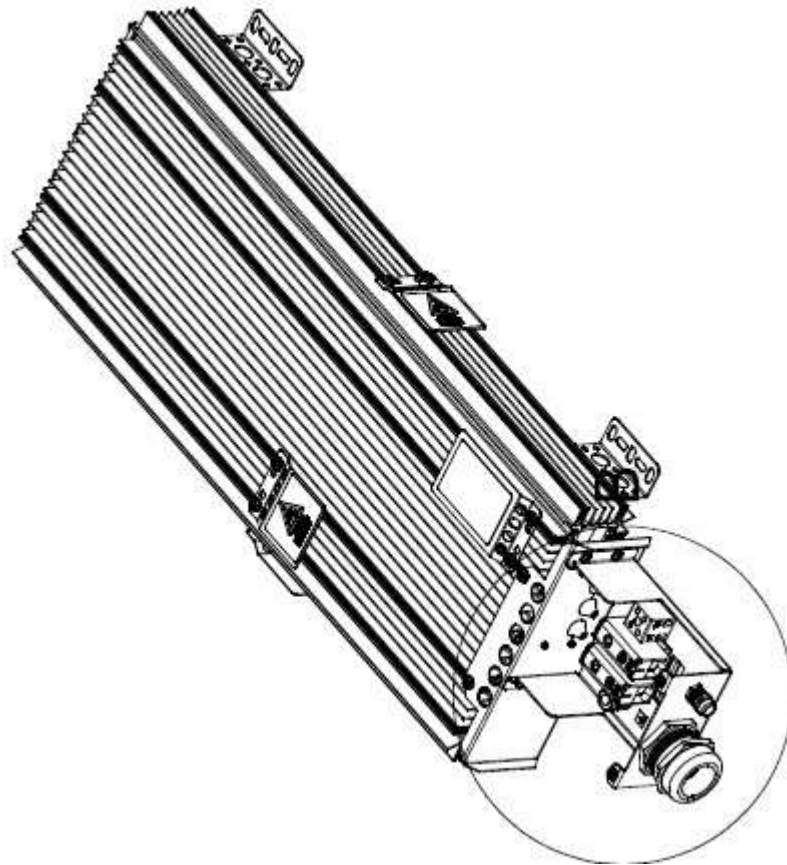
Гальмівний резистор для важкого режиму роботи забезпечує момент гальмування, рівний номінальному при номінальній швидкості протягом 3 секунд плюс протягом 7 секунд при гальмуванні від номінальної швидкості до нуля. В обох випадках робочий цикл - не частіше 1 разу на 2 хв.

На невеликі потужності резистори виготовляються з алюмінієвого профілю. Резистори на великі потужності виготовляються зі сталевих пластин, при цьому вони завжди забезпечені термісторами. Всі HD резистори мають вбудований тепловий ключ - температура розчеплення 220 ° C.

Виконання за ступенем захисту - IP 20/21 (HD) і IP 50 (LD).

Для перетворювача частоти Vacon NXP 0061 5, згідно каталогу, необхідно вибрати гальмівний пристрій типу BRR 0061 HD 5 для важкого режиму.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

EP.ПД22.24.11.ПЗ

Арк.

Рис. 2.5. Функціональна схема гальмівного пристрою BRR 0061 Н 5

2.5. Рекомендації щодо вибору програмного забезпечення для ПЧ

Control Brake Application - це програмний пакет, який використовується для перетворювача частоти Vacon NX - серії, як функція, де необхідне механічне гальмування. Для реалізації цієї функції, у перетворювач частоти необхідно вмонтувати плату розширення (NXOPTAA1).

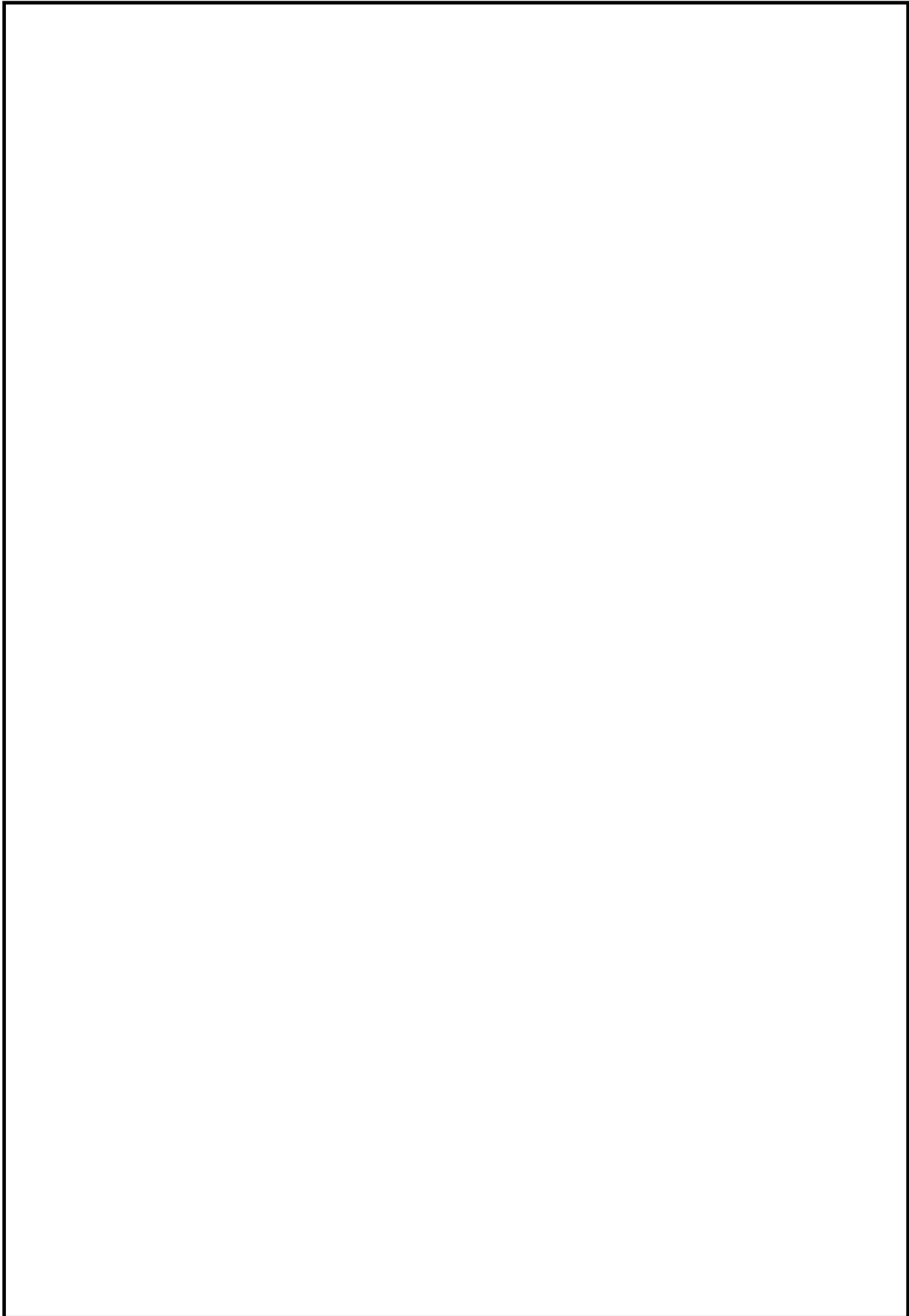
Всі виходи на платі вільно програмовані. Виходи прямого сигналу управління і зворотного зв'язку кріпляться до входу DIN1 і DIN2

Додаткові функції:

- Програмування пуску / зупинки і сигналу зворотного логіки;
- Масштабування завдання;
- Один межа частоти контролю;
- Програмуюча S-подібна рампа;
- Гальмування постійним струмом при зупинці;
- Один заборону частотній області;
- Програмована U / F крива;
- Автоматичний перезапуск;
- Тепловий захист і захист від перекидання;
- Управління механічним гальмом;
- 8 цифрових уставок швидкості, 3 цифрових входи;
- FWD і REV безпечної швидкості вибираються за допомогою цифрових входів (NC);
- Обмеження швидкості з програмованого цифрового входу;

Принцип програмування вхідних сигналів для механічного гальмування, в багатоцільовому програмному пакеті Application Brake Control (і частково в

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Розрахунок параметрів САР і моделювання проводимо у відносних одиницях.

Параметри ланок, використовувані в моделі :

Базовий опір:

$$Z_b = \frac{(U_H * \sqrt{3})}{(I_H * \sqrt{3})} = 14.66 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі статора:

$$R_{1b} = R_1 * Z_b = 0.595 * 14.66 = 8.72 \text{ Ом}$$

$$X_{1b} = X_1 * Z_b = 0.485 * 14.66 = 7.11 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі ротора:

$$R_{2b} = R_2 * Z_b = 0.62 * 8.438 = 9.09 \text{ Ом}$$

$$X_{2b} = X_2 * Z_b = 0.56 * 8.438 = 8.21 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму:

$$k_t = \frac{U_b}{2 * I_{\Phi H} * 2^{0.5}} = \frac{10}{2 * 15 * 2^{0.5}} = 0.2357$$

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_s = \frac{U_b}{w * \frac{\pi}{30}} = \frac{10}{935 * \frac{3.14}{30}} = 0.102$$

Коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора:

$$k_2 = \frac{L_m}{L_2} = \frac{0.0416}{0.0567} = 0.8924$$

Постійна часу ротора:

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2} = \frac{0.0567}{5.246} = 0.0267$$

Номінальне потокозчеплення:

$$\Psi_H = \frac{I_H}{1.5 * \sqrt{2} * I_H * 2p * k_2} = \frac{26}{1.5 * \sqrt{2} * 26 * 8 * 0.8924} = 0.066$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по потокозчепленню:

$$k_\Psi = \frac{U_b}{\Psi_H} = \frac{10}{0.066} = 151.5$$

Передаточна функція регулятора швидкості :

$$W_{PC}(p) = \frac{J * k_t * k_\Psi (8 * T_\mu * p + 1)}{48 * T_\mu^2 * k_C * k_2 * p_n * p}$$

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді пропорційна частина РШ :

$$W_{PC}(p) = \frac{J * k_t * k_\psi}{6 * T_\mu * k_C * k_2 * p_n} = \frac{0.3 * 0.2357 * 151.5}{6 * 0.001 * 0.1022 * 0.8924 * 4} = 4894$$

Інтегральна частина:

$$W_{PCИ}(p) = \frac{J * k_t * k_\psi}{48 * T_\mu^2 * k_C * k_2 * p_n}$$

$$W_{PCИ}(p) = \frac{0.3 * 0.2357 * 151.5}{48 * 0.001^2 * 0.1022 * 0.8924 * 4} = 611760$$

Передаточна функція регулятора потокозчеплення:

$$W_{P\Psi}(p) = \frac{k_t * (T_2 * p + 1)}{4 * T_\mu * k_\psi * L_m * p}$$

Пропорційна частина регулятора потокозчеплення:

$$W_{P\Psi\Pi}(p) = \frac{k_t * T_2}{4 * T_\mu * k_\psi * L_m} = \frac{0.2357 * 0.0267}{4 * 0.001 * 151.5 * 0.2169} = 0.0478$$

Інтегральна частина регулятора потокозчеплення:

$$W_{P\PsiИ}(p) = \frac{k_t * (T_2 * p + 1)}{4 * T_\mu * k_\psi * L_m} = \frac{0.26}{4 * 0.001 * 124.5 * 0.0416} = 12.5$$

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

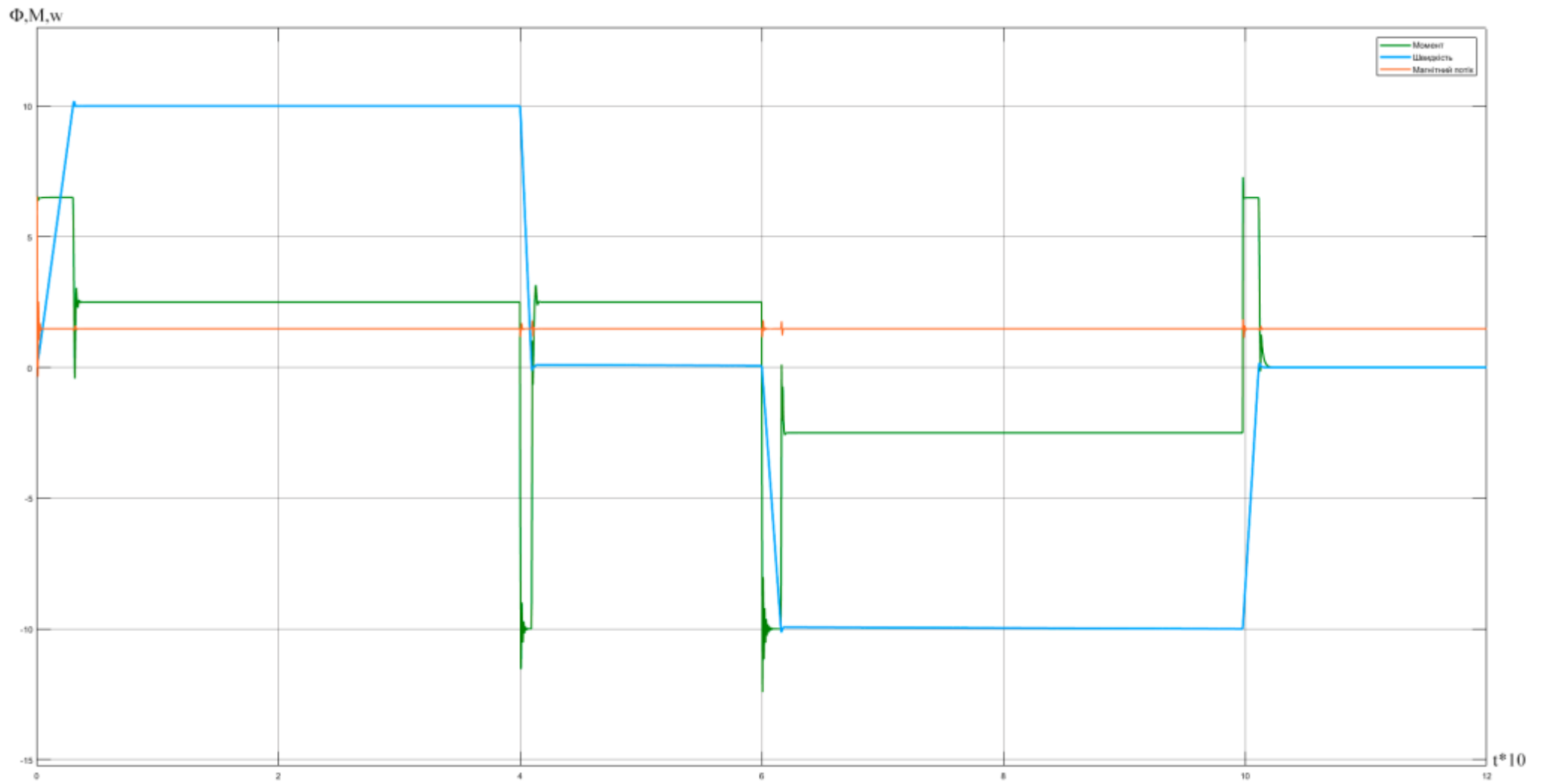


Рис. 3.2 Графіки перехідних процесів

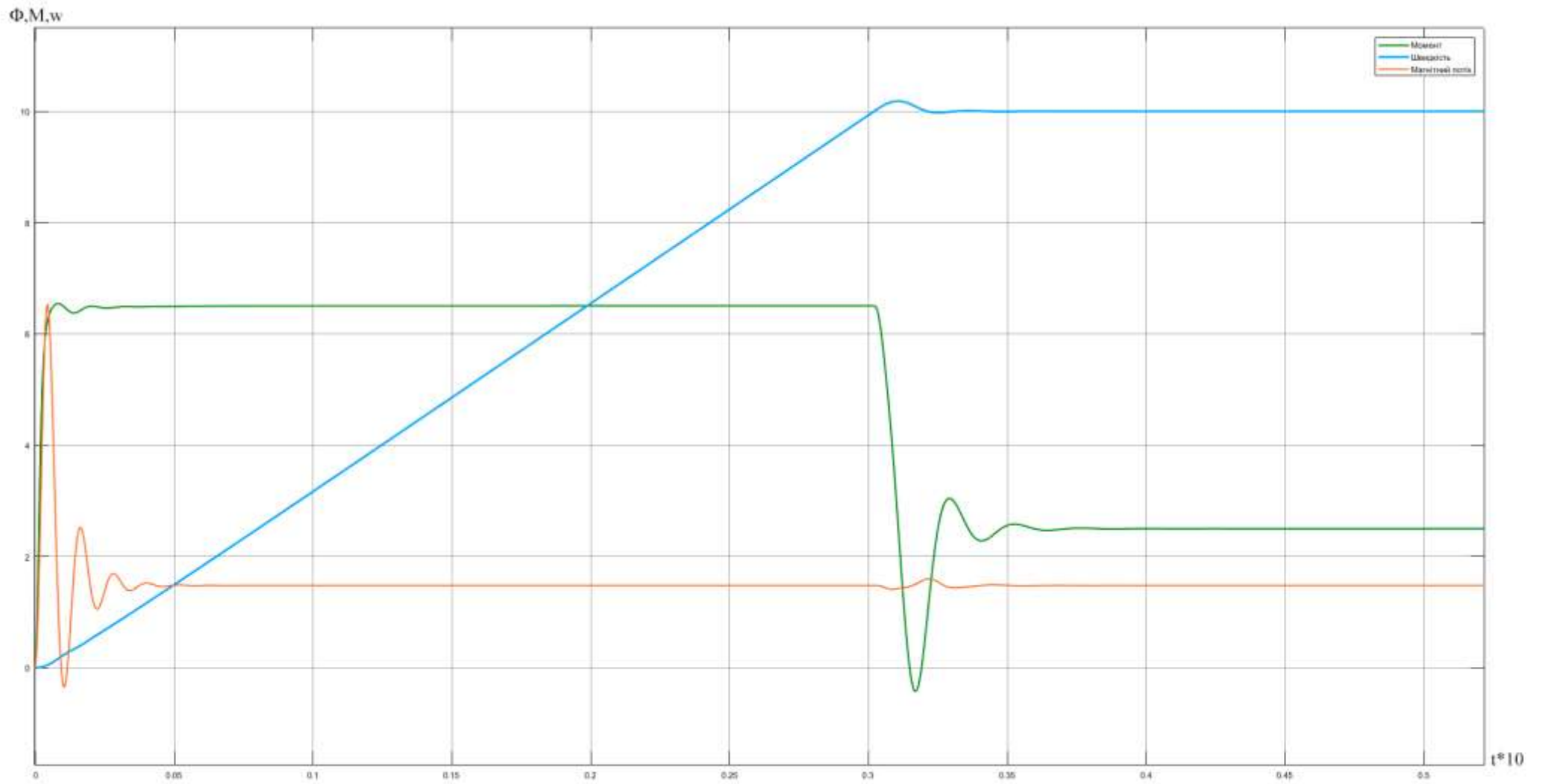


Рис. 3.3 Графіки перехідних процесів при пуску двигуна

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Вступ

Метою даного розділу кваліфікаційної роботи є розрахунок економічних показників технічного рішення щодо модернізації електропривода ліфта. Суть технічного рішення полягає у впровадженні перетворювача частоти замість релейно-контакторної системи регулювання.

Впровадження частотного регулювання електроприводів (ЧРП) дозволяє:

- підвищити надійність роботи устаткування і систем;
- автоматизувати виробництво;
- економити ресурси і енергію.

Частотне регулювання ефективно застосовується на підприємствах енергетики, промисловості і комунального господарства.

Застосування пристроїв плавного регулювання частоти обертання двигунів дає ряд додаткових переваг, а саме:

- плавний пуск і зупинку двигуна виключає шкідливу дію перехідних процесів в технологічному устаткуванні;
- пуск двигуна здійснюється при струмах, обмежених на рівні номінального значення, що підвищує довговічність двигуна, знижує вимоги до потужності живлячої мережі і потужності комутуючої апаратури;
- можлива модернізація діючих технологічних агрегатів без заміни основного устаткування і практично без перерв в його роботі.

Для обґрунтування економічної доцільності пропонованого в кваліфікаційній роботі обладнання необхідно вирішити наступні завдання:

5.1. Розрахунок капітальних витрат

5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

5.3. Розрахунок і аналіз показників економічної ефективності

					ЕП.ПД22.24.11.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Розрахунок капітальних витрат

Для визначення капітальних витрат можна скористатися формулою:

$$K_{np} = K_{об}(\sum Ci) + Z_{mzc} + Z_m + Z_n + Z_{np} \text{ грн.}$$

де $K_{об}(\sum Ci)$ - вартість придбання електроустаткування (двигун і перетворювач), необхідного для реалізації прийнятого технічного рішення.

Z_{mzc} - транспортно-заготівельні і складські витрати;

Z_m - витрати на монтажні витрати;

Z_n - витрати на налагоджувальні витрати;

Z_{np} - інші одноразові вкладення грошових коштів.

Свідка капітальних витрат занесена до таблиці 5.1.

№п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн.
1	Двигун типа АИР100L2 P _н =5,5 кВт; U _н =380В; I _н =15,1 А; ПВ=40 %; n=940 об/хв.	1	7900 [https://xn--80aqy.com.ua/katalog_elektrodvigateli_air/air-100l2-5-5-kvt-3000-ob-min/]	7900
2	BRR 0061 HD 5	1	2800 [https://www.electricalautomatonetwork.com/ru/vacon/optional-for-ac-	2800

					ЕП.ПД22.24.11.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

			drives-p-kw-27-r-14-vacon-brr-0061-hd-5-brr0061hd5]	
3	Перетворювач частоти Vacon	1	54000 [https://chastotnik.com.ua/preobrasovateli/Vacon/]	54000
4	Автоматичний вимикач типу ВР 88-32 I _{ном.} = 25 А; U _{ном.} = 380 В	2	1200 [https://www.avtomats.com.ua/2280-breaker-va-88-32-25a-32a-40a-50a-63a-iev.html]	2400
5	Кабель типу ВВГ 2(3x4) I _{доп} =27А	2,5м	88 [https://epicentrk.ua/shop/kabel-i-provod/fs/tip-kabelya-vvg/]	220
6	Електричний захисник двигуна	1	700 [https://rozetka.com.ua/ua/chainsaws/c155515/raspologenie-dvigatelya-v-pile-prodolnoe-pryamoe/]	700
7	Інші витрати		37520	37520
ВСЬОГО				110540

Таблиця 5.1. Зведення капітальних витрат
Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат (З_{мзс})
визначається виходячи з:

					ЕП.ПД22.24.11.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Відстані доставки устаткування від місця придбання до місця експлуатації;
2. Кількості, маси і габаритів устаткування;
3. Виду транспортних засобів;
4. Транспортних тарифів;
5. Розцінок на навантажувально-розвантажувальні роботи;
6. Витрат на складську обробку.

Виделяємо 2000 гривень на доставку усіх необхідних компонентів.

Витрати на монтаж-налагоджувальні можна визначити таким чином:

$$Z_M = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_\partial \cdot K_{cз} \cdot K_i = 2 \cdot 68,93 \cdot 80 \cdot 1,2 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 17760 \text{ грн.}$$

де C_i - чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного об'єму монтажних (налагоджувальних) робіт, чел.

a_i - часова тарифна ставка i -го розряду, грн.

a_i - часова тарифна ставка 3-го розряду станом на 2022 р становить 68.93 грн./годину

t_i - час, необхідний для виконання певного об'єму монтажних (налагоджувальних) робіт, години

K_∂ - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{cз}$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи;

K_i - коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Інші одноразові вкладення грошових коштів (Z_{np}) можуть включати витрати:

1. На демонтаж застарілого устаткування;
2. На проведення проектно-конструкторських робіт;
3. На підготовку персоналу;
4. На придбання готового програмного забезпечення.

Капітальні витрати:

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{пр} = 73020 + 2000 + 17760 + 17760 = 110540 \text{ грн}$$

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкту проектування рік, виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню відносяться:

1. Амортизаційні відрахування (C_a);
2. Заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_z);
3. Відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (C_c);
4. Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування (C_t);
5. Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування ($C_э$);
6. Інші експлуатаційні витрати (C_i).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = c_a + C_z + C_c + C_t + C_э + C_{пр}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат ведеться по проектному і базовому варіанту паралельно.

4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат по видах основних фондів і нематеріальних активів по розділах зведення капітальних витрат для проектного варіанту і за даними

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підприємства про балансову вартість замінюваного устаткування для базового варіанту. Дані розрахунку занесені до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування показників	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
Проектний варіант	110540	20	22108
Базовий варіант	38538	20	7708

Базова балансова вартість замінюваного устаткування узяті за даними відділу основних засобів підприємства, що складають 38538,.

4.2.2 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного устаткування включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітником і можуть визначатися за фактичними даними підприємства.

Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати по формулі:

$$Z_{т.р.} = \sum_{i=1}^n R_i \cdot T_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{s_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\Phi}$$

де n - число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

R_i - годинна ставка робочих, виконуючих ремонт, грн. (68,93 грн)

t_i - трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю залежно від виду ремонту, год/од.: (середнього – 7 год)

m_i - число ремонтів за рік;

R_{Σ} - сумарна категорія складності ремонту залежно від виду електроустаткування :

Асинхронні двигуни від 0 до 50 кВт – 2,5;

S_i - вартість однотипних замінюваних елементів, грн.;

P_i - кількість однотипних замінюваних елементів;

T_i - середній термін служби деталей цього типу, ч.;

T_f - число годин роботи апаратури в рік, ч.

$$Зт.р = 68,93 \times 7,1 \times 2,5 + \frac{213 \times 3}{1600} \times 1800 = 930,1$$

5.2.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування впродовж року, визначається виходячи з його встановленої потужності і річного фонду робочого часу об'єкту проектування по формулі:

$$C = W_p \cdot C_e = 24552 \cdot 1,68 = 41247 \text{ грн}$$

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

C_e - тариф на електроенергію, грн./кВт·год.

1,68 грн./кВт год - вартість електроенергії для підприємств станом на 2022;

Кількість спожитої за рік електроенергії, кВт·год розраховуємо по формулі:

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_p = T_d \cdot T_h \cdot T_n \cdot P_n = 31 \cdot 12 \cdot 12 \cdot 5,5 = 24552 \text{ кВт}$$

де t_d - кількість робочих днів в місяць.

t_h - кількість робочих годин в зміну.

t_t - кількість місяців на рік.

P_n - потужність електродвигуна.

Таким чином, річні експлуатаційні витрати у проектному варіанті:

$$C_{np} = C_a + C_z + C_c + C_m + C_3 + C_{np} = 19282 + 23174 + 8690,4 + 308183,04 \\ = 359329,44 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати у базовому варіанті:

$$C_{\bar{o}} = C_a + C_z + C_c + C_m + C_3 + C_{np} = 7707,64 + 23174 + 8690,4 + 350208 \\ = 389780,04 \text{ грн.}$$

Повна річна економія від впровадження варіанту визначається:

$$\mathcal{E} = \Delta\Pi + \Delta C = 12869 + 30450,6 = 43319,6 \text{ грн}$$

Попереджений збиток від виходу із строю ліфту пов'язаний з
віклом ремонтно бри

Де $\Delta\Pi$ - повний річний прибуток.

ΔC - економія (перевитрата) на експлуатаційних витратах, знаходиться
за формулою.

$$\Delta C = C_{\text{баз}} - C_{np} = 389780,04 - 359329,44 = 30450,6 \text{ грн.}$$

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

.3.Визначення і аналіз показників економічної ефективності

Оцінка економічної ефективності що розглядаються в кваліфікаційній роботі технічних і організаційних рішень здійснюється на основі визначення і аналізу наступних показників :

- а) Розрахункового коефіцієнта ефективності капітальних витрат E_p ;
- б) Терміну окупності капітальних витрат T_p ;

Коефіцієнт ефективності капітальних витрат E_p показує, скільки гривень додаткового прибутку приносить одна гривна капітальних витрат :

$$E_p = \frac{\mathcal{E}}{K}$$
$$E_p = \frac{43319,6}{196456,54} = 0,221$$

де \mathcal{E} - загальна річна економія від впровадження об'єкту проектування, тисяч грн.;

K -капітальні витрати по варіанту, що викликали економію, тисяч грн.;

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

$$T_p = \frac{K}{\mathcal{E}} = \frac{196456,54}{43319,6} = 4,5 \text{ роки}$$

Результати техніко-економічного обґрунтування ефективності впровадження результатів кваліфікаційної роботи оформляю у вигляді таблиці

4.3.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3

Порівняльна оцінка техніко-економічних показників

№	Найменування	Од. виміру	Базовий варіант	Проектни й варіант	Зміна в порівнянні з базовим варіантом (грн/%)	
1	Капітальні витрати	грн.	38538	196456	57876	-80
2	Експлуатаційні витрати		389780	359329	30450	+17
3	Річна економія			30450		
4	Розрахунковий коефіцієнт	од.		0,221		
5	Термін окупності	років		4,5		
6	Економія електроенергії	кВт×год	288000	253440		+13,6

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок:

У розрахунках цього розділу були 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 30450 гривень, розрахунковий коефіцієнт ефективності складає 0,221 і розрахунковий термін окупності капітальних вкладень складає 4,5 року.

ВИСНОВКИ

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

У проекті була розрахована система автоматичного керування. На базі цих розрахунків створена модель електропривода, з якої зняті характеристики перехідних процесів.

У економічному розділі за допомогою розрахунків я встановила доцільність мого проекту.

Підводячи висновки я можу з впевненістю сказати, що впровадження частотного керованого електроприводу є доцільним рішенням.

					<i>ЕП.ПД22.24.11.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колб А.А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навч. посібник. Д.: НГУ. – 2006.
2. Вешевский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.: Энергия, 1977. – 432 с.
3. Народицкий А.Г. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов, М.: Энергия. 2004. 224 с.
4. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий/Под ред. М. Г. Зимеикова, Г. В. Розеиберга, Е. М. Феськова. М.: Энергоатомиздат, 1983. 480 с.
5. Преобразователи частоты VACON. Руководство VAASA CONTROLLOY2000.
6. Новиков Г.В. «Частотное управление асинхронными электродвигателями» 2016
7. https://xn--80aqy.com.ua/katalog_elektrodvigateli_air/air-100l2-5-5-kvt-3000-ob-min/
8. <https://www.electricalautomationnetwork.com/ru/vacon/optional-for-ac-drives-p-kw-27-r-14-vacon-brr-0061-hd-5-brr0061hd5>
9. <https://chastotnik.com.ua/preobrasovатели/Vacon/>
10. https://www.avtomats.com.ua/2280-breaker_va_88-32_25a_32a_40a_50a_63a_iek.html
11. <https://rozetka.com.ua/ua/chainsaws/c155515/raspologenie-dvigatelya-v-pile=prodolnoe-pryamoe/>

					ЕП.ПД22.24.11.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		