

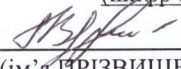
Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

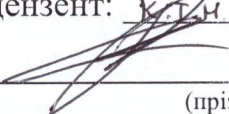
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

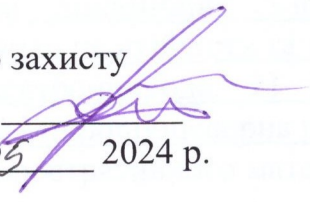
Бакалаврська дипломна робота на тему:

«РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА
ВАНТАЖНОГО ЛІФТА»

Виконав: студент 4 курсу, гр. 1ЕМ-206
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)
 Віктор ГУРКІВСЬКИЙ
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри КЕМСК
 Валентин ГРАБКО
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)
«28» 05 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. ЕСЕМ
 Бойтун ю.п.
(прізвище та ініціали)
«17» 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри 
«28» 05 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

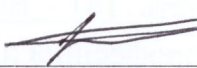
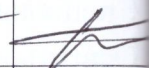
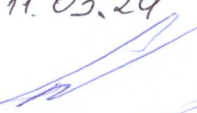
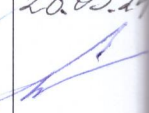
Освітньо-професійна програма «Електромеханіка»

“~~11~~” 03 2024 року

(прізвище, ім'я, по батькові)

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Об'єкт, предмет, мета та задачі дослідження; Зовнішній вигляд та загальна характеристика вантажного ліфта. Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода. Схема електрична структурна системи електропривода. Схема електрична функціональна системи електропривода. Моделювання перехідних процесів САЕПТЗ. Схема електрична принципова САЕПТЗ. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

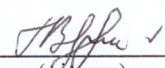
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Спеціальна частина	к. т. н., доц. каф. КЕМСК Грабко В.В.	11.03.24 	28.05.24 
Охорона праці	Зав. каф. БЖДПБ, д.пед.н., проф. Кобилянський О. В.	11.03.24 	28.05.24 

7. Дата видачі завдання 11.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

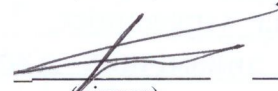
№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.2024	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	21.05.2024	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	28.05.2024	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	28.05.2024	
5	Попередній захист БДР	28.05.2024	
6	Нормоконтроль БДР	28.05.2024	
7	Рецензування БДР	10.06.2024	
8	Захист БДР	13.06.2024	

Студент


(підпис)

Гурківський В.
(прізвище та ініціал)

Керівник роботи


(підпис)

Грабко В. В.
(прізвище та ініціал)

АНОТАЦІЯ

Гурківський В.С. Розробка системи керування електропривода вантажного ліфта. Бакалаврська дипломна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2024. – 105 с. Бібл.:22. Іл.:25. Табл.:9.

Здійснено розробку електропривода вантажного ліфта. На основі техніко-економічних показників вибрано систему електропривода, розраховано та вибрано електродвигун, здійснено його перевірку, досліджено характеристики в статистичному та динамічному режимах, а також розроблено електричні схеми САЕП пасажирського ліфта. Для перевірки модернізованої САЕП проведено моделювання в ППП Matlab, а також здійснено перевірку на стійкість та якість.

Ключові слова: електропривод, електричний двигун, ліфт, Atmel, мікроконтролер.

ABSTRACT

Gurkivskyi V.S. Development of a freight elevator electric drive control system. Bachelor thesis. - Vinnitsa: VNTU, 2024. – 105 p. Bibl: 22. Il: 25. Tabs: 9.

The development of the electric drive of the freight elevator was carried out. On the basis of technical and economic indicators, the electric drive system was selected, the electric motor was calculated and selected, its verification was carried out, the characteristics were studied in statistical and dynamic modes, and the electric circuits of the SAEP passenger elevator were developed. In order to check the modernized SAEP, simulation was carried out in PPP Matlab, as well as a stability and quality check was carried out.

Keywords: electric drive, electric motor, elevator, Atmel, microcontroller.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО МЕХАНІЗМУ І РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ.....	8
2 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА.....	10
2.1 Розрахунок та побудова навантажувальної діаграми і тахограми виконавчого органу виробничого механізму	10
2.2 Попередній розрахунок потужності приводного двигуна	20
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	22
4 ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА ТА ЙОГО ПЕРЕВІРКА.....	28
4.1 Вибір електродвигуна за потужністю і швидкістю обертання.....	28
4.2 Розрахунок динамічних навантажень та побудова навантажувальної діаграми електропривода.....	29
4.3 Перевірка вибраного двигуна за нагрівом, перевантажувальною здатністю та умовами пуску	32
4.4 Розрахунок і вибір перетворювального агрегату для живлення приводного двигуна	34
5 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЇЇ СИЛОВОГО КОЛА.....	36
5.1 Розробка схеми електричної структурної системи електропривода	36
5.2 Розрахунок й вибір сенсорів та їх коефіцієнтів підсилення	37
6 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ КОЛА УПРАВЛІННЯ.	41
6.1 Розробка схеми електричної функціональної системи електропривода	41
6.2 Розрахунок і вибір регуляторів та елементів їхніх контурів	42
7 РОЗРАХУНОК СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК САЕПТЗ	45
8 РОЗРАХУНОК ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК САЕПТЗ	48

9 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НА СТІЙКІСТЬ ТА ЯКІСТЬ.....	52
9.1 Дослідження стійкості системи електропривода.....	52
9.2 Дослідження якості системи електропривода.....	55
10 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА.	56
11 ПОБУДОВА АЛГОРИТМІВ МОНТАЖУ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ САЕПТЗ.....	57
12 МІКРОПРОЦЕСОРНА РЕАЛІЗАЦІЯ	63
12.1 Керування комутацією транзисторів.....	63
12.2 Розрахунок і вибір індикатора поверху	64
12.3 Реалізація кнопок керування ліфта та системи позиціонування кабіни.....	66
12.4 Принцип дії системи керування електроприводом ліфта	67
13 ОХОРОНА ПРАЦІ	69
13.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації	70
13.2 Технічне рішення з безпеки праці і виробничої санітарії.....	71
13.3 Пожежна безпека.....	76
13.4 Оцінка безпеки роботи системи управління ліфта в умовах дії загрозливих чинників в надзвичайних ситуаціях	78
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	87
ДОДАТОК А (обов'язковий) Технічне завдання	89
ДОДАТОК Б Графічна частина	92
ДОДАТОК В Протокол перевірки дипломної роботи на наявність текстових запозичень	105

ВСТУП

Актуальність теми. Основне призначення підйомно-транспортних машин – це підйом і переміщення вантажів. У цей час у зв'язку з розвитком техніки, удосконалюванням виробничих процесів на підприємствах народного господарства підйомно-транспортні машини мають велике значення. Розвиток багатьох галузей промисловості, транспорту й будівництва пов'язаний із розвитком і вдосконалюванням підйомно-транспортних машин.

Ліфт є різновидністю підйомника і представляє собою транспортний засіб переривної дії, призначений для вертикального підйому або опускання вантажу та людей, який рухається прямолінійно вздовж вертикальних направляючих. Кабіна ліфта переміщується вздовж нерухомих вертикальних жорстких направляючих, які встановлені в шахті.

Вантажний ліфт складається із шахти, обладнаної дверима, які встановлені в порталах, кабіни і машинного відділення з підйомно-привідною лебідкою. Машинне приміщення – частина шахти (чи інше приміщення), призначене для установки приводного механізму, органів керування та іншого обладнання ліфта.

Сучасне будівництво цивільних і промислових будинків було б неможливим без підйомно-транспортних машин. Значення підйомно-транспортних машин полягає в тому, що вони є ефективними засобами механізації на великих промислових підприємствах, у будівництві, виконуючи найбільш трудомісткі процеси по переміщенню різного роду вантажів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Виконана робота співпадає з науковим напрямком діяльності кафедри КЕМСК і напрямком електротехніки, електроенергетики та електромеханіки.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка системи керування ліфтом з можливістю контролю всіх вимірювальних параметрів.

Відповідно до вказаної мети необхідно розв'язати такі задачі:

- провести огляд існуючих методів і засобів керування системою електропривода;
- розробити математичні моделі для визначення оптимального налаштування системи керування електропривода;
- розробити структурні схеми пристроїв для керування ліфтом;
- за розробленими математичними моделями реалізувати засіб в мікропроцесорному виконанні.

Об’єкт дослідження – процес контролю керування системою електропривода.

Предмет дослідження – якість процесу керування.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач і аналізу прийнятих технічних та алгоритмічних рішень використані такі методи дослідження: теорії технічного діагностування, комп’ютерна математика та комп’ютерне моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів.

В роботі отримані наступні результати:

- Розроблено математичну модель для керування системою електропривода з можливістю її переналаштуванням під будь-які умови використання, що дозволяє використовувати її для більшої кількості систем керування.
- Створена методика для вимірювання та контролю даних, що дозволяє швидше ліквідовувати недоліки системи та здійснювати моніторинг вимірюваних параметрів для відслідковування стану об’єкту контролю.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці за математичною моделлю структурних схем засобів для керування системою електропривода ліфтів з використанням промислової елементної бази.

Розроблена структура мікропроцесорного засобу для керування системою електропривода, що дозволяє гнучко її застосувати до умов використання.

Застосування запропонованих пристроїв дозволяє підвищити безпеку експлуатації електричних мереж, а також підвищити якість і надійність керування ліфтами.

Достовірність теоретичних положень бакалаврської дипломної роботи підтверджується коректним застосуванням математичного апарату, за допомогою якого здійснювався розрахунок та налаштування системи керування електроприводом.

Особистий внесок здобувача. Основні результати формулювання відповідних висновків отримані автором самостійно.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи та її результати досліджень доповідались, обговорювались та схвалені на Регіональній науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», Вінниця, 2024 р.

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано одні тези доповіді.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО МЕХАНІЗМУ І РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ

Існує два варіанти розташування приводного електродвигуна: з розташуванням в верхній частині шахти та з розташуванням у нижній частині шахти ліфта. Проте розташування електропривода в нижній частині шахти є невигідним, оскільки кінематична схема при цьому ускладнюється, збільшується кількість канатоведучих шківів, що зменшує ККД всієї системи, збільшуються розміри шахти, збільшується кількість рухомих елементів, тому вибираємо кінематичну схему із верхнім розташуванням електропривода. Спрощена кінематична схема приведена на рисунку 1.1.

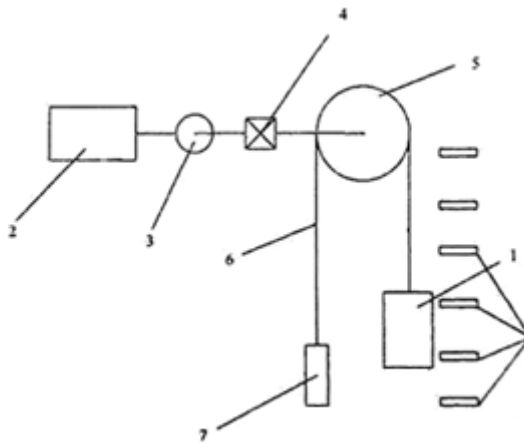


Рисунок 1.1 – Кінематична схема ліфта

Основним обладнанням ліфта є кабіна 1, яка рухається вздовж вертикальних металевих рейок – направляючих; електричний двигун 2 через муфту 3 приводить в обертання редуктор 4, який в свою чергу обертає приводний шків 5; через шків перекинутий канат 6, який з одного кінця приєднаний до кабіни, з іншого – до протизаваги 7; для визначення положення кабіни використовується датчик положення, який реалізований як ультразвук, сигнал з нього надходять на систему керування.

Шахта ліфта відгороджена залізобетонною конструкцією, яка поглинає шум від руху ліфта. На всіх поверхах шахта обладнана дверима з автоматичним

замком, які приводяться в дію автоматично за допомогою електричного привода. Над шахтою знаходиться машинне відділення. В ньому розташований електричний двигун, редуктор, система керування та автоматики.

Основною задачею дипломного проекту є розробка системи керування для даного механізму(вантажного ліфта), вибір двигуна, синтез регуляторів і розрахунок їх параметрів, вибір апаратури управління. Вибір двигуна буде здійснюватись по розрахунку еквівалентного моменту. Вибір системи керування буде здійснюватись шляхом порівняння декількох систем керування та вибору із них найкращої яка буде задовольняти техніко-економічному обґрунтуванню та властивостям системи з найкращими показниками. В подальшому проектуванні буде здійснена розробка схеми системи керування електроприводом постійного струму та розрахунок її складових силового кола та кола керування. Для того щоб пересвідчитись що дана система задовольняє вимоги механізму і повністю підходить для його керування буде зроблена перевірка на її стійкість шляхом комп'ютерного моделювання.

2 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА

2.1 Розрахунок та побудова навантажувальної діаграми і тахограми виконавчого органу виробничого механізму

Під час розрахунку вертикального транспорту використовуються наступні додаткові поняття та визначення:

- круговий рейс – шлях кабіни ліфта від основної посадкової площадки до повернення на той же поверх;
- час кругового рейсу – час, необхідний на здійснення кругового рейсу кабіни, з урахуванням витрат часу, пов'язаних з пуском ліфта, зупинками, відкриванням і закриванням дверей, входом і виходом пасажирів;
- інтервал – проміжок часу між послідовними підходами кабіни ліфта до площадки на поверсі при русі в необхідному напрямку;
- число можливих зупинок – число поверхових площадок, на яких ліфт може зупинитися;
- число імовірних зупинок – математичне очікування випадкової величини числа зупинок по командах і викликах пасажирів;
- імовірна висота підйому – математичне очікування випадкової величини висоти підйому по командах і викликах пасажирів.

Розглянемо кінематичну схему ліфта з однією кабіною і противагою при поліспастичному підвішенні їх на декількох канатах (рисунок 2.1).

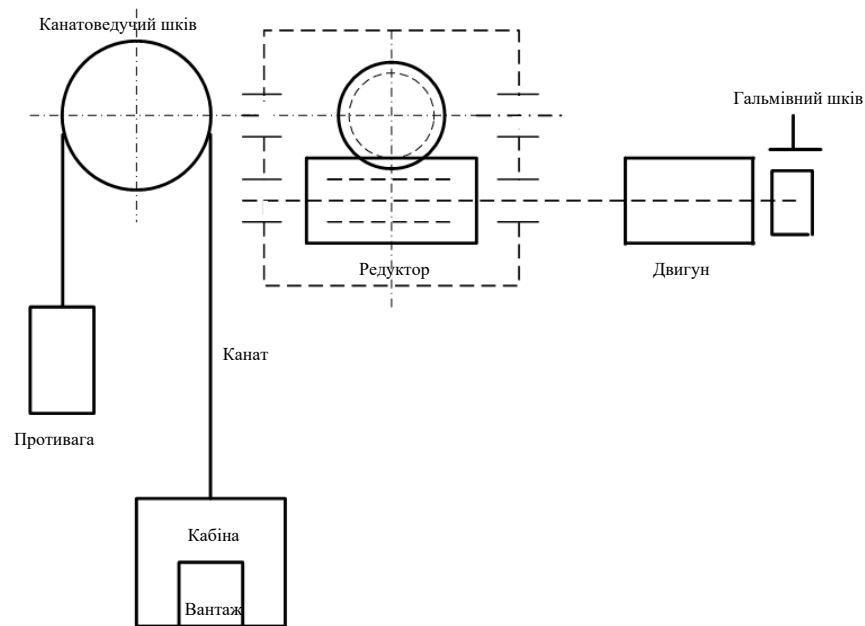


Рисунок 2.1 – Кінематична схема ліфта

Для вибору двигуна розрахуємо його необхідну номінальну потужність, виходячи з навантажувальної діаграми механізму (тобто тимчасової діаграми моментів або сил статичного опору механізму на його робочому органі).

По розрахованій потужності потім виконуємо попередній вибір двигуна електроприводу.

Визначимо масу протизаги і побудуємо навантажувальну діаграму ліфта (графік статичних моментів на канатоведучому шківі).

Розрахунок часу ділянок циклу на етапі попереднього вибору двигуна виконуємо приблизно, тому що поки не можна визначити час розгону і уповільнення (сумарний момент інерції приводу до вибору двигуна невідомий).

Маса протизаги вибирається таким чином, щоб протизага врівноважувала кабіну і половину маси номінального вантажу:

$$m_{\text{пр}} = \alpha \cdot m_{\text{вп}} + m_{\text{к}}, \quad (2.1)$$

де $m_{\text{вп}}$ – маса вантажопідйомності ліфта;

$m_{\text{к}}$ – маса кабіни ліфта,

$$m_{\text{пр}} = 0,5 \cdot 3000 + 650 = 2150(\text{кг}).$$

Вага номінального вантажу:

$$G_{\text{в}} = m_{\text{в}} \cdot g, \quad (2.2)$$

$$G_{\text{в}} = 3000 \cdot 9,8 = 29400(\text{Н}).$$

Вага кабіни:

$$G_{\text{к}} = m_{\text{к}} \cdot g, \quad (2.3)$$

$$G_{\text{к}} = 650 \cdot 9,8 = 6370(\text{кг}).$$

Вага противаги:

$$G_{\text{пр}} = m_{\text{пр}} \cdot g, \quad (2.4)$$

$$G_{\text{пр}} = 2150 \cdot 9,8 = 21070(\text{Н}).$$

Вага погонного метра вантажопідйомного каната:

$$G_{\text{пог}} = m_{\text{пог}} \cdot g, \quad (2.5)$$

$$G_{\text{пог}} = 7,5 \cdot 9,8 = 73,5(\text{Н / м}).$$

Швидкість обертання при робочому ході:

$$n_{\text{дврх}} = \frac{60 \cdot V_{\text{рх}}}{\pi \cdot D_{\text{кш}}} \cdot i, \quad (2.6)$$

$$n_{\text{дврх}} = \frac{60 \cdot 0,2}{3,14 \cdot 0,3} \cdot 35 = 445,86(\text{об / хв}).$$

Кутова швидкість двигуна при робочому ході:

$$\omega_{\text{дврх}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{дврх}}}{60}, \quad (2.7)$$

$$\omega_{\text{дврх}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 445,86}{60} = 47(\text{с}^{-1}).$$

Швидкість обертання двигуна при зворотному ході:

$$n_{\text{двзх}} = \frac{60 \cdot V_{\text{зх}}}{\pi \cdot D_{\text{кш}}} \cdot i, \quad (2.8)$$

$$n_{\text{ДВЗХ}} = \frac{60 \cdot 0,3}{3,14 \cdot 0,3} \cdot 35 = 668,79 (\text{об} / \text{хв}).$$

Кутова швидкість двигуна при зворотному ході:

$$\omega_{\text{ДВЗХ}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{ДВЗХ}}}{60}, \quad (2.9)$$

$$\omega_{\text{ДВЗХ}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 668,79}{60} = 70 (\text{с}^{-1}).$$

Кутове прискорення двигуна при пусках та гальмуваннях:

$$\epsilon_{\text{ДВ}} = \frac{2 \cdot a \cdot i}{D_{\text{кш}}}, \quad (2.10)$$

$$\epsilon_{\text{ДВ}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 35}{0,3} = 116,67 (\text{рад} / \text{с}^2).$$

Тахограма роботи електропривода підйомної лебідки вантажного ліфта складається з таких основних етапів руху:

- а) розгін електродвигуна до сталої швидкості;
- б) рух із сталою швидкістю;
- в) гальмування і зупинка кабіни ліфта на поверсі призначення з необхідною точністю.

Час роботи механізму при пуску із заданим прискоренням при робочому ході:

$$t_{\text{прх}} = \frac{V_{\text{рх}}}{a}, \quad (2.11)$$

$$t_{\text{прх}} = \frac{0,2}{0,5} = 0,4 (\text{с}).$$

Час роботи механізму при гальмуванні із заданим прискоренням при робочому ході приймемо рівним:

$$t_{\text{грх}} = t_{\text{прх}} = 0,4 (\text{с}). \quad (2.12)$$

Шлях, який проходить кабіна за час пуску (гальмування) при робочому ході:

$$H_{\Pi_{px}} = H_{\Gamma_{px}} = \frac{V_{px}^2}{2 \cdot a}, \quad (2.13)$$

$$H_{\Pi_{px}} = H_{\Gamma_{px}} = \frac{0,2^2}{2 \cdot 0,5} = 0,04(\text{м}).$$

Шлях, який проходить кабіна з усталеною швидкістю при робочому ході:

$$H_{уст_{px}} = H - H_{\Pi_{px}} - H_{\Gamma_{px}}, \quad (2.14)$$

$$H_{уст_{px}} = 3 - 0,04 - 0,04 = 2,92(\text{м}).$$

Час роботи механізму з усталеною швидкістю при робочому ході:

$$t_{уст_{px}} = \frac{H_{уст_{px}}}{V_{px}}, \quad (2.15)$$

$$t_{уст_{px}} = \frac{2,92}{0,2} = 14,6(\text{с}).$$

Загальний час роботи механізму при робочому ході:

$$t_{px} = t_{\Pi_{px}} + t_{уст_{px}} + t_{\Gamma_{px}}, \quad (2.16)$$

$$t_{px} = 0,4 + 14,6 + 0,4 = 15,4(\text{с}).$$

Час роботи механізму при пуску із заданим прискоренням при зворотному ході:

$$t_{\Pi_{3x}} = \frac{V_{3x}}{a}, \quad (2.17)$$

$$t_{\Pi_{3x}} = \frac{0,3}{0,5} = 0,6(\text{с}).$$

Час роботи механізму при гальмуванні із заданим прискоренням при зворотному ході приймаємо рівним:

$$t_{\Gamma_{3x}} = t_{\Pi_{3x}} = 0,6(\text{с}). \quad (2.18)$$

Шлях, який проходить кабіна за час пуску (гальмування) при зворотному ході:

$$H_{\Pi_{3X}} = H_{\Gamma_{3X}} = \frac{V_{3X}^2}{2 \cdot a}, \quad (2.19)$$

$$H_{\Pi_{3X}} = H_{\Gamma_{3X}} = \frac{0,3^2}{2 \cdot 0,5} = 0,09(\text{м}).$$

Шлях, який проходить кабіна з усталеною швидкістю при зворотному ході:

$$H_{\text{уст}_{3X}} = H - H_{\Pi_{3X}} - H_{\Gamma_{3X}}, \quad (2.20)$$

$$H_{\text{уст}_{3X}} = 3 - 0,09 - 0,09 = 2,82(\text{м}).$$

Час роботи механізму з усталеною швидкістю при зворотному ході:

$$t_{\text{уст}_{3X}} = \frac{H_{\text{уст}_{3X}}}{V_{3X}}, \quad (2.21)$$

$$t_{\text{уст}_{3X}} = \frac{2,82}{0,3} = 9,4(\text{с}).$$

Загальний час роботи механізму при зворотному ході:

$$t_{3X} = t_{\Pi_{3X}} + t_{\text{уст}_{3X}} + t_{\Gamma_{3X}}, \quad (2.22)$$

$$t_{3X} = 0,6 + 9,4 + 0,6 = 10,6(\text{с}).$$

Сумарний час роботи механізму за цикл роботи (робочий та зворотній хід):

$$t_{\text{роб}} = t_{\text{рх}} + t_{3X}, \quad (2.23)$$

$$t_{\text{роб}} = 15,4 + 10,6 = 26(\text{с}).$$

Час циклу:

$$t_{\Pi} = \frac{3600}{N_{\Pi}}, \quad (2.24)$$

$$t_{\Pi} = \frac{3600}{30} = 120(\text{с}).$$

Сумарний час пауз за цикл роботи:

$$t_0 = t_{\Pi} - t_{\text{роб}}, \quad (2.25)$$

$$t_0 = 120 - 26 = 94(\text{с}). \quad (2.26)$$

Час завантаження кабіни вантажем та час розвантаження кабіни приймемо рівними між собою:

$$t_{0\text{зав}} = t_{0\text{роз}} = \frac{t_0}{2}, \quad (2.27)$$

$$t_{0\text{зав}} = t_{0\text{роз}} = \frac{94}{2} = 47(\text{с}).$$

Фактична тривалість включення:

$$TB_{\phi} = \frac{t_{\text{роб}}}{t_{\text{ц}}} \cdot 100\%, \quad (2.28)$$

$$TB_{\phi} = \frac{26}{120} \cdot 100\% = 21,67\%.$$

В загальному випадку зусилля від ваги канатів визначається:

$$F_{\text{кан}} = G_{\text{пог}} \cdot (L_{\text{кан}_{\text{каб}}} - L_{\text{кан}_{\text{пр}}}), \quad (2.29)$$

де $L_{\text{кан}_{\text{каб}}}$ – довжина канатів зі сторони кабіни;

$L_{\text{кан}_{\text{пр}}}$ – довжина канатів зі сторони противаги.

Зусилля від ваги канатів при знаходженні кабіни на нижній площадці:

$$F_{\text{кан}_H} = G_{\text{пог}} \cdot (H - 0), \quad (2.30)$$

$$F_{\text{кан}_H} = 73,5 \cdot (3 - 0) = 220,5(H).$$

Зусилля від ваги канатів при знаходженні кабіни на верхній площадці:

$$F_{\text{кан}_B} = G_{\text{пог}} \cdot (0 - H), \quad (2.31)$$

$$F_{\text{кан}_B} = 73,5 \cdot (0 - 3) = -220,5(H).$$

Результуюче зусилля на КВШ при робочому ході:

- кабіна знаходиться на нижній площадці розвантаження:

$$F_{\text{кш}_{\text{рх}_H}} = G_K + G_B - G_{\text{пр}} + F_{\text{кан}_H}, \quad (2.32)$$

$$F_{\text{кш}_{\text{рх}_H}} = 6370 + 29400 - 21070 + 220,5 = 14920,5(H);$$

- кабіна знаходиться на верхній площадці розвантаження:

$$F_{\text{кш рхв}} = G_{\text{к}} + G_{\text{в}} - G_{\text{пр}} + F_{\text{канв}}, \quad (2.33)$$

$$F_{\text{кш рхв}} = 6370 + 29400 - 21070 - 220,5 = 14479,5(\text{Н}).$$

Результуюче значення моменту статичного опору приведенного до валу двигуна при робочому ході:

- кабіна знаходиться на нижній площадці завантаження:

$$M_{\text{с рхн}} = \frac{F_{\text{кш рхн}} \cdot D_{\text{кш}}}{2 \cdot i \cdot \eta}, \quad (2.34)$$

$$M_{\text{с рхн}} = \frac{14920,5 \cdot 0,3}{2 \cdot 35 \cdot 0,85} = 75,23(\text{Н} \cdot \text{м});$$

- кабіна знаходиться на верхній площадці розвантаження:

$$M_{\text{с рхв}} = \frac{F_{\text{кш рхв}} \cdot D_{\text{кш}}}{2 \cdot i \cdot \eta}, \quad (2.35)$$

$$M_{\text{с рхв}} = \frac{14479,5 \cdot 0,3}{2 \cdot 35 \cdot 0,85} = 68,14(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Результуюче зусилля на КВШ при зворотному ході:

- кабіна знаходиться на верхній площадці:

$$F_{\text{кш зхв}} = G_{\text{к}} - G_{\text{пр}} + F_{\text{канв}}, \quad (2.36)$$

$$F_{\text{кш зхв}} = 6370 - 21070 - 220,5 = -14920,5(\text{Н});$$

- кабіна знаходиться на нижній площадці:

$$F_{\text{кш зхн}} = G_{\text{к}} - G_{\text{пр}} + F_{\text{канн}}, \quad (2.37)$$

$$F_{\text{кш зхн}} = 6370 - 21070 + 220,5 = -14119,5(\text{Н}).$$

Результуюче значення моменту статичного опору приведенного до валу двигуна при зворотному ході:

- кабіна знаходиться на верхній площадці:

$$M_{\text{с зхв}} = \frac{F_{\text{кш зхв}} \cdot D_{\text{кш}}}{2 \cdot i \cdot \eta}, \quad (2.38)$$

$$M_{c_{3xв}} = \frac{-14920 \cdot 0,3}{2 \cdot 35 \cdot 0,85} = -75,23(\text{Н} \cdot \text{м});$$

- кабіна знаходиться на нижній площадці:

$$M_{c_{3xн}} = \frac{F_{кш_{3xн}} \cdot D_{кш}}{2 \cdot i \cdot \eta}, \quad (2.39)$$

$$M_{c_{3xн}} = \frac{-14119,5 \cdot 0,3}{2 \cdot 35 \cdot 0,85} = -71,19(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Середнє значення моменту опору приведене до валу двигуна:

- при робочому ході (підйомі вантажу):

$$M_{c_{рх ср}} = \frac{M_{c_{рхн}} + M_{c_{рхв}}}{2}, \quad (2.40)$$

$$M_{c_{рх ср}} = \frac{75,23 + 68,14}{2} = 71,69(\text{Н} \cdot \text{м});$$

- при зворотному ході (опусканні пустої кабіни):

$$M_{c_{3x ср}} = \frac{M_{c_{3xн}} + M_{c_{3xв}}}{2}, \quad (2.41)$$

$$M_{c_{3x ср}} = \frac{-75,23 - 71,19}{2} = -73,21(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Середнє значення статичної потужності на валу приводного двигуна:

- при робочому ході:

$$P_{c_{рх ср}} = M_{c_{рх ср}} \cdot \omega_{дв_{рх}}, \quad (2.42)$$

$$P_{c_{рх ср}} = 71,69 \cdot 47 = 3,37(\text{кВт});$$

- при зворотному ході:

$$P_{c_{3x ср}} = M_{c_{3x ср}} \cdot \omega_{дв_{3x}}, \quad (2.43)$$

$$P_{c_{3x ср}} = -73,21 \cdot 70 = 5,12(\text{кВт}).$$

Тахограма виконавчого органу виробничого механізму зображена на рисунку 2.1.

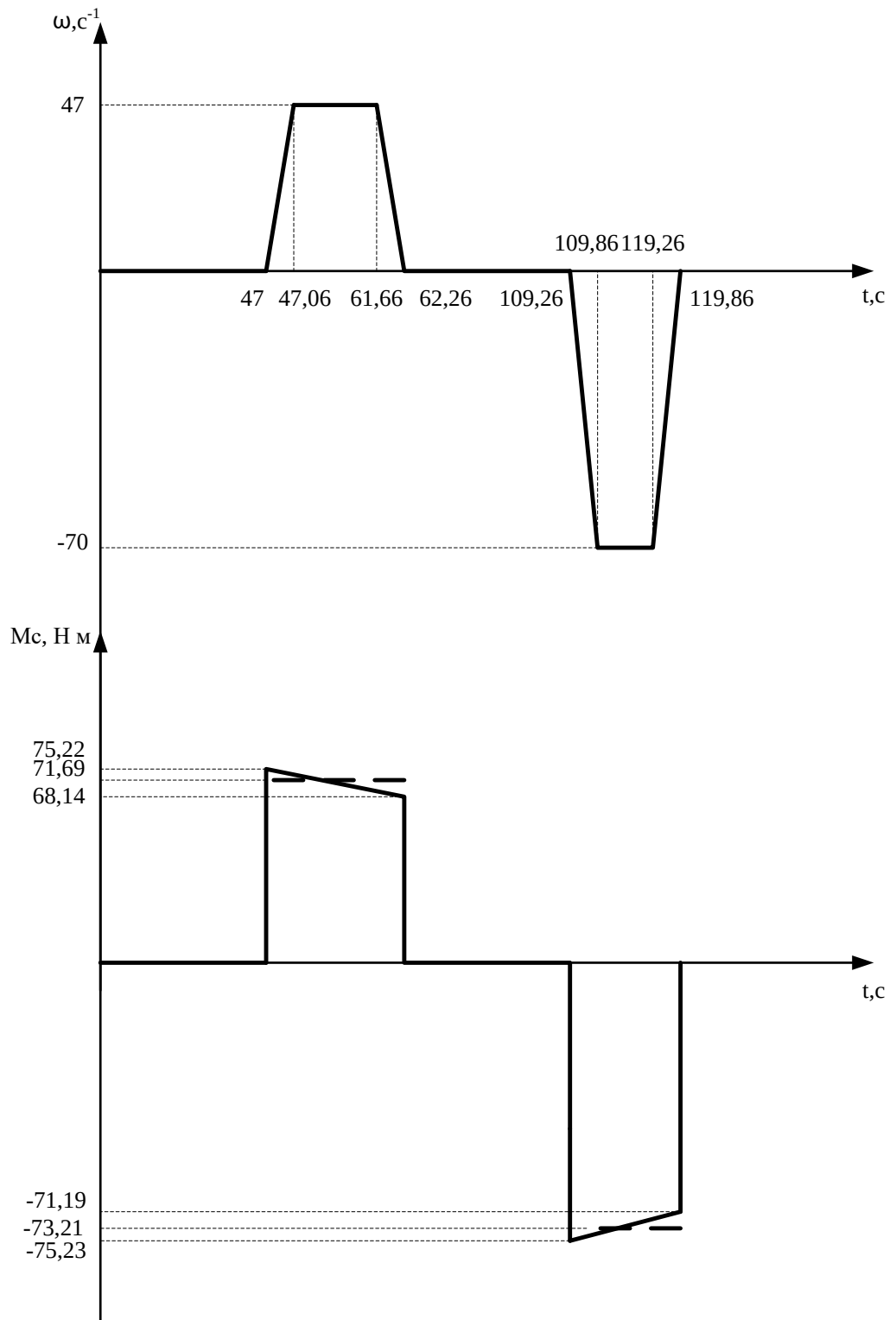


Рисунок 2.2 – Тахограма виконавчого органу виробничого механізму

2.2 Попередній розрахунок потужності приводного двигуна

Еквівалентна потужність:

$$P_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\left(P_{\text{ср}} \cdot \frac{\omega_{\text{двзх}}}{\omega_{\text{дврх}}} \right)^2 \cdot t_{\text{рх}} + P_{\text{ср}}^2 \cdot t_{\text{зх}}}{\beta_{\text{п}} \cdot t_{\text{прх}} + \beta_{\text{рх}} \cdot t_{\text{устрх}} + \beta_{\text{г}} \cdot t_{\text{грх}} + \beta_{\text{п}} \cdot t_{\text{пзх}} + \beta_{\text{зх}} \cdot t_{\text{устзх}} + \beta_{\text{г}} \cdot t_{\text{гзх}}}},$$

де $\beta_{\text{п}}$ – коефіцієнт погіршення тепловіддачі в перехідних режимах (при пусках або гальмуваннях);

$\beta_{\text{рх}}$ – коефіцієнт погіршення тепловіддачі при роботі на усталеній швидкості робочого ходу.

Коефіцієнт погіршення тепловіддачі в перехідних режимах:

$$\beta_{\text{п}} = \frac{1 + \beta_0}{2}, \quad (2.45)$$

де β_0 – коефіцієнт погіршення тепловіддачі при нерухомому роторі (для двигунів з самовентиляцією $\beta_0 = 0,5$),

$$\beta_{\text{п}} = \frac{1 + 0,5}{2} = 0,75.$$

Коефіцієнт погіршення тепловіддачі при роботі на усталеній швидкості робочого ходу:

$$\beta_{\text{рх}} = \beta_0 + (1 - \beta_0) \cdot \frac{\omega_{\text{дврх}}}{\omega_{\text{двзх}}}, \quad (2.46)$$

$$\beta_{\text{рх}} = 0,5 + (1 - 0,5) \cdot \frac{47}{70} = 0,84.$$

Еквівалентна потужність:

$$P_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\left(3,37 \cdot \frac{70}{47} \right)^2 \cdot 15,4 + 5,12^2 \cdot 10,6}{0,75 \cdot 0,4 + 0,84 \cdot 14,6 + 0,75 \cdot 0,4 + 0,75 \cdot 0,6 + 0,84 \cdot 9,4 + 0,75 \cdot 0,6}} = 7,96 (\text{кВт}).$$

Розрахункова потужність приводного двигуна:

$$P_{\text{роз}} = k_3 \cdot P_{\text{екв}} \cdot \sqrt{\frac{TB_{\phi}}{TB_{\text{ст}}}}, \quad (2.47)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу ($k_3 = 1,1 \dots 1,3$),

$$P_{\text{роз}} = (1,1 \dots 1,3) \cdot 7,96 \cdot \sqrt{\frac{21,67}{40}} = 6,44 \div 7,62 (\text{кВт}).$$

З ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

З практичної експлуатації відомо, що для привода механізму підйому вантажного ліфта можуть бути застосовані такі системи електричного привода: РКС-ДПС; РКС-АД; ТП-ДПС; ПЧ-АД.

Використовувати двигуни постійного струму (ДПС) і системи побудовані на їх основі, в даному випадку, є недоцільним, оскільки вони мають значні масо-габаритні показники порівняно з двигунами змінного струму і потребують значно більших затрат на обслуговування та ремонт.

Недоліком АД з КЗ ротором є великий пусковий струм, який у 5...7 разів перевищує струм двигуна при роботі в номінальному режимі. Однак при його використанні в системах електропривода типу ТРН-АД; при застосуванні системи ПЧ-АД цей недолік суттєво згладжується.

Система електричного привода типу ПЧ-АД характеризується широким діапазоном регулювання швидкості, а отримані характеристики мають високу жорсткість. Сучасні перетворювачі частоти дозволяють значно підвищити ефективність технологічного процесу і реалізувати найбільш економічний алгоритм керування приводним двигуном, а також – зекономити від 20 до 50% електроенергії порівняно з іншими електроприводами, не оснащеними перетворювачами частоти. Окрім того, перетворювачі частоти реалізують принцип відкритих систем, тому їх досить просто включити в системи комплексної автоматизації, що є суттєвою їх перевагою.

Для остаточного прийняття рішення щодо вибору системи електричного привода здійснимо порівняння розглянутих варіантів згідно критерію приведених витрат.

Приведені витрати – показник порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень, який широко використовують при виборі кращого з варіантів вирішення технічних завдань. При порівнянні можливих варіантів вирішення будь-якого завдання кращим, за інших рівних умов, вважається

варіант, що вимагає мінімуму приведених витрат:

$$З = E_H \cdot K + C, \quad (3.1)$$

де E_H – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (приймається 0,2 для всіх галузей промисловості), 1/рік;

K – капітальні вкладення, грн;

C – загальні щорічні відрахування, які враховуються в собівартості продукції (враховуючи і амортизаційні відрахування), грн/рік.

Здійснимо розрахунок для системи ПЧ-АД.

Капітальні вкладення:

$$K = D + CK, \quad (3.2)$$

де D – вартість приводного двигуна ($D = 7160$ грн);

CK – вартість системи керування ($CK = 18530$ грн),

$$K = 7160 + 18530 = 25690 \text{ (грн)}.$$

Річні капітальні витрати:

$$K_{\text{річні}} = E_H \cdot K, \quad (3.3)$$

$$K_{\text{річні}} = 0,2 \cdot 25690 = 5138 \text{ (грн / рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування:

$$C = C_A + C_P + C_D + C_O, \quad (3.4)$$

де C_A – амортизаційні відрахування, грн/рік;

C_P – відрахування на ремонт, грн./рік;

C_D – додаткові відрахування, грн./рік;

C_O – відрахування на обслуговування, грн./рік.

Величина амортизаційних відрахувань в середньому приймається 10% від капітальних вкладень:

$$C_A = 0,1 \cdot K, \quad (3.5)$$

$$C_A = 0,1 \cdot 25690 = 2569 \text{ (грн / рік)}.$$

Відрахування на ремонт електрообладнання приймають в розрахунку 2% від капітальних вкладень:

$$C_p = 0,02 \cdot K, \quad (3.6)$$

$$C_p = 0,02 \cdot 25690 = 513,8 (\text{грн} / \text{рік}).$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії системі електричного привода у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік:

$$C_D = C_{D1} + C_{D2}, \quad (3.7)$$

де C_{D1} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік, грн/рік;

C_{D2} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік, грн/рік.

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік:

$$C_{D1} = \Delta W_{\Sigma \text{ дв}} \cdot c, \quad (3.8)$$

де $\Delta W_{\Sigma \text{ дв}}$ – кількість втраченої електроенергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік, (кВт · год) / рік;

c – вартість для промисловості одного кіловата потужності за годину, грн / (кВт · год) ($c = 1,1 \text{ грн} / (\text{кВт} \cdot \text{год})$).

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік:

$$\Delta W_{\Sigma \text{ дв}} = (\Delta P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{перех}}) \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (3.9)$$

де $\Delta P_{\text{ном}}$ – втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи, кВт;

$\Delta P_{\text{перех}}$ – додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи, кВт;

k_3 – коефіцієнт завантаження по потужності (приймають рівним 0,8);

Φ – дійсний фонд часу роботи системи електричного привода за рік, год/рік.

Втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи:

$$\Delta P_{\text{НОМ}} = P_{\text{НОМ}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}}, \quad (3.10)$$

де $P_{\text{НОМ}}$ – номінальна потужність електричного двигуна ($P_{\text{НОМ}} = 7 \text{ кВт}$);

$\eta_{\text{НОМ}}$ – номінальний ККД двигуна ($\eta_{\text{НОМ}} = 0,78$),

$$\Delta P_{\text{НОМ}} = 7 \cdot \frac{1 - 0,78}{0,78} = 1,97 (\text{кВт}).$$

Додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи приймають рівними 10% від номінальних:

$$\Delta P_{\text{перех}} = 0,1 \cdot \Delta P_{\text{НОМ}}, \quad (3.11)$$

$$\Delta P_{\text{перех}} = 0,1 \cdot 1,97 = 0,19 (\text{кВт}).$$

Дійсний фонд часу роботи електричного привода за рік:

$$\Phi = \varepsilon \cdot Z_{\text{р.д.}} \cdot Z_{\text{р.з.}} \cdot t_{\text{р.з.}}, \quad (3.12)$$

де ε – відносна тривалість ввімкнення згідно тахограми ($\varepsilon = 0,5243$);

$Z_{\text{р.д.}}$ – кількість робочих днів за рік ($Z_{\text{р.д.}} = 250$);

$Z_{\text{р.з.}}$ – кількість робочих змін ($Z_{\text{р.з.}} = 1$);

$t_{\text{р.з.}}$ – тривалість робочої зміни ($t_{\text{р.з.}} = 8 \text{ год}$),

$$\Phi = 0,5243 \cdot 250 \cdot 1 \cdot 8 = 1048,6 (\text{год} / \text{рік}).$$

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи згідно формули (3.9):

$$\Delta W_{\Sigma \text{дв}} = (1,97 + 0,19) \cdot 0,8 \cdot 1048,6 = 1818,22 ((\text{кВт} \cdot \text{год}) / \text{рік}).$$

Додаткові відрахування згідно формули (4.8):

$$C_{\text{Д1}} = 1818,22 \cdot 0,9346 = 1699,31 (\text{грн} / \text{рік}).$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік:

$$C_{\text{Д2}} = \Delta W_{\text{ск}} \cdot c, \quad (3.13)$$

де $\Delta W_{\text{ск}}$ – кількість втраченої електроенергії в системі керування за рік, $(\text{кВт} \cdot \text{год}) / \text{рік}$.

Витрати енергії в системі керування за рік:

$$\Delta W_{\Sigma \text{СК}} = \Delta P_{\text{СК}} \cdot K_3 \cdot \Phi, \quad (3.14)$$

де $\Delta P_{\text{СК}}$ – втрати потужності в системі керування, кВт.

Втрати потужності в системі керування:

$$\Delta P_{\text{СК}} = P_{\text{ПП}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{ПП}}}{\eta_{\text{ПП}}}, \quad (3.15)$$

де $P_{\text{ПП}}$ – номінальна потужність перетворюючого пристрою ($P_{\text{ПП}} = 7 \text{ кВт}$);

$\eta_{\text{ПП}}$ – номінальний ККД перетворюючого пристрою ($\eta_{\text{ПП}} = 0,98$),

$$\Delta P_{\text{СК}} = 7 \cdot \frac{1 - 0,98}{0,98} = 0,1429 (\text{кВт}).$$

Втрати потужності в системі керування згідно формули (3.14):

$$\Delta W_{\Sigma \text{СК}} = 0,1429 \cdot 0,8 \cdot 1048,6 = 119,84 ((\text{кВт} \cdot \text{год}) / \text{рік}).$$

Додаткові відрахування згідно формули (3.13):

$$C_{\text{Д}2} = 119,84 \cdot 0,9346 = 112,002 (\text{грн} / \text{рік}).$$

Додаткові відрахування згідно формули (3.7):

$$C_{\text{Д}} = 1699,31 + 112,002 = 1811,3 (\text{грн} / \text{рік}).$$

Відрахування на обслуговування електрообладнання приймають рівним 5% від суми відрахувань на амортизацію, ремонт та додаткових витрат:

$$C_0 = 0,05 \cdot (C_{\text{А}} + C_{\text{Р}} + C_{\text{Д}}), \quad (3.16)$$

$$C_0 = 0,05 \cdot (2569 + 513,8 + 1811,3) = 244,71 (\text{грн} / \text{рік}).$$

Загальні додаткові відрахування згідно формули (3.4):

$$C = 2569 + 513,8 + 1811,3 + 244,71 = 5138,81 (\text{грн} / \text{рік}).$$

Приведені витрати згідно формули (3.1):

$$З = 0,17 \cdot 25690 + 5138,81 = 9506,11 (\text{грн} / \text{рік}).$$

Для інших систем електричного привода проведемо аналогічні розрахунки і результати занесемо в порівняльну таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – Порівняльна таблиця вартості систем електропривода

Показники	РКС-ДПС	РКС-АД	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	17900	7160	17900	7160
Вартість системи керування СК, грн	9265	10192	11118	18530
Капітальні вкладення К, грн	27165	24512	29018	25690
Річні капітальні витрати $K_{річн}$, грн/рік	4618,1	4167	4933,1	4367,3
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	2716,5	1019,2	2901,8	2569
Відрахування на ремонт C_R , грн/рік	543,3	490,23	580,36	513,8
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	5590,5	5590,5	2662,9	1811,3
Відрахування на обслуговування C_0 , грн/рік	442,51	426,59	307,25	244,71
Загальні відрахування C , грн/рік	9292,8	8958,5	6452,3	5138,81
Приведені витрати Z , грн/рік	13911	13125	11385	9506,11

Проаналізувавши порівняльну таблицю, робимо висновок, що найбільш економічним для використання є система електричного привода типу ПЧ-АД.

4 ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА ТА ЙОГО ПЕРЕВІРКА

4.1 Вибір електродвигуна за потужністю і швидкістю обертання

Згідно розрахункових даних для привода механізму підйому вантажного ліфта вибираємо АД з КЗ ротором типу МТКФ 311-6 (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Технічні данні приводного двигуна

Тип двигуна	МТКФ 311-6
Номінальна потужність $P_{\text{ном}}$, кВт	7,5
Номінальна напруга $U_{\text{ном}}$, В	380
Номінальна швидкість обертання $n_{\text{ном}}$, об/хв	690
$\cos\varphi_{\text{ном}}$	0,71
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{ном}}$, %	73,5
Пусковий момент $M_{\text{пуск}}, \hat{I} \cdot \hat{i}$	314
Максимальний момент $M_{\text{мах}}, \hat{I} \cdot \hat{i}$	324
Номінальний струм статора $I_{1\text{ном}}$, А	21,8
Пусковий струм $I_{\text{ном.п}}$, А	95
Момент інерції ротора $J_{\text{рот}}$, кг · м ²	0,275

Номінальний момент приводного двигуна:

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}}, \quad (4.1)$$

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{7,5}{690} = 103,26(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Номінальна кутова швидкість обертання:

$$\omega_{\text{ном}} = 0,1047 \cdot n_{\text{ном}}, \quad (4.2)$$

$$\omega_{\text{ном}} = 0,1047 \cdot 690 = 72,24(\text{с}^{-1}).$$

4.2 Розрахунок динамічних навантажень та побудова навантажувальної діаграми електропривода

Момент інерції вантажного ліфта приведений до валу двигуна в режимі робочого ходу:

$$J_{\text{рх}} = 1,2 \cdot J_{\text{рот}} + J_{\text{ш}} + J_{\text{ред}} + \frac{J_{\text{кш}}}{i^2} + (m_{\text{пр}} - m_0 + m_{\text{в}}) \cdot \frac{V_{\text{рх}}^2}{\omega_{\text{дврх}}^2}, \quad (4.3)$$

$$J_{\text{рх}} = 1,2 \cdot 0,275 + 0,85 + 0,2 + \frac{6}{35} + (2150 - 3000 + 650) \cdot \frac{0,2^2}{47^2} = 1,55 (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Момент інерції вантажного ліфта приведений до валу двигуна в режимі зворотного ходу:

$$J_{\text{зх}} = 1,2 \cdot J_{\text{рот}} + J_{\text{ш}} + J_{\text{ред}} + \frac{J_{\text{кш}}}{i^2} + (m_{\text{пр}} - m_0) \cdot \frac{V_{\text{зх}}^2}{\omega_{\text{двзх}}^2}, \quad (4.4)$$

$$J_{\text{зх}} = 1,2 \cdot 0,275 + 0,85 + 0,2 + \frac{6}{35} + (2150 - 3000) \cdot \frac{0,3^2}{70^2} = 1,54 (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Динамічний момент:

- при пуску (гальмуванні) в режимі робочого ходу:

$$M_{\text{дрх}} = J_{\text{рх}} \cdot \varepsilon_{\text{дв}}, \quad (4.5)$$

$$M_{\text{дрх}} = 1,55 \cdot 116,67 = 180,84 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

- при пуску (гальмуванні) в режимі зворотного ходу:

$$M_{\text{дзх}} = J_{\text{зх}} \cdot \varepsilon_{\text{дв}}, \quad (4.6)$$

$$M_{\text{дзх}} = 1,54 \cdot 116,67 = 179,67 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Приведені до валу двигуна статичні моменти на ділянках пуску і гальмування робочого органу виробничого механізму:

- пуск в режимі робочого ходу:

$$M_{\Sigma \text{прх}} = M_{\text{срхн}} + M_{\text{дрх}}, \quad (4.7)$$

$$M_{\Sigma \text{прх}} = 75,23 + 180,84 = 256,07 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

- гальмування в режимі робочого ходу:

$$M_{\Sigma \Gamma_{\text{px}}} = M_{c_{\text{pxB}}} - M_{d_{\text{px}}}, \quad (4.8)$$

$$M_{\Sigma \Gamma_{\text{px}}} = 68,14 - 180,84 = 112,7 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

- пуск в режимі зворотного ходу:

$$M_{\Sigma \Pi_{3\text{X}}} = M_{c_{3\text{XB}}} - M_{d_{3\text{X}}}, \quad (4.9)$$

$$M_{\Sigma \Pi_{3\text{X}}} = -75,23 - 179,67 = 254,9 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

- гальмування в режимі зворотного ходу:

$$M_{\Sigma \Gamma_{3\text{X}}} = M_{c_{3\text{XH}}} + M_{d_{3\text{X}}}, \quad (4.10)$$

$$M_{\Sigma \Gamma_{3\text{X}}} = -71,19 + 179,67 = 108,48 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

За отриманими розрахунками маємо навантажувальну діаграму електропривода (рисунок 4.1).

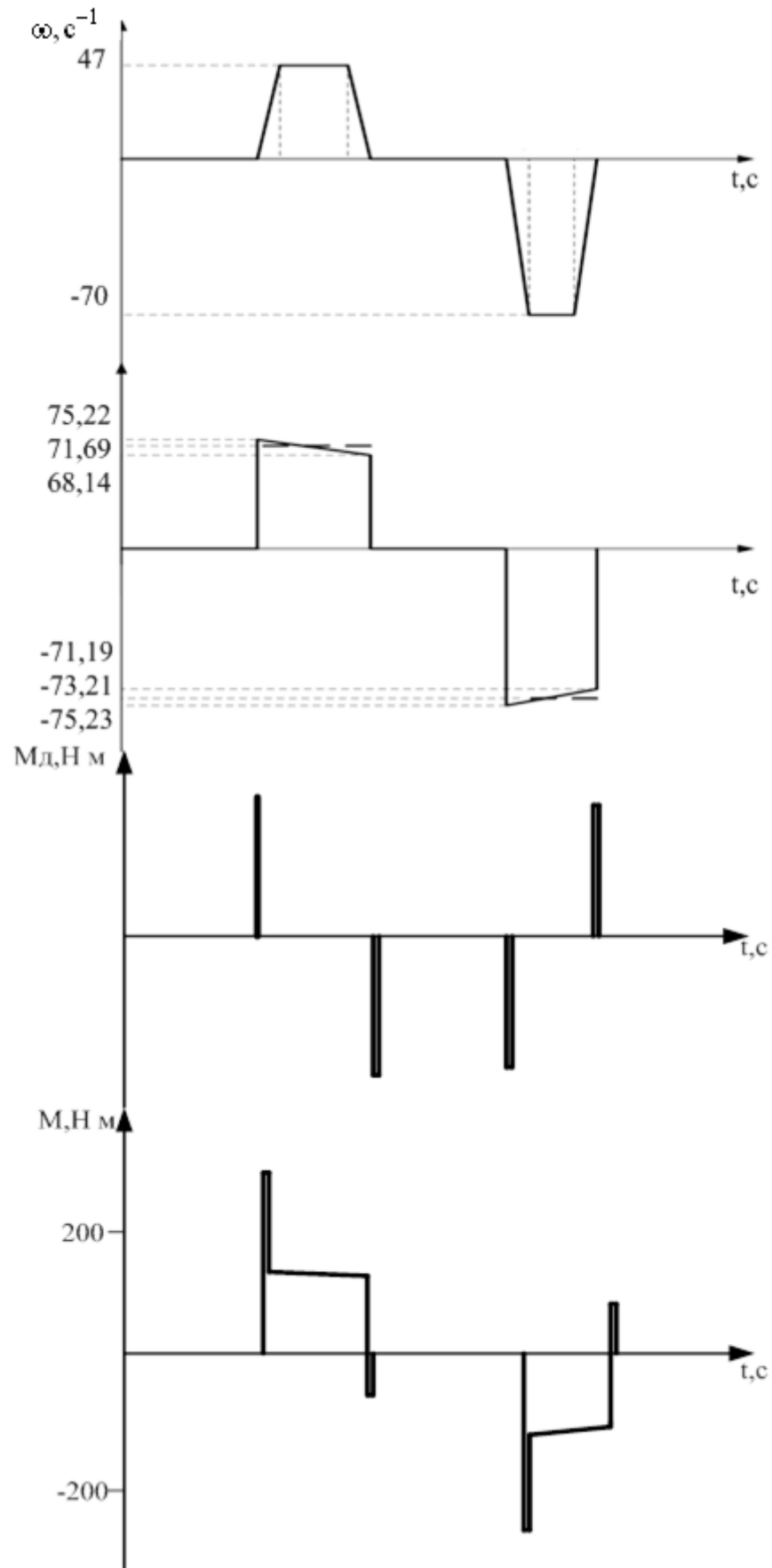


Рисунок 4.1 – Навантажувальна діаграма електропривода.

4.3 Перевірка вибраного двигуна за нагрівом, перевантажувальною здатністю та умовами пуску

Для перевірки правильності вибору потужності приводного двигуна виконаємо перевірку за нагрівом відповідно до умови:

$$M_{\text{ном}} \geq M_{\text{екв}} \cdot \sqrt{\frac{TB_{\phi}}{TB_{\text{ст}}}}, \quad (4.11)$$

де $M_{\text{ном}}$ – номінальний момент приводного двигуна;

$M_{\text{екв}}$ – еквівалентний момент з урахуванням динаміки.

Еквівалентний

момент:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{M_{\Sigma \text{прх}}^2 \cdot t_{\text{прх}} + M_{\text{срх ср}}^2 \cdot t_{\text{устпрх}} + M_{\Sigma \Gamma \text{рх}}^2 \cdot t_{\Gamma \text{рх}} + M_{\Sigma \text{пзх}}^2 \cdot t_{\text{пзх}} + M_{\text{сзх ср}}^2 \cdot t_{\text{устзх}} + M_{\Sigma \Gamma \text{зх}}^2 \cdot t_{\Gamma \text{зх}}}{\beta_{\text{п}} \cdot t_{\text{прх}} + \beta_{\text{дврх}} \cdot t_{\text{устпрх}} + \beta_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma \text{рх}} + \beta_{\text{п}} \cdot t_{\text{пзх}} + \beta_{\text{двзх}} \cdot t_{\text{устзх}} + \beta_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma \text{зх}}}},$$

де $\beta_{\text{дврх}}$ – коефіцієнт погіршення тепловіддачі при роботі на усталеній швидкості робочого ходу;

$\beta_{\text{двзх}}$ – коефіцієнт погіршення тепловіддачі при роботі на усталеній швидкості зворотного ходу.

Оскільки номінальна швидкість двигуна і розрахункове значення швидкості двигуна відрізняються, то розрахуємо значення коефіцієнтів погіршення тепловіддачі при швидкості робочого та зворотного ходу:

$$\beta_{\text{дврх}} = \beta_0 + (1 - \beta_0) \cdot \frac{\omega_{\text{дврх}}}{\omega_{\text{ном}}}, \quad (4.12)$$

$$\beta_{\text{дврх}} = 0,5 + (1 - 0,5) \cdot \frac{47}{72,24} = 0,825.$$

$$\beta_{\text{зврх}} = \beta_0 + (1 - \beta_0) \cdot \frac{\omega_{\text{двзх}}}{\omega_{\text{ном}}}, \quad (4.13)$$

$$\beta_{\text{зврх}} = 0,5 + (1 - 0,5) \cdot \frac{70}{72,24} = 0,984.$$

Відповідно до рівняння (4.12):

$$M_{\text{скв}} = 94,39(H \cdot m).$$

Відповідно до умови (4.11):

$$103,26 \geq 94,39 \cdot \sqrt{\frac{21,67}{40}},$$

$$103,26 \geq 69,48.$$

Оскільки умова перевірки виконується, то приводний двигун, при заданих умовах роботи, перегріватись не буде.

Умова перевірки двигуна на перевантажувальну здатність:

$$M_{\text{дв.макс}} \geq M_{\Sigma \text{прх}}, \quad (4.14)$$

де $M_{\text{дв.макс}}$ – критичний момент приводного двигуна,

$$M_{\text{дв.макс}} = M_{\text{мах}} = 324(H \cdot m), \quad (4.15)$$

Відповідно до умови (4.5):

$$324 \geq 256,07.$$

Умова перевірки на перевантажувальну здатність виконується.

Перевірка двигуна за умовами пуску:

$$k_u^2 \cdot M_{\text{пуск}} \geq M_{\Sigma \text{прх}}, \quad (4.16)$$

де k_u – коефіцієнт, який враховує можливе падіння напруги в мережі при пуску ($k_u = 0,91$),

$$k_u^2 \cdot M_{\text{пуск}} = 0,91^2 \cdot 314 = 260,02(H \cdot m).$$

Відповідно до умови (4.7):

$$260,02 \geq 256,07.$$

Отже перевірка за умовами пуску виконується.

Оскільки всі умови виконуються, то двигун вибрано вірно.

4.4 Розрахунок і вибір перетворювального агрегату для живлення приводного двигуна

Відповідно до розрахункових даних вибираємо стандартний, промисловий перетворювач частоти. Необхідна потужність перетворювача вибирається відповідно номінальній потужності приводного двигуна:

$$P_{\text{ПЧ}} \geq P_{\text{ел}}, \quad (4.17)$$

де $P_{\text{ел}}$ – споживана (електромагнітна) потужність приводного двигуна.

Споживана потужність приводного двигуна:

$$P_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}}, \quad (4.18)$$

$$P_{\text{ел}} = \frac{7,5}{0,735} = 10,2 (\text{кВт}).$$

Максимальна потужність, яку повинен забезпечувати перетворювач при пуску приводного двигуна (найважчий режим роботи):

$$P_{\text{ПЧ max}} = \frac{K_{\text{ПЧ}} \cdot n_{\text{ДВЗХ}}}{9550 \cdot \eta_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi} \cdot (M_{\text{срхн}} + M_{\text{дрх}}), \quad (4.19)$$

де $K_{\text{ПЧ}}$ – коефіцієнт спотворення струму на виході перетворювача частоти (приймають рівним 0,95...1,05),

$$P_{\text{ПЧ max}} = \frac{1,05 \cdot 668,79}{9550 \cdot 0,735 \cdot 0,71} \cdot (75,23 + 180,84) = 36,1 (\text{кВт}).$$

Робоча потужність перетворювача частоти:

$$P_{\text{ПЧ}} = \frac{P_{\text{ПЧ max}}}{1,75}, \quad (4.20)$$

$$P_{\text{ПЧ}} = \frac{36,1}{1,75} = 20,6 (\text{кВт}).$$

Пусковий струм перетворювача частоти $I_{\text{ПЧ}}$ повинен бути більшим струму, який споживає двигун при лінійному розгоні I_d :

$$I_{\text{ПЧ}} \geq I_d, \quad (4.21)$$

$$I_d = \frac{K_{ПЧ} \cdot n_{ДВЗХ}}{9,55 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \eta_{НОМ} \cdot \cos \varphi} \cdot (M_{срхн} + M_{дрх}), \quad (4.22)$$

$$I_d = \frac{1,05 \cdot 668,79}{9,55 \cdot \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,735 \cdot 0,71} \cdot (75,23 + 180,84) = 54,8(\text{А}).$$

Відповідно до розрахункових даних вибираємо частотний перетворювач ЕІ-9011 з вбудованим фільтром та зворотнім зв'язком по швидкості.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики перетворювача частоти

Напруга, В	Частота, Гц	Потужність при постійному моменті навантаження, кВт	Перевантажувальна здатність	Потужність при квадратичному моменті навантаження, кВт	Розрахунковий вхідний струм, А	Розрахунковий вихідний струм, А	Степінь захисту, температурний діапазон
380 +10 -%	50	21	150% протягом 60с 200% протягом 3с	37	60	55	IP20 -10 +50°C

5 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЇЇ СИЛОВОГО КОЛА

5.1 Розробка схеми електричної структурної системи електропривода

Структурна схема електропривода складається з таких основних блоків: перетворювача частоти ПЧ, призначеного для керування двигуном М, системи імпульсно-фазового керування тиристорами СІФК, регуляторів струму та швидкості обертання, відповідно сенсорів струму та швидкості обертання і контролера обробки інформації від сенсорів управління роботою ліфта. Структурна схема приведена на рисунку 5.1.

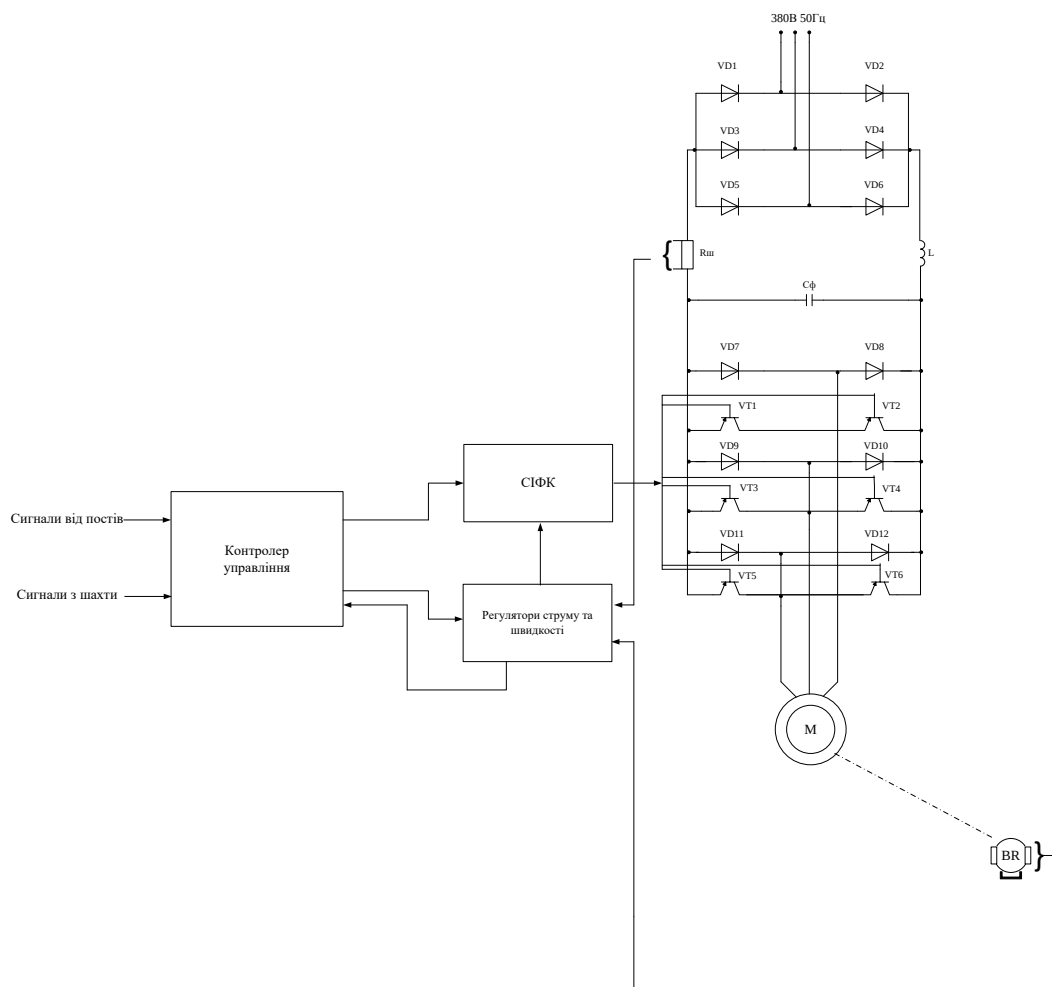


Рисунок 5.1 – Схема електрична структурна електропривода

5.2 Розрахунок й вибір сенсорів та їх коефіцієнтів підсилення

Як сенсор струму використовується шунт, а як сенсор частоти обертання - тахогенератор постійного струму.

5.2.1 Розрахунок та вибір шунта

Умова вибору номінального струму шунта:

$$I_{ш.н} \geq I_H, \quad (5.1)$$

$$30 \geq 21,8(A).$$

Коефіцієнт підсилення шунта:

$$k_{ш} = \frac{U_{ш.н}}{I_{ш.н}}, \quad (5.2)$$

де $U_{ш.н}$ – номінальна напруга шунта ($U_{ш.н} = 75$ мВ);

$I_{ш.н}$ – номінальний струм шунта ($I_{ш.н} = 30$ А).

$$k_{ш} = \frac{75 \cdot 10^{-3}}{30} = 2,5 \cdot 10^{-3} (Ом).$$

З довідника вибирається шунт типу 75ШИП 30 А, розрахований на максимально допустимий струм в колі якоря двигуна.

Коефіцієнт підсилення сенсора струму:

$$k_{н.сч} \leq \frac{10}{k_{ш} \cdot I_H}, \quad (5.3)$$

$$k_{н.сч} \leq \frac{10}{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 21,8} = 183,486.$$

Приймаємо $k_{н.сч} = 180$.

Коефіцієнт передачі зворотного зв'язку за струмом:

$$k_{cc} = k_{ш} \cdot k_{n.cc}, \quad (5.4)$$

$$k_{cc} = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 180 = 0,45.$$

5.2.2 Розрахунок та вибір тахогенератора

Тахогенератор вибирається за частотою обертання двигуна:

$$n_{т.г.} \geq n_n, \quad (5.5)$$

де $n_{т.г.}$ – номінальна частота обертання тахогенератора.

Оскільки номінальна частота обертання двигуна $n_n = 690$ об/хв, то вибираємо тахогенератор типу ПТ-22 з номінальною частотою обертання $n_{тг.}=800$ об/хв і номінальною напругою тахогенератора $U_{н.тг.}=230$ В. (Розрахункову частоту обертання приймаємо $n_{i.дд} = 690$ об/хв).

Коефіцієнт підсилення тахогенератора:

$$k_{тг} = \frac{U_{н.тг.}}{\omega_{н.тг.}}, \quad (5.6)$$

де $U_{н.тг.}$ – номінальна напруга тахогенератора;

$\omega_{н.тг.}$ – номінальна кутова швидкість тахогенератора:

$$\omega_{н.тг} = \frac{\pi \cdot n_{н.тг.}}{30}, \quad (5.7)$$

$$\omega_{н.тг} = \frac{3,14 \cdot 690}{30} = 72,22 \text{ (рад / с)},$$

$$k_{тг} = \frac{230}{72,22} = 3,185.$$

Коефіцієнт дільника тахогенератора:

$$k_{д.тг} = \frac{10}{k_{тг} \cdot \omega_{н.тг}}, \quad (5.8)$$

$$k_{д.тг} = \frac{10}{3,185 \cdot 72,22} = 0,043.$$

Коефіцієнт передачі зворотнього зв'язку за швидкістю:

$$k_{шв} = k_{тг} \cdot k_{д.тг} \cdot k_{нпш}, \quad (5.9)$$

де $k_{нпш}$ – коефіцієнт підсилення нормувального перетворювача швидкості ($k_{нпш} = 1$).

$$k_{шв} = 3,185 \cdot 0,043 \cdot 1 = 0,138.$$

5.2.3 Визначення коефіцієнтів підсилення системи електропривода

Визначимо коефіцієнт розімкненої системи електроприводу:

$$K_p = \frac{\Delta U \cdot D}{U_n \cdot \delta} - 1, \quad (5.10)$$

де ΔU – зміна напруги; D – діапазон регулювання, $D=1000$;

$$\Delta U = U - U_n, \quad (5.11)$$

$$\Delta U = 418 - 380 = 38(\text{В});$$

$$K_p = \frac{38 \cdot 1000}{380 \cdot 0,3} - 1 = 332,3.$$

Визначимо коефіцієнт передачі тахогенератора:

$$K_{тг} = \frac{(U_{нтг} + I_{нтг} \cdot R_{нтг}) \cdot R_n}{\omega_{н.тг} \cdot (R_{нтг} + R_n)}, \quad (5.12)$$

де R_i – опір входу підсилювача, $R_n=10000$ Ом.

$$K_{\text{тг}} = \frac{(230 + 0,5 \cdot 4,7) \cdot 10000}{72,22 \cdot (4,7 + 10000)} = 2,08 \cdot 10^{-3}.$$

Визначимо коефіцієнт підсилення підсилювача:

$$K_y = \frac{K_p}{K_{\text{дв}} \cdot K_{\text{тг}}}, \quad (5.13)$$

$$K_y = \frac{332,3}{0,71 \cdot 2,08 \cdot 10^{-3}} = 2,3 \cdot 10^5.$$

Визначимо коефіцієнт підсилення регулятора струму і швидкості:

$$K_{\text{рс}} = K_{\text{рш}} = \sqrt{K_y}, \quad (5.14)$$

$$K_{\text{рс}} = K_{\text{рш}} = \sqrt{2,3 \cdot 10^5} = 479,6.$$

6 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ КОЛА УПРАВЛІННЯ

6.1 Розробка схеми електричної функціональної системи електропривода

Схема електрична функціональна силового кола реверсивного електропривода системи ПЧ-АД зображена на рисунку 6.1. На рисунку 6.1 прийняті наступні позначення: РС – регулятор струму; СІФК – системи імпульсно-фазового керування; LR1 – струмообмежувальний реактор; VS1–VS6 – силові тиристори; RS1 – шунт; НПС – нормований перетворювач струму; НПШ – нормований перетворювач швидкості; BR – тахогенератор; RP2 – потенціометр.

Керування відкриванням силових тиристорів здійснюється за допомогою СІФК (яка забезпечує достатню для вмикання тиристорів амплітуду напруги та струму імпульсів керування, забезпечують високу крутизну фронтів імпульсів та регулювання величини кута відкривання тиристора у заданому діапазоні із необхідною точністю).

Така схема керування електроприводом має два зворотних зв'язки: по струму та по швидкості. У даному випадку внутрішнім є зворотній зв'язок по струму, а зовнішнім – по швидкості. Зворотній зв'язок по струму здійснюється за допомогою шунта RS1, нормованого перетворювача струму НПС та регулятора струму РС, зворотній зв'язок по швидкості – тахогенератора BR, нормованого перетворювача швидкості НПШ та регулятора швидкості РШ. Сигнали із задавача імпульсів ЗІ, та від'ємних зворотніх зв'язків сумуються після чого через регулятори сигнал поступає на СІФК.

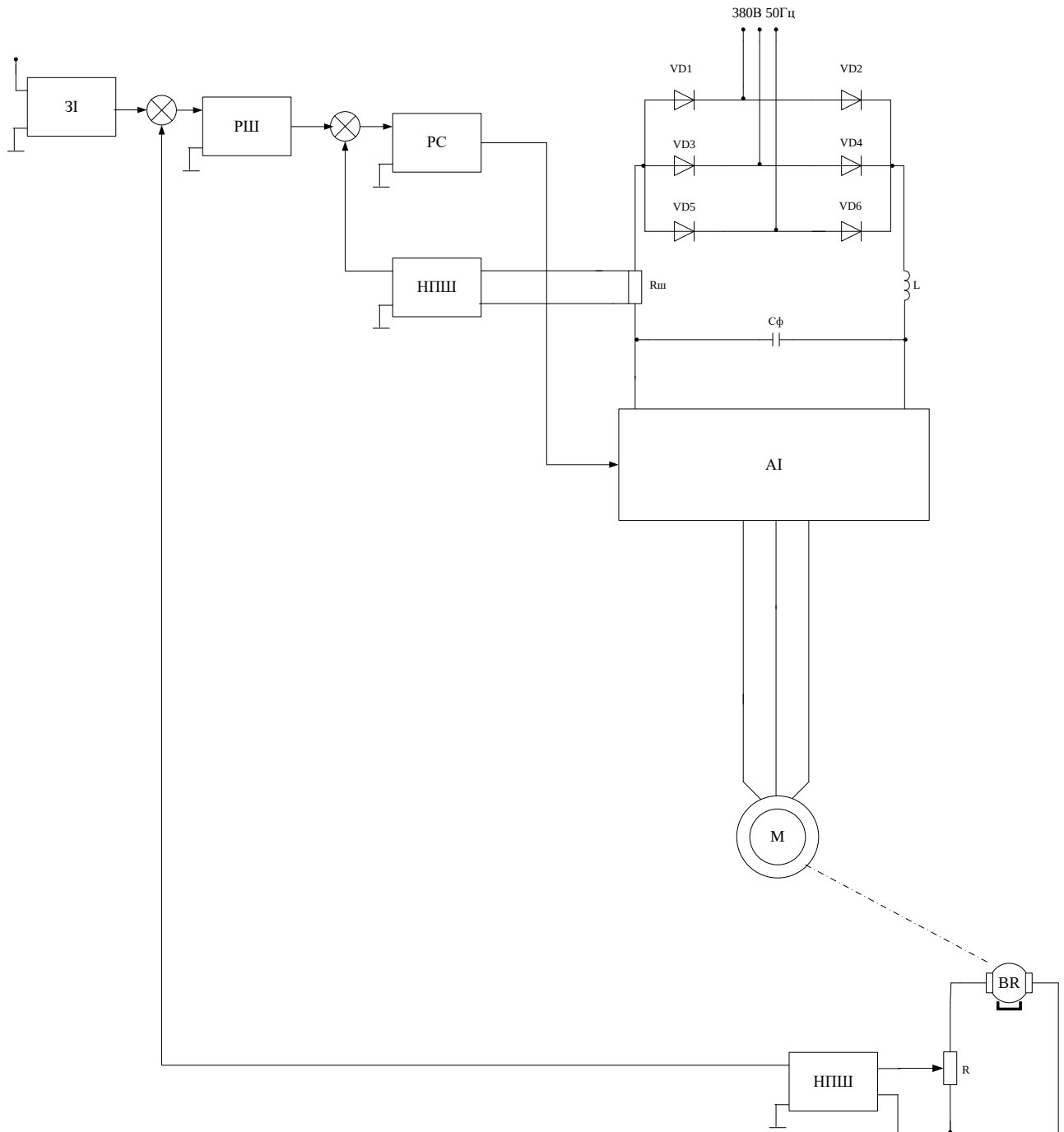


Рисунок 6.1 – Функціональна схема електропривода

6.2 Розрахунок і вибір регуляторів та елементів їхніх контурів

Настройка регуляторів здійснюється в послідовності від внутрішнього контуру струму до зовнішнього контуру швидкості.

6.2.1 Розрахунок параметрів регулятора швидкості

Для П-регулятора швидкості (рисунок 6.2) потрібно задатися опором задання $R_{\text{зад.рег.шв.П}}$ (наприклад, 10 кОм).

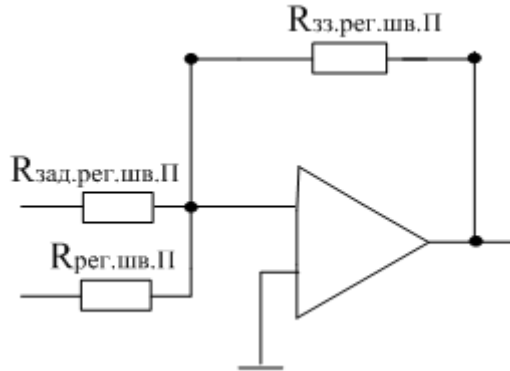


Рисунок 6.2 – Схема П-регулятора швидкості

Значення опору зворотного зв'язку регулятора швидкості знаходиться як:

$$R_{\text{зз.рег.шв.П}} = K_{\text{рш}} \cdot R_{\text{зад.рег.шв.П}}, \quad (6.15)$$

$$R_{\text{зз.рег.шв.П}} = 479,6 \cdot 10000 = 4,796 \cdot 10^6 \text{ (Ом)}.$$

Вибираємо резистор типу МЛТ-5,1-0,33 з опором $R_{\text{зрег.шв.П}} = 51 \cdot 10^5 \text{ (Ом)}$.

Значення опору в колі зворотного зв'язку за швидкістю:

$$R_{\text{рег.шв.П}} = \frac{R_{\text{зз.рег.шв.П}} \cdot K_{\text{тг}}}{K_{\text{рш}}}, \quad (6.16)$$

$$R_{\text{рег.шв.П}} = \frac{5,1 \cdot 10^6 \cdot 2,08 \cdot 10^{-3}}{479,6} = 22,12 \text{ (Ом)}.$$

Вибираємо резистор типу МЛТ-24-0,33-5% з опором $R_{\text{рег.шв.П}} = 24 \text{ (Ом)}$.

6.2.2 Розрахунок параметрів регулятора струму

Для П-регулятора струму (рисунок 6.3) потрібно задатися опором задання $R_{\text{зад.рег.ст.П}}$ (наприклад, 10 кОм).

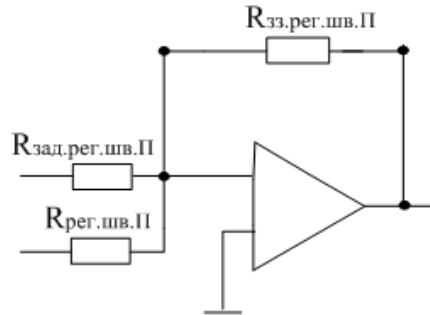


Рисунок 6.3 – Схема П-регулятора струму

Значення опору зворотного зв'язку регулятора струму знаходиться як:

$$R_{\text{зз.рег.ст.П}} = K_{\text{рс}} \cdot R_{\text{зад.рег.ст.П}}, \quad (6.17)$$

$$R_{\text{зз.рег.ст.П}} = 479,6 \cdot 10000 = 4,796 \cdot 10^6 \text{ (Ом)}.$$

Вибираємо резистор типу МЛТ-5,1М-0,33 з опором $R_{\text{зз.рег.ст.П}} = 5,1 \cdot 10^6 \text{ (Ом)}$.

Значення опору в колі зворотного зв'язку за струмом:

$$R_{\text{рег.ст.П}} = \frac{R_{\text{зз.рег.ст.П}} \cdot K_{\text{тг}}}{K_{\text{рс}}}, \quad (6.18)$$

$$R_{\text{рег.шв.П}} = \frac{5,1 \cdot 10^6 \cdot 2,08 \cdot 10^{-3}}{479,6} = 22,12 \text{ (Ом)}.$$

Вибираємо резистор типу МЛТ-24-0,33-5% з опором $R_{\text{рег.ст.П}} = 24 \text{ (Ом)}$.

7 РОЗРАХУНОК СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК САЕПТЗ

Механічна характеристика представляє собою **залежність частоти** обертання ротора від обертового моменту **M** , тобто $n = f(M)$.

Цю характеристику можна отримати, використовуючи залежність $M=f(S)$ і перерахувавши частоту обертання ротора при різних значеннях ковзання.

При живленні АД від ідеалізованого ПЧ, як джерела напруги, його механічна характеристика при $U_1=\text{const}$ і $f_1=\text{const}$ визначається у відповідності зі схемою заміщення, представленою на рисунку 7.1 як

$$M = \frac{3 \cdot U_1^2 \cdot R_2'}{\omega_{\text{он}} \cdot S a \cdot \left[\left(\frac{R_1 + c_1 \cdot R_2'}{S} \right)^2 + (\alpha \cdot x_1 + c_1 \cdot \alpha \cdot x_2') \right]} \quad (7.1)$$

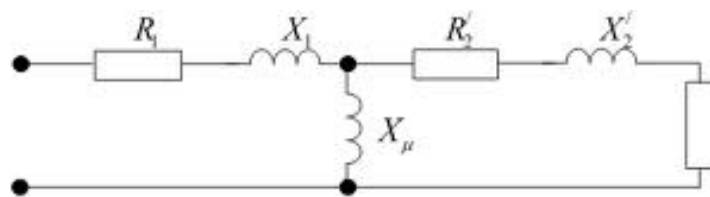


Рисунок 7.1 – Схема заміщення фази АД при частотному регулюванні від джерела напруги.

В даній формулі для розрахунку моменту використовуються такі величини:

U_1 – діюче значення напруги на обмотках статора;

$$U_1 = k_{\text{оч}} \cdot f \quad (7.2)$$

$$k_{\text{оч}} = \frac{U_{\phi}}{f_{\text{н}}} = \frac{380}{50} = 7,6$$

R_2' – активний опір обмотки ротора, приведені до ланцюга статора;

$$R_2' = 0,0422 \text{ Ом};$$

$\omega_{\text{он}}$ – Синхронна швидкість обертання магнітного поля при номінальній частоті 50 Гц.

$$\omega_{\text{он}} = \frac{2\pi \cdot f_{\text{н}}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{4} = 78,5 (\text{рад} / \text{с}),$$

де S_a – абсолютне ковзання, рівне відношенню відхилення швидкості двигуна ω від швидкості поля ω_0 при будь-якій частоті до швидкості обертання магнітного поля при номінальній частоті 50 Гц;

p – число пар полюсів ($p=4$);

$$S_a = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_{\text{он}}}; \quad (7.3)$$

ω_0 – швидкість обертання поля при будь-якій обраній частоті f ;

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f}{p}; \quad (7.4)$$

R_1 – активний опір обмотки статора, рівне 0,0422 Ом;

α – відносна частота напруги статора;

s_1 – модуль коефіцієнта, що характеризує розсіювання статора АД, приймаємо рівним 1,02;

$$\alpha = \frac{f_1}{f_{1f}} = \frac{f_1}{50} \quad (7.5)$$

x_1 – індуктивний опір обмотки статора ($x_1 = 0,17$ Ом);

x_1' – індуктивний опір розсіювання обмотки ротора, приведене до ланцюга статора, рівне 0,35 Ом.

Швидкість двигуна ω виражається таким чином:

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - S). \quad (7.6)$$

Розрахунок характеристик проведемо для 3-х значень частот: 50 Гц, 25 Гц і 10 Гц.

Після проведення розрахунків отримуємо механічні характеристики, зображені на рисунку 7.2.

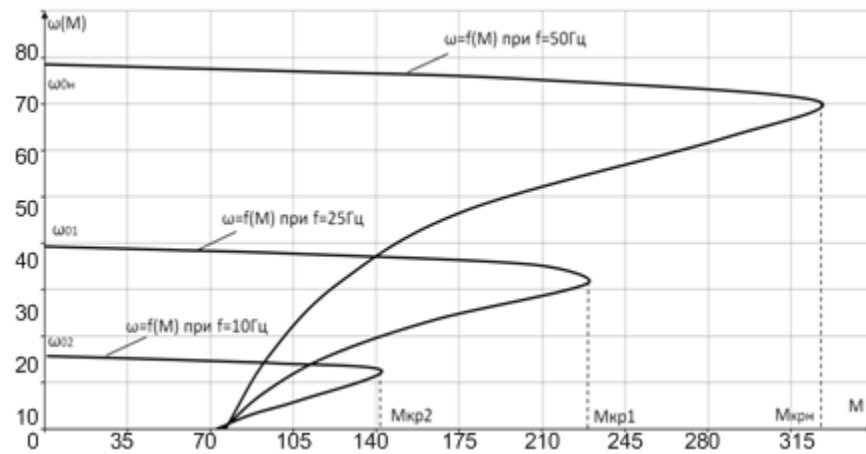


Рисунок 7.2 – Механічні характеристики АД

Як видно з отриманих характеристик, при зниженні частоти з одночасним зниженням напруги в співвідношенні $U / f = \text{const}$, критичний момент при низьких частотах живлячої напруги істотно знижується, що пов'язано з падінням напруги на активному опорі, відбувається суттєве зменшення напруги, що прикладається до контуру намагнічування, зменшується потік двигуна і відповідно знижується максимальний момент.

Тому для того щоб регулювати швидкість двигуна, зберігаючи максимальний момент двигуна постійним, потрібно величину напруги зменшувати в меншій мірі, ніж зменшується частота.

Також можна відзначити, що характеристики проходять паралельно один одному на робочому ділянці (до критичного моменту), що говорить про сталість жорсткості характеристик.

8 РОЗРАХУНОК ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК САЕПТЗ

Перехідним або динамічним режимом електропривода називається режим роботи при переході з одного усталеного стану привода до іншого, що відбувається під час пуску, гальмування, реверсування, скиду та накиду навантаження. Ці режими характеризуються зміною електрорушійної сили, кутової швидкості, моменту, струму.

У перехідному режимі електропривода одночасно і взаємопов'язано між собою діють перехідні механічні, електромагнітні і теплові процеси. При процесах, які швидко протікають, зміна теплового стану електропривода у більшості випадків несуттєво впливає на інші процеси, тому в подальшому при побудові графіків перехідних процесів зміну теплового стану двигуна не будемо враховувати. У цьому випадку мають на увазі протікання тільки механічних і електромагнітних перехідних процесів, які в сукупності називаються електромеханічним перехідним процесом.

Моделювання електропривода здійснимо в ППП Simulink.

В середовищі ППП Matlab Simulink схема електропривода з ПІ-регулятором швидкості буде мати вигляд рисунок 8.1.

Для даної схеми представимо графіки перехідних процесів електропривода з по струму, моменту та швидкості двигуна при запуску при навантаженні. Так як у нашому випадку об'єктом є ліфт і накид навантаження в процесі руху неможливий, то статичний момент є стабільний і вибраний для більшого завантаження кабіни. Графіки перехідних процесів приведено на рисунку 8.2–8.4.

Представимо графіки, що характеризують помилку системи керування електропривода з регулятором швидкості на рисунках 8.5, 8.6.

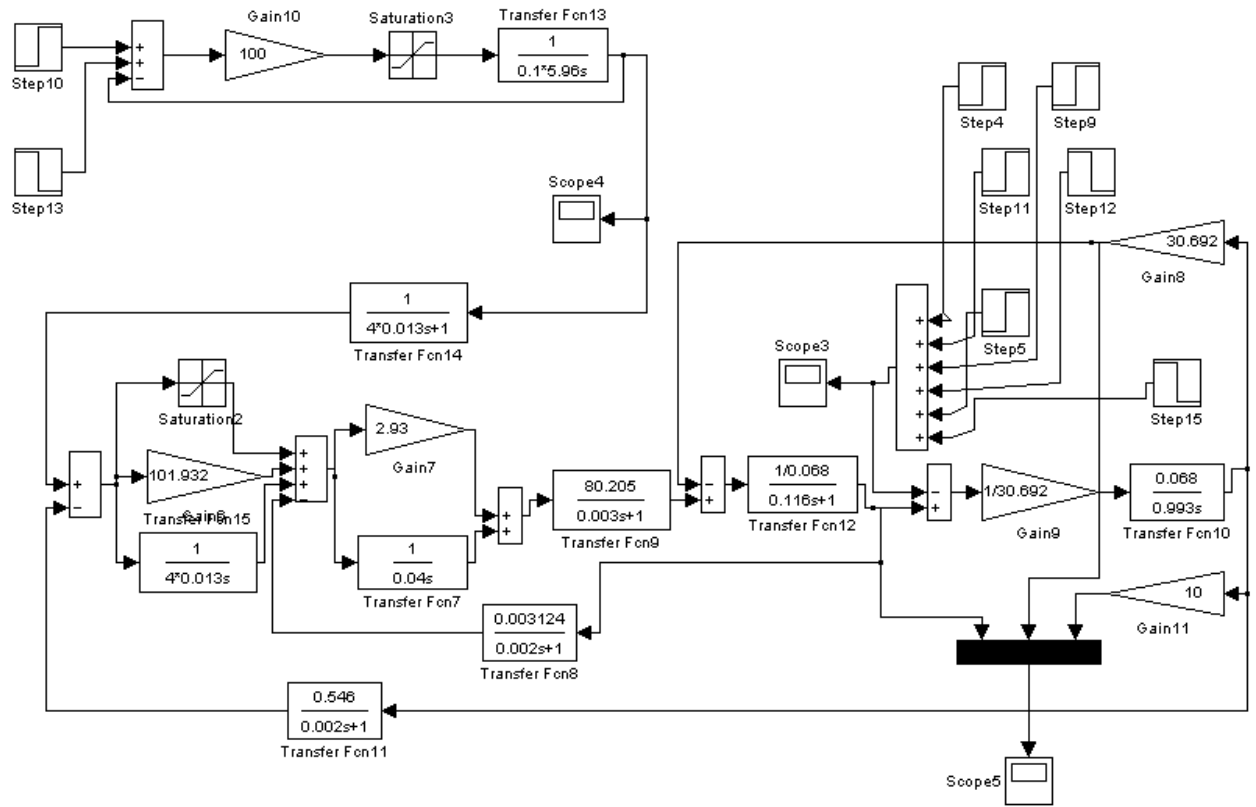


Рисунок 8.1 – Структурна схема системи керування

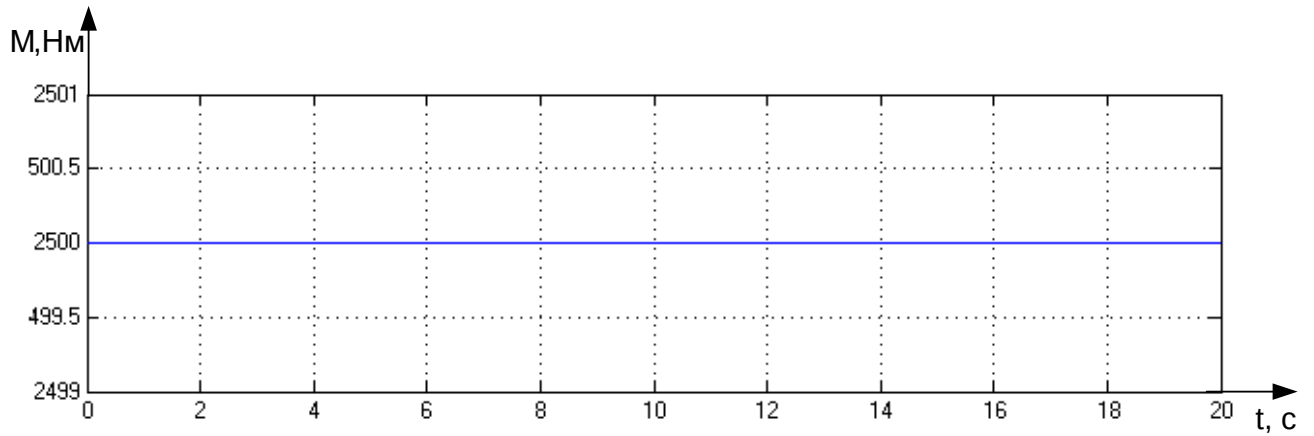


Рисунок 8.2 – Графік зміни статичного моменту в процесі руху ліфта

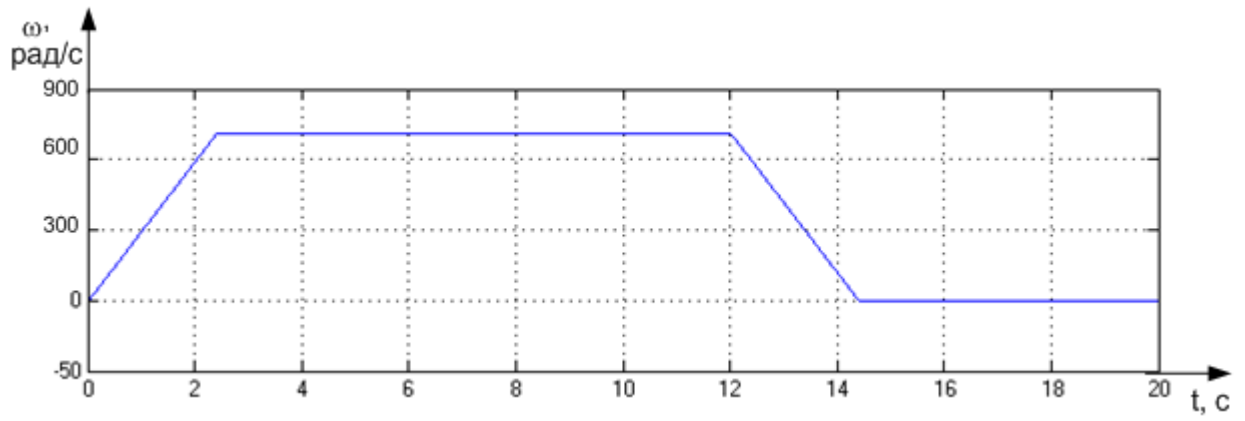


Рисунок 8.3 – Графік зміни швидкості в процесі руху ліфта

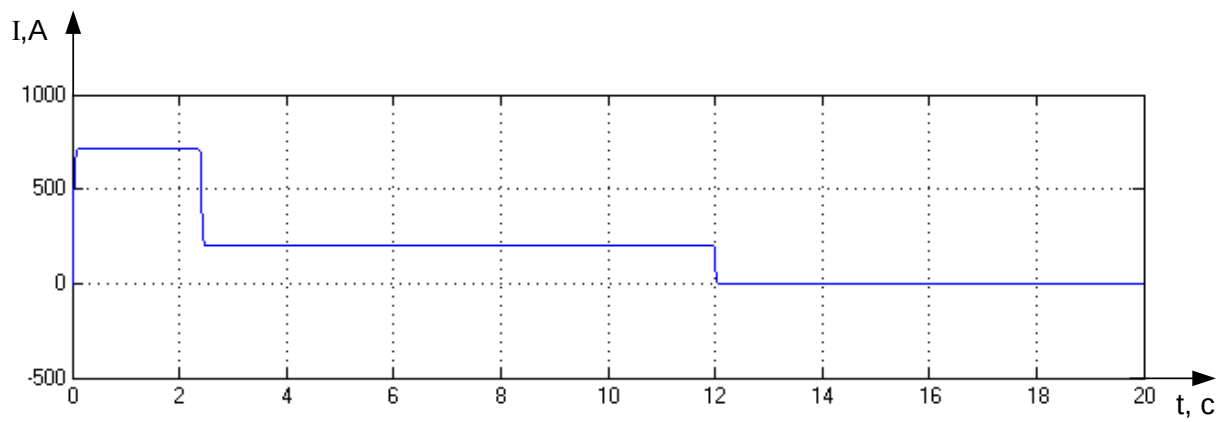


Рисунок 8.4 – Графік зміни струму двигуна в процесі руху ліфта

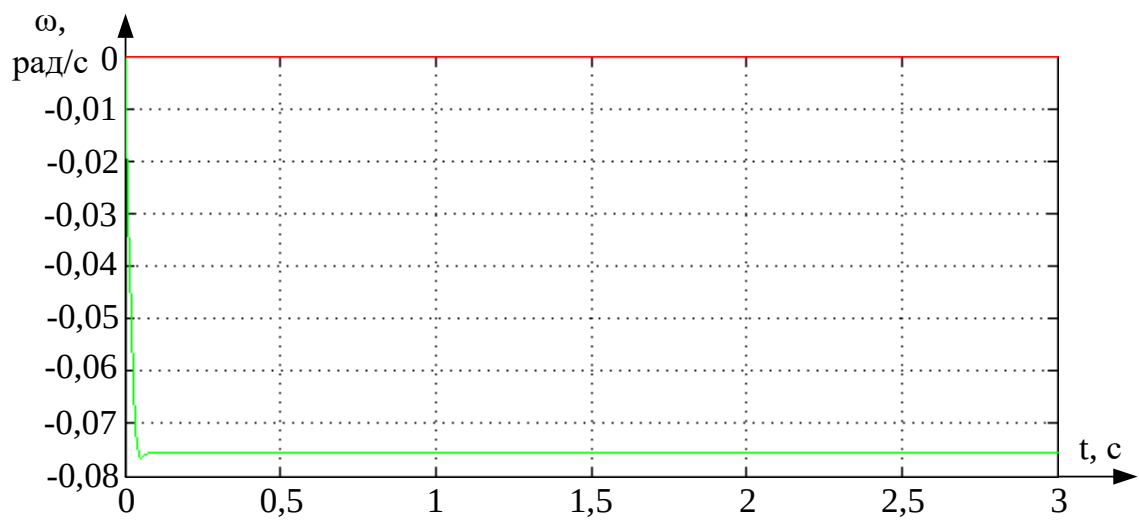


Рисунок 8.5 – Помилка системи керування електроприводом

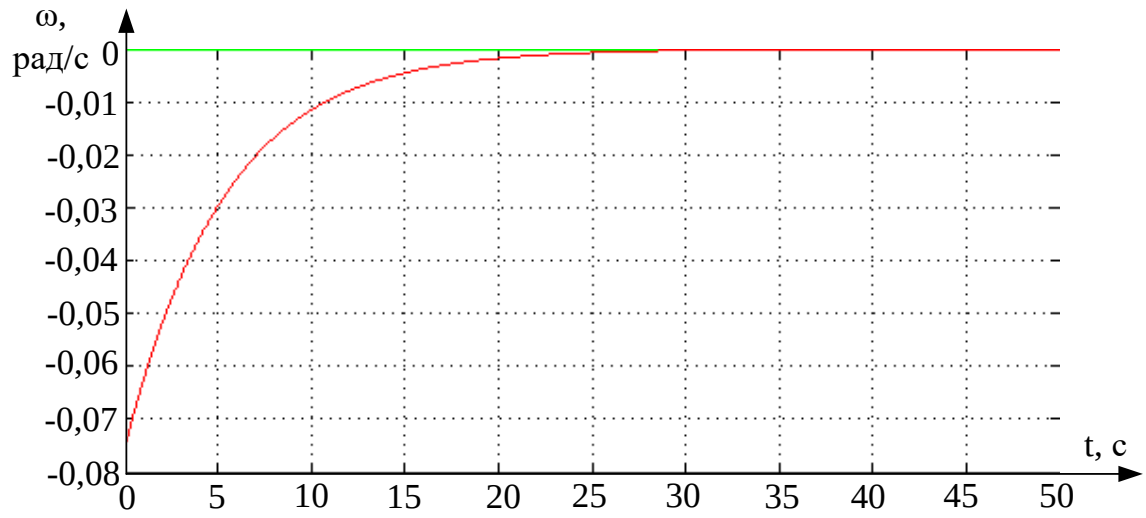


Рисунок 8.6 – Помилка системи керування електропривода за швидкістю обертання

9 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НА СТІЙКІСТЬ ТА ЯКІСТЬ

9.1 Дослідження стійкості системи електропривода

Для визначення стійкості системи відносно задаючої дії по критерію Найквіста необхідно розірвати контур зворотного зв'язку і визначити передаточну функцію в розімкнутому стані.

Схема розімкнутої динамічної системи представлена на рисунку 9.1

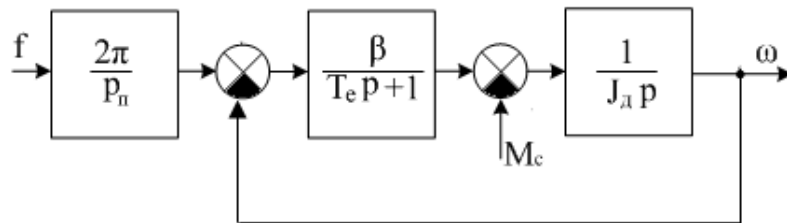


Рисунок 9.1 – Схема розімкнутої системи електропривода

Передаточна функція регулятора швидкості:

$$W_{\text{рш}}(p) = \frac{k_{\text{рш}}}{T_{\text{рш}} \cdot p + 1}, \quad (9.1)$$

$$W_{\text{рш}}(p) = \frac{479,6}{0,001 \cdot p + 1}.$$

Передаточна функція регулятора струму:

$$W_{\text{рс}}(p) = \frac{k_{\text{рс}}}{T_{\text{рс}} \cdot p + 1}, \quad (9.2)$$

$$W_{\text{рс}}(p) = \frac{479,6}{0,001 \cdot p + 1}.$$

Передаточна функція двигуна:

$$W_{\text{дв}}(p) = \frac{k_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}} \cdot p + 1}, \quad (9.3)$$

$$W_{\text{дв}}(p) = \frac{0,71}{0,0021 \cdot p + 1}.$$

Передаточна функція ПЧ:

$$W_{\text{пч}}(p) = \frac{k_{\text{пч}}}{T_{\text{пч}} \cdot p + 1}, \quad (9.4)$$

$$W_{\text{пч}}(p) = \frac{1,05}{0,00018 \cdot p + 1}.$$

Передаточна функція датчика швидкості:

$$W_{\text{дш}}(p) = \frac{k_{\text{дш}}}{T_{\text{рш}} \cdot p + 1}, \quad (9.5)$$

$$W_{\text{дш}}(p) = \frac{0,0025}{0,001 \cdot p + 1}.$$

Передаточна функція датчика струму:

$$W_{\text{дс}}(p) = \frac{T_{\text{м}} \cdot k_{\text{дс}} \cdot p}{T_{\text{рс}} \cdot p + 1}, \quad (9.6)$$

$$W_{\text{дс}}(p) = \frac{0,0062 \cdot p}{0,00075 \cdot p + 1}.$$

Передаточна функція розімкнутої системи:

$$W(p) = \frac{W_{\text{рш}}(p) \cdot W_{\text{рс}}(p) \cdot W_{\text{дв}}(p) \cdot W_{\text{пч}}(p) \cdot W_{\text{дш}}(p)}{1 + W_{\text{дс}}(p) \cdot W_{\text{рс}}(p) \cdot W_{\text{пч}}(p)}, \quad (9.7)$$

$$W(p) = \frac{-3,019 \cdot p + 8,09 \cdot p^2 + 5,06 \cdot p^3 + 28 \cdot p^4 + 0,0005 \cdot p^5}{1 + (p + 5100) \cdot (p + 400) \cdot (p + 900) \cdot (p + 1100)}.$$

Для переходу в частотну область, виконаємо підстановку $p = j \cdot \omega$, отримаємо функцію $W(\omega)$.

Побудуємо ЛАЧХ і ЛФЧХ розімкнутої системи. Для побудови логарифмічних характеристик використовуємо можливості програмного пакету ППП Mathcad.

Логарифмічно амплітудо частотна характеристика:

$$L(\omega) = 20 \cdot \log[|W(\omega)|]; \quad (9.8)$$

Логарифмічно фазочастотна характеристика:

$$\phi(\omega) = \begin{cases} q \leftarrow \frac{180}{\pi} \cdot \arg(W(p(\omega))) \\ q \text{ if } q \leq 0 \\ (q - 360) \text{ otherwise} \end{cases} \quad (9.9)$$

ЛАЧХ і ЛФЧХ розімкненої системи електропривода зображені на рисунку 9.2

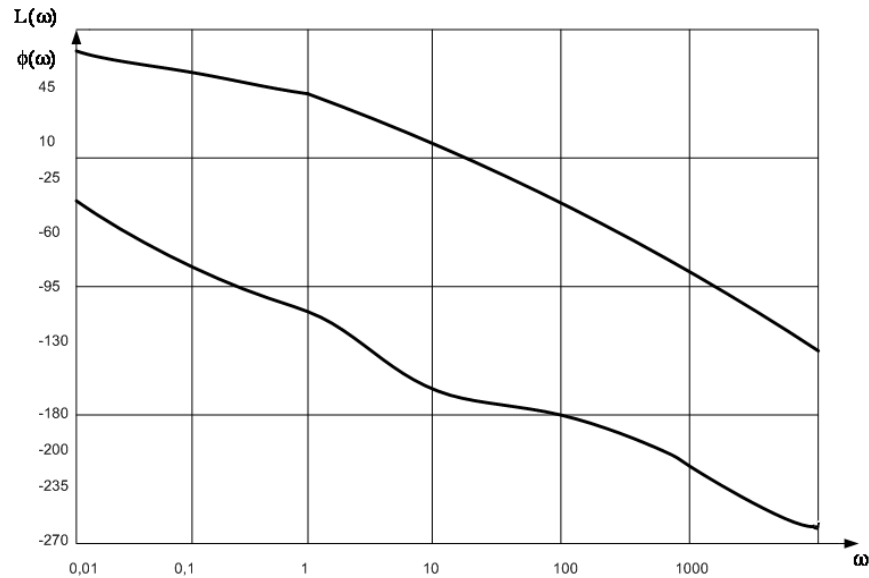


Рисунок 9.2 – ЛАЧХ і ЛФЧХ розімкненої системи електропривода.

Визначимо частоту зрізу по амплітуді:

$$L_p = 20 \cdot \log[K_p], \quad (9.10)$$

де K_p - коефіцієнт підсилення системи,

$$L_p = 20 \cdot \log[8,181 \cdot 10^3] = 78,256.$$

Визначимо частоту зрізу по фазі:

$$\varphi_p = \text{root}(L(\omega_n), \omega_n), \quad (9.11)$$

$$\varphi_p = \text{root}(L(1), 1) = 8,8.$$

З рисунку 9.2 видно що система має запас стійкості по фазі який рівний 15 (дБ) та запас стійкості по амплітуді, який має 23(дБ). Отже можна сказати, що дана система електроприводу стійка. Перевіривши розімкнену систему на стійкість, можна сказати,

що замкнута система також буде стійкою, так як в даному випадку один із контурів є розімкнутий, а в замкнутій системі немає розірваних контурів струму і швидкості.

9.2 Дослідження якості системи електропривода

Якість системи визначається за передавальною характеристикою замкненої системи $W(p)$ з використанням перехідної характеристики:

$$h(t) = L^{-1} \left\{ \frac{W(p)}{p} \right\}, \quad (9.12)$$

де L^{-1} – зворотне перетворення за Лапласом.

При наявності пере регулювання його можна визначити як:

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_{\text{уст}}}{h_{\text{уст}}} \cdot 100\%, \quad (9.13)$$

де $h_{\max}$ – амплітудне значення перехідної характеристики;

$h_{\text{уст}}$ – усталене значення перехідної характеристики.

$$h(t) = -\cos(93 \cdot t) \cdot e^{-93t} - \sin(93 \cdot t) \cdot e^{-93t} + 1.$$

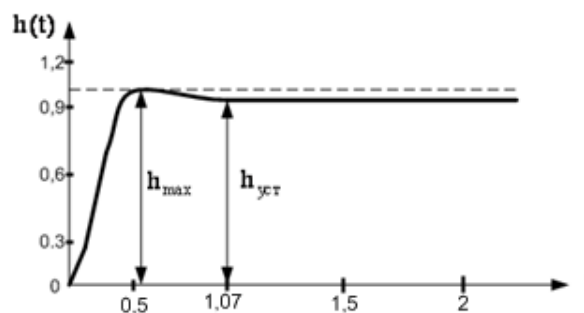


Рисунок 9.3 – Перехідна характеристика контуру швидкості

Перерегулювання визначимо наступним чином:

$$\sigma = \frac{1 - 0,8}{0,8} \cdot 100\% = 25\%.$$

Дослідження системи на якість показало що система є досить якісною. Час встановлення достатньо малий, лише 1,07 секунди. Перерегулювання становить 25%.

10 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Схема електрична принципова силового кола реверсивного електропривода системи ПЧ-АД зображена на рисунку 10.1. На рисунку 10.1 прийняті наступні позначення: РС – регулятор струму; L – струмообмежувальний реактор; VS1–VS6 – силові тиристори; Rш – шунт; швидкості; BR – тахогенератор; R – потенціометр; DC/DC – понижуючий перетворювач; DA – проміжний драйвер з каналом керування транзисторами; CD – шифратор позиційний двійковий; DC – дешифратор; АОД101А – оптрон; АТmega8535 – мікроконтролер.

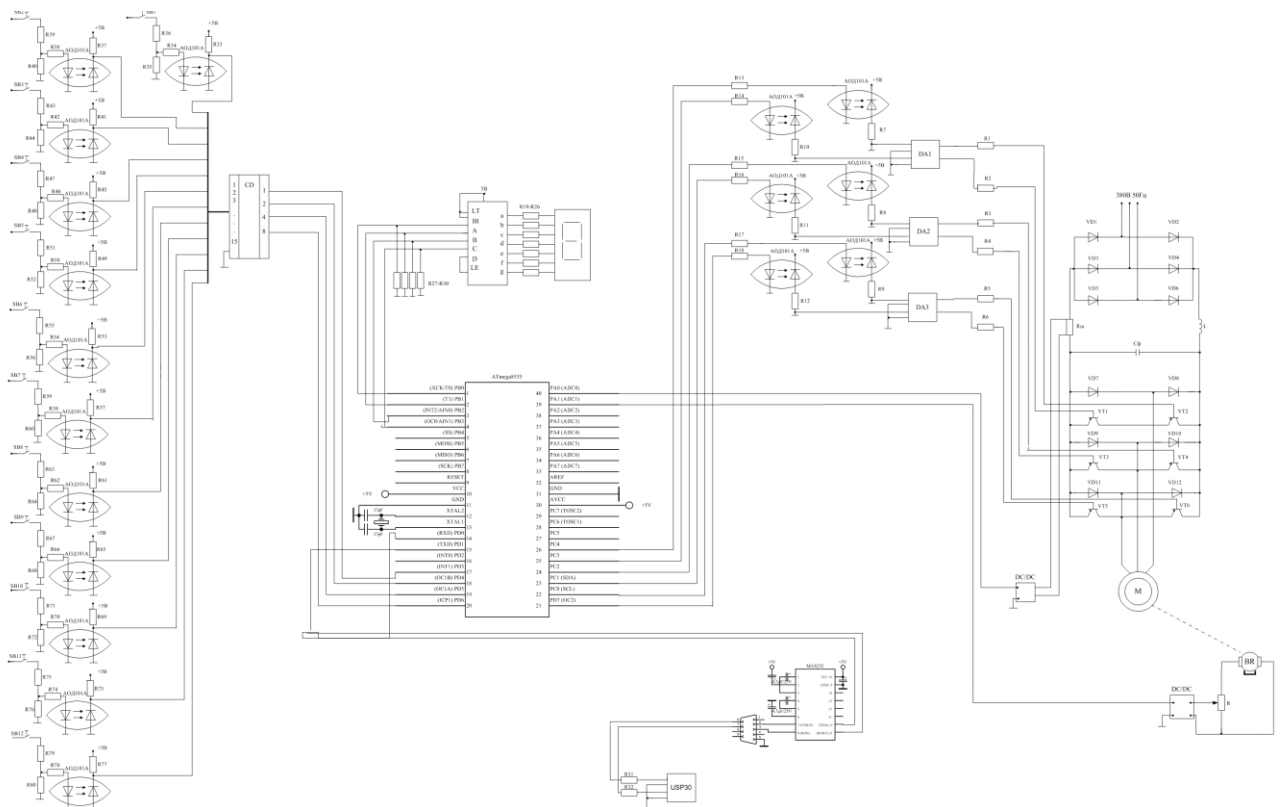


Рисунок 10.1 – Схема електрична принципова системи електропривода

11 ПОБУДОВА АЛГОРИТМІВ МОНТАЖУ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ САЕПТЗ

Документація на монтаж ліфта, склад і розміщення бригади, складування ліфтового устаткування. При монтажі ліфтів використовуються два основних документи: проект ліфтової установки і проект провадження робіт (ППР).

Проект ліфта поставляється заводом-виготовлювачем і повинен містити наступні супровідні документи: паспорт; встановочне креслення; принципова електрична схема; електрична схема зовнішніх з'єднань; технічний опис; інструкція для експлуатації; інструкція з монтажу, пуску, регулюванню й обкатуванню; відомість ЗИП; відомість комплекту запасних виробів для пуско-налагоджувальних робіт; креслення складових одиниць і деталей.

У ППР приводяться: організаційні питання монтажу; вказівки по використанню механізмів; креслення на виготовлення монтажних пристроїв і оснащення, які не є типовими; питання техніки безпеки.

ППР бувають: типовими й індивідуальними. Типові ППР застосовуються при масовому монтажі ліфтів однакової марки, а при нескладних монтажах замість ППР використовуються технологічна записка або заводська інструкція з монтажу, пуску, регулюванню й обкатуванню ліфта. Індивідуальні ППР розробляються в складних випадках монтажу, коли розташування ліфта в об'єкті або конструктивні особливості підйомника утрудняють використання типових прийомів при доставці й монтажу вузлів і деталей. Прикладами такого монтажу можуть служити монтаж або заміна ліфтів у висотних будинках і інших спеціальних спорудах. Індивідуальні ППР розробляються спеціалізованими проектними організаціями.

Склад і чисельність монтажною бригади визначається двома основними факторами. З одного боку – вузькість фронту робіт обмежує чисельність бригади до 4-6 чоловік. Причому монтаж одиночних ліфтів може вести ланка 2-3 чоловік. З іншого боку, при монтажі ліфта виконуються роботи різного профілю – слюсарні, такелажні, зварювальні, монтажні, електромонтажні. Тому

кваліфікація монтажників повинна бути досить висока й дозволяти сумісність різних професій. Особливо висока кваліфікація необхідна при виконанні електромонтажних і зварювальних робіт. За звичай бригадир і один зі членів бригади мають великий досвід виконання електромонтажних робіт. Крім того, у бригаді повинен бути кваліфікований зварник.

Бригаді виділяється приміщення під майстерню площею 20 - 25 м для зберігання дрібних вузлів і деталей, монтажних пристосувань, інструменту, а також для виконання підготовчих робіт і відпочинку. Багато монтажних організацій мають свої пересувні майстерні, виготовлені на базі автопричепів.

Бригада монтажників забезпечується слюсарним інструментом, монтажними пристосуваннями, контрольно-вимірювальними приладами й інструментами, необхідний перелік яких визначається прорабом залежно від типу ліфта, методу монтажу й складу бригади.

До початку монтажу ліфтове устаткування повинне бути доставлене на монтажну площадку в зоні дії будівельного баштового крана при відкритій шахті або безпосередньо поблизу від входу в будинок, якщо шахта перекрита. Механічні вузли ліфтів із установленим на них електроустаткуванням: кабіни, двері шахти, обмежники швидкості, масляні буфери й інші відповідальні вузли, а також сталеві канати - повинні зберігатися в закритих приміщеннях. Інше устаткування зберігається під навісом або в приміщеннях.

Способи кріплення вузлів і деталей устаткування ліфта до будівельних конструкцій шахти й машинного приміщення. Вузли й деталі ліфтового встаткування розташовуються в машинному приміщенні, у шахті й можуть бути встановлені на підлозі або підвішені на стінах.

При цьому воно повинне бути надійно закріплено. Якщо для установки устаткування, у якості базових, використовуються металеві конструкції будинку або шахти, кріплення на них виконується зварюванням або з використанням болтів і шпильок.

Складніше вирішити питання закріплення металевих вузлів і деталей на бетонних конструкціях. Із цією метою використовуються додаткові елементи або

спеціальні кріпильні вузли.

Для кріплення металевих вузлів можуть застосовуватися анкерні болти, встановлювані при бетонуванні базової конструкції або в нішах, які заливаються бетоном при наступній, більш точній, установці анкерних болтів.

Для кріплення устаткування ліфта до бетонних конструкцій шахти й машинного приміщення застосовуються закладні деталі. Вони являють собою металеві пластини або уголки, що прилягають до поверхні бетону. Закріплені вони або на приварених знизу анкерних гаках, або на стержнях, приварених до внутрішніх арматур бетонної конструкції. Розташовуються закладні деталі відповідно до проекту, як на стінах, так і на підлозі шахти, машинного приміщення. Встановлюються закладні деталі перед або під час бетонування базової конструкції. Вузли ліфтового устаткування або допоміжних елементів кріпляться до закладних деталей зварюванням. На закладних деталях закріплюють тимчасово або постійно більшість вузлів ліфта й монтажного устаткування: кронштейни напрямних, двері шахти і т.д.

Якщо бетонні стінки шахти або машинного приміщення мають невелику товщину, ліфтове устаткування може кріпитися до них за допомогою болтів або шпильок, що пропускають через отвори. Прикладом використання шпильок може служити настінна установка устаткування на кронштейнах у машинному приміщенні. На болтах кріплять кронштейни напрямних у шахті й інші вузли. При кріпленні устаткування до бетонних стін широко використовують дюбелі. Дюбелі з розпірною втулкою встановлюються й працюють по наступному принципу: у бетоні просвердлюється отвір діаметром і глибиною, що відповідає ГОСТу даному діаметру дюбельного болта; у нього вставляється розпірна втулка; втулка має поздовжній розріз, хвостові упорні клини й внутрішню різьбу, у яку потім буде вкручений дюбельний болт; діаметр різьби трохи менший діаметра болта й, коли він у неї вкручується, втулка розширюється в стінки отвору, при цьому поїш міцно закріплюється, як тілом втулки, так і хвостовими клинами.

Встаткування, що розташовуються на підлозі в прямку або в машинному

приміщенні часто кріпиться до бетонної основи заливанням підлоги. При цьому, звичайно, до нижньої частини кабіни ліфта або його опори приварюється відрізок уголка або швелера, довжина якого трохи більше довжини опори в нижній частині. Використається також різьбове кріплення між низом вузла й додатковим опорним елементом. Вузол із збільшеною опорою виставляється в проектне положення на чорну підлогу (плити перекриттів) і заливається розчином при покритті останнього чистою підлогою. Переміщення кабіни і противаг ліфтів (їх підйом і опускання) здійснюється підйомними механізмами, які прийнято називати лебідками. Лебідки сучасних ліфтів розрізняються по конструкції канатоведучих органів і по типам передач від електродвигунів. По конструкції канатоведучих органів ліфтові лебідки діляться на два основних типи: барабанні і з канатоведучим шківом, а по іншим передач – на редукторні і безредукторні.

У лебідок з канатоведучим шківом кабіна і противага підвішуються на протилежних кінцях одних і тих же канатів, які, огинаючи шків, утримують кабіну і противагу за рахунок тертя канатів в канавках канатоведучого шківа. В таких лебідок канати кабіни і противаги огинають канатоведучий шків на порівняно невеликий кут (менше ніж на два оберти). В зв'язку з цим, канавок канатоведучого шківа не перевищує двійного числа і шків на відміну від барабана має порівняно невелику ширину, яка практично не залежить від висоти підйому, і відповідно більш широке застосування таких лебідок. Форма каната повинна забезпечувати зчеплення канатів з шківом достатнє для утримання кабіни і виключити можливість підйому кабіни при нерухомій противазі чи противаги при нерухомій кабіні.

На монтажну площадку ліфтові лебідки поставляються в зібраному вигляді. Установка на місце знятого двигуна лебідки для більшості ліфтів випускаються у даний час, не вимагає спеціальних регулювань, тому що їхнє фланцеве кріплення і наявність спеціальних проточок у фланцях автоматично робить взаємне центрування валів. При установці двигуна необхідно тільки стежити, щоб проточки фланців входили одна в іншу без перекосів і

заклинювання.

При зборці лебідки необхідно виконати радіальне й кутове центрування валів двигуна й редуктора. Центрування валів здійснюється за допомогою спеціальної скоби, установлюваної на одній з напівмуфт. Якщо напівмуфту використовують як гальмовий шків, важелі гальма знімаються. Після установки скоби обидві напівмуфти спільно повертають на один оберт, заміряючи осьовий і торцевий зазори через кожні 90°. Вали вважаються відцентрованими правильно, якщо різниця показань для радіальних зазорів не перевищує 0,15 мм, а для торцевих - 0,25 мм. Коректування положення двигуна проводиться його переміщенням або підкладкою під його лапи прокладки. При проведенні вимірів болти кріплення двигуна повинні бути затягнуті.

При установці лебідки на перекритті шахти перед її монтажем розмічається згідно креслення. У шахті на висоті 700-800 мм нижче перекриття між напрямними kabіни й противаги на затискачах закріплюються струни. На них фарбою відзначають середини відстаней між напрямними. Через КТШ вивішується двосторонній відвіс. Довжина нитки відвісу повинна бути такою, щоб вістря грузиків досягали струн у шахті. Нитка відвісів розташовується на середині утворюючого ободу КТШ. Лебідка встановлюється на раніше розмічену позицію, потім переміщається таким чином, щоб вістря відвісів сполучилося з мітками на струнах. Допустиме відхилення вантажів від міток становить 5 мм. Після вивірки положення лебідки потрібно відвернути транспортні шпильки й підняти їхні головки над підрамником на висоту не менш 20 мм. При перевірці положення лебідки необхідно також вивірити вертикальність положення шківа (допуск відхилення - 1 мм на діаметр) і горизонтальність площини рами (допуск відхилення 2 мм на довжину рами). Регулювання положення шківа й рами проводиться болтами амортизаторів.

Ліфтова лебідка ставиться, на підготовлений заздалегідь фундамент, у якому залишені ніші для закладення анкерних болтів. У випадку неготовності фундаменту лебідка ставиться на тимчасові опорні балки. При установці лебідки необхідно встановити її положення відносно нижніх відвідних блоків

так, щоб КВШ і блоки перебували в одній площині, допустиме відхилення при цьому становить ± 2 мм. Крім того, проводиться перевірка вертикальності КТШ і горизонтальності рами. Ці регулювання виконуються за допомогою підкладок під раму. По закінченні вивірки положення ліфтової лебідки в отвори її рами вводяться й закріплюються анкерні болти й ніші фундаменту також заливаються бетоном. Вертикальна рама з нижніми відвідними блоками приварюється до закладних деталей і ніші, для її установки, заливаються бетоном.

12 МІКРОПРОЦЕСОРНА РЕАЛІЗАЦІЯ

12.1 Керування комутацією транзисторів

Для реалізації керування силовими транзисторами використаємо мікроконтролер фірми Atmel Atmega 8535. Даний мікроконтролер задовольняє всім вимогам у повній мірі так як має вбудований широтно-імпульсний модулятор та 8-розрядний аналогово-цифровий перетворювач. Система повинна працювати наступним чином.

З виходу аналогового регулятора струму сигнал надходить до аналогово-цифрового перетворювача мікроконтролера де перетворюється у деяке цифрове значення. Далі на виході з'являється імпульс, ширина якого пропорційна цьому значенню. Так як в мікроконтролера вихідний сигнал не досить потужний для управління потужними транзисторами то в зв'язку з цим потрібно ставити проміжний драйвер який буде керувати комутацією транзисторів а ним в свою чергу буде керувати даний мікроконтролер.

З довідника вибираємо драйвер серії ІН 215, який має два канали для керування транзисторами, дана схема підключення зображена на рисунку 12.1.

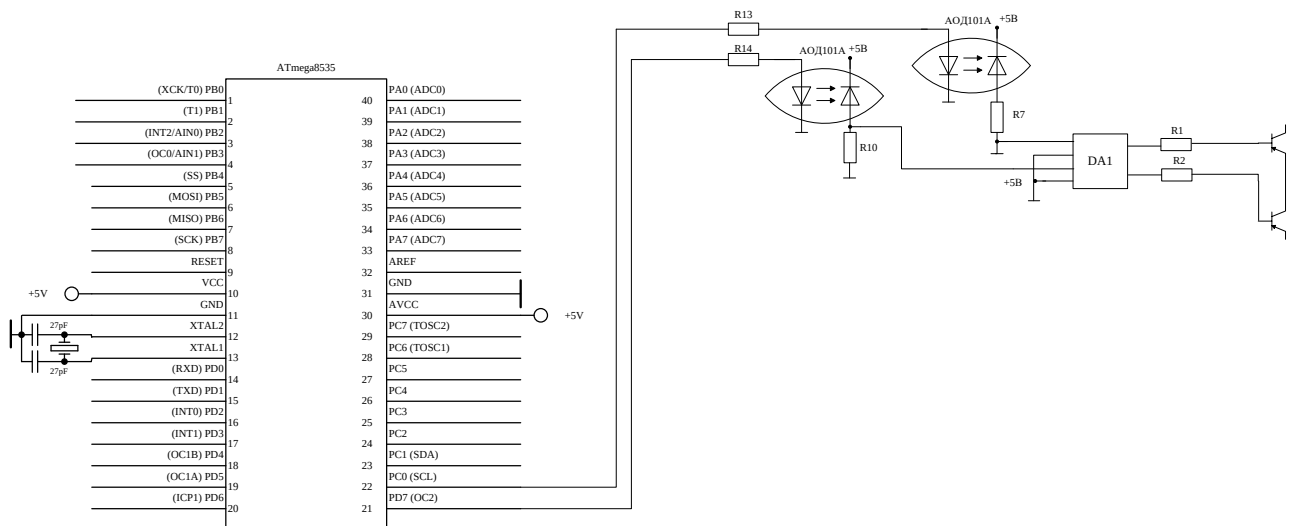


Рисунок 12.1 – Схема підключення підсилюючого драйвера

12.2 Розрахунок і вибір індикатора поверху

Індикатор поверху призначений для сповіщення, на якому поверху знаходиться кабіна ліфта в певний момент часу.

В якості індикатора ліфта використаємо семисигментний індикатор, який буде графічно зображати цифри від одного до шести. Датчик поверха буде аналізувати положення кабіна ліфта і з нього буде надходити сигнал, який у свою чергу, буде поступати на контролер і контролер у відповідність сигналу буде синтезувати двійковий код, який буде надходити до індикатора. Структурна схема індикатора представлена на рисунку 12.2

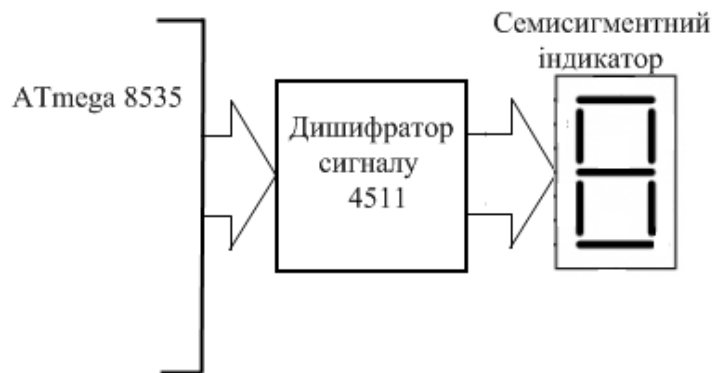


Рисунок 12.2 – Структурна схема індикатора

Дешифратор цифрового сигналу – це пристрій, що перетворює цифровий сигнал, представлений в якій-небудь однієї з кодувань, в іншу, незакодованій формі.

На рисунку 12.3 представлена принципова електрична схема індикатора поверху.

Для реалізації реверсу двигуна з датчика поверху буде надходити сигнал на вхідний потр мікроконтролера, який буде аналізуватися і мікроконтролер буде відповідно подавати вихідний модульований імпульсний сигнал на один із виходів. Відповідно буде включатись одна чи інша пара транзисторів.

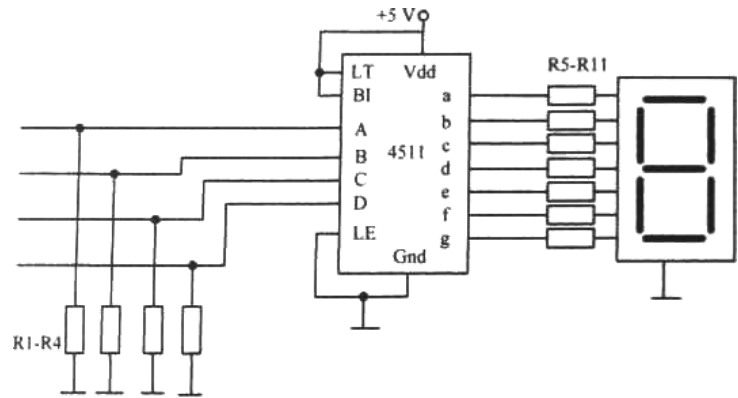


Рисунок 12.3 – Принципова електрична схема індикатора поверху

Резистори R1-R4 приймаємо МЛТ-0,25-10 кОм, 5% та R5-R11 приймаємо МЛТ-0,25-470 Ом, 5%.

У таблиці 12.1 представлена таблиця істинності дешифратора 4511 та семисигментного індикатора.

Таблиця 12.1 – Таблиця істинності дешифратора та семисигментного індикатора.

Сигнал на вході дешифратора				Сигнал на виході дешифратора							Десятковий код
D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5

12.3 Реалізація кнопок керування ліфта та системи позиціонування кабіни

Кнопки керування ліфта призначені для здійснення виклику ліфта на даний поверх де потрібно його експлуатація, а також для управління оператором на який поверх потрібно транспортувати вантаж.

Кожна кнопка захищена діодною оптопарою, кожна з яких утворена випромінюючим діодом на основі з'єднання арсенід-галій-алюміній і кремнієвим фотодіодом. Призначені для гальванічної розв'язки електричних кіл між якими здійснюється інформаційний зв'язок.

В даній системі присутні два блоки кнопок: кнопки виклику кабіни, які безпосередньо знаходяться на поверхах будівлі коло шахти кабіни, та кнопок управління поверхом, які знаходяться в кабіні ліфта. Для того щоб кабіна ліфта зупинялась біля відповідного поверху в шахті ліфта встановлюється датчик поверху.

Датчик поверху представлений у вигляді ультразвуку USP 30. В системі ультразвукового трекінгу передавачі розташовані на рухомому реальному об'єкті, а приймачі утворюють антену (у деяких системах передавачі та приймачі міняються місцями). Всякий раз, коли передавач посиляє сигнал, його приймають статичні сенсори, що вимірюють час між відправленням і прийомом сигналу. За часом затримки розраховуються відстані між випромінювачами і приймачами. За отриманими відстаням обчислюються тривимірні координати об'єкта в системі. Орієнтація об'єкта визначається за допомогою зв'язки з трьох жорстко закріплених передавачів. Принцип дії зображено на рисунку 12.4.

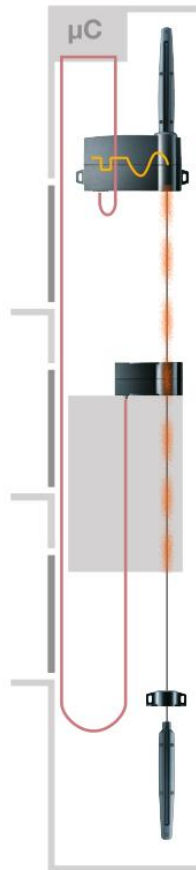


Рисунок 12.4 – Принцип дії ультразвуку USP 30

12.4 Принцип дії системи керування електроприводом ліфта

При натисканні на кнопку поверху через шифратор сигнал надходить до мікроконтролера ATmega8535, який в свою чергу аналізує положення кабіни ліфта у шахті відносно поверхів, визначає напрям руху і подає сигнал через підсилюючий драйвер на транзистори перетворювача частоти, який запускає двигун. Для аналізу положення кабіни використовується система позиціонування, яка реалізована ультразвуком USP 30, який посиляє сигнал на мікроконтролер через конвертер RS485 протокола на RS232 та COM-потр. Алгоритм роботи системи керування електроприводом ліфта зображено на рисунку 12.5.

Рисунок 12.5 – Алгоритм роботи системи керування електроприводом

13 ОХОРОНА ПРАЦІ

У даному дипломному проєкті модернізується система керування електропривода вантажного ліфта. Варто зазначити що в нас час постійно відбувається зведення нових і досить сучасних будинків та споруд із застосуванням найновіших технологій, і ліфтобудування являється невід'ємною складовою частиною цього процесу. Ліфти використовуються для вертикального переміщення людей та вантажів. В наш час існує досить велика різноманітність різних типів і конструкцій ліфтів. Для перевезення вантажів використовуються інші типи ліфтів такі як:

- вантажопасажирські;
- вантажні.

Згідно ГОСТ 12.0.003-74 за природою впливу небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяють на:

Фізичні:

- рухомі машини та механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена та понижена рухомість повітря;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- недостатня освітленість робочої зони.

Психофізіологічні :

- фізичні перевантаження(динамічні);
- нервово психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, монотонність праці).

13.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації

Живлення системи керування вантажного ліфта здійснюється від силової мережі з напругою 380 В та частотою 50 Гц.

Безпека виробничого обладнання забезпечується правильним вибором, засобів механізації і автоматизації; застосуванням спеціальних захисних засобів.

Небезпечна зона може бути локалізована навколо і поблизу рухомих елементів обладнання (канатоведучий шків), обладнання, яке обертається або зумовлюється можливістю ураження електричним струмом. Для забезпечення безпеки повинні передбачатися пристрої, які виключають можливість проникнення працюючого в небезпечну зону обладнання, або які послаблюють чи виключають дію фактора. Конструктивні частини обладнання повинні включати можливості їх випадкового пошкодження, який викликає небезпеку. Конструктивні матеріали не повинні бути шкідливими і небезпечними. Рухомі частини обладнання, які представляють небезпеку для працюючого, повинні огорожуватися або постачатися іншими засобами захисту. Повинен бути передбачений захист від ураження електричним струмом, включаючи промислові дії персоналу, а також виключення можливості накопичення зарядів статичної електрики в небезпечних кількостях для цього потрібно використовувати заземлення (занулення) частин обладнання що може проводити електричний струм.

Шум та вібрація що створюється обладнанням не повинні перевищувати встановлених нормативних значень а в разі перевищення допустимого рівня шуму та вібрації потрібно вжити заходів для зменшення їх дії до встановлених нормам рівнів.

Органи управління повинні забезпечувати надійність пуску, швидкість зупинки, зручність у використанні. Вони повинні мати зручні для роботи і безпечні форми та розміри, а їх конструкція повинна виключати можливість самовільного включення приводів робочих органів. Органи управління повинні мати символічні позначення або відповідні написи. Органи аварійного управління (найчастіше «Стоп») слід фарбувати в червоний колір або позначити відповідними вказівками і розміщувати на видних легкодоступних місцях. Засоби захисту, які є конструктивними елементами

обладнання, повинні постійно виконувати свої захисні функції: спрацьовувати при проникненні людини в небезпечну зону обладнання, при появі небезпечного або шкідливого фактору.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом достатньо застосовувати діелектричні рукавиці, а в приміщеннях зі струмовідними підлогами — також і діелектричні калоші або килими.

13.2 Технічне рішення з безпеки праці і виробничої санітарії

13.2.1 Мікроклімат приміщення

Для безпеки виконавців та керівників роботи необхідно забезпечити їх захистом від небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що наявні у даному приміщенні. Під мікрокліматом мається на увазі стан повітряного середовища, яке характеризується температурою, вологістю та швидкістю руху повітря.

Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2 °С за діапазон норм.

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні згідно ГОСТ 12.11.005-88 встановлюють оптимальні і допустимі температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у визначених лабораторіях в залежності від періоду року і категорії робіт.

Нормативні параметри мікроклімату наведено у таблиці 13.1.

13.2.2 Виробниче освітлення

Освітлення відіграє досить важливу роль у виробництві, оскільки саме від нього залежать операції як контроль величин по приладах, зняття показників, виставлення меж на засобах керування та став здоров'я робітників.

Природне освітлення виробничих та допоміжних приміщень повинно

відповідати вимогам ДБН. В 2.5.28-2006.

Таблиця 13.1 – Нормовані параметри мікроклімату.

Період року	Категорія робіт	Температура	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодний	1a	17-25	75	0.3
Теплий	1a	23-25	65	0.2-0.4

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків та зняття неточних даних. В якості виробничого освітлення використовується природне, штучне та суміщене. Природне та штучне освітлення нормується згідно пожежної безпеки в залежності від характеру зорової роботи, найменшого розміру об'єкта розрізнення розряду і підрозряду зорової роботи, фону і контрасту об'єкта з фоном. Для природного освітлення регламентовано коефіцієнт природної освітленості: для штучного найменша освітленість на робочих, на робочих поверхнях у виробничих приміщеннях. В якості природного освітлення вибрано комбіноване. Згідно діючим нормам в промислових приміщеннях з постійним оперуванням працівників повинні бути передбачені світлові прорізи в стіні для забезпечення природного освітлення. Згідно [10]: характер зорової роботи - середня точність; розряд - IV; під розряд зорової роботи - б; контраст об'єкта розпізнання - середній; характеристика фону - темний; потужне освітлення, як: загальне 200; бокове значення коефіцієнта природної освітленості, %: природне 1,5, суміщене 0,9.

$$e_N = e_n \cdot m_N,$$

m_N – коефіцієнт світлового клімату, $m_N=0,9$.

$$e_N = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4\%.$$

Для забезпечення нормативного значення e_N передбачено:

- використання додаткового штучного освітлення, а саме люмінесцентних ламп;

- необхідна кількість природного світла, система освітлення (комбіноване), тип джерела освітлення - лампи люмінесцентні, нормативне значення освітленості складає $E = 400$ лк [12,14]. Для забезпечення наведеного значення E передбачено;

- використання люмінесцентних ламп, які мають світлову віддачу, довгий час використання тощо.

І для підтримки постійної освітленості повинно бути організовано систематичне, не рідше двох разів на місяць, очищення апаратури світильників і ламп від пилу та бруду, а в приміщеннях з значними виділеннями пилу, диму, тощо — не рідше чотирьох разів на місяць згідно з трафіком.

13.2.3 Виробничий шум

Шум являється хаотичним поєднанням звуків різної частоти інтенсивності і одним з найбільших розповсюдженим фактором зовнішнього середовища. Звук являє собою хвильове коливання пружного середовища, при якому виникає залишковий тиск. Цей залишковий тиск завдяки пружності оточуючого середовища передається від шару до шару повітря, викликаючи тим самим появу звукових хвиль. Звукова хвиля характеризується звуковим тиском p , Па, коливальною швидкістю V , м/с, інтенсивністю I , Вт/м², і частотою γ , Гц.

Діапазон частот звуку, що відчувається лежить в межах 20–20000 Гц.

При звуковому тиску 2×10^2 Па та інтенсивному звуку 102 Вт/м² виникають больові відчуття; такі як значення називаються больовим порогом.

Класифікація шуму:

- За характером спектра шум поділяється на широкополосний з неперервним спектром, шириною більше октави; тональний в спектрі якого мають місце виражені дискретні тони.

- За походженням шуми поділяються на механічні, які виникають в результаті руху окремих вузлів та деталей установок, машин; електромагнітні, які виникають в електричних машинах, установках, приладах і апаратах.

- За часовими характеристиками шум поділяється на стійний, рівень звуку якого за восьмигодинний робочий день (робочу зміну) змінюється в часі не більше, ніж на 5 дБА; непостійний, рівень звуку якого за робочу зміну змінюється в часі не більше, ніж на 5 дБА; переривчастий, рівень звуку якого ступенями змінюється на 5 дБА і більше.

Шум погіршує точність виконання робочих операцій, ускладнює прийом та сприйняття інформації, знижує продуктивність праці.

Граничні величини шуму на робочих місцях регламентуються ГОСТ 12.1.003-86. В ньому закладено принцип встановлення певних параметрів шуму виходячи з класифікації приміщень за їх використанням для трудової діяльності різних видів.

Нормованою характеристикою постійного шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску дБ, в октавних смугах із середньо геометричними частотами 63,125,250,500,1000,2000,4000, 8000 Гц.

Таблиця 13.2 – Допустимі значення рівня звукового тиску

Назва	Допустимі рівні звукового тиску, Дб в октавних смугах з середньгеометричними частотами								
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території підприємства	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	107	95	87	82	78	75	73	71	69

У відповідності з ГОСТ 12.1.003-83 захист від шуму повинен досягатися розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів і методів колективного

захисту за ГОСТ 12.1.029-80 і засобів індивідуального захисту за ГОСТ 12.4.051-78, а також будівельно-акустичними методами. Основними засобами колективного захисту є: пониження шуму в джерелі його виникнення та шляху його розповсюдження.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового мікроклімату), в приміщенні проектом передбачені звукоізоляція машинного приміщення.

13.2.4. Виробнича вібрація

Вібрацією називають будь-які механічні коливання пружин тіл, що проявляються в їх переміщенні у просторі, або у зміні їх форми. Коливання тіл з частотою, нижчою 16 Гц сприймається організмом як вібрація, а коливання з частотою 16...20 Гц і більше - одночасно як вібрація і як звук. Джерелом вібрації є технологічні процеси, станки, установки, механізми, машини (електродвигуни, вентилятори, трансформатори, насоси, компресори, вібротрени і т.д.), і їх робочі органи. В одних випадках причиною збудження вібрації є зворотно-поступальні рухи системи, в інших випадках - неврівноважені маси, які обертаються взалежності від дії на людину вібрація на загальну і локальну.

Загальна вібрація передається через опорні поверхні на тіло сидячої або стоячої людини і викликає струс всього організму, локальна (місцева) – коливальні рухи лише окремих частин тіла (руки, ноги).

Основними гігієнічними характеристиками вібрації, що визначають її дію на людину є середньоквадратичні значення віброшвидкості V , м/с або її логарифмічні рівні, Дб в октанових полосах частот.

Людина починає відчувати вібрацію при коливальній швидкості 1×10^{-4} м/с, а при швидкості 1 м/с і при визначених частотах ці вібрації викликають страх і біль.

Октановими методами колективного вітрозахисту є пониження вібрації дією на джерело збудження, відстрочка від режиму резонансу; вібродемпферування; динамічне гасіння коливань і зміна конструктивних.

Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях.

Основним джерелом вібрації є тяговий двигун, розташований у машинному приміщенні. Для зменшення передачі коливань від джерела збудження об'єкту, який захищається (кабіна з вантажем) можуть бути використані віброізолятори (пружинні, гумові, комбіновані). Засоби захисту для тіла обслуговуючого персоналу поділяються на нагрудники, пояси, спеціальні костюми.

Таблиця 13.3 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Загальна вібрація	Октанові полоси з середньо геометричними частотами,								
	2	4	8	16	31,5	63	125	500	1000
На постійних робочих і виробничих	1,3	045	022	02	02	02	-	-	-
	108	99	93	92	92	92	-	-	-

13.3 Пожежна безпека

Пожежа в кабіні оператора може виникнути з наступних причин:

- заміна запобіжника або проведення якого-небудь ремонту електричного устаткування при підключеному живленні; застосування запобіжників, які по номінальному струму не відповідають даному колу;

- при появі перехідного опору, який виникає в місцях з'єднання проводів, електричних контактів машин, апаратів тощо.

Не можна продовжувати роботу, якщо у кабіні відчувається запах гару і диму, якщо не з'ясована причина цього і не усунено несправність.

При виникненні пожежі оператор повинен припинити всі виконувані роботи та залишити кабінку. Потім від'єднати живлення та приступити до гасіння пожежі вуглекислотним вогнегасником. Ці вогнегасник можна

використовувати для гасіння пожеж будь-який речовин, машин і устаткування, у тому числі і електричного. Для гасіння пожеж можна також використовувати пісок з пісочниць.

На території робочої зони скіпової установки слід виконувати наступні правила протипожежної безпеки:

- забороняється встановлювати установку так, щоб вона перекривала проїзну частину, виходи і входи, закривала пожежні колодязі, пожежні щити та інші протипожежні пристрої, або утруднювала доступ до них;

- при постановці установки на місце стоянки необхідно відключити рубильник, виключити усі високовольтні електричні кола (опалення кабін, освітлення, двигуни, робочі органи);

- якщо виникло займання мастильних матеріалів потрібно запобігти розповсюдженню горючого середовища, ізолювати його, застосувати заходи пожежогасіння, евакуювати людей у безпечну зону, викликати пожежників.

Необхідно проводити організаційні заходи по забезпеченню пожежної безпеки; навчання робітників правилам пожежної безпеки, проведення інструктажу та ознайомлення з нормами пожежної безпеки, проведення навчальних робіт з пожежної охорони об'єкта.

Приміщення дільниці, де розташована установка, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д - негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Найбільшу відстань до евакуаційного виходу визначаємо за об'ємом приміщення та ступені вогнестійкості будівлі.

Причиною запалювання продукту можуть бути електричні розряди.

Це може бути іскра від двигуна. Джерелом іскри бувають лопаті вентилятора.

Організаційними заходами по забезпеченні пожежної безпеки є: навчання працівників правилам пожежної безпеки, інструкції про порядок роботи з пожежними, вибухонебезпечними речовинами та матеріалами.

Таблиця 13.4 – Мінімальні межі вогнестійкості та мінімальні межі розповсюдження полум'я по будівельних конструкціях.

	Стіни				Колони	Сходові клітини, балки, марші	Плити, настили та інші несучі конструкції, перекриття	Елементи перекриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити настили і прогони	Балки, ферми
II	2/0	1/0	0,25/0	0,25/0	2/0	1/0	0,75/0	0,25/0	0,25/0

Важливою мірою по забезпеченні пожежної безпеки є організація пожежної охорони об'єкта. Для ліквідації початкових осередників пожежі силами робочих і службовців ділянки машинного приміщення повинні бути забезпечені згідно діючими нормами первинними засобами пожежогасіння. Особливо важливо забезпечити вільний доступ засобів вогнегасіння стаціонарних пожежних східців, пожежної сигналізації.

13.4 Оцінка безпеки роботи системи управління ліфта в умовах дії загрозливих чинників в надзвичайних ситуаціях

На ліфт, як технічний об'єкт можуть спричинити вплив як стихійні лиха, так і інші природні і виробничі фактори, недооцінка яких, а також відсутність необхідних профілактичних заходів можуть призвести до катастрофічних наслідків.

Дуже важливо в будь-якій екстремальній ситуації забезпечити стійку роботу ліфта, зберігаючи його працездатність.

Порушення роботи ліфта чи навіть катастрофа може виникнути в результаті стихійних лих, викликаних катаклізмами природи (землетрус, урагани, гірські обвали, повені, пожежі); в результаті впливу зовнішніх природних факторів, що призводять до старіння або корозії матеріалів, конструкцій, споруди та зниження їх фізико-механічних

властивостей матеріалів, особливо це стосується електротехнічних характеристик системи керування та окремих її елементів.

Порушення правил експлуатації споруд та технологічних процесів виробництва, особливо на небезпечних підприємствах, може викликати вибухи, неконтрольоване поширення хімічних речовин, тощо.

Аварії на атомних об'єктах можуть привести до іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу, які можуть вивести із ладу електронну систему керування ліфтом. Яскравим прикладом таких надзвичайних ситуацій стали аварії на японській атомній станції Фокусіма та на Чорнобильській АЕС. В таких ситуаціях дорога кожна хвилина адже доза радіації збільшується з часом, це може привести до смертельних випадків, тому досить важливо щоб ліфт не втрачав свою працездатність при перевезенні і евакуації людей, персоналу чи постраждалих із будівель, споруд.

Практика експлуатації системи керування багатоповерхового ліфта в умовах радіоактивних випромінювань дозволяє зробити такі висновки:

1) Дана система втрачає працездатність при деяких рівнях радіації (критичних) миттєво.

2) В радіоелементах схеми можуть початися незворотні, рідше зворотні, зміни, через деякий час після радіоактивного забруднення при рівні радіації значно нижчого від критичного, але при сталій дії.

При виникненні електромагнітного імпульсу (ЕМІ), що є наслідком електромагнітного випромінювання, енергетичні системи піддаються дії високих імпульсів по струму і по напрузі. Зокрема в кабелях систем зв'язку, електропередачі, обчислювальних машин, антенах радіостанцій тощо. Пошкодження отримані системою в наслідок дії ЕМІ залежать від чутливості вузлів з яких складається система. Критичні пошкодження викликає ЕМІ в роботі цифрових і контрольно-вимірювальних приладів.

Дія ЕМІ може привести до згоряння чутливих електронних і електричних елементів, пов'язаних з великими антенами, або відкритими дротами, а також

до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях, звичайно без необоротних змін. Отже, вплив ЕМІ необхідно враховувати для всіх електричних і електронних систем. Для найважливіших пристроїв треба застосовувати заходи захисту і збільшувати їх стійкість до ЕМІ. Саме тому ліфти потрібно перевіряти на стійкість в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу враховуючи всі вищезгадані факти.

13.4.1 Оцінка безпеки роботи системи управління ліфта в умовах дії іонізуючого випромінювання

За критерій стійкості роботи системи керування багатоповерховим ліфтом приймаємо такий максимально допустимий рівень радіації, при якому система продовжуватиме коректно працювати.

Початкові дані:

- 1) Рівень радіації через 1 год після аварії $P_1 = 3,3 \text{ Р/год}$.
- 2) Максимальне значення часу, протягом якого повинна працювати система $t_{p.\max} = 26280 \text{ год}$.
- 3) Коефіцієнт послаблення радіації $K_{\text{посл}} = 1$.
- 4) Час початку опромінення $t_{\text{п}} = 1 \text{ год}$.

Оцінку стійкості роботи системи керування багатоповерховим ліфтом проведемо у наступній послідовності:

1. Аналіз елементної бази.
2. Визначення граничних значень експозиційних доз ($D_{\text{грі}}$, Р) для кожного типу елемента окремо. Отримані результати зводимо у таблицю 13.5.

Таблиця 13.5 – Граничні значення експозиційних доз

№	Елементи РЕА	$D_{грi}, P$	$D_{гр заг}, P$
1	Мікроконтролер АТmega8535	10^4	10^4
2	Резистори MF-2 15 кОм, 5 %	10^6	
3	Конденсатори К53-14	10^6	
4	Діоди В6200Х-12	10^5	
5	Тиристори Т183-3200	10^5	

3. За мінімальним значенням $D_{гр заг}$ визначається межа стійкості роботи системи в цілому:

$$D_{гр} = K_{посл} \cdot D_{гр заг}, \quad (13.1)$$

$$D_{гр} = 1 \cdot 10^4 (P).$$

4. Визначаємо можливу дозу опромінення:

$$D_m = \frac{2 \cdot P_1 \cdot (\sqrt{t_{р.мах}} - \sqrt{t_{п}})}{K_{посл}}, \quad (13.2)$$

$$D_m = \frac{2 \cdot 3,3 \cdot (\sqrt{26280} - \sqrt{1})}{1} = 1063,3(P).$$

Оскільки $D_{гр заг}$ більше за D_m ($10^4 > 2352$), то можна зробити висновок, що спроектована система є стійкою до дії радіації.

5. Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах.

$$t_d = \left(\frac{D_{гр заг} \cdot K_{посл} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2, \quad (13.3)$$

$$t_d = \left(\frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 3,3 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 3,3} \right)^2 = 2,2987 \cdot 10^6 (\text{год}).$$

Оскільки t_d значно перевищує $t_{р.мах}$ ($2,2987 \cdot 10^6 > 26280$), то зрозуміло, що система буде зберігати працездатність протягом експлуатаційного періоду.

13.4.2 Оцінка безпеки роботи системи управління ліфта в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи системи в цих умовах приймаємо коефіцієнт безпеки K_6 . Коефіцієнт безпеки визначимо за формулою 13.4:

$$K_6 = 20 \cdot \lg(U_d / U), \quad (13.4)$$

де U_d – допустиме коливання напруги живлення;

U – напруга наведення в струмоведучій частині.

Початкові дані:

1) Вертикальна складова напруженості електромагнітного поля $E_B = 9,7$ (кВ/м).

2) Напруга живлення $U_{ж} = 380$ (В).

Оцінку стійкості роботи системи керування багатоповерховим ліфтом проведемо у наступній послідовності:

1. Знайдемо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля:

$$E_r = 10^{-3} \cdot E_B, \quad (13.5)$$

$$E_r = 10^{-3} \cdot 9,7 \cdot 10^3 = 9,7 \text{ (В/м)}.$$

2. Визначимо довжини струмопровідних частин. Вони матимуть наступні значення: вертикальна – $l_B = 1,5$ (м), а горизонтальна – $l_r = 1$ (м).

3. Знайдемо напругу, що наводиться в горизонтальній та вертикальній струмопровідних частинах.

$$U_r = l_r \cdot E_B, \quad (13.6)$$

$$U_r = 1,5 \cdot 9,7 \cdot 10^3 = 14,55 \cdot 10^3 \text{ (В)}.$$

$$U_B = l_B \cdot E_r, \quad (13.7)$$

$$U_B = 1 \cdot 9,7 = 9,7 \text{ (В)}.$$

4. Знайдемо допустиме відхилення напруги живлення за наступною формулою:

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + U_{\text{ж}} / 100 \cdot N, \quad (13.8)$$

де N – відсоток відхилення ($N=10\%$).

$$U_{\text{д}} = 380 + 380 / 100 \cdot 0,10 = 418(\text{В}).$$

5. Знаходимо коефіцієнт безпеки для кожної складової.

$$K_{\text{б.г}} = 20 \cdot \lg(418 / 14,55 \cdot 10^3) = -30,834(\text{дБ}).$$

$$K_{\text{б.в}} = 20 \cdot \lg(418 / 9,7) = 32,688(\text{дБ}).$$

Оскільки $K_{\text{б.г}} < 40$ дБ, а $K_{\text{б.в}} < 40$ дБ, то обладнання не буде працювати коректно. Для підвищення стійкості роботи системи слід застосувати екранування.

6. Для визначення товщини екрана, знайдемо перехідне затухання екрану:

$$A = K_{\text{б.ном}} - K_{\text{б.мін}}, \quad (13.9)$$

де $K_{\text{б.ном}}$ – номінальний коефіцієнт безпеки ($K_{\text{б.ном}}=40$ дБ);

$K_{\text{б.мін}}$ – мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий при розрахунках ($K_{\text{б.мін}} = -30,834$ дБ).

$$A = 40 + 30,834 = 70,834(\text{дБ}).$$

7. Тепер визначаємо необхідну товщину захисного екрану:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, \quad (13.10)$$

де f – найбільша характерна частота ($f=30$ кГц).

$$t = \frac{70,834}{5,2 \cdot \sqrt{30000}} = 0,19(\text{см}).$$

13.4.3 Розробка заходів по забезпеченню безперервної роботи систем управління ліфта в умовах дії загрозливих чиників НС

Постійне збільшення міського населення зумовлює зростання кількості багатоповерхових будинків у містах, що в свою чергу зумовлює розвиток внутрішнього пасажирського та вантажо-пасажирського транспорту. Так, ліфт – це стаціонарна підйомна машина періодичної дії, яка призначена для вертикального підйому або опускання вантажу та людей, яка рухається прямолінійно вздовж вертикальних направляючих. Саме тому, що ліфти знаходяться в практично кожному багатоповерховому будинку, вони є важливим інструментом для евакуації людей та матеріалів при будь-яких аваріях. Оскільки на ліфтовий транспорт покладено такий великий обсяг роботи, ліфт має працювати в ускладнених умовах стійко та стабільно.

В багатьох випадках слід приймати заходи для збільшення стійкості системи до дії радіації і ЕМІ. Основними заходами є використання в системі радіаційно стійких елементів і вузлів, а також використання спеціальних екранів чи активного захисту від дії радіоактивних частинок. Для захисту від ЕМІ також доцільно використовувати екрани, та використовувати якісну елементну базу.

Як ми бачимо із розрахунків, при дії іонізуючого випромінювання система керування багатоповерховим ліфтом буде зберігати стабільну і коректну роботу, тому ніяких заходів по підвищенню стабільності цієї роботи проводити не потрібно.

При застосуванні даного обладнання в зоні враження ЕМІ, система вийде з ладу або буде працювати некоректно, тому для підвищення стійкості в зоні враження доцільно використати екран. Як показали розрахунки для екранування слід використати екран з товщиною 0,19 см.

Після проведених розрахунків визначено, що стійкість роботи системи автоматики стійка при заданому рівні радіації 7,3 Р/год. До дії ЕМІ система

керування виявилась нестійкою. Застосування екранування РЕА суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного випромінювання.

В результаті застосування екранів система буде працювати стійко аж до значення напруженості вертикальної складової 9,7 кВ/м. Ще одним варіантом підвищення стійкості апаратури до дії випромінювання є зменшення струмопровідних провідників (їх довжини) шляхом вдосконалення схемо-устраткування РЕА.

ВИСНОВКИ

В результаті досліджень отримано такі наукові та практичні результати.

У галузі теоретичних та експериментальних досліджень:

1. Розроблено математичну модель для керування системою електропривода з можливістю її переналаштуванням під будь-які умови використання, що дозволяє використовувати її для більшої кількості систем керування.

2. Створена методика для вимірювання та контролю даних, що дозволяє швидше ліквідовувати недоліки системи та здійснювати моніторинг вимірюваних параметрів для відслідковування стану об'єкту контролю.

У галузі практичного застосування:

1. Розробка за математичною моделлю структурних схем засобів для керування системою електропривода ліфтів з використанням промислової елементної бази.

2. Розроблена структура мікропроцесорного засобу для керування системою електропривода, що дозволяє гнучко її застосувати до умов використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Волкова Д. П. Ліфти. – М.: Видавництво Асоціації Будівельних вузів, 1999 – 480 с.
2. Волотковський С. А., Ємец В. І., Козло В. К. Типовий електропривід промислових установок. – К.: Вища школа, 1983 – 312 с.
3. Черних І. В. Моделювання електротехнічних пристроїв в MATLAB, SimPowerSystems та Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2008 – 288 с.
4. Чілікін М. Г., Ключев В. И., Сандлер А. С. Теорія автоматизованого електропривода. – М.: Енергія, 1979 – 616 с.
5. Довідник по автоматизованому електроприводу Під ред. В. А. Єлісєєва і А. В. Шинянского – М.: Єнергоатомиздат, 1983 – 616 с.
6. Михайлов Н. В. Довідник електродвигунів для підйомно-транспортних пристроїв. 1998, – 143 с.
7. Далека В. Х. Конспект лекцій з дисципліни «Безпека експлуатації ліфтів та спецтехніки» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальності 7.17020201, 8.17020201 – Охорона праці (за галузями)) / В. Х. Далека, В. М. Шавкун; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 68 с.
8. Григоров О.В. Ліфти : навч. посібник / О.В. Григоров, В.В. Стрижак, С.О. Губський, та ін. – Х.: НТУ«ХП», 2016. – 172 с.
9. Методичні вказівки для виконання курсової, самостійної та практичних робіт з дисципліни «Безпека експлуатації ліфтів та спецтехніки» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальності 7.17020201, 8.17020201 – Охорона праці (за галузями)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: В. Х. Далека, В. М. Шавкун. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 61 с.
10. НПАОП 0.00-1.02-08 Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів.
11. НПАОП 0.00-5.02-95 Інструкція про порядок видачі дозволів на

виготовлення, ремонт та реконструкцію підйомних споруд і здійснення нагляду за виконанням цих робіт.

12. НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

13. НПАОП 0.00-4.05-2003 Порядок видачі дозволів Державним комітетом з нагляду за охороною праці та його територіальними органами.

14. НПАОП 0.00-6.18-2004 Порядок проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки.

15. ДСТУ 3552-97 Ліфти пасажирські та вантажні. Терміни та визначення.

16. ДСТУ EN 81-1.2003 Норми безпеки до конструкції та експлуатації ліфтів. Частина 1. Ліфти електричні.

17. ДСТУ EN 81 -2.2003 Норми безпеки до конструкції та експлуатації ліфтів. Частина 2. Ліфти гідравлічні.

18. Григоров О.В. Ліфти : навч. посібник / О.В. Григоров, В.В. Стрижак, С.О. Губський, та ін. – Х.: НТУ«ХП», 2016. – 172 с.

19. НПАОП 0.00-1.02-99. Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів. Київ, 2008. – 102 с.

20. ДСТУ EN 12385-5:2010 Канати сталеві дротяні. Безпека. Частина 5. Канати подвійного звивання для ліфтів / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. [Чинний від 01.07.2012]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2011. – 11 с

21. Методичні вказівки до практичних занять, самостійних і контрольних роботи з дисципліни «Ліфти та підйомники» (для студентів спеціальності 6.05050308 денної та заочної форм навчання) / укл.: І.В, Крупко. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – 76 с.

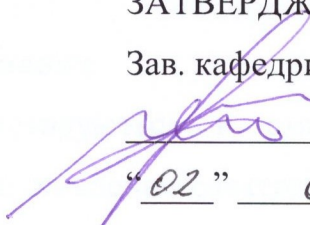
22. Б.І. Мокін, О.Б. Мокін Оптимізація електроприводів. Вінниця: "УНІВЕР- СУМ - Вінниця", 204 – 250 с.

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КЕМСК

 к.т.н., доц. Микола МОШНОРИЗ

“02” 04 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА
ВАНТАЖНОГО ЛІФТА

08-24.БДР.002.00.000 ТЗ

Керівник роботи

 к.т.н., доц. Валентин ГРАБКО

“02” 04 2024 р.

 Розробив ст. гр. ІЕМ-206

Віктор ГУРКІВСЬКИЙ

“02” 04 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Призначення і галузь використання машин

Ліфт призначений для підйому і спуску людей чи вантажів в кабіні, яка рухається по жорстким прямолінійним направляючим. Ліфт є невід’ємною частиною інженерного обладнання житлових, адміністративних будівель і споруд.

2 Варіанти виконання

Машини використовуються в стаціонарному варіанті, живлення відбувається від мережі живлення електричного струму частотою 50 ± 2 Гц і напругою заданою в залежності типу машини поданої у технічному завданні.

3 Умови експлуатації

Електропривод ліфта може забезпечувати надійну роботу при тривалому режимі роботи. Експлуатація здійснюється в різних умовах, при різних об’ємах роботи.

4 Елементна база

Двигуни, апаратура управління і захисту, провідники, кабелі і т.п. виробництва України чи країн близького зарубіжжя.

5 Показники технологічності

Електропривод підпорядкованого керування – двигун, апаратура управління і захисту, провідники, кабелі і т.п. виконується на сучасній елементній базі, його монтаж, заземлення.

6 Конструктивні вимоги

Конструктивні вимоги зумовлені геометричними розмірами шахти пасажирського ліфта.

7 Термін служби пристрою

Вказаний в каталожних даних машини.

8 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

При монтажі та встановленні машин слід максимально використовувати стандартні, уніфіковані деталі та дотримуватись правил безпеки.

9 Графічна та текстова документація

Уся графічна та текстова документація повинна відповідати всім діючим стандартам України.

10 Конструктивне виконання

Електропривод виготовляється окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки у пиловологозахищеному виконанні.

11 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування проводять слюсарі-електромонтажники відповідної кваліфікації. Технічний огляд пристрою здійснюється мінімум один раз на місяць. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електроприводу.

12 Живлення електроприводу

Живлення електроприводу забезпечується змінною напругою 380В.

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА
ВАНТАЖНОГО ЛІФТА

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення точності керування ліфтом з можливістю контролю всіх вимірювальних параметрів.

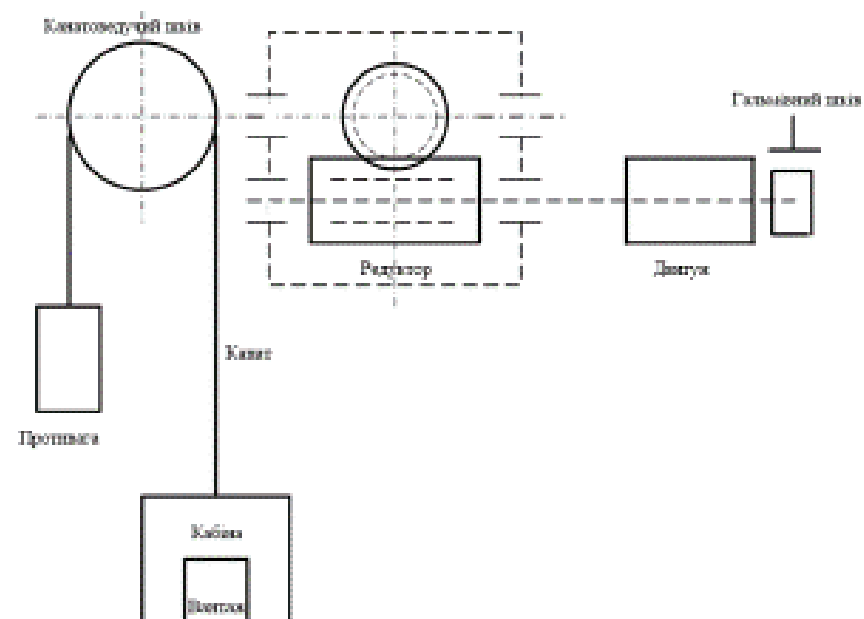
Відповідно до вказаної мети необхідно розв'язати такі задачі:

- провести огляд існуючих методів і засобів керування системою електропривода;
- розробити математичні моделі для визначення оптимального налаштування системи керування електропривода;
- розробити структурні схеми пристроїв для керування ліфтом;
- за розробленими математичними моделями реалізувати засіб в мікропроцесорному виконанні.

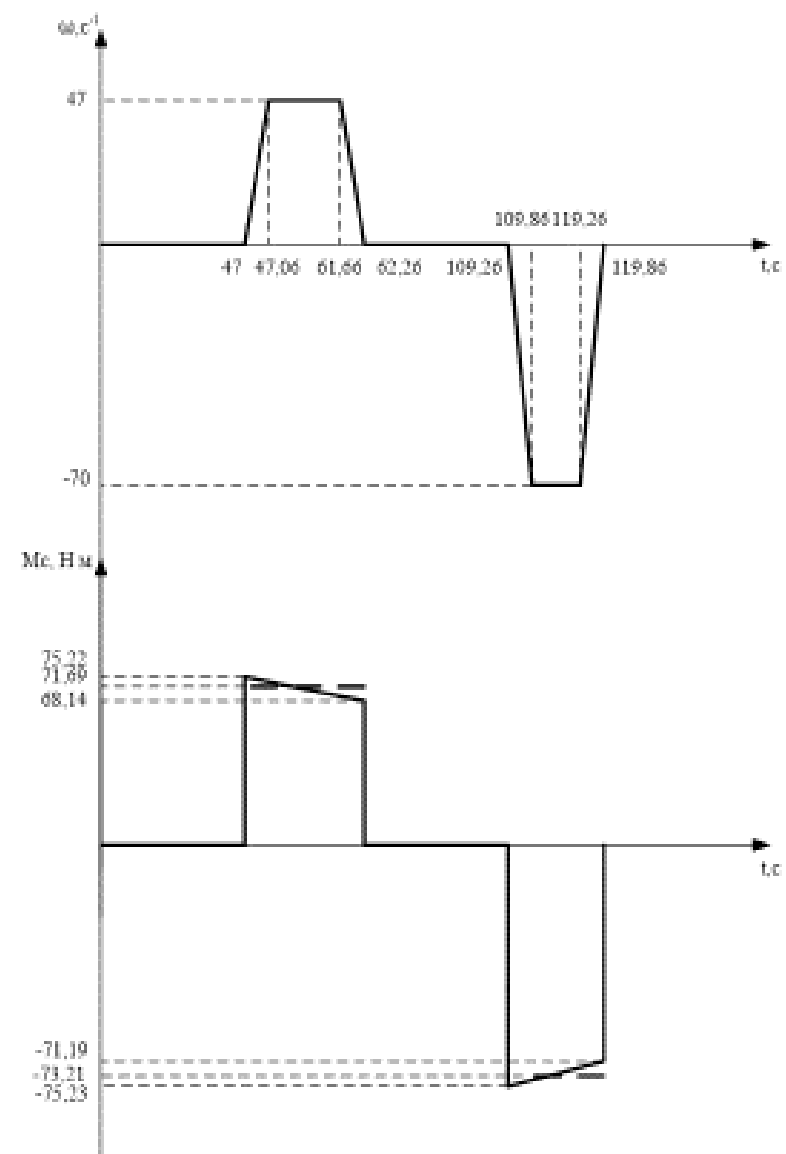
Об'єкт дослідження – процес контролю керування системою електропривода.

Предмет дослідження – якість процесу керування.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач і аналізу прийнятих технічних та алгоритмічних рішень використані такі методи дослідження: теорії технічного діагностування, комп'ютерна математика та комп'ютерне моделювання.



Кінематична схема ліфта



Тахограма виконавчого органу виробничого механізму

Показники	РКС-ДПС	РКС-АД	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	17900	7160	17900	7160
Вартість системи керування СК, грн	9265	10192	11118	18530
Капітальні вкладення К, грн	27165	24512	29018	25690
Річні капітальні витрати $K_{\text{річн}}$, грн/рік	4618,1	4167	4933,1	4367,3
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	2716,5	1019,2	2901,8	2569
Відрахування на ремонт C_p , грн/рік	543,3	490,23	580,36	513,8
Додаткові відрахування C_d , грн/рік	5590,5	5590,5	2662,9	1811,3
Відрахування на обслуговування C_o , грн/рік	442,51	426,59	307,25	244,71
Загальні відрахування С, грн/рік	9292,8	8958,5	6452,3	5138,81
Приведені витрати З, грн/рік	13911	13125	11385	9506,11

Порівняльна таблиця вартості систем електропривода

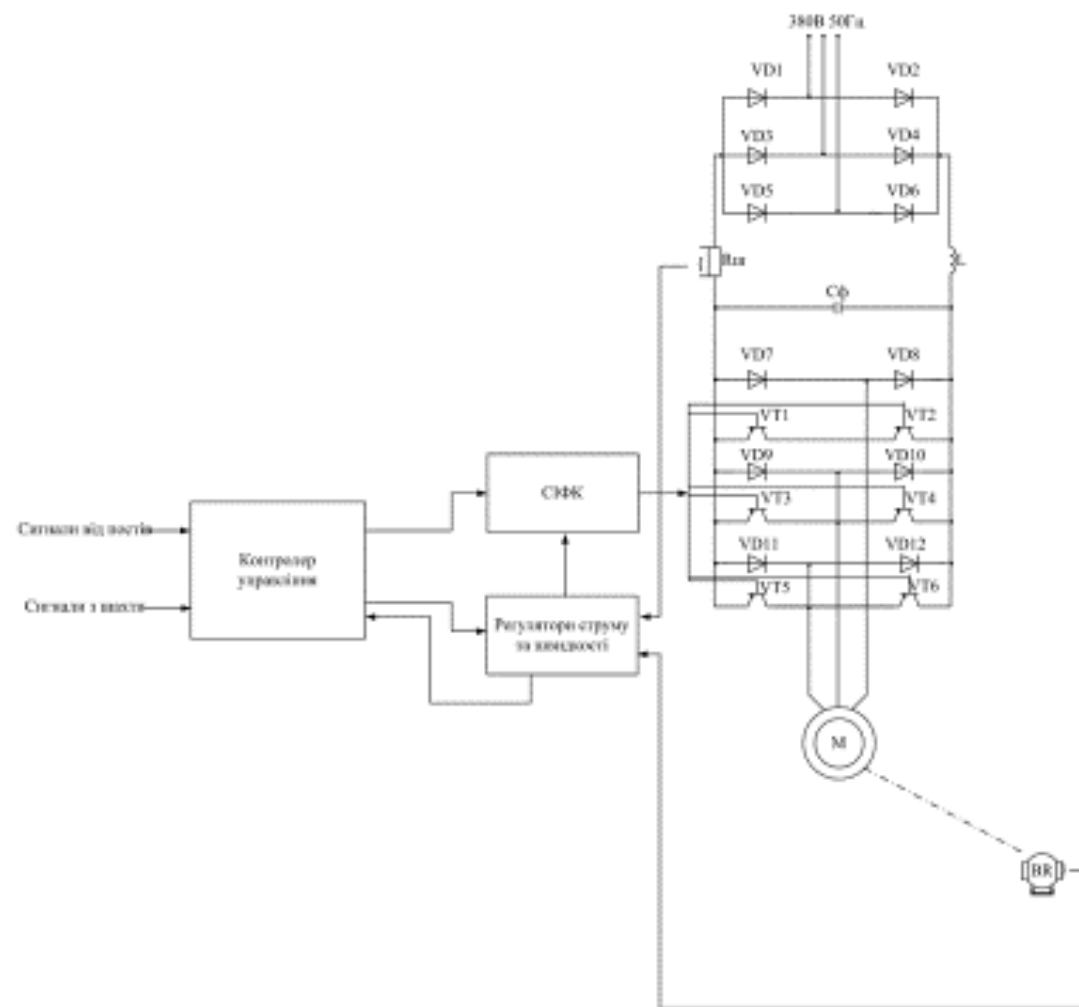
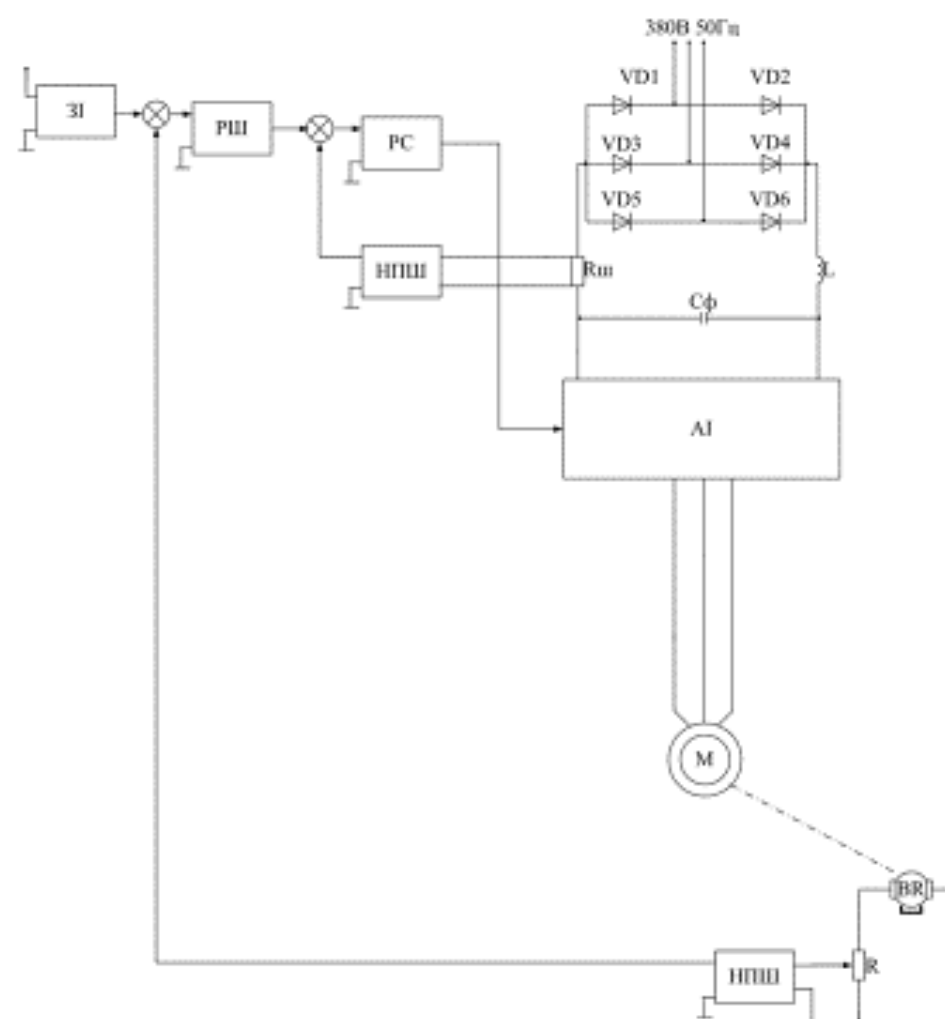


Схема електрична структурна електропривода



Функціональна схема електропривода

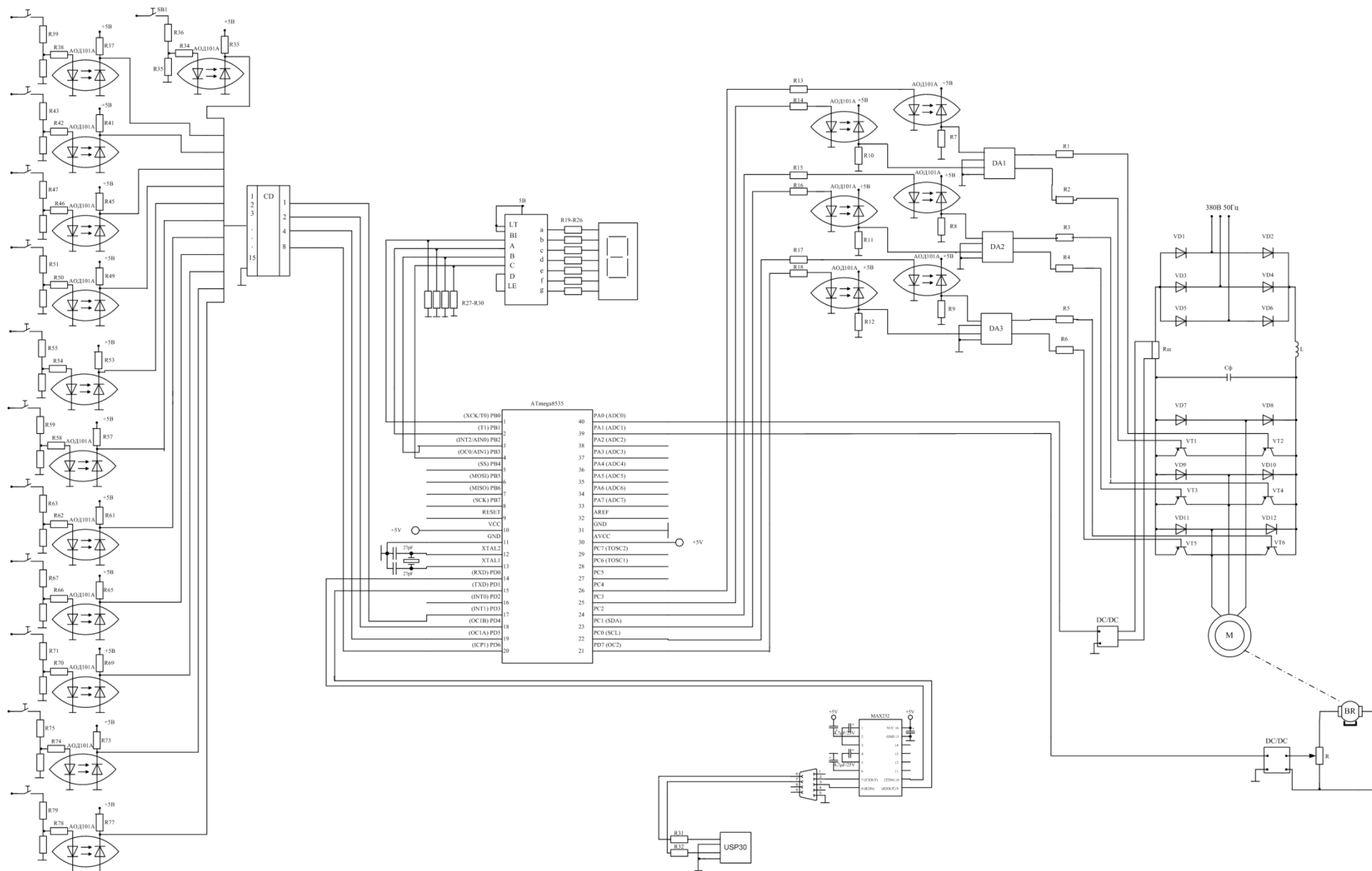
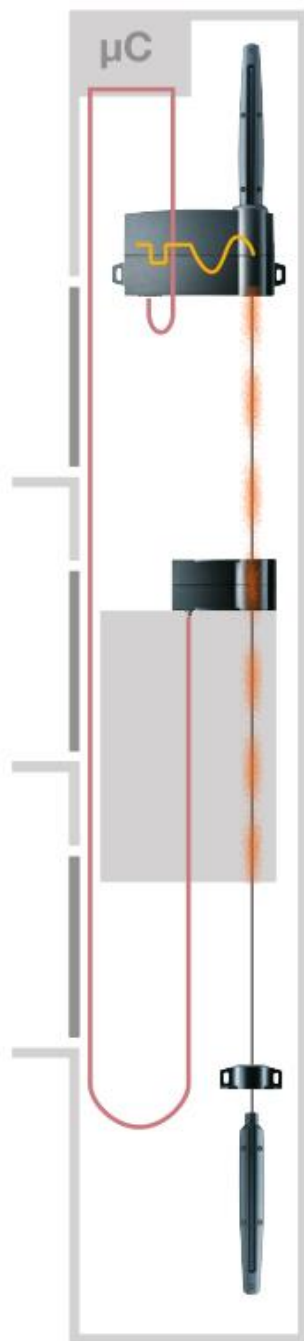


Схема електрична принципова системи електропривода



Ультразвук USP 30

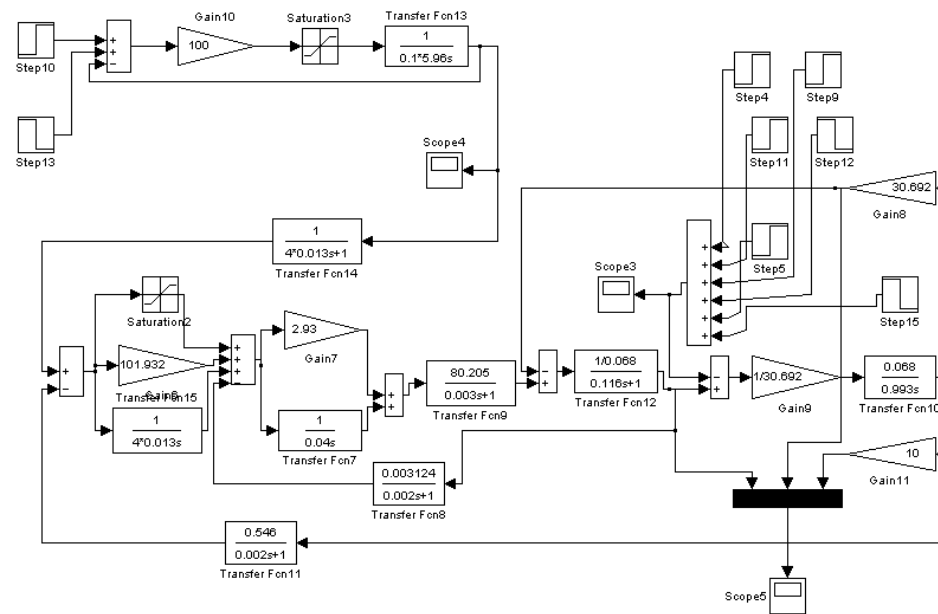
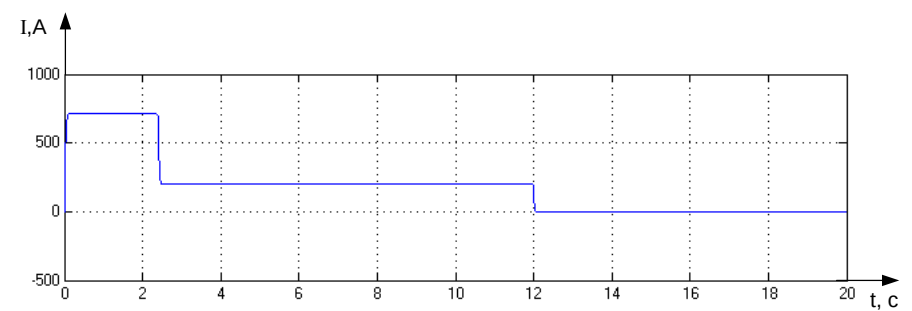
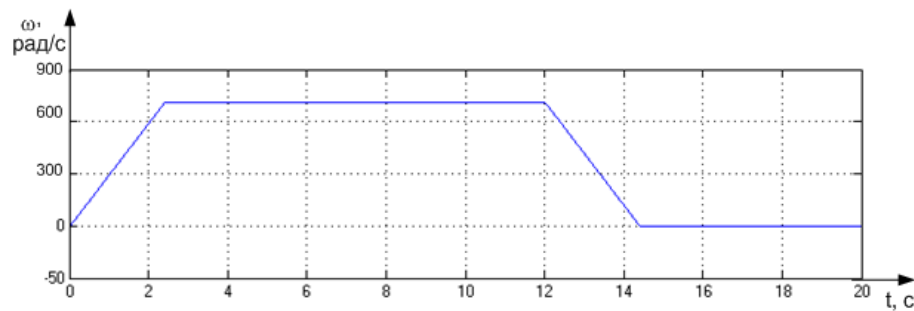
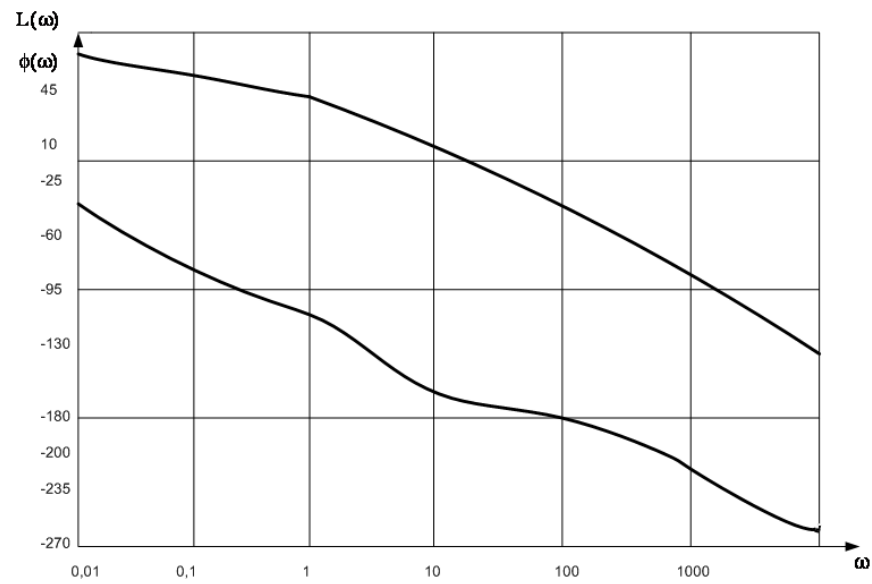


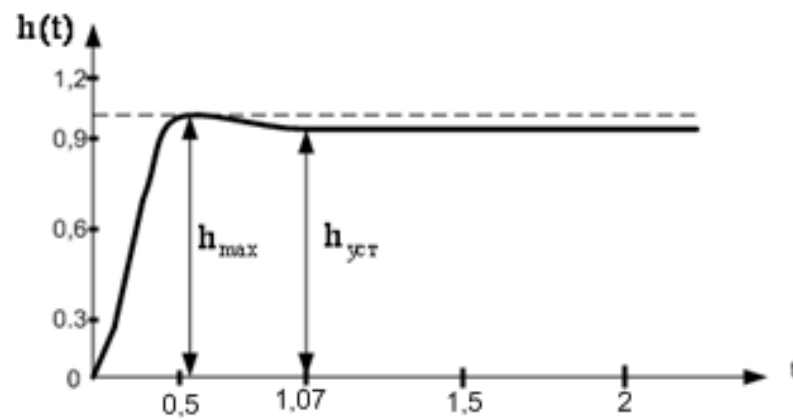
Схема електропривода в середовищі ППП Matlab Simulink



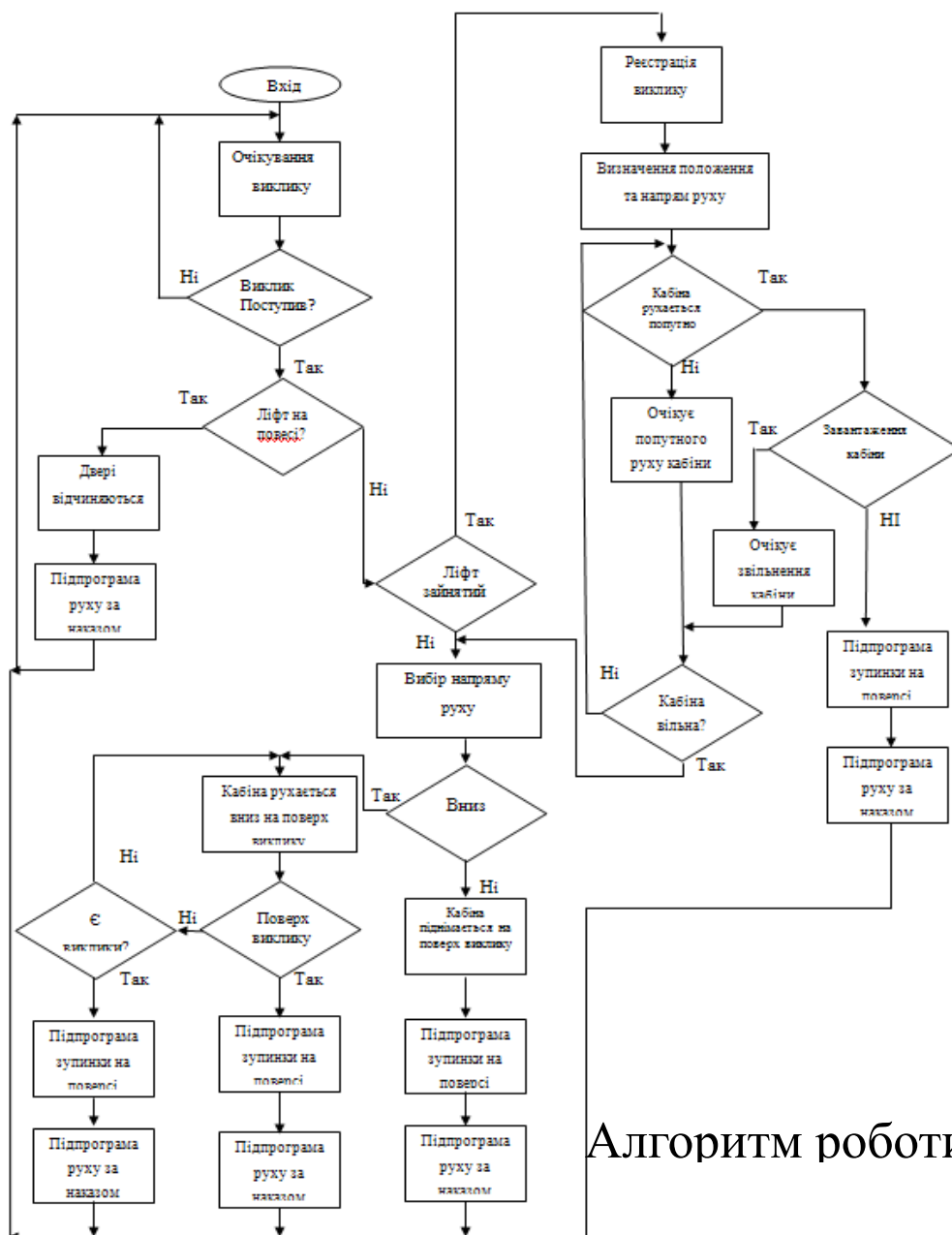
Графіки перехідних процесів швидкості і струму двигуна



ЛАЧХ і ЛФЧХ розімкненої системи електропривода



Перехідна характеристика контуру швидкості



Алгоритм роботи системи керування

ВИСНОВКИ

В результаті досліджень отримано такі наукові та практичні результати.

У галузі теоретичних та експериментальних досліджень:

1. Розроблено математичну модель для керування системою електропривода з можливістю її переналаштуванням під будь-які умови використання, що дозволяє використовувати її для більшої кількості систем керування.

2. Створена методика для вимірювання та контролю даних, що дозволяє швидше ліквідовувати недоліки системи та здійснювати моніторинг виміряних параметрів для відслідковування стану об'єкту контролю.

У галузі практичного застосування:

1. Розробка за математичною моделлю структурних схем засобів для керування системою електропривода ліфтів з використанням промислової елементної бази.

2. Розроблена структура мікропроцесорного засобу для керування системою електропривода, що дозволяє гнучко її застосувати до умов використання.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка системи керування електропривода вантажного ліфта

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕМ, гр. 1ЕМ-206

Науковий керівник: к.т.н., доц. Грабко В.В.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність	86,8 %
Схожість	13,2 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Гурківський В.С.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Грабко В.В.

(прізвище, ініціали)

					08-24.БДР.002.00.000 ЕЗ			
					Електропривод вантажного ліфта Схема електрична принципова	Літ.	Маса	Мат.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розробив		Гурківський В.С.	<i>[Signature]</i>	28.05				
Перевірив		Грабко В.В.	<i>[Signature]</i>	28.05				
Т. контр.						Аркуш 1	Аркуш	
<i>Рецензент</i>		<i>Врійтнюк В.І.</i>	<i>[Signature]</i>	10.06	ВНТУ, гр. ІЕМ-2			
Н.контр.		Паянок О.А.	<i>[Signature]</i>	28.05				
Затв.		<i>Мошторіг</i>	<i>[Signature]</i>	28.06				

