

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

Бакалаврська дипломна робота на тему:

«МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВАНТАЖНОГО ПІДЙОМНИКА»

Виконав: студент 4 курсу, гр. 1ЕМ-206
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка



Віталій ШАХВОРОСТ

(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. КЕМСК



Сергій БАБІЙ

(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

« 28 » 05 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ

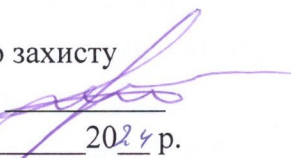


Олександр БАБЕНКО

(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

« 10 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри 

« 28 » 05 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет _____ Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра _____ комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський)
Галузь знань _____ 14 – Електрична інженерія
Спеціальність _____ 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма _____ «Електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ к.т.н., доц.

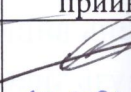
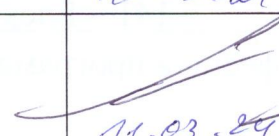
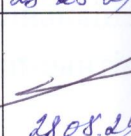
_____ Микола МОШНОРИЗ

«11» _____ 03 _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Шахворосту Віталію Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи: Модернізація електропривода вантажного підйомника
Керівник роботи _____ Бабій Сергій Миколайович, к.т.н., доц. каф. КЕМСК
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від «11» 03 _____ 2024 року № 90
- Термін подання студентом роботи _____
- Вихідні дані до роботи: вантажопідйомність 1,2 т; номінальна швидкість транспортування 0,25 м/с; знижена швидкість дотягування 0,08 м/с; висота підйому 5,5 м; діаметр барабана лебідки 0,32 м; кратність поліспасної підвіски 2; передаточне число редуктора 31,5.
- Зміст текстової частини: 1 Коротка характеристика виробничого механізму і режимів його роботи. 2 Розрахунок електропривода вантажного підйомника. 3 Моделювання електропривода підйомної лебідки вантажного підйомника. 4 Розробка системи керування підйомної лебідки вантажного підйомника. 5 Охорона праці. Висновки.
- Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
1 Мета та задачі дослідження. 2 Характеристика об'єкта проектування. 3 Схема кінематична лебідки вантажного підйомника. 4 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода. 5 Характеристики приводного двигуна. 6 Моделювання приводного двигуна. 7 Характеристики силового перетворювача. 8 Схема структурна електропривода лебідки вантажного підйомника. 9 Моделювання електропривода лебідки вантажного підйомника. 10 Схема функціональна САЕП вантажного підйомника. 11 Схема електрична принципова САЕП вантажного підйомника.

6. Консультанти розділів роботи

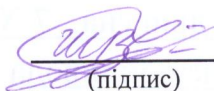
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Спеціальна частина	Бабій С. М., к.т.н., доц. каф. ЕМСАПТ	 11.03.24	 28.05.24
Охорона праці	Кобилянський О.В., д. пед. н., професор, зав. каф. БЖДПБ	 11.03.24	 28.05.24

7. Дата видачі завдання 11.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітки
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.2024	28.05.24	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	21.05.2024	28.05.24	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	28.05.2024	28.05.24	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	28.05.2024	28.05.24	
5	Попередній захист БДР	28.05.2024		
6	Нормоконтроль БДР	28.05.2024		
7	Рецензування БДР	10.06.2024		
8	Захист БДР	19.06.2024		

Студент


(підпис)

Шахворост В. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Бабій С. М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 100 сторінок формату А4, на яких є 34 рисунки, 12 таблиць, список використаних джерел містить 26 найменувань.

Метою роботи є модернізація існуючої системи автоматизованого електропривода лебідки вантажного підйомника складського приміщення шляхом переходу на сучасну елементну базу, яка характеризується кращими енергетичними показниками.

У загальній частині роботи дано загальну характеристику підйомників та здійснено аналіз режимів роботи вантажного підйомника складського приміщення.

У розрахунково-конструкторській частині виконано розрахунки електропривода лебідки вантажного підйомника. Вибрано приводний двигун, перевірено його за нагрівом, перевантажувальною здатністю та умовами пуску, досліджено характеристики в статистичному та динамічному режимах, а також розроблено необхідні схеми. Коректність прийнятих рішень перевірено моделюванням в Matlab.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів, наведені рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: вантажний підйомник, електропривод, кінематична схема, система керування.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 100 A4 pages, which have 34 figures, 12 tables, the list of sources used contains 26 items.

The purpose of the work is to modernize the existing system of the automated electric drive of the winch of the cargo lift of the warehouse by switching to a modern element base, which is characterized by better energy performance.

In the general part of the work, the general characteristics of elevators are given and the modes of operation of the cargo elevator of the warehouse are analyzed.

In the calculation and design part, the calculations of the electric drive of the winch of the cargo lift were performed. The drive motor was selected, tested for heating, overload capacity and starting conditions, the characteristics in statistical and dynamic modes were studied, and the necessary circuits were developed. The correctness of the decisions made was verified by simulation in Matlab.

In the section on labor protection, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors are discussed, recommendations are given for improving working conditions, and fire safety standards are also considered.

Keywords: cargo lift, electric drive, kinematic diagram, control system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО МЕХАНІЗМУ І РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ	6
1.1 Загальна характеристика	6
1.2 Характеристика об'єкта проектування	11
1.3 Постановка задачі проектування	14
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВАНТАЖНОГО ПІДЙОМНИКА	15
2.1 Розрахунок тахограми.....	15
2.2 Розрахунок навантажувальної діаграми	19
2.2.1 Розрахунок ККД механічної передачі.....	19
2.2.2 Розрахунок статичних навантажень.....	22
2.3 Попередній розрахунок потужності приводного двигуна	25
2.4 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода.....	27
2.4.1 Технічне обґрунтування вибору системи електропривода.....	27
2.4.2 Економічне обґрунтування вибору системи електропривода	28
2.5 Вибір та перевірка приводного двигуна	34
2.5.1 Вибір електродвигуна за потужністю і швидкістю обертання.....	34
2.5.2 Розрахунок механічних характеристик приводного двигуна.....	38
2.6 Розрахунок динамічних навантажень електропривода та перевірка вибраного приводного двигуна.....	41
2.7 Вибір силового перетворювача.....	45
3 МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПІДЙОМНОЇ ЛЕБІДКИ ВАНТАЖНОГО ПІДЙОМНИКА.....	51
3.1 Функціональна схем САЕП підйомної лебідки	51
3.2 Структурна схеми САЕП підйомної лебідки	51
3.3 Моделювання в Matlab.....	57
3.3.1 Моделювання роботи приводного двигуна	57

3.3.2 Моделювання перехідних процесів САЕП.....	61
4 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДЙОМНОЇ ЛЕБІДКИ ВАНТАЖНОГО ПІДЙОМНИКА.....	65
4.1 Розробка функціональної схеми	65
4.2 Вибір керуючого пристрою.....	66
4.2 Розробка схеми електричної принципової	67
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	68
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	68
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	68
5.1.2 Електробезпека	71
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	72
5.2.1 Мікроклімат	72
5.2.2 Виробниче освітлення.....	73
5.2.3 Виробничий шум.....	74
5.2.4 Виробнича вібрація	75
5.3. Пожежна безпека.....	76
ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80
ДОДАТКИ.....	83
ДОДАТОК А (обов'язковий). Технічне завдання.....	84
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина.....	88
ДОДАТОК В. Протокол перевірки дипломної роботи на наявність текстових запозичень	100

ВСТУП

Механізацію і автоматизацію виробничих процесів у всіх галузях господарства важко уявити без використання широкого комплексу підйомно-транспортних машин. Такі машини полегшують ручну працю, забезпечують виконання вантажно-розвантажувальних операцій на складах та перевалочних пунктах, забезпечують безперервність і ритмічність виробничих процесів тощо. Застосування даного обладнання визначає ефективність сучасного виробництва, а рівень механізації технічного виробництва – ступінь досконалості і продуктивності підприємства.

Метою роботи є модернізація існуючої системи автоматизованого електропривода лебідки вантажного підйомника складського приміщення шляхом переходу на сучасну елементну базу, яка характеризується кращими енергетичними показниками.

Об'єктом дослідження є процеси, що протікають в системі електричного привода вантажного підйомника.

Предметом дослідження є вдосконалення системи автоматизованого електропривода лебідки вантажного підйомника складського приміщення.

В процесі реалізації мети роботи необхідно вирішити такі завдання:

1. Здійснити загальну характеристику об'єкта проектування.
2. Розрахувати потужність приводного двигуна підйомної лебідки вантажного підйомника.
3. На основі техніко-економічних показників обґрунтувати вибір системи електричного привода вантажного підйомника.
4. Вибрати елементну базу електропривода вантажного підйомника.
5. Перевірити коректність виконаних розрахунків шляхом комп'ютерного моделювання.
6. Розробити систему керування електропривода вантажного підйомника.
7. Описати умови безпечної експлуатації модернізованої системи електричного привода вантажного підйомника.

1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО МЕХАНІЗМУ І РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ

1.1 Загальна характеристика

Вантажний підйомник – пристрій для підйому вантажів і/або людей в вертикальній чи близькій до неї площині [1].

Вантажний підйомник є різновидом підйомно-транспортних машин циклічної дії [1].

В загальному випадку підйомники (ліфти) класифікують так.

1. За призначенням [2]:

- пасажирський – призначений для підйому і спуску людей;
- вантажопасажирський – призначений для транспортування пасажирів і вантажів, має збільшені розміри площі підлоги і дверного отвору;
- лікарняний – призначений для підйому і спуску хворих, у тому числі і на спеціальних транспортних засобах у супроводі медперсоналу;
- вантажний – призначений для підйому і спуску вантажів;
- вантажний малий – призначений для підйому і спуску невеликих вантажів з розмірами кабіни, що виключає можливість транспортування людей;
- спеціальний (нестандартний) – призначений для особливих умов експлуатації, що виготовляється за спеціально розробленими технічними умовами.

2. За типом приводу підйомного механізму [2]:

- ліфти електричні з приводом;
- ліфти гідравлічні з приводом.

3. За конструкцією механізму передачі руху кабіні [2]:

- канатні – рух кабіни здійснюється за допомогою тягових канатів;
- ланцюгові – рух кабіни здійснюється за допомогою тягових ланцюгів;
- гвинтові – рух кабіни здійснюється за допомогою системи гвинт-гайка;

– рейкові – рух кабіни здійснюється за допомогою системи приводна шестерня-зубчаста рейка.

4. За способом передачі руху канатоведучого органу лебідки тяговим канатам [2]:

- ліфти з барабанною лебідкою;
- ліфти з канатоведучим шківом.

За способом дії канатів на кабіну [2]:

- ліфти з верхньою канатною підвіскою кабіни;
- вижимні, в яких тягові канати охоплюють кабіну знизу.

5. За схемою запасовки тягових канатів [2]:

- ліфти з прямою підвіскою кабіни;
- ліфти з поліспаотною підвіскою кабіни;
- ліфти з канатним мультиплікатором.

6. За розташуванням машинного приміщення [2]:

- ліфти з верхнім машинним приміщенням;
- ліфти з нижнім машинним приміщенням.

7. За конструкцією приводу лебідки [2]:

- ліфти з редукторним приводом лебідки;
- ліфти з безредукторним приводом лебідки.

8. За швидкохідністю кабіни [2]:

- тихохідні – швидкість кабіни до 1 м/с;
- швидкохідні – швидкість кабіни від 1,4 до 2 м/с;
- швидкісні – швидкість руху кабіни 2 м/с і більше.

9. За точністю зупинки кабіни [2]:

- ліфти з системою точної зупинки;
- ліфти без системи точної зупинки.

Основні конструктивні рішення для вантажних підйомників:

1) шахтний підйомник – має вертикальну самонесучу металоконструкцію прямокутного перерізу (шахта), усередині якої переміщується вантажна кліть (кабіна) (рисунок 1.1) [3];



Рисунок 1.1 – Шахтний вантажний підйомник

2) консольний (щогловий) підйомник – призначений для вертикального підйому-спуску вантажів, комплексної автоматизації транспортування, внутрішньоскладських вантажних операцій. Переміщення вантажів здійснюється вантажною платформою (кабіною) по направляючих самонесучої щогли (рамі) (рисунок 1.2) [3];



Рисунок 1.2 – Консольний вантажний підйомник

3) пандусний підйомник – призначений для переміщення вантажів вниз чи вгору по похилій площині, або існуючим сходам (рисунок 1.3) [3];

4) тротуарний підйомник – призначений для перевезення вантажів із підвального приміщення на поверхню через спеціальний люк (рисунок 1.4) [3];



Рисунок 1.3 – Пандусний підйомник



Рисунок 1.4 – Тротуарний підйомник

1.2 Характеристика об'єкта проектування

Об'єктом проектування в бакалаврській дипломній роботі є електропривод підйомної лебідки вантажного підйомника шахтного типу (рисунок 1.5). Даний підйомник (ліфт) забезпечує транспортування вантажів з одного рівня складського приміщення на інший.



а)



б)

Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд вантажного підйомника:

а) верхній рівень; б) нижній рівень

Кінематична схема вантажного підйомника представлена на рисунку 1.6.

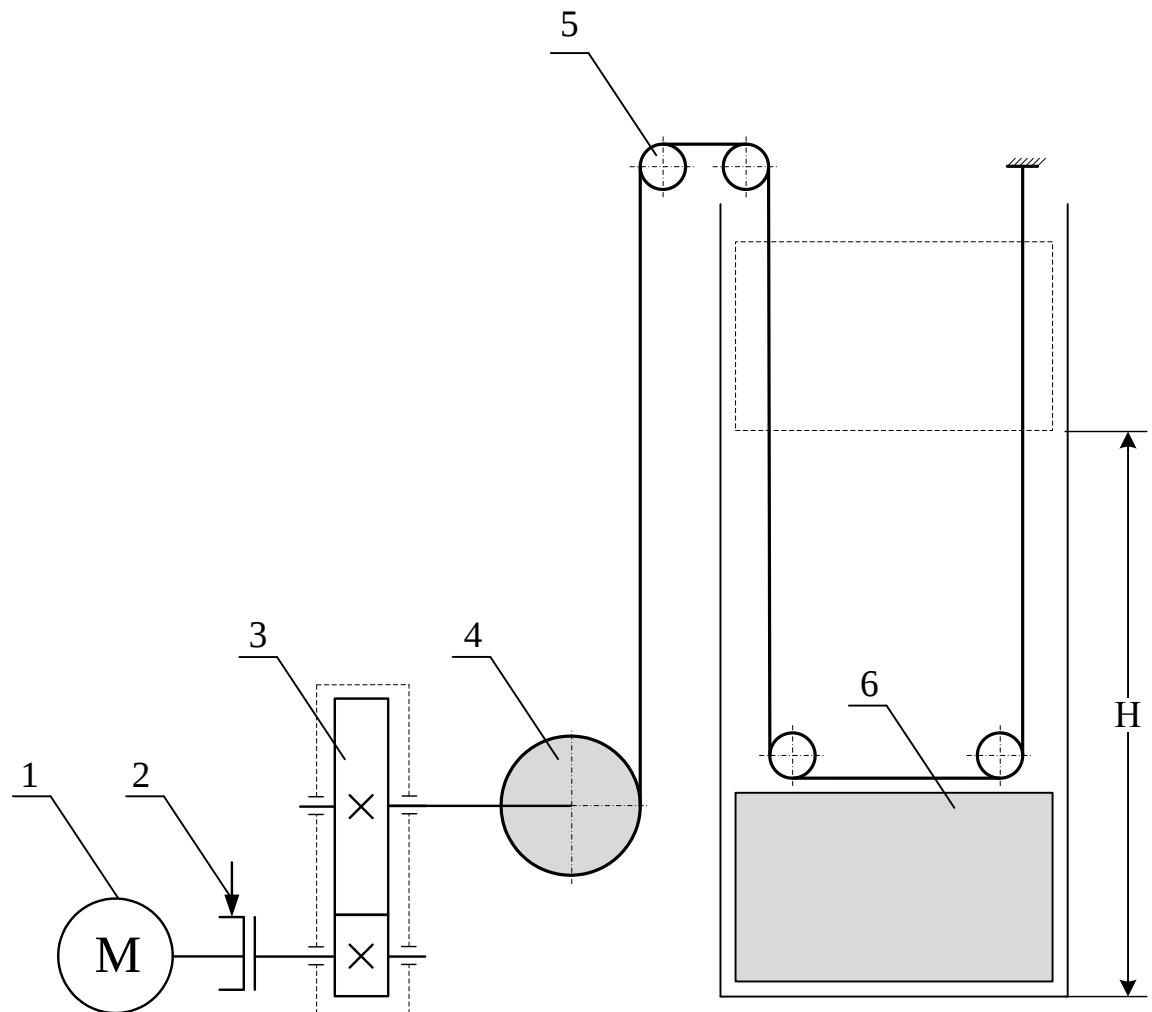


Рисунок 1.6 – Кінематична схема вантажного підйомника:

- 1 – електродвигун;
- 2 – гальмівний шків;
- 3 – редуктор;
- 4 – барабан;
- 5 – шків;
- 6 – кабіна

Вантажний підйомник обладнано підйомною лебідкою, яка розміщена в нижньому машинному приміщенні. Підйомники з таким розташування машинного приміщення хоч і характеризуються меншим ККД та порівняно

малим строком служби підйомних канатів (внаслідок більшої кількості точок їх перегину), проте характеризуються підвищеною вантажопідйомністю. Сама ж кабіна має поліспапну підвіску, яка кратна двом.

Технічні характеристики вантажного підйомника наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики вантажного підйомника

Параметри	Значення
Вантажопідйомність, т	1,2
Номінальна швидкість транспортування, м/с	0,25
Знижена швидкість дотягування, м/с	0,08
Висота підйому, м	5,5
Діаметр барабана лебідки, м	0,32
Кратність поліспапної підвіски	2
Передаточне число редуктора	31,5
Режим роботи	робота з навантаженнями близькими до номінального

Режим роботи електропривода вантажного підйомника характеризується частими включеннями і відключеннями.

Основні вимоги до електропривода вантажного підйомника складського приміщення:

- 1) вантажний підйомник зазвичай завантажують за допомогою напольного транспорту, тому важливо забезпечити високу точність зупинки кабіни підйомника на рівні поверхової площадки;
- 2) обмеження прискорень кабіни та ривків;
- 3) робота в режимі реверсу;
- 4) регулювання швидкості в напрямку вниз від основної;

5) робота з частими включеннями і відключеннями (частота включень за годину для вантажних підйомників становить 70 – 100 при тривалості включень 15 – 60%).

1.3 Постановка задачі проектування

В якості базової системи електропривода вантажного підйомника використовується релейно-контакторна система керування на базі асинхронного двигуна з короткозамкненим роботом.

Метою роботи є модернізація електропривода підйомної лебідки вантажного ліфта, а саме пропонується встановити систему електричного привода з системою керування, яка буде забезпечувати високу точність зупинки, високу жорсткість механічних характеристик, високі енергетичні показники тощо.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

1. Розрахувати потужність приводного двигуна підйомної лебідки вантажного підйомника.
2. На основі техніко-економічних показників обґрунтувати вибір системи електричного привода вантажного підйомника.
3. Вибрати елементну базу електропривода вантажного підйомника.
4. Перевірити коректність виконаних розрахунків шляхом комп'ютерного моделювання.
5. Розробити систему керування електропривода вантажного підйомника.
6. Описати умови безпечної експлуатації модернізованої системи електричного привода вантажного підйомника.
7. Зробити загальні висновки.

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВАНТАЖНОГО ПІДЙОМНИКА

2.1 Розрахунок тахограми

Типова тахограма роботи підйомної лебідки вантажного підйомника [4] зображена на рисунку 2.1.

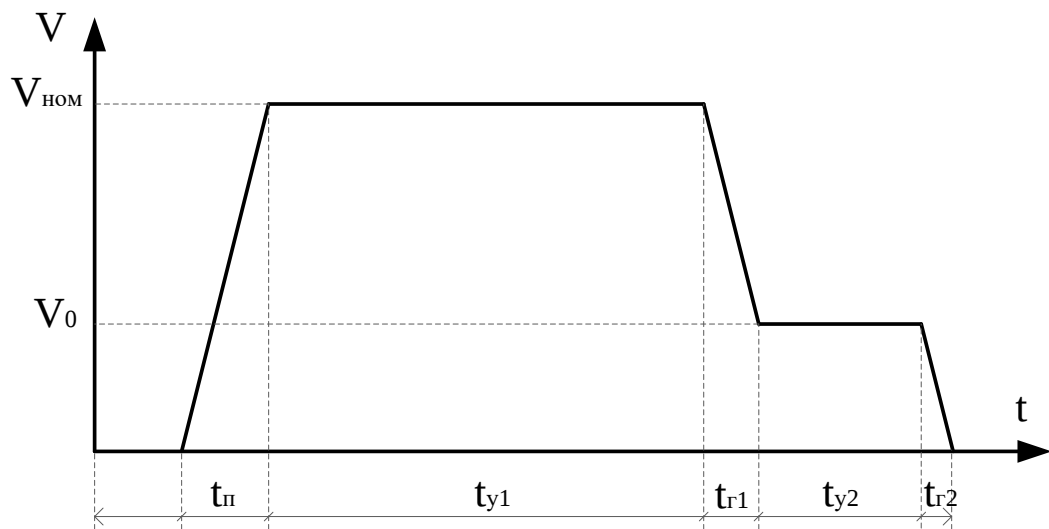


Рисунок 2.1 – Типова тахограма роботи підйомної лебідки вантажного підйомника (фрагмент)

Швидкість обертання приводного барабана підйомної лебідки при номінальній швидкості транспортування [4]:

$$n_{б. ном} = \frac{60 \cdot u \cdot V_{ном}}{\pi \cdot D_{б}}, \quad (2.1)$$

$$n_{б. ном} = \frac{60 \cdot 2 \cdot 0,25}{3,14 \cdot 0,32} = 29,84 \text{ (об/хв)}.$$

Швидкість обертання приводного барабана підйомної лебідки при зниженій швидкості потягування [4]:

$$n_{60} = \frac{60 \cdot u \cdot V_0}{\pi \cdot D_{\zeta}}, \quad (2.2)$$

$$n_{60} = \frac{60 \cdot 2 \cdot 0,08}{3,14 \cdot 0,32} = 9,55 \text{ (об/хв)}.$$

Швидкість обертання приводного двигуна при номінальній швидкості транспортування:

$$n_{\text{ном}} = n_{\zeta, \text{ном}} \cdot i_{\text{ред}}, \quad (2.3)$$

$$n_{\text{ном}} = 29,84 \cdot 31,5 = 940,01 \text{ (об/хв)}.$$

Швидкість обертання приводного двигуна при зниженій швидкості дотягування:

$$n_0 = n_{60} \cdot i_{\text{ред}}, \quad (2.4)$$

$$n_0 = 9,55 \cdot 31,5 = 300,8 \text{ (об/хв)}.$$

Кутова швидкість двигуна при номінальній швидкості транспортування:

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{ном}}}{60}, \quad (2.5)$$

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 940,01}{60} = 98,44 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Кутова швидкість двигуна при зниженій швидкості дотягування:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_0}{60}, \quad (2.6)$$

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 300,8}{60} = 31,5 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Кутове прискорення приводного двигуна при пусках та гальмуваннях:

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot a \cdot i_{\text{ред}} \cdot u}{D_{\zeta}}, \quad (2.7)$$

де a – допустиме прискорення ($a = 0,15 \text{ м/с}^2$),

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot 0,15 \cdot 31,5 \cdot 2}{0,32} = 59,1 \text{ (рад/с}^2\text{)}.$$

Час роботи механізму при пуску [5]:

$$t_{\pi} = \frac{V_{\text{НОМ}}}{a}, \quad (2.8)$$

$$t_{\pi} = \frac{0,25}{0,15} = 1,67 \text{ (с)}.$$

Час роботи механізму при загальмовуванні від номінальної швидкості транспортування до зниженої швидкості потягування [5]:

$$t_{r1} = \frac{V_{\text{НОМ}} - V_0}{a}, \quad (2.9)$$

$$t_{r1} = \frac{0,25 - 0,08}{0,15} = 1,13 \text{ (с)}.$$

Час роботи механізму при гальмуванні від зниженої швидкості потягування до повної зупинки:

$$t_{r2} = \frac{V_0}{a}, \quad (2.10)$$

$$t_{r2} = \frac{0,08}{0,15} = 0,53 \text{ (с)}.$$

Шлях, який проходить вантаж за час пуску:

$$H_{\pi} = \frac{V_{\text{НОМ}}^2}{2 \cdot a}, \quad (2.11)$$

$$H_{\pi} = \frac{0,25^2}{2 \cdot 0,15} = 0,21 \text{ (м)}.$$

Шлях, який проходить вантаж при загальмовуванні від номінальної швидкості транспортування до зниженої швидкості дотягування:

$$H_{r1} = \frac{V_{\text{ном}}^2 - V_0^2}{2 \cdot a}, \quad (2.12)$$

$$H_{r1} = \frac{0,25^2 - 0,08^2}{2 \cdot 0,15} = 0,19 \text{ (м)}.$$

Шлях, який проходить вантаж при загальмовуванні від зниженої швидкості потягування до повної зупинки:

$$H_{r2} = \frac{V_0^2}{2 \cdot a}, \quad (2.13)$$

$$H_{r2} = \frac{0,08^2}{2 \cdot 0,15} = 0,02 \text{ (м)}.$$

Пройдений шлях з усталеною номінальною швидкістю транспортування:

$$H_{y1} = H - H_{r1} - H_0, \quad (2.14)$$

де H_0 – шлях, який проходить кабіна на зниженій швидкості потягування ($H_0 = 0,4$ м),

$$H_{y1} = 5,5 - 0,21 - 0,4 = 4,89 \text{ (м)}.$$

Пройдений шлях з усталеною зниженою швидкістю транспортування:

$$H_{y2} = H_0 - H_{r1} - H_{r2}, \quad (2.15)$$

$$H_{y2} = 0,4 - 0,19 - 0,02 = 0,19 \text{ (м)}.$$

Час роботи механізму з усталеною номінальною швидкістю транспортування:

$$t_{y1} = \frac{H_{y1}}{V_{\text{ном}}}, \quad (2.16)$$

$$t_{y1} = \frac{4.89}{0.25} = 19.57 \text{ (с)}.$$

Час роботи механізму з усталеною зниженою швидкістю дотягування:

$$t_{y2} = \frac{H_{y2}}{V_0}, \quad (2.17)$$

$$t_{y2} = \frac{0.19}{0.08} = 2.4 \text{ (с)}.$$

Сумарний час роботи механізму при підйомі (опусканні) кабіни:

$$t_{\text{роб}} = t_{\text{п}} + t_{y1} + t_{\Gamma 1} + t_{y2} + t_{\Gamma 2}, \quad (2.18)$$

$$t_{\text{роб}} = 1.67 + 19.57 + 1.13 + 2.4 + 0.53 = 25.3 \text{ (с)}.$$

2.2 Розрахунок навантажувальної діаграми

2.2.1 Розрахунок ККД механічної передачі

Результуючий ККД механічної передачі вантажного підйомника згідно кінематичної схеми (див. рисунок 1.3) становить:

$$\eta_{\text{мп}} = \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{б}} \cdot \eta_{\text{вш}}^n \cdot \eta_{\text{кб}}, \quad (2.19)$$

де $\eta_{\text{ред}}$ – ККД редуктора ($\eta_{\text{ред}} = 0.9$);

$\eta_{\text{б}}$ – ККД барабана лебідки ($\eta_{\text{б}} = 0.96$);

$\eta_{\text{вш}}$ – ККД відвідного шківів ($\eta_{\text{вш}} = 0.98$);

n – кількість відвідних шківів ($n = 4$);

$\eta_{\text{кб}}$ – ККД, який враховує втрати потужності внаслідок тертя кабіни підйомника об направляючі ($\eta_{\text{кб}} = 0.85$).

Оскільки ККД редуктора вантажного підйомника залежить від напрямку обертання привода та завантаженості кабіни, то розрахуємо його значення при роботі в режимі холостого ходу (підйом). Аналітичним шляхом його значення визначається за формулою [6]:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{a_1}{\gamma} + b_1}, \quad (2.20)$$

де a_1 та b_1 – коефіцієнти постійних та змінних втрат;

γ – коефіцієнт завантаження механізму [6]:

$$\gamma = \frac{m + m_0}{m_B + m_0}, \quad (2.21)$$

де m і m_B – поточна і номінальна маси вантажу, кг;

m_0 – маса підвісу, кг.

При номінальному навантаженні редуктора підйомника ($\gamma = 1$) співвідношення коефіцієнтів втрат є відомими із статистичних даних [6]:

$$k = \frac{a_1}{b_1} = 1,2 \dots 1,5 \approx 1,35. \quad (2.22)$$

Таким чином, значення коефіцієнтів a_1 і b_1 розраховують шляхом сумісного розв'язку системи рівнянь [6]:

$$\begin{cases} \eta_{\text{редном}} = \frac{1}{1 + a_1 + b_1}, \\ a_1 = k \cdot b_1. \end{cases} \quad (2.23)$$

Звідси:

– коефіцієнти змінних втрат:

$$b_1 = \frac{1 - \eta_{\text{редном}}}{\eta_{\text{редном}} \cdot (1 + k)}, \quad (2.24)$$

$$b_1 = \frac{1 - 0,9}{0,9 \cdot (1 + 1,35)} = 0,047;$$

– коефіцієнти постійних та змінних втрат:

$$a_1 = k \cdot \frac{1 - \eta_{ред_{ном}}}{\eta_{ред_{ном}} \cdot (1 + k)}, \quad (2.25)$$

$$a_1 = 1,35 \cdot \frac{1 - 0,9}{0,9 \cdot (1 + 1,35)} = 0,064.$$

Коефіцієнт завантаження вантажного підйомника при транспортуванні пустої кабіни:

$$\gamma_0 = \frac{m_0}{m_B + m_0}, \quad (2.26)$$

$$\gamma_0 = \frac{350}{1200 + 350} = 0,226.$$

ККД редуктора при підйомі пустої кабіни:

$$\eta_{ред_0} = \frac{1}{1 + \frac{a_1}{\gamma_0} + b_1}, \quad (2.27)$$

$$\eta_{ред_0} = \frac{1}{1 + \frac{0,064}{0,226} + 0,047} = 0,75.$$

ККД редуктора спуску завантаженої кабіни [6]:

$$\eta_{ред_{ном}}' = 2 - \frac{1}{\eta_{ред_{ном}}}, \quad (2.28)$$

$$\eta_{ред_{ном}}' = 2 - \frac{1}{0,9} = 0,89,$$

ККД редуктора спуску пустої кабіни [6]:

$$\eta_{ред_0}' = 2 - \frac{1}{\eta_{ред_0}}, \quad (2.29)$$

$$\eta_{ред_0}' = 2 - \frac{1}{0,75} = 0,67.$$

Результуючий ККД механічної передачі вантажного підйомника:

1) при підйомі завантаженої кабіни:

$$\eta_{МП_{НОМ}} = \eta_{ред_{НОМ}} \cdot \eta_{б} \cdot \eta_{вш}^n \cdot \eta_{кб}, \quad (2.30)$$

$$\eta_{МП_{НОМ}} = 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,98^4 \cdot 0,9 = 0,717;$$

2) при спуску завантаженої кабіни:

$$\eta_{МП_{НОМ}}' = \eta_{ред_{НОМ}}' \cdot \eta_{б} \cdot \eta_{вш}^n \cdot \eta_{кб}, \quad (2.31)$$

$$\eta_{МП_{НОМ}}' = 0,89 \cdot 0,96 \cdot 0,98^4 \cdot 0,9 = 0,708;$$

3) при підйомі пустої кабіни:

$$\eta_{МП_0} = \eta_{ред_0} \cdot \eta_{б} \cdot \eta_{вш}^n \cdot \eta_{кб}, \quad (2.32)$$

$$\eta_{МП_0} = 0,75 \cdot 0,96 \cdot 0,98^4 \cdot 0,9 = 0,6;$$

4) при спуску завантаженої кабіни:

$$\eta_{МП_0}' = \eta_{ред_0}' \cdot \eta_{б} \cdot \eta_{вш}^n \cdot \eta_{кб}, \quad (2.33)$$

$$\eta_{МП_0}' = 0,67 \cdot 0,96 \cdot 0,98^4 \cdot 0,9 = 0,534.$$

2.2.2 Розрахунок статичних навантажень

Вага номінального вантажу:

$$G_B = m_B \cdot g, \quad (2.34)$$

$$G_B = 1200 \cdot 9,81 = 11772 \text{ (Н)}.$$

Вага кабіни:

$$G_0 = m_0 \cdot g, \quad (2.35)$$

$$G_0 = 350 \cdot 9,81 = 3433,5 \text{ (Н)}.$$

Статичний момент в режимі номінального навантаження (підйом) [6, 7]:

$$M_{c_{\text{нав}}} = \frac{(G_0 + G_B) \cdot D_6}{2 \cdot i \cdot u \cdot \eta_{\text{МП}_{\text{НОМ}}}}, \quad (2.36)$$

$$M_{c_{\text{нав}}} = \frac{(3433,5 + 11772) \cdot 0,32}{2 \cdot 31,5 \cdot 2 \cdot 0,717} = 53,84 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Статичний момент в режимі номінального навантаження (спуск) [6, 7]:

$$M_{c_{\text{нав}}}^{\prime} = \frac{(G_0 + G_B) \cdot D_6}{2 \cdot i \cdot u} \cdot \eta_{\text{МП}_{\text{НОМ}}}^{\prime}, \quad (2.37)$$

$$M_{c_{\text{нав}}}^{\prime} = \frac{(3433,5 + 11772) \cdot 0,32}{2 \cdot 31,5 \cdot 2} \cdot 0,708 = 27,36 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Статичний момент в режимі холостого ходу (підйом) [6, 7]:

$$M_{c_0} = \frac{G_0 \cdot D_6}{2 \cdot i \cdot u \cdot \eta_{\text{МП}_0}}, \quad (2.38)$$

$$M_{c_0} = \frac{3433,5 \cdot 0,32}{2 \cdot 31,5 \cdot 2 \cdot 0,6} = 14,55 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Статичний момент в режимі холостого ходу (спуск) [6, 7]:

$$M_{c_0}^{\prime} = \frac{G_0 \cdot D_6}{2 \cdot i \cdot u} \cdot \eta_{\text{МП}_0}^{\prime}, \quad (2.39)$$

$$M_{c_0}^{\prime} = \frac{3433,5 \cdot 0,32}{2 \cdot 31,5 \cdot 2} \cdot 0,534 = 4,66 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Діаграма статичних навантажень лебідки вантажного підйомника зображена на рисунку 2.2.

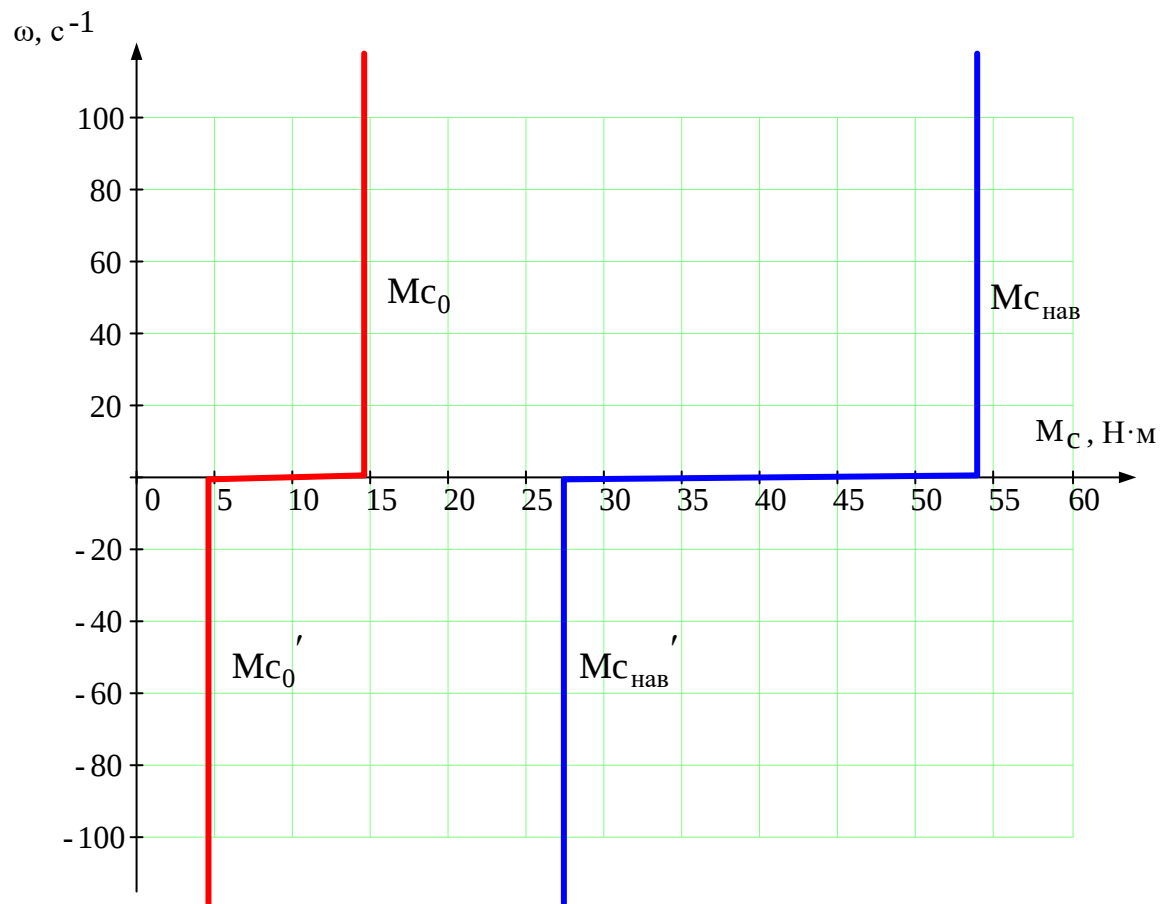


Рисунок 2.2 – Діаграма статичних навантажень лебідки вантажного підйомника

Отже, лебідка вантажного підйомника при спуску вантажів чи незавантаженої кабіни працює в режимі гальмівного спуску (графік статичних навантажень знаходиться в IV квадранті).

Фрагмент тахограми та навантажувальної діаграми лебідки вантажного підйомника зображено на рисунку 2.3.

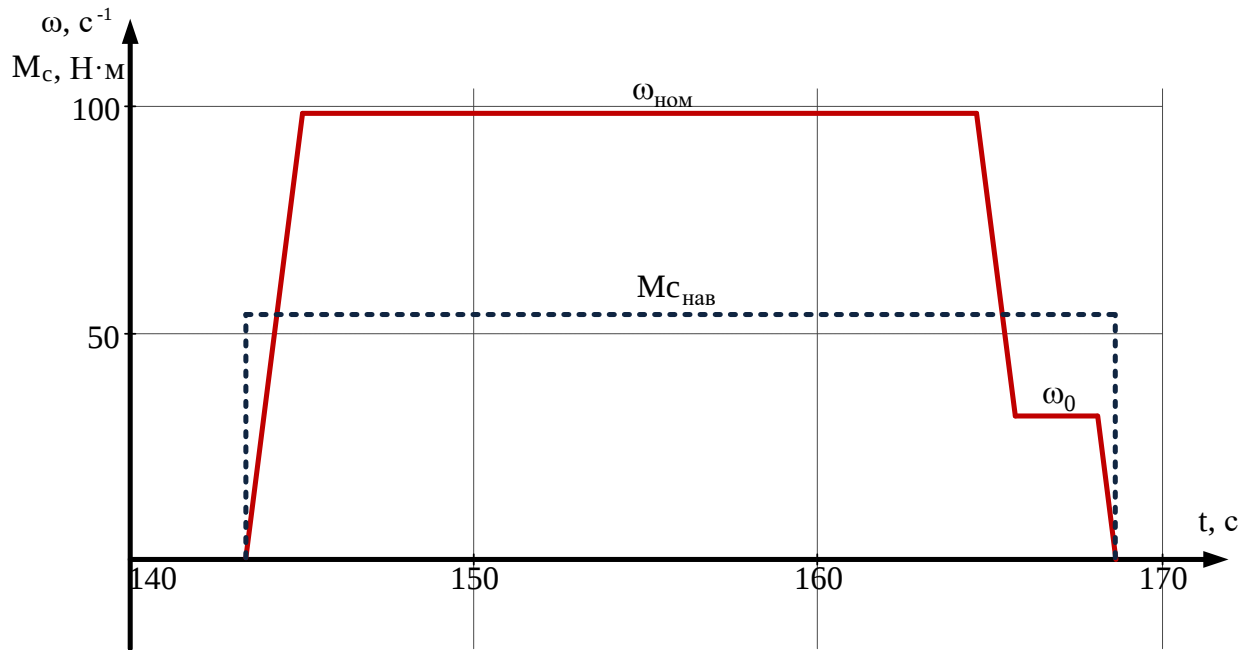


Рисунок 2.3 – Тахограма та навантажувальна діаграма лебідки вантажного підйомника (підйом номінального вантажу)

2.3 Попередній розрахунок потужності приводного двигуна

Статична потужність в режимі номінального навантаження (підйом, номінальна швидкість):

$$P_{с_{нав1}} = M_{с_{нав}} \cdot \omega_{ном}, \quad (2.40)$$

$$P_{с_{нав1}} = 53,84 \cdot 98,44 = 5,3 \text{ (кВт)}.$$

Статична потужність в режимі номінального навантаження (підйом, знижена швидкість):

$$P_{с_{нав2}} = M_{с_{нав}} \cdot \omega_0, \quad (2.41)$$

$$P_{с_{нав2}} = 53,84 \cdot 31,5 = 1,7 \text{ (кВт)}.$$

Статична потужність в режимі номінального навантаження (спуск, номінальна швидкість):

$$P_{c_{нав3}} = M_{c_{нав}}' \cdot \omega_{ном}, \quad (2.42)$$

$$P_{c_{нав3}} = 27,36 \cdot 98,44 = 2,69 \text{ (кВт)}.$$

Статична потужність в режимі номінального навантаження (спуск, знижена швидкість):

$$P_{c_{нав4}} = M_{c_{нав}}' \cdot \omega_0, \quad (2.43)$$

$$P_{c_{нав4}} = 27,36 \cdot 31,5 = 0,86 \text{ (кВт)}.$$

Статична потужність в режимі холостого ходу (підйом, номінальна швидкість):

$$P_{c_{xx1}} = M_{c_0} \cdot \omega_{ном}, \quad (2.44)$$

$$P_{c_{xx1}} = 14,55 \cdot 98,44 = 1,43 \text{ (кВт)}.$$

Статична потужність в режимі холостого ходу (підйом, знижена швидкість):

$$P_{c_{xx2}} = M_{c_0} \cdot \omega_0, \quad (2.45)$$

$$P_{c_{xx2}} = 14,55 \cdot 31,5 = 0,46 \text{ (кВт)}.$$

Статична потужність в режимі холостого ходу (спуск, номінальна швидкість):

$$P_{c_{xx3}} = M_{c_0}' \cdot \omega_{ном}, \quad (2.46)$$

$$P_{c_{xx3}} = 4,66 \cdot 98,44 = 0,46 \text{ (кВт)}.$$

Статична потужність в режимі холостого ходу (спуск, знижена швидкість):

$$P_{c_{xx4}} = M_{c_0}' \cdot \omega_0, \quad (2.47)$$

$$P_{c_{xx4}} = 4,66 \cdot 31,5 = 0,15 \text{ (кВт)}.$$

Згідно технічних характеристик вантажного підйомника (див. таблицю 1.1) режим його роботи передбачає експлуатацію з навантаженнями, які наближаються до максимального. Таким чином потужність приводного двигуна будемо розраховувати саме виходячи з умови номінального завантаження підйомника.

Середнє значення статичної потужності при підйомі та спуску номінального вантажу:

$$P_{C_{\text{нав}_{\text{сеп}}}} = \frac{P_{C_{\text{нав}1}} + P_{C_{\text{нав}3}}}{2}, \quad (2.48)$$

$$P_{C_{\text{нав}_{\text{сеп}}}} = \frac{P_{C_{\text{нав}1}} + P_{C_{\text{нав}2}}}{2} = 4,0 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова потужність приводного двигуна:

$$P_{\text{роз}} = k_3 \cdot P_{C_{\text{нав}_{\text{сеп}}}}, \quad (2.49)$$

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

$$P_{\text{роз}} = (1,1 \dots 1,3) \cdot 4,0 = 4,4 \dots 5,2 \text{ (кВт)}.$$

2.4 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода

Базуючись на сформованих в першому розділі вимогах до електропривода підйомної лебідки вантажного підйомника визначено, що для його привода можуть бути використані такі системи електричного привода: РКС-АД з ФР; РКС-АД 2-шв.; ТП-ДПС; ПЧ-АД.

2.4.1 Технічне обґрунтування вибору системи електропривода

Двошвидкісні асинхронні двигуни (АД) порівняно з АД з короткозамкнутим (КЗ) ротором мають дещо більші масо-габаритні показники, більш дорогі, складніші за конструкцією. Окрім того, при застосуванні таких двигунів можливим є лише ступінчасте регулювання швидкості.

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 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.

2.4.2 Економічне обґрунтування вибору системи електропривода

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 [5]:

$$З = E_n \cdot K + C, \quad (2.50)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (приймається 0,17 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 [5]:

$$K = D + CK, \quad (2.51)$$

де D – вартість приводного двигуна ($D = 11550$ грн [8]);

CK – вартість системи керування ($CK = 31278$ грн [9]),

$$K = 11550 + 31278 = 42828 \text{ (грн)}.$$

Річні капітальні витрати [6]:

$$K_{\text{річні}} = E_n \cdot K, \quad (2.52)$$

$$K_{\text{річні}} = 0,17 \cdot 42828 = 7280,76 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування [5]:

$$C = C_A + C_P + C_D + C_O, \quad (2.53)$$

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 [5]:

$$C_A = 0,1 \cdot K, \quad (5.54)$$

$$C_A = 0,1 \cdot 42828 = 4282,8 \text{ (грн/рік)}.$$

Відрахування на ремонт електрообладнання приймають в розрахунку 2% від капітальних вкладень [5]:

$$C_P = 0,02 \cdot K, \quad (2.55)$$

$$C_P = 0,02 \cdot 42828 = 856,56 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії системі електричного привода у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік [5]:

$$C_D = C_{D1} + C_{D2}, \quad (2.56)$$

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 [5]:

$$C_{D1} = \Delta W_{\Sigma_{ДВ}} \cdot c, \quad (2.57)$$

де $\Delta W_{\Sigma_{ДВ}}$ – сумарні втрати енергії 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) ($c = 6,5$ грн/(кВт·год)).

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік [5]:

$$\Delta W_{\Sigma_{ДВ}} = (\Delta P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{перех.}}) \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (2.58)$$

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 [5]:

$$\Delta P_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}}, \quad (2.59)$$

де $P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність електричного двигуна ($P_{\text{ном}} = 5,5$ кВт);

$\eta_{\text{ном}}$ – номінальний ККД двигуна ($\eta_{\text{ном}} = 0,83$),

$$\Delta P_{\text{ном}} = 5,5 \cdot \frac{1 - 0,83}{0,83} = 1,1 \text{ (кВт)}.$$

Додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи приймають рівними 10% від номінальних [5]:

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot \Delta P_{\text{ном}}, \quad (2.60)$$

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot 1,1 = 0,11 \text{ (кВт)}.$$

Дійсний фонд часу роботи електричного привода за рік [5]:

$$\Phi = \varepsilon \cdot Z_{\text{р.д.}} \cdot Z_{\text{р.з.}} \cdot t_{\text{р.з.}}, \quad (2.61)$$

де ε – відносна тривалість ввімкнення (приймемо $\varepsilon = 0,25$);

$Z_{\text{р.д.}}$ – кількість робочих днів за рік ($Z_{\text{р.д.}} = 250$ 1/рік);

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

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

$$\Phi = 0,25 \cdot 250 \cdot 1 \cdot 8 = 500 \text{ (год/рік)}.$$

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи згідно формули (2.58):

$$\Delta W_{\Sigma \text{дв}} = (1,1 + 0,11) \cdot 0,8 \cdot 500 = 495,7 \text{ ((кВт·год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.57):

$$C_{\text{д1}} = 495,7 \cdot 6,5 = 3221,81 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік [5]:

$$C_{\text{д2}} = \Delta W_{\Sigma \text{ск}} \cdot c, \quad (5.62)$$

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

Втрати енергії в системі керування за рік [5]:

$$\Delta W_{\Sigma \text{ск}} = \Delta P_{\text{ск}} \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (3.63)$$

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

Втрати потужності в системі керування [5]:

$$\Delta P_{\text{ск}} = P_{\text{сп}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{пп}}}{\eta_{\text{пп}}}, \quad (2.64)$$

де $P_{\text{пп}}$ – номінальна потужність перетворюючого пристрою ($P_{\text{пп}} = 7,5$ кВт);

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

$$\Delta P_{\text{ск}} = 7,5 \cdot \frac{1 - 0,98}{0,98} = 0,15 \text{ (кВт)}.$$

Втрати потужності в системі керування згідно формули (2.63):

$$\Delta W_{\Sigma \text{ск}} = 0,15 \cdot 0,8 \cdot 500 = 61,2 \text{ ((кВт} \cdot \text{год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.62):

$$C_{\text{д2}} = 61,2 \cdot 6,5 = 397,96 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.56):

$$C_{\text{д}} = 3221,81 + 397,96 = 3619,77 \text{ (грн/рік)}.$$

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

$$C_{\text{О}} = 0,05 \cdot (C_{\text{А}} + C_{\text{Р}} + C_{\text{Д}}), \quad (2.65)$$

$$C_{\text{О}} = 0,05 \cdot (4282,8 + 856,56 + 3619,77) = 437,96 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування згідно формули (3.4):

$$C = 4282,8 + 856,56 + 3619,77 + 437,96 = 9197,08 \text{ (грн/рік)}.$$

Приведені витрати згідно формули (2.50):

$$З = 0,17 \cdot 42828 + 9197,08 = 16477,84 \text{ (грн/рік)}.$$

Для інших систем електричного привода проведемо аналогічні розрахунки, результати розрахунків зведемо в порівняльну таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця ТЕО

Показники	Системи електричного привода			
	РКС-АД з ФР	РКС-АД 2-шв.	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	24255	26565	28875	11550
Вартість системи керування СК, грн	12511,2	28150,2	28150,2	31278
Капітальні вкладення К, грн	36766,2	54715,2	57025,2	42828
Річні капітальні витрати $K_{річн}$, грн/рік	6250,25	9301,58	9694,28	7280,76
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	3676,62	5471,52	5702,52	4282,80
Відрахування на ремонт C_R , грн/рік	735,32	1094,30	1140,50	856,56
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	9721,81	4917,46	4248,12	3619,77
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	706,69	574,16	554,56	437,96
Загальні відрахування C , грн/рік	14840,44	12057,45	11645,70	9197,08
Приведені витрати З, грн/рік	21090,69	21359,03	21339,99	16477,84

Як випливає із результатів розрахунків найбільш економічно вигідним є використання системи ПЧ-АД, оскільки приведені витрати для неї є найменшими.

2.5 Вибір та перевірка приводного двигуна

2.5.1 Вибір електродвигуна за потужністю і швидкістю обертання

Базуючись на результатах проведеного теоретичного аналізу, техніко-економічного обґрунтування та розрахунків для привода даного механізму виберемо двигун відповідно до умов [5]:

$$\begin{cases} P_{\text{дв.н}} \geq P_{\text{роз}}, \\ \omega_{\text{дв.н}} \geq \omega_{\text{роз}}. \end{cases} \quad (2.66)$$

Таким чином для привода підйомної лебідки вантажного підйомника складського приміщення виберемо АД з КЗ ротором типу АИР132S6 загальнопромислового виконання (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд двигуна АИР132S6 5,5 кВт

Маркування двигуна АИР132S6 [8]:

АИР – серія;

132 – висота вісі обертання (габарит) – 132 мм;

S – установочний розмір по довжині станини;

6 – число полюсів ($p = 6 = 1000 \text{ об/хв}$).

Монтажне виконання приводного двигуна: ІМ1081 (на лапах)
(рисунок 4.2):

1 – на лапах з підшипниковими щитами

- 0 – просторове положення горизонтальне;
- 8 – машина може працювати при будь-якому напрямі кінця вала;
- 1 – з одним циліндричним кінцем вала.

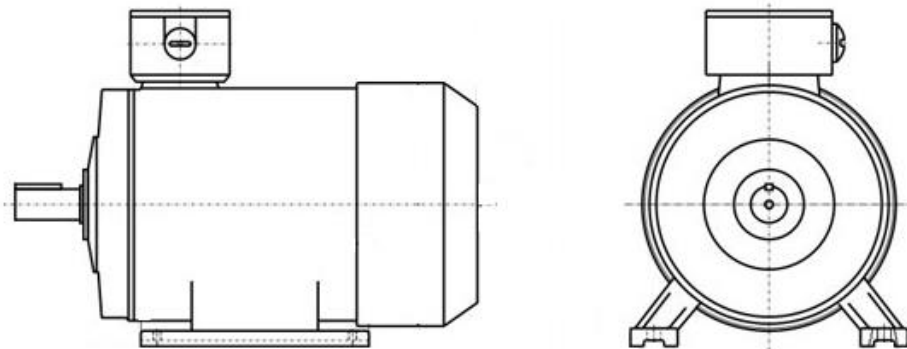


Рисунок 2.5 – Монтажне виконання приводного двигуна IM1081

Технічні характеристики приводного двигуна АИР132S6 наведені в таблиці 2.2 [8].

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики приводного двигуна АИР132S6

Параметри	Значення
Номінальна потужність $P_{\text{дв.н}}$, кВт	5,5
Номінальна напруга $U_{\text{дв.н}}$, В	380
Номінальна швидкість обертання $n_{\text{дв.н}}$, об/хв	960
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{ном}}$	0,82
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{дв.н}}$, %	0,83
Кратність пускового моменту $\lambda_{\text{пуск}}$	2,2
Кратність критичного моменту $\lambda_{\text{к}}$	2,5
Кратність мінімального моменту λ_{min}	1,6
Номінальний струм статора $I_{\text{дв.н}}$, А	12,2
Кратність пускового струму $\lambda_{\text{I.пуск}}$	5,5
Момент інерції ротора $J_{\text{рот}}$, кг·м ²	0,05

Продовження таблиці 2.2

Параметри	Значення
Ступінь захисту	IP54
Клас ізоляції	F
Діаметр вала, мм	38
Маса, кг	69
Рівень звуку, Дб	56
Висота вала, мм	132
Діапазон температур тривалої роботи	-39,1...42,2

Синхронна кутова швидкість обертання приводного двигуна:

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}, \quad (2.67)$$

де f_1 – частота напруги живлення ($f_1 = 50$ Гц);

p – число пар полюсів електричної машини ($p = 3$),

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot 50}{3} = 104,72 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Номінальна кутова швидкість обертання:

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot n_{\text{дв.н}}}{60}, \quad (2.68)$$

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot 960}{60} = 100,53 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Номінальний момент приводного двигуна:

$$M_{\text{дв.н}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{дв.н}}}{n_{\text{дв.н}}}, \quad (2.69)$$

$$M_{\text{дв.н}} = 9550 \cdot \frac{5,5}{960} = 54,71 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Критичний момент приводного двигуна:

$$M_{\text{дв.к}} = \lambda_{\text{к}} \cdot M_{\text{дв.н}}, \quad (2.70)$$

$$M_{\text{дв.к}} = 2,5 \cdot 54,71 = 136,78 \text{ (Н·м)}.$$

Пусковий момент приводного двигуна:

$$M_{\text{дв.пуск}} = \lambda_{\text{пуск}} \cdot M_{\text{дв.н}}, \quad (2.71)$$

$$M_{\text{дв.пуск}} = 2,2 \cdot 54,71 = 120,37 \text{ (Н·м)}.$$

Мінімальний момент приводного двигуна:

$$M_{\text{дв.мін}} = \lambda_{\text{мін}} \cdot M_{\text{дв.н}}, \quad (2.72)$$

$$M_{\text{дв.мін}} = 1,6 \cdot 54,71 = 87,54 \text{ (Н·м)}.$$

Пусковий струм приводного двигуна:

$$I_{\text{дв.пуск}} = \lambda_{\text{I.пуск}} \cdot I_{\text{дв.н}}, \quad (2.73)$$

$$I_{\text{дв.пуск}} = 5,5 \cdot 12,2 = 67,1 \text{ (А)}.$$

Номінальне ковзання:

$$s_{\text{н}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{дв.н}}}{\omega_0}, \quad (2.74)$$

$$s_{\text{н}} = \frac{104,72 - 100,53}{104,72} = 0,04.$$

Критичне ковзання:

$$s_{\text{к}} = s_{\text{н}} \cdot (\lambda_{\text{к}} + \sqrt{\lambda_{\text{к}}^2 - 1}), \quad (2.75)$$

$$s_{\text{к}} = 0,04 \cdot (2,5 + \sqrt{2,5^2 - 1}) = 0,19.$$

Номінальна фазна напруга приводного двигуна при з'єднанні обмоток статора в зірку:

$$U_{\text{ф.ном}} = \frac{U_{\text{дв.н}}}{\sqrt{3}}, \quad (2.76)$$

$$U_{\text{ф.ном}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,4 \text{ (В)}.$$

2.5.2 Розрахунок механічних характеристик приводного двигуна

Для побудови природної механічної характеристики АД з КЗ ротором можна скористатись формулами Клоса та Чекунова [5].

Механічна характеристика згідно формули Клоса [5]:

$$M(s) = \frac{2 \cdot M_{\text{дв.к}} \cdot (1 + a \cdot s_{\text{к}})}{\frac{s}{s_{\text{к}}} + 2 \cdot a \cdot s_{\text{к}} + \frac{s_{\text{к}}}{s}}, \quad (2.77)$$

де a – розрахунковий коефіцієнт,

$$a = \frac{R_1}{R_2'}, \quad (2.78)$$

де R_1 – активний опір обмотки статора, Ом;

R_2' – приведений активний опір обмотки ротора, Ом.

Механічна характеристика згідно формули Чекунова [5]:

$$M(s) = M_{\text{к}} \cdot \frac{2 + (s^2 - s_{\text{к}}^2) \cdot K_s}{\frac{s}{s_{\text{к}}} + \frac{s_{\text{к}}}{s}}, \quad (2.79)$$

де K_s – розрахунковий коефіцієнт,

$$K_s = \frac{\frac{\lambda_{\text{пуск}}}{\lambda_{\text{к}}} \cdot \left(\frac{1}{s_{\text{к}}} + s_{\text{к}} \right) - 2}{1 - s_{\text{к}}^2}. \quad (2.80)$$

Оскільки опори обмоток статора та ротора приводного двигуна не дано в його паспортних даних, то розрахуємо їх значення наближено.

Механічні втрати приймають рівними 5% від номінальної потужності [5]:

$$P_{\text{дв.мех}} = 0,05 \cdot P_{\text{дв.н}}, \quad (2.81)$$

$$P_{\text{дв.мех}} = 0,05 \cdot 5500 = 275 \text{ (Вт)}.$$

Розрахунковий активний опір ротора приведений до статора [5]:

$$R'_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{P_{\text{дв.н}} + P_{\text{дв.мех}}}{I_{\text{дв.н}}^2 \cdot \frac{1-s_H}{s_H}}, \quad (2.82)$$

$$R'_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{5500 + 275}{12,2^2 \cdot \frac{1-0,04}{0,04}} = 0,54 \text{ (Ом)}.$$

Розрахунковий активний опір статора [5]:

$$R_1 = \frac{U_{\phi.\text{ном}} \cdot \cos\varphi_{\text{ном}} \cdot (1 - \eta_{\text{дв.н}})}{I_{\text{дв.н}}} - C^2 \cdot R'_2 - \frac{P_{\text{дв.мех}}}{3 \cdot I_{\text{дв.н}}^2}, \quad (2.83)$$

де C – розрахунковий коефіцієнт ($C = 1,03$).

$$R_1 = \frac{219,4 \cdot 0,82 \cdot (1 - 0,83)}{12,2} - 1,026^2 \cdot 0,54 - \frac{275}{3 \cdot 12,2^2} = 1,32 \text{ (Ом)}.$$

Розрахунковий коефіцієнт a згідно формули (2.78):

$$a = \frac{1,32}{0,54} = 2,46.$$

Розрахунковий коефіцієнт K_s згідно формули (2.80):

$$K_s = \frac{\frac{2,2}{2,5} \cdot \left(\frac{1}{0,19} + 0,19 \right) - 2}{1 - 0,19^2} = 2,87.$$

Механічна характеристика згідно формули Клоса (2.77):

$$M(s) = \frac{2 \cdot 136,78 \cdot (1 + 2,46 \cdot 0,19)}{\frac{s}{0,19} + 2 \cdot 2,46 \cdot 0,19 + \frac{0,19}{s}}.$$

Механічна характеристика згідно формули Чекунова (2.79):

$$M(s) = 136,78 \cdot \frac{2 + (s^2 - 0,19^2) \cdot 2,87}{\frac{s}{0,19} + \frac{0,19}{s}}.$$

Рівняння, яке описує залежність швидкості обертання двигуна від ковзання має вигляд [6]:

$$\omega(s) = \omega_0 \cdot (1 - s). \quad (2.84)$$

Природні механічні характеристики АД з КЗ ротором побудовані окремо за формулами Клоса (1) та Чекунова (2) зображені на рисунку 2.6.

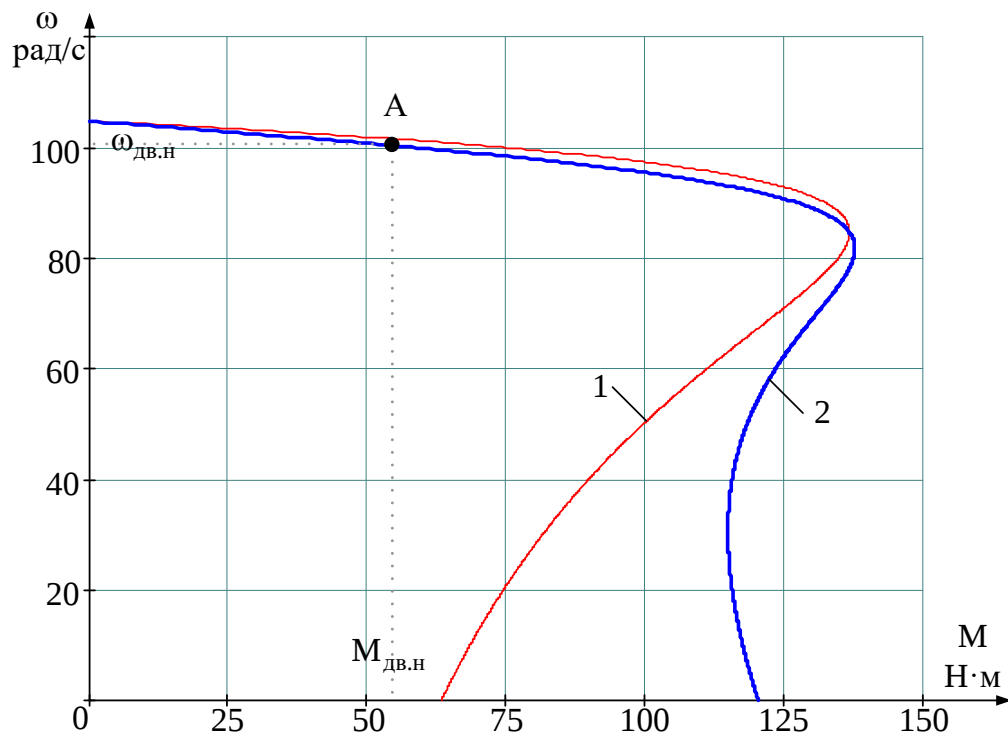


Рисунок 2.6 – Природні механічні характеристики АД з КЗ ротором типу АИР132S6 5,5 кВт

2.6 Розрахунок динамічних навантажень електропривода та перевірка вибраного приводного двигуна

Момент інерції вантажного підйомника приведений до вала двигуна при транспортуванні пустої кабіни:

$$J_0 = 1,2 \cdot J_{\text{рот}} + J_{\text{гш}} + J_{\text{ред}} + \frac{J_6}{i_{\text{ред}}^2} + \frac{4 \cdot J_{\text{вш}}}{\left(\frac{D_6}{D_{\text{вш}}}\right)^2 \cdot i_{\text{ред}}^2} + m_0 \cdot \frac{V_{\text{ном}}^2}{\omega_{\text{ном}}^2}, \quad (2.85)$$

де $J_{\text{гш}}$ – момент інерції гальмівного шківa ($J_{\text{гш}} = 0,042 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$);

$J_{\text{ред}}$ – момент редуктора ($J_{\text{ред}} = 0,065 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$);

J_6 – момент інерції приводного барабана ($J_6 = 0,9 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$);

$J_{\text{вш}}$ – момент інерції відвідного шківa ($J_{\text{вш}} = 0,019 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$);

D_6 – діаметр приводного барабана ($D_6 = 0,32 \text{ м}$);

$D_{\text{вш}}$ – діаметр відвідного шківa ($D_{\text{вш}} = 0,18 \text{ м}$),

$$J_0 = 1,2 \cdot 0,05 + 0,042 + 0,065 + \frac{0,9}{31,5^2} + \frac{4 \cdot 0,019}{\left(\frac{0,32}{0,18}\right)^2 \cdot 31,5^2} + 350 \cdot \frac{0,25^2}{98,44^2} = 0,17 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Момент інерції вантажного підйомника приведений до вала двигуна при транспортуванні номінального вантажу:

$$J_{\text{нав}} = 1,2 \cdot J_{\text{рот}} + J_{\text{гш}} + J_{\text{ред}} + \frac{J_6}{i_{\text{ред}}^2} + \frac{4 \cdot J_{\text{вш}}}{\left(\frac{D_6}{D_{\text{вш}}}\right)^2 \cdot i_{\text{ред}}^2} + (m_0 + m_{\text{нав}}) \cdot \frac{V_{\text{ном}}^2}{\omega_{\text{ном}}^2}, \quad (2.86)$$

$$J_{\text{нав}} = 1,2 \cdot 0,05 + 0,042 + 0,065 + \frac{0,9}{31,5^2} + \frac{4 \cdot 0,019}{\left(\frac{0,32}{0,18}\right)^2 \cdot 31,5^2} +$$

$$+ (350 + 1200) \cdot \frac{0,25^2}{98,44^2} = 0,178 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Динамічний момент:

– при пуску (гальмуванні) при транспортуванні пустої кабіни:

$$M_{\text{д0}} = J_0 \cdot \varepsilon_{\text{дв}}, \quad (2.87)$$

$$M_{\text{д0}} = 0,17 \cdot 59,1 = 10,06 \text{ (Н} \cdot \text{м)};$$

– при пуску (гальмуванні) при транспортуванні номінального вантажу:

$$M_{\text{днав}} = J_{\text{нав}} \cdot \varepsilon_{\text{дв}}, \quad (2.88)$$

$$M_{\text{днав}} = 0,178 \cdot 59,1 = 10,52 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Сумарні моменти електропривода на ділянках пуску і гальмування вантажного підйомника при транспортуванні номінального вантажу:

– пуск (підйом):

$$M_{\Sigma \text{П}_{\text{нав_п}}} = M_{\text{с}_{\text{нав}}} + M_{\text{д}_{\text{нав}}}, \quad (2.89)$$

$$M_{\Sigma \text{П}_{\text{нав_п}}} = 53,84 + 10,52 = 65,36 \text{ (Н} \cdot \text{м)};$$

– гальмування (підйом):

$$M_{\Sigma \text{Г}_{\text{нав_п}}} = M_{\text{с}_{\text{нав}}} - M_{\text{д}_{\text{нав}}}, \quad (2.90)$$

$$M_{\Sigma \text{Г}_{\text{нав_п}}} = 53,84 - 10,52 = 43,33 \text{ (Н} \cdot \text{м)};$$

– пуск (спуск):

$$M_{\Sigma \text{П}_{\text{нав_с}}} = M_{\text{с}_{\text{нав}}} - M_{\text{д}_{\text{нав}}}, \quad (2.91)$$

$$M_{\Sigma\Pi_{\text{нав_с}}} = 27,36 - 10,52 = 16,84 \text{ (Н}\cdot\text{м)};$$

– гальмування (спуск):

$$M_{\Sigma\Gamma_{\text{нав_с}}} = M_{\text{с}_{\text{нав}}} + M_{\text{д}_{\text{нав}}}, \quad (2.92)$$

$$M_{\Sigma\Gamma_{\text{нав_с}}} = 27,36 + 10,52 = 37,87 \text{ (Н}\cdot\text{м)};$$

За отриманими розрахунками побудуємо навантажувальну діаграму електропривода (рисунок 2.7).

Оскільки приводний двигун вибирався виходячи із номінального навантаження ліфта і динамічні навантаження є не надто великими, то перевірка приводного двигуна за нагрівом автоматично виконається:

$$\tau_{\text{уст}} \leq \tau_{\text{доп}}, \quad (2.93)$$

де $\tau_{\text{уст}}$ – усталений перегрів двигуна, значення якого визначається фактичним навантаженням;

$\tau_{\text{доп}}$ – допустимий перегрів двигуна, значення якого визначається класом ізоляційного матеріалу.

Умова перевірки двигуна на перевантажувальну здатність:

$$M_{\text{дв.к}} \geq M_{\Sigma\Pi_{\text{нав_п}}}, \quad (2.94)$$

$$136,76 \geq 64,36.$$

Умова перевірки на перевантажувальну здатність виконується.

Незважаючи на те, що для привода лебідки вантажного ліфта вибрано двигун загальнопромислового виконання, при його експлуатації в складі системи ЕП типу ПЧ-АД забезпечуються високі пускові моменти близькі до критичного. Це пояснюється тим, що сучасні перетворювачі частоти з векторним керуванням формують механічні характеристики з постійною перевантажувальною здатністю в усьому діапазоні регулювання швидкості.

Отже перевірка вибору приводного двигуна за умовами пуску в даному випадку також автоматично виконується.

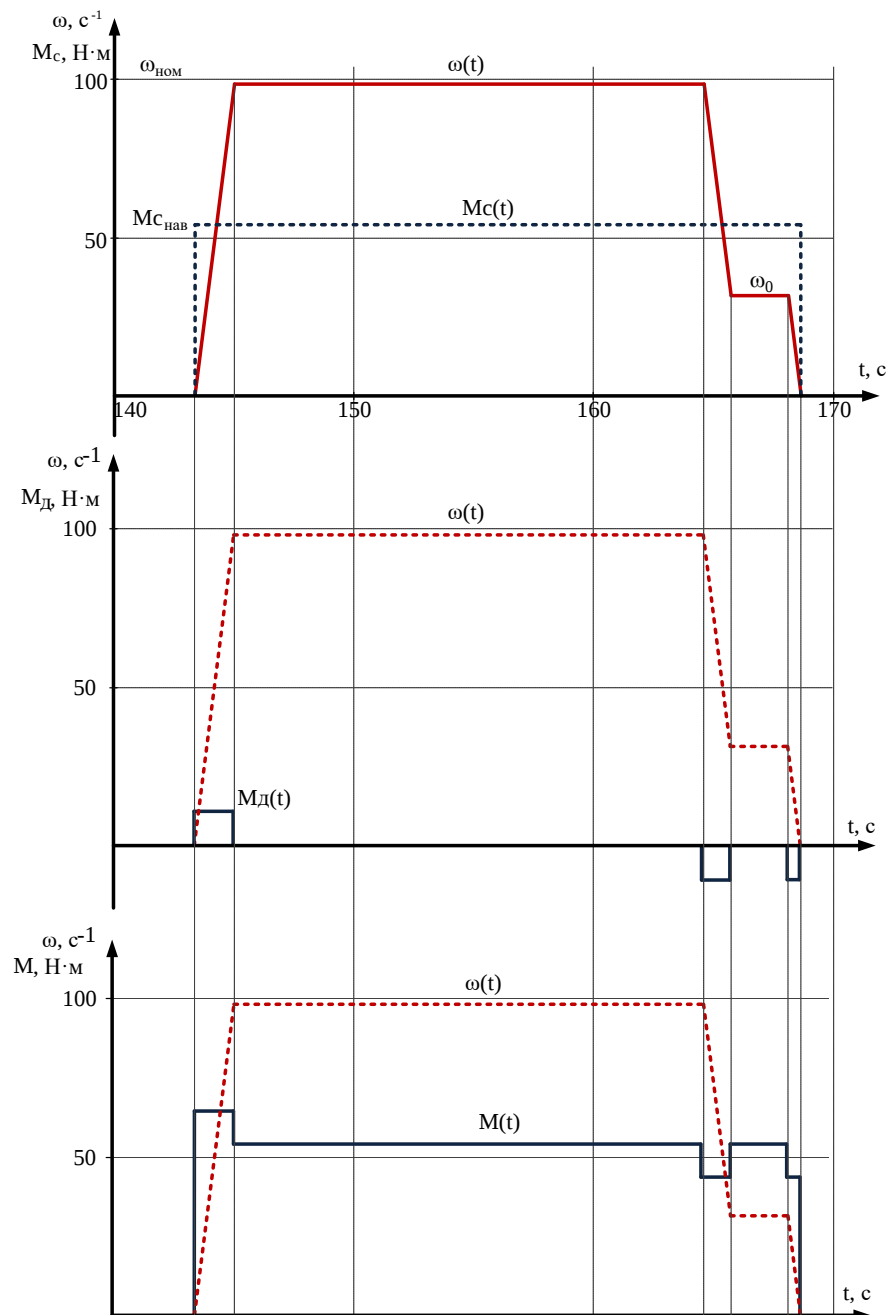


Рисунок 2.7 – Навантажувальна діаграма електропривода лебідки вантажного підйомника

2.7 Вибір силового перетворювача

Згідно ТЕО для привода вантажного підйомника оптимальним є використання системи електропривода типу ПЧ-АД.

Найбільшого поширення отримали ПЧ з проміжною ланкою постійного струму і автономним інвертором напруги (АІН) з ШІМ. При широтно-імпульсному регулюванні інвертор не тільки змінює частоту вихідної напруги, а й регулює її середнє значення, що дозволяє відмовитися від регульованого випрямляча і використовувати більш простий нерегульований випрямляч (рисунок 2.8).

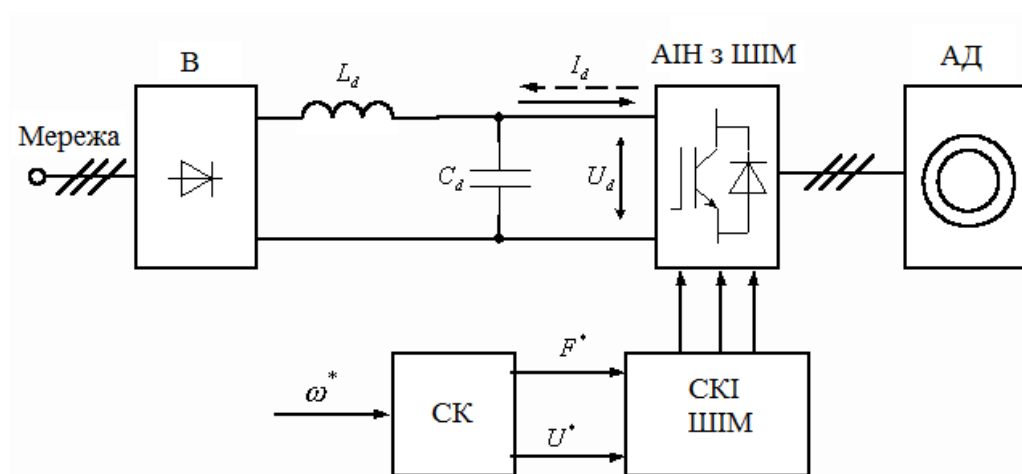


Рисунок 2.8 – Структурна схема ПЧ з АІН з ШІМ

Умови вибору перетворювача частоти [5]:

$$\begin{cases} P_{\text{ПЧ}} \geq P_{\text{дв.сп}}, \\ I_{\text{ПЧ}} \geq I_{\text{дв.ном}}, \end{cases} \quad (2.95)$$

де $P_{\text{дв.сп}}$ – споживана електродвигуном потужність в номінальному усталеному режимі, кВт;

$I_{\text{дв.ном}}$ – номінальний струм приводного двигуна, А.

Споживана електродвигуном потужність в номінальному усталеному режимі [5]:

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{k \cdot P_{\text{дв.н}}}{\eta_{\text{дв.н}}}, \quad (2.96)$$

де k – коефіцієнт спотворення струму на виході перетворювача частоти ($k = 0,95 \dots 1,05$);

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{1 \cdot 5,5}{0,83} = 6,96 \text{ (кВт)}.$$

Здійснимо додаткову перевірку перетворювача частоти за такими умовами:

1) необхідна робоча потужність перетворювача частоти [5]:

$$P_{\text{ПЧ}} \geq \frac{P_{\text{дв.пуск}}}{\lambda_{\text{ПЧ}}}, \quad (2.97)$$

де $P_{\text{дв.пуск}}$ – пускова потужність приводного двигуна, кВт;

$\lambda_{\text{ПЧ}}$ – перевантажувальна здатність перетворювача ($\lambda_{\text{ПЧ}} = 1,2 \dots 1,7$);

2) струм який споживає електродвигун при лінійному розгоні не повинен перевищувати пусковий струм перетворювача частоти [5]:

$$I_{\text{ПЧ пуск}} \geq \frac{k \cdot \omega_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}} \cdot M_{\Sigma \text{П}_{\text{нав_п}}}, \quad (2.98)$$

$$I_{\text{ПЧ пуск}} \geq \frac{1 \cdot 98,44}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,83 \cdot 0,82} \cdot 64,36 = 14,85 \text{ (А)}.$$

Пускова потужність приводного двигуна:

$$P_{\text{дв.пуск}} = \frac{k \cdot \omega_{\text{ном}}}{\eta_{\text{дв.н}}} \cdot M_{\Sigma \text{П}_{\text{нав_п}}}, \quad (2.99)$$

$$P_{\text{дв.пуск}} = \frac{1 \cdot 98,44}{0,83} \cdot 64,36 = 8,01 \text{ (кВт)}.$$

Відповідно до виразу (2.97):

$$P_{ПЧ} \geq \frac{8,01}{1,5} = 5,34 \text{ (кВт)}.$$

Відповідно до розрахункових даних вибираємо з перетворювач частоти фірми Siemens серії SINAMICS V20 (рисунок 2.9).



Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти Siemens серії SINAMICS V20

Технічні характеристики перетворювача частоти наведені в таблиці 2.3, а його структура зображена на рисунку 2.10.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики перетворювача частоти [10]

Параметри	Значення
Серія	SINAMICS V20
SKU (номер для замовлення)	6SL3210-5BE27-5UV0
Потужність перетворювача	7,5 кВт
Напруга, В	3-ф/380В ±10%
Частота мережі	47...63 Гц
Діапазон керування по частоті	0...599 Гц
Номінальний вхідний струм	20,7 А

Продовження таблиці 2.3

Параметри	Значення
Номінальний вихідний струм	16,5 А
Вихідний струм протягом 1 хвилини	24,8 А
Перевантажувальна здатність відносно розрахункового вихідного струму	150% протягом 60 с (через кожні 300 с)
Вбудований регулятор	ПІД
Скалярний режим керування	+
Векторне керування без енкодера	+
Векторне керування з енкодером	+
Закони керування	лінійний, квадратичний
Цифрові входи	4, параметровані
Аналогові виходи AI1: біполярний режим по I і U AI2: уніполярний режим по I і U	2 AI1: -10...+10 В AI2: 0...10 В 0(4)...20 мА
Аналогові виходи	1, 0(4)...20 мА
Цифрові виходи тах напруга на клеммах тах струм навантаження	1 ±35 В 100 мА
Релейні виходи	1 240 В AC/ 30 В DC +10% 0,5 А при 240 В AC (омічне) 0,5 А при 30 В DC (омічне)
Інтерфейс	RS-485
Типорозмір	D з вбудованим вентилятором

Особливості Siemens Sinamics V20 [10]:

- просте введення в експлуатацію;
- енергозберігаючі ECO-режими;
- завантаження і копіювання значень параметрів перетворювача частоти можливі без електричного живлення;
- панель керування вбудована в перетворювач частоти;

- покращена схема охолодження інвертора і подвійне покриття лаком друкованих плат;
- режим підтримки в робочому стані.

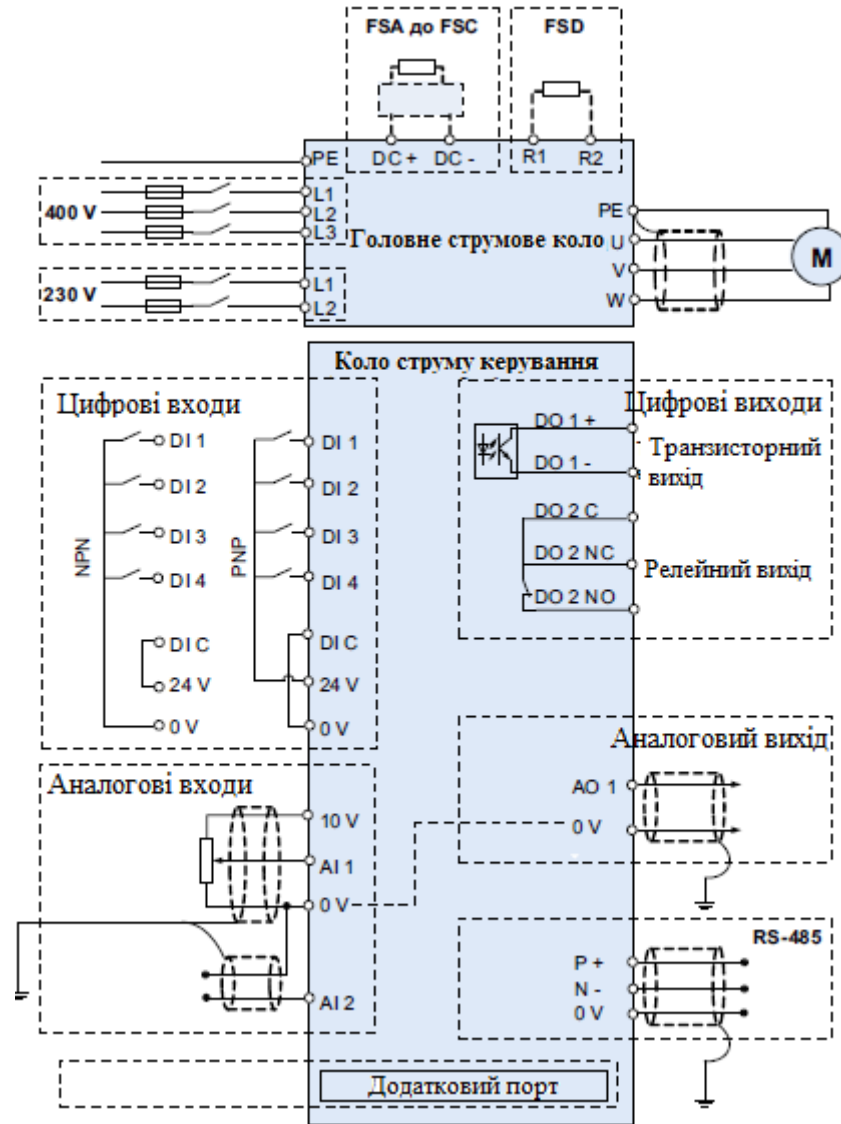


Рисунок 2.10 – Структура перетворювача частоти Sinamics V20

Висновок: Електропривод підйомної лебідки вантажного підйомника складського приміщення може працювати як в інтенсивному повторно-короткочасному, так і короткочасному режимах роботи переважно з навантаженнями близькими до максимального.

Як випливає із результатів техніко-економічного обґрунтування найбільш економічно вигідним для підйомної лебідки вантажного підйомника є використання системи ПЧ-АД, оскільки приведені витрати для неї є найменшими.

Згідно розрахункових даних для привода підйомної лебідки вантажного підйомника вибрано АД з КЗ ротором типу АИР132S6 потужністю 5,5 кВт та перевірено правильність його вибору.

Для живлення приводного двигуна вибрано перетворювач частоти Siemens серії SINAMICS V20 потужністю 7,5 кВт.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПІДЙОМНОЇ ЛЕБІДКИ ВАНТАЖНОГО ПІДЙОМНИКА

3.1 Функціональна схем САЕП підйомної лебідки

За основу візьмемо функціональну схему частотнорегульованого електропривода з зворотними зв'язками за швидкістю та струмом (рисунок 3.1).

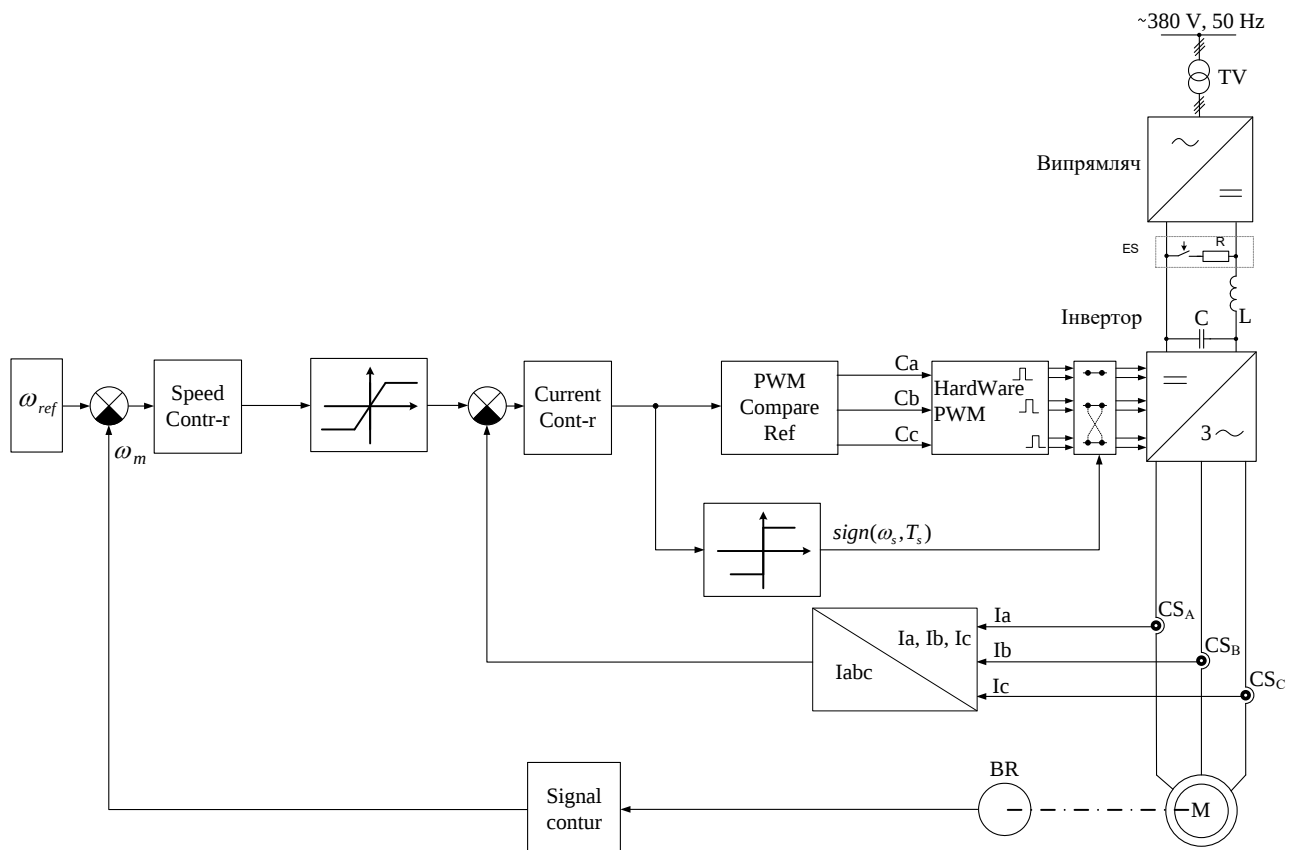


Рисунок 3.1 – Схема функціональна електропривода за системою ПЧ-АД

3.2 Структурна схеми САЕП підйомної лебідки

Відповідна структурна схема САЕП двоконтурної системи електричного привода типу ПЧ-АД з внутрішнім зворотним зв'язком за моментом та швидкістю представлена на рисунку 3.2.

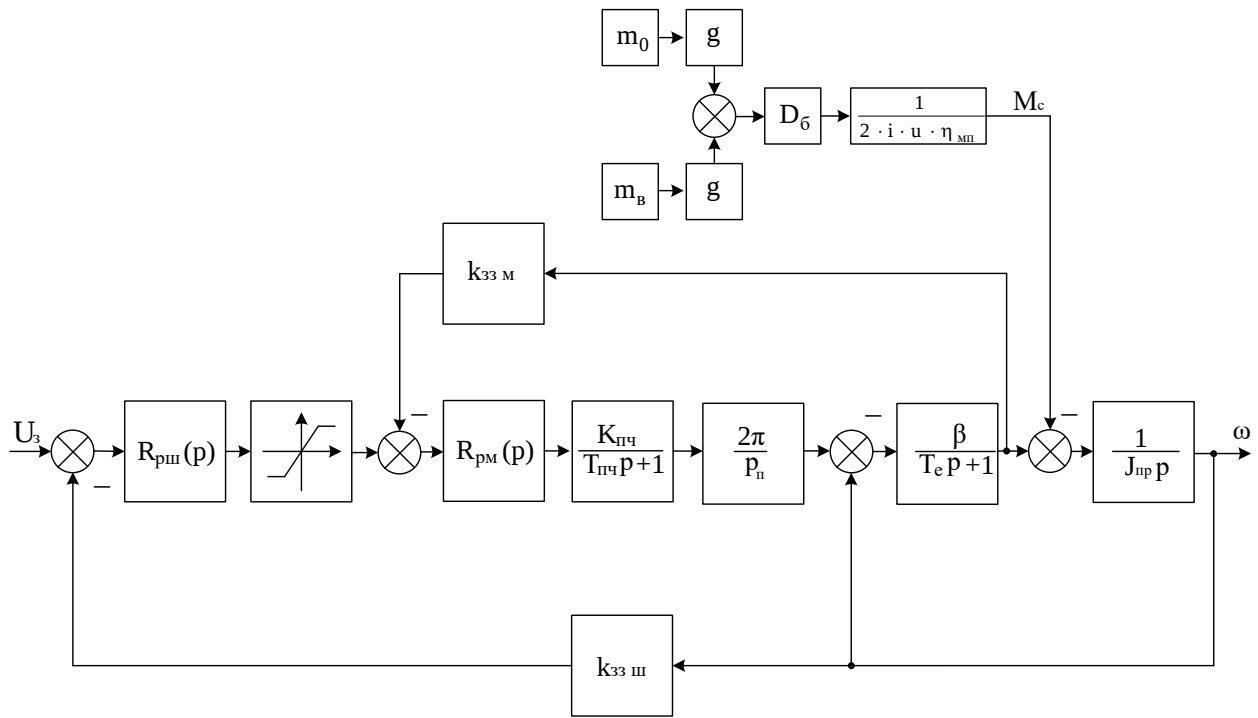


Рисунок 3.2 – Структурна схема САЕС типу ПЧ-АД

Модуль жорсткості лінеаризованої статичної механічної характеристики АД:

$$\beta = \frac{2 \cdot M_{\text{дв.к}}}{\omega_0 \cdot s_{\text{к}}}, \quad (3.1)$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 136,78}{104,72 \cdot 0,19} = 13,63.$$

Електромагнітна стала часу АД:

$$T_e = \frac{1}{\omega_0 \cdot s_{\text{к}}}, \quad (3.2)$$

$$T_e = \frac{1}{104,72 \cdot 0,19} = 0,0498 \text{ (с)}.$$

Передаточна функція лінеаризованої моделі АД:

$$W_{\text{АД}}(p) = \frac{\beta}{T_e \cdot p + 1}, \quad (3.3)$$

$$W_{AD}(p) = \frac{13,63}{0,0498 \cdot p + 1}.$$

Передаточна функція механічної частини АД:

$$W_{\text{мех}}(p) = \frac{1}{J \cdot p}, \quad (3.4)$$

$$W_{\text{мех}}(p) = \frac{1}{0,178 \cdot p}.$$

Коефіцієнт підсилення перетворювача частоти:

$$K_{\text{пч}} = \frac{f_{\text{max}}}{U_{\text{max}}}, \quad (3.5)$$

де f_{max} – максимальна частота ($f_{\text{max}} = 50$ Гц);

U_{max} – максимальна напруга за датчика інтенсивності ($U_{\text{max}} = 10$ В),

$$K_{\text{пч}} = \frac{50}{10} = 5.$$

Передаточна функція перетворювача частоти:

$$W_{\text{пч}}(p) = \frac{K_{\text{пч}}}{T_{\text{пч}} \cdot p + 1}, \quad (3.6)$$

де $T_{\text{пч}}$ – стала часу перетворювача частоти ($T_{\text{пч}} = 0,003$ с),

$$W_{\text{пч}}(p) = \frac{5}{0,003 \cdot p + 1}.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_{\text{зз ш}} = \frac{U_{\text{max}}}{\omega_{\text{дв.н}}}, \quad (3.7)$$

$$k_{\text{зз ш}} = \frac{10}{100,53} = 0,1.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за моментом:

$$k_{\text{зз м}} = \frac{U_{\text{max}}}{M_{\text{дв.к}}}, \quad (3.8)$$

$$k_{\text{зз м}} = \frac{10}{136,78} = 0,0731.$$

Зведемо внутрішній контур моменту до одиничного зворотного зв'язку (рисунок 3.3).

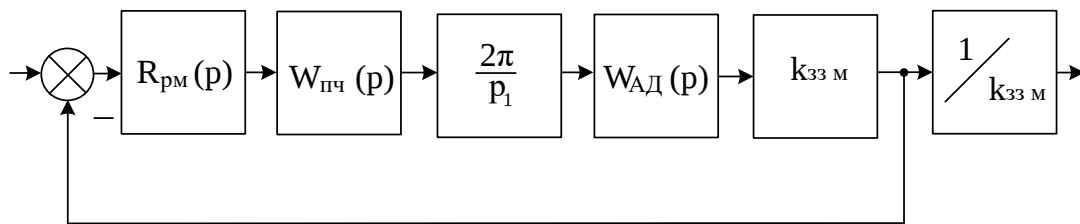


Рисунок 3.3 – Структурна схема внутрішнього контуру моменту зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Передаточна функція об'єкта регулювання внутрішнього контуру моменту:

$$W_{\text{м}}(p) = W_{\text{пч}}(p) \cdot \frac{2\pi}{p_1} \cdot W_{\text{ад}}(p) \cdot k_{\text{зз м}}, \quad (3.9)$$

$$W_{\text{м}}(p) = \frac{10,43}{(0,003 \cdot p + 1) \cdot (0,0498 \cdot p + 1)}.$$

Загальна передаточна функція контуру моменту:

$$G_{\text{м}}(p) = R_{\text{рм}}(p) \cdot W_{\text{м}}(p), \quad (3.10)$$

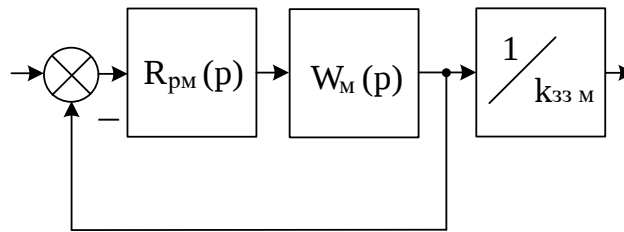


Рисунок 3.4 – Структурна схема внутрішнього контура моменту зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Згідно модульного критерію оптимізації:

$$G_M(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{0M} \cdot p \cdot (T_{0M} \cdot p + 1)}, \quad (3.11)$$

де T_{0M} – мала некомпенсована стала часу контуру моменту (приймаємо рівною сталій часу перетворювача частоти $T_{0M} = T_{пч} = 0,003$ с, оскільки вона є найменшою),

$$G_M(p) = \frac{1}{0,006 \cdot p \cdot (0,003 \cdot p + 1)}.$$

Передаточна функцію регулятора моменту:

$$R_{pm}(p) = \frac{G_M(p)}{W_M(p)}, \quad (3.12)$$

$$R_{pm}(p) = \frac{15,97}{p} + 0,7954.$$

Передаточна функція контуру регулювання моменту зведеного до одиничного зворотного зв'язку:

$$W_{mm}(p) = \frac{G_M(p)}{1 + G_M(p)}, \quad (3.13)$$

$$W_{mm}(p) = \frac{55556}{p^2 + 333,3 \cdot p + 55556}.$$

Зведемо зовнішній контур швидкості до одиничного зворотного зв'язку (рисунок 3.5).

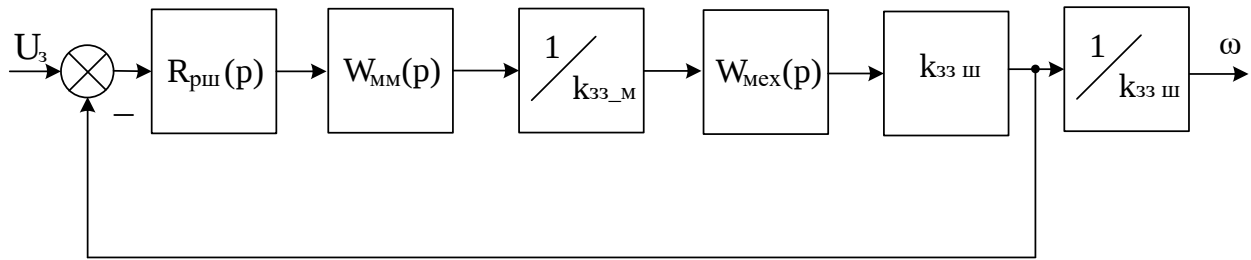


Рисунок 3.5 – Структурна схема зовнішнього контуру швидкості зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Передаточна функція об'єкта регулювання зовнішнього контура швидкості:

$$W_{ш}(p) = W_{мм}(p) \cdot \frac{1}{k_{зз\ м}} \cdot W_{мех}(p) \cdot k_{зз\ ш}, \quad (3.14)$$

$$W_{ш}(p) = \frac{1275}{p^2 \cdot \left[\frac{166,7}{p \cdot (0,003 \cdot p + 1)} + 1 \right] \cdot (0,003 \cdot p + 1)}.$$

Загальна передаточна функція контуру швидкості:

$$G_{ш}(p) = R_{рш}(p) \cdot W_{ш}(p), \quad (3.15)$$

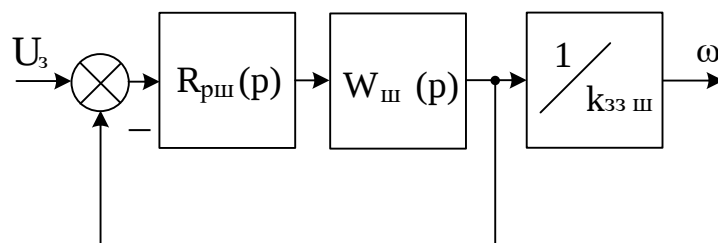


Рисунок 3.6 – Структурна схема зовнішнього контуру швидкості зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Згідно модульного критерію оптимізації:

$$G_{\text{ш}}(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{0\text{ш}} \cdot p \cdot (T_{0\text{ш}} \cdot p + 1)}, \quad (3.16)$$

де $T_{0\text{м}}$ – мала некомпенсована стала часу контура швидкості (приймаємо рівною сталій часу перетворювача частоти $T_{0\text{ш}} = T_{\text{пч}} = 0,003$ с, оскільки вона є найменшою),

$$G_{\text{ш}}(p) = \frac{1}{0,006 \cdot p \cdot (0,003 \cdot p + 1)}.$$

Передаточна функцію регулятора швидкості:

$$R_{\text{рш}}(p) = \frac{G_{\text{ш}}(p)}{W_{\text{ш}}(p)}, \quad (3.17)$$

$$R_{\text{рш}}(p) = 0,1307 \cdot p + \frac{7262}{p + 333,3}.$$

3.3 Моделювання в Matlab

3.3.1 Моделювання роботи приводного двигуна

Здійснимо моделювання роботи приводного двигуна та отримаємо графіки перехідних процесів зміни моменту, швидкості та струмів двигуна при його прямому пуску.

Моделювання здійснимо в Matlab Simulink. Відповідна модель АД зображена на рисунку 3.7.

Для налаштування моделі необхідно додатково розрахувати такі параметри АД:

– приведена індуктивність розсіювання статора і ротора:

$$L'_c = L'_p = \frac{U_{\phi, \text{ном}}}{4 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot (1 + C^2) \cdot \lambda_{\text{I, пуск}} \cdot I_{\text{дв.н}}}, \quad (3.18)$$

$$L'_c = L'_p = \frac{219,4}{4 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (1 + 1,026^2) \cdot 5,5 \cdot 12,2} = 0,00254 \text{ (Гн)};$$

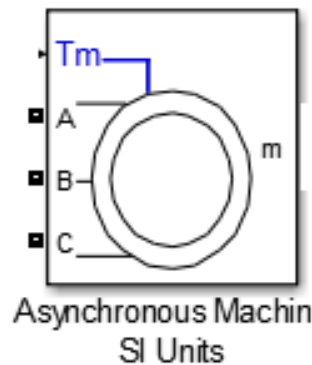


Рисунок 3.7 – Модель АД в Matlab Simulink

– індуктивність статора:

$$L_c = \frac{U_{\phi.\text{ном}}}{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot I_{\text{дв.н}} \sqrt{1 - \cos^2 \phi} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot M_k \cdot s_n}{p_1 \cdot U_{\phi.\text{ном}} \cdot s_k}}, \quad (3.19)$$

$$L_c = \frac{219,4}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 12,2 \cdot \sqrt{1 - 0,82^2} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 136,78 \cdot 0,04}{3 \cdot 219,4 \cdot 0,19}} = 0,100425 \text{ (Гн)};$$

– індуктивність кола намагнічування:

$$L_m = L_c - L'_c, \quad (3.20)$$

$$L_m = 0,100425 - 0,00254 = 0,09789 \text{ (Гн)}.$$

Схема в Matlab Simulink для моделювання АД зображена на рисунку 3.8.

Вікно налаштування параметрів моделі АД зображені на рисунку 3.9.

В результаті моделювання отримаємо такі графічні залежності:

1) перехідні процеси зміни струмів в фазах статора та ротора АД (рисунок 3.10);

2) динамічну механічну характеристику АД (рисунок 3.11);

3) перехідні процеси зміни моменту та швидкості АД при його прямому пуску (рисунок 3.12).

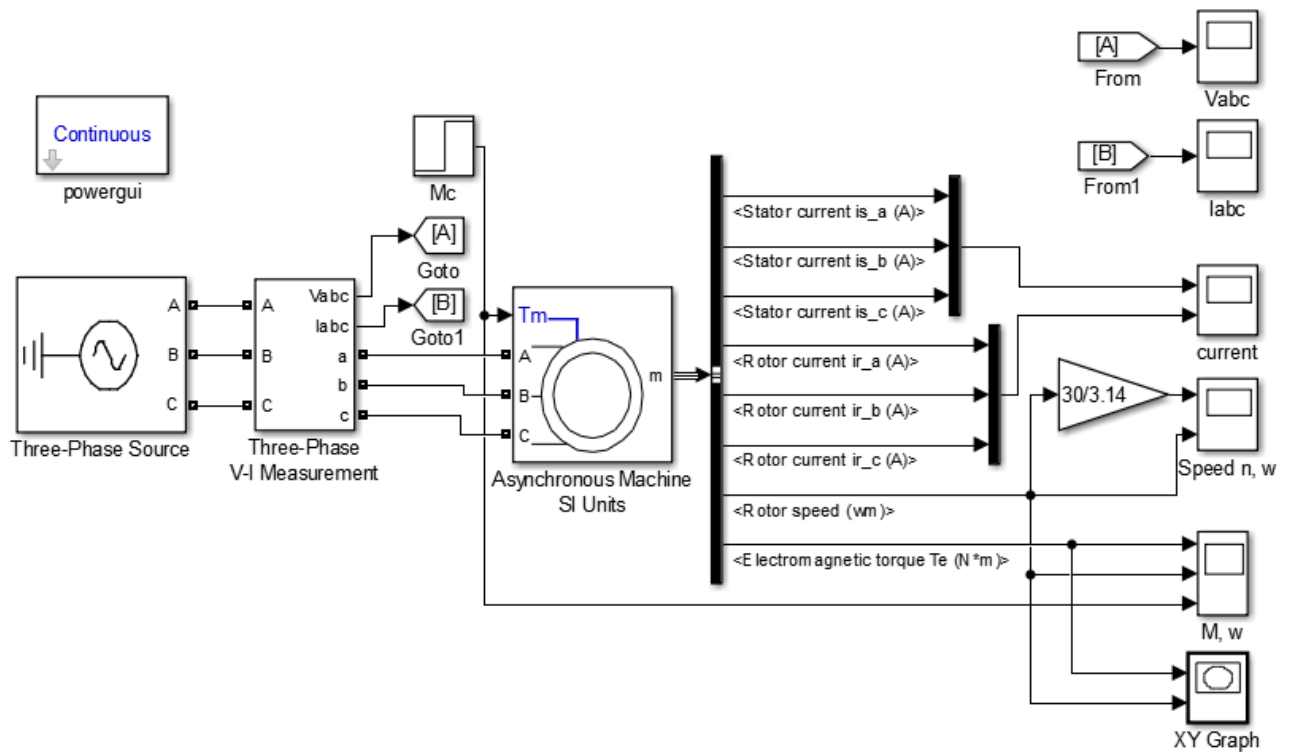


Рисунок 3.8 – Схема в Simulink для моделювання АД

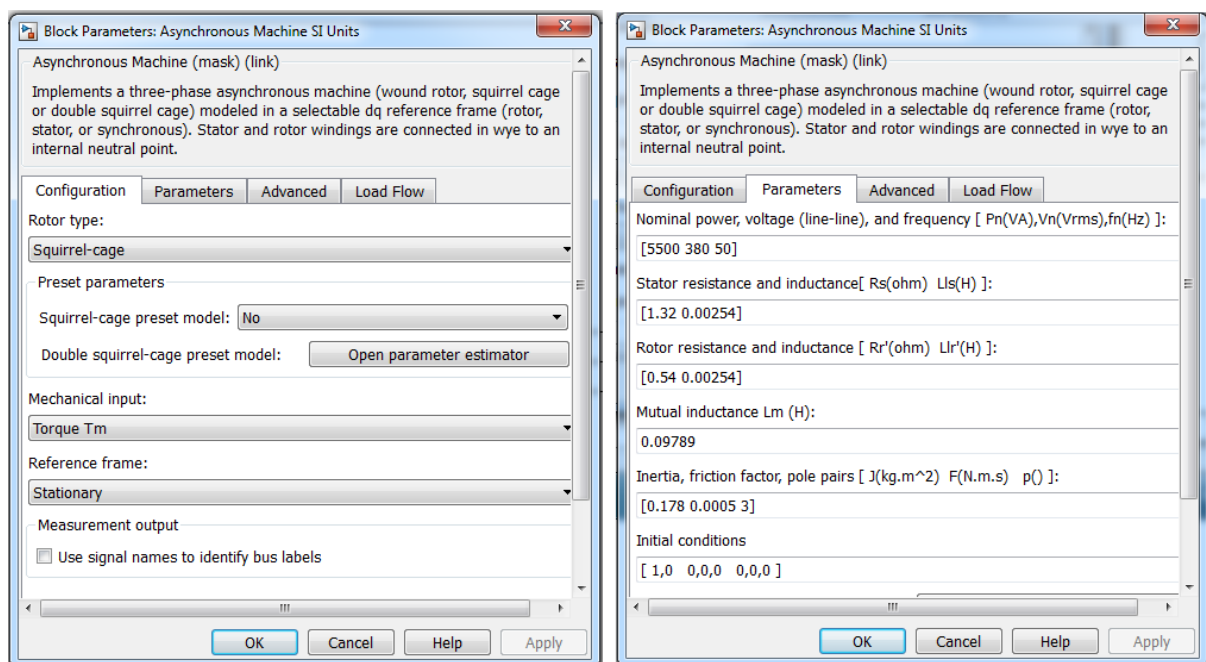


Рисунок 3.9 – Налаштування параметрів моделі АД

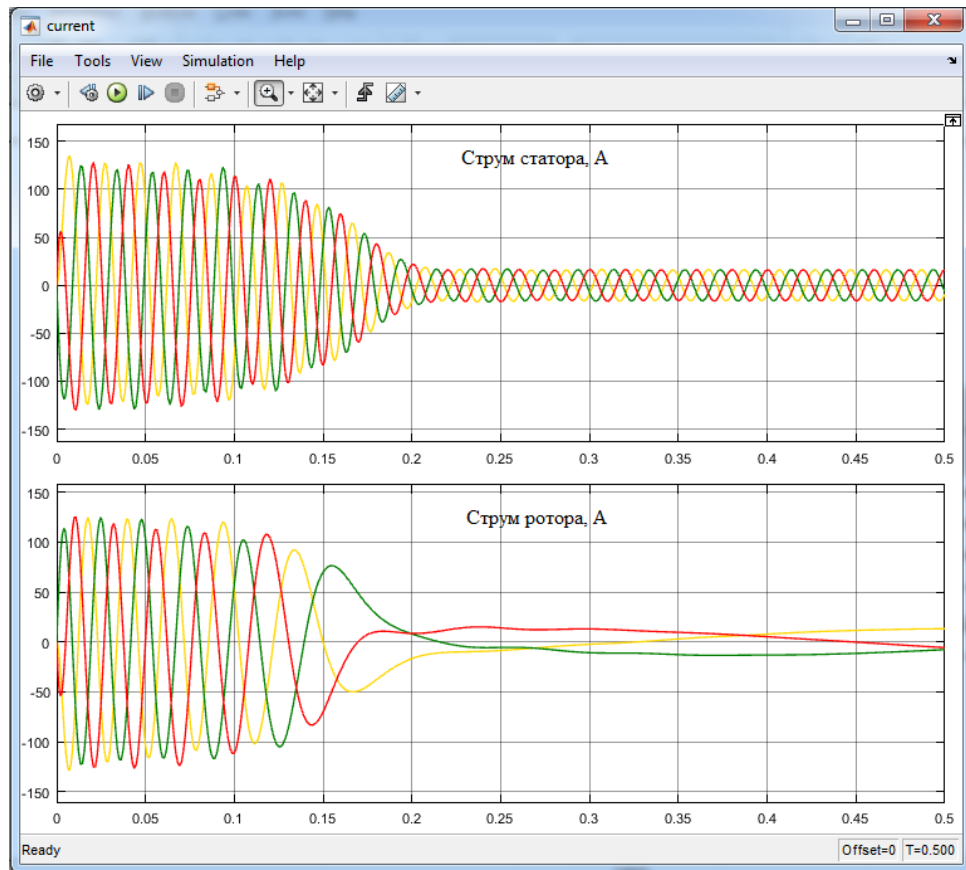


Рисунок 3.10 – Перехідні процеси зміни струмів в фазах статора та ротора АД

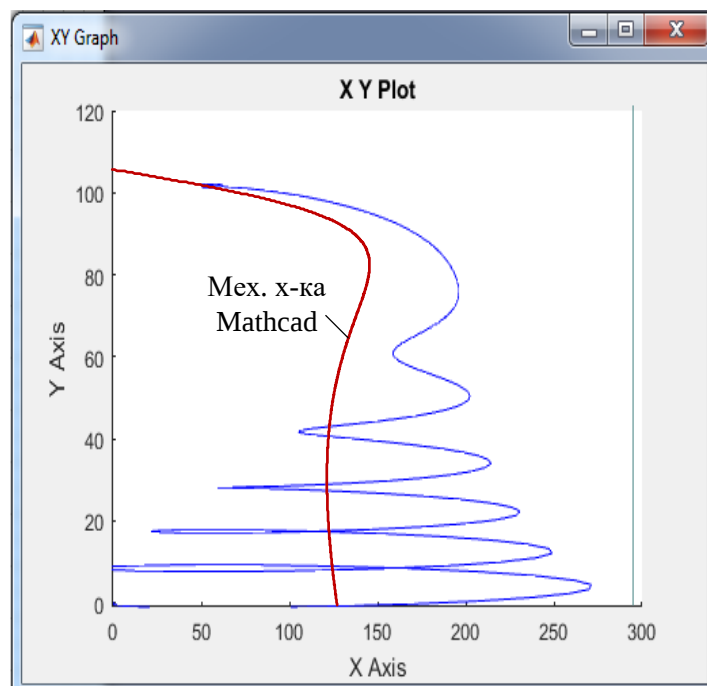


Рисунок 3.11 – Динамічна механічна характеристика АД

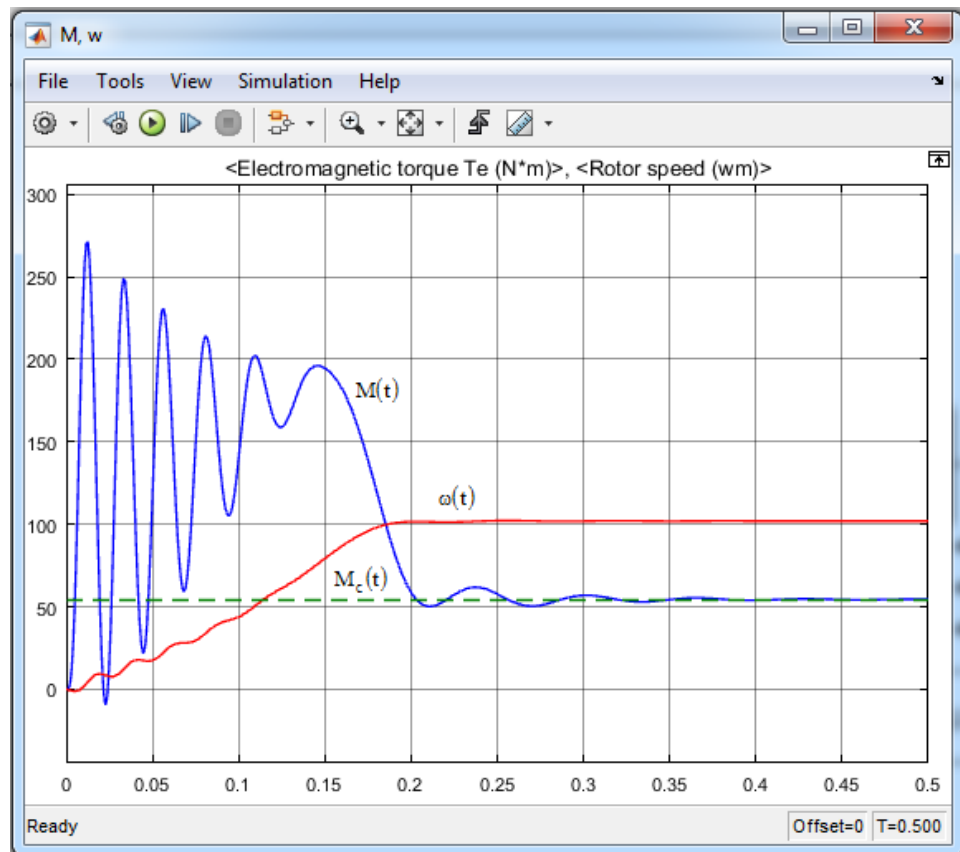


Рисунок 3.12 – Перехідні процеси зміни моменту та швидкості АД при прямому пуску

3.3.2 Моделювання перехідних процесів САЕП

Модель САЕП вантажного підйомника типу ПЧ-АД в Simulink зображена а рисунку 3.13, а результати моделювання – на рисунках 3.14 та 3.15.

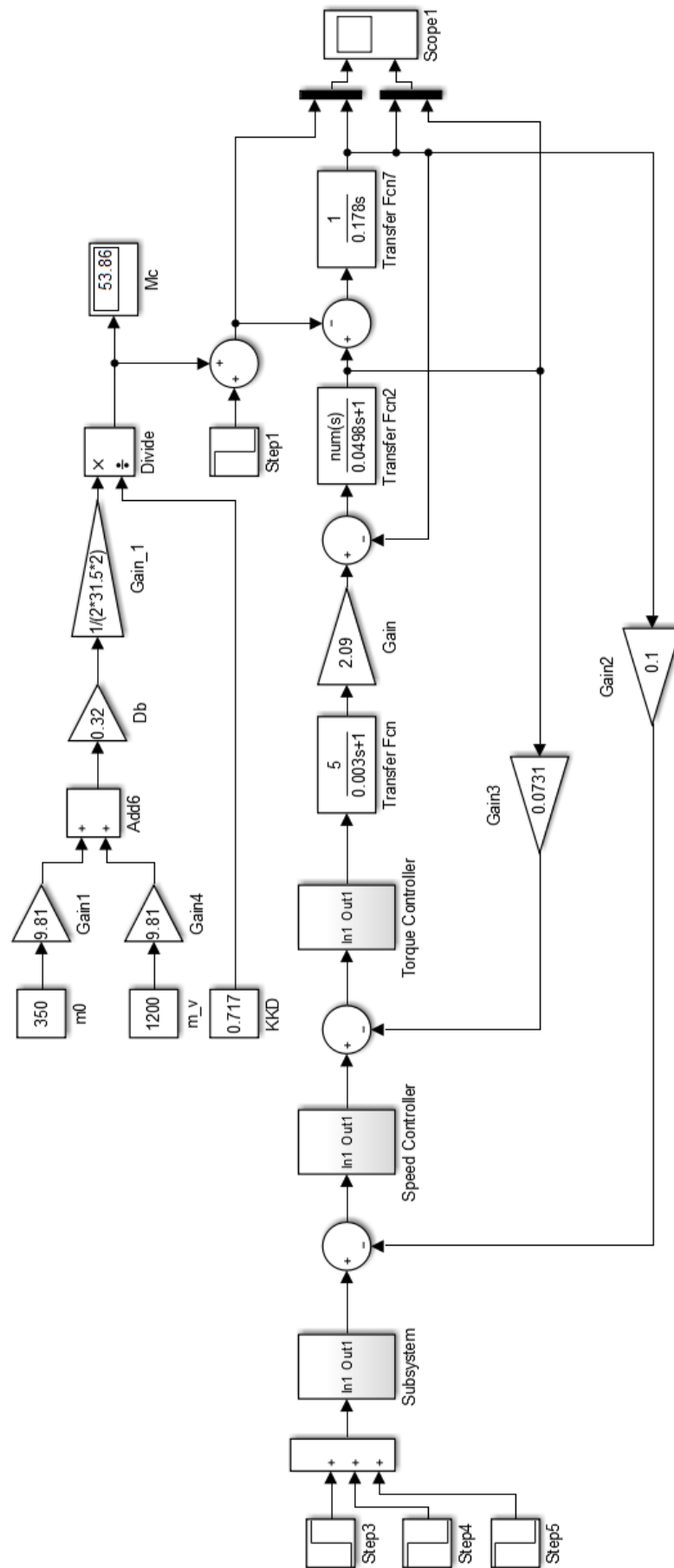


Рисунок 3.13 – Модель ПЧ-АД в Simulink

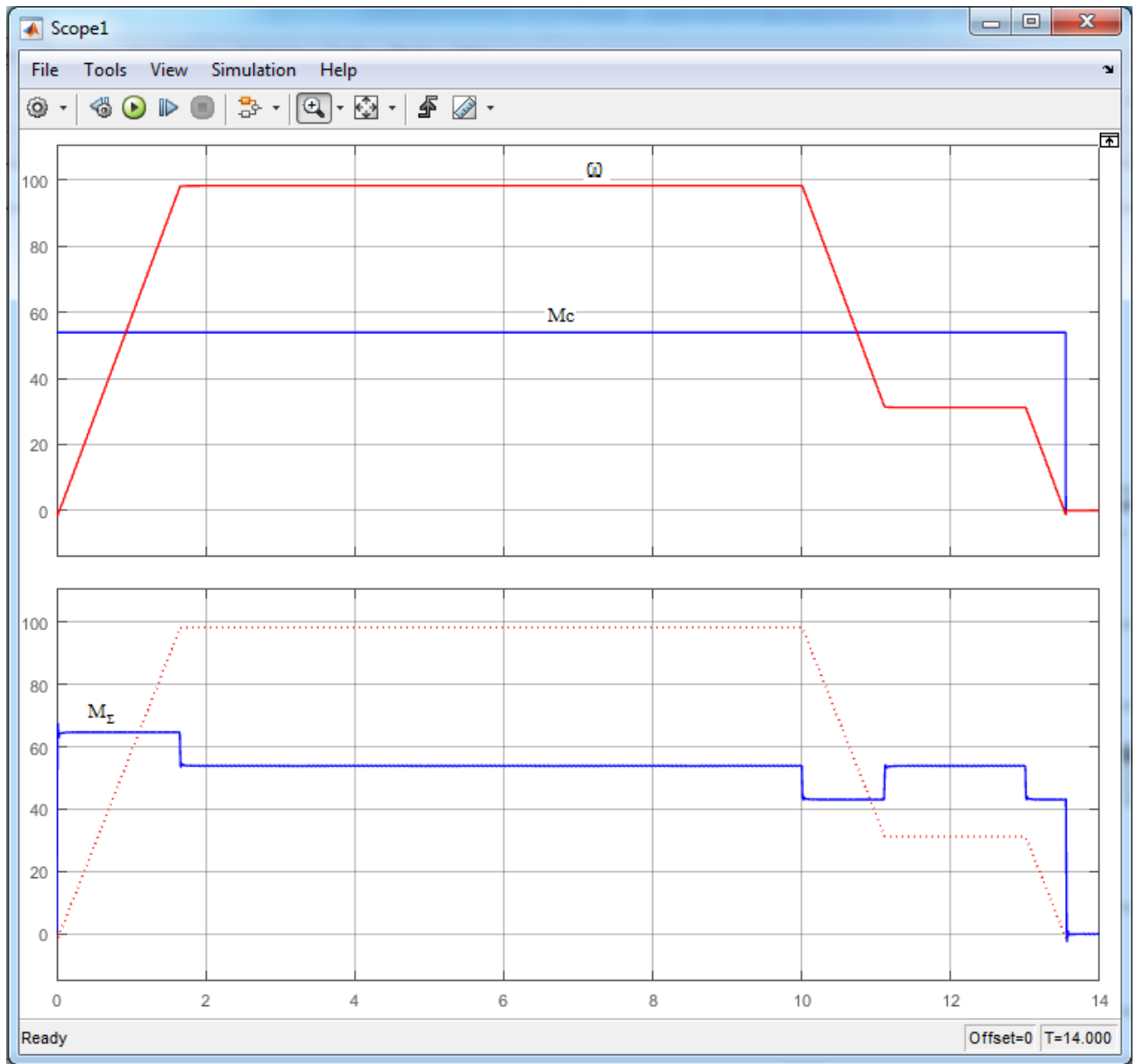


Рисунок 3.14 – Графік перехідних процесів при підйомі номінального вантажу

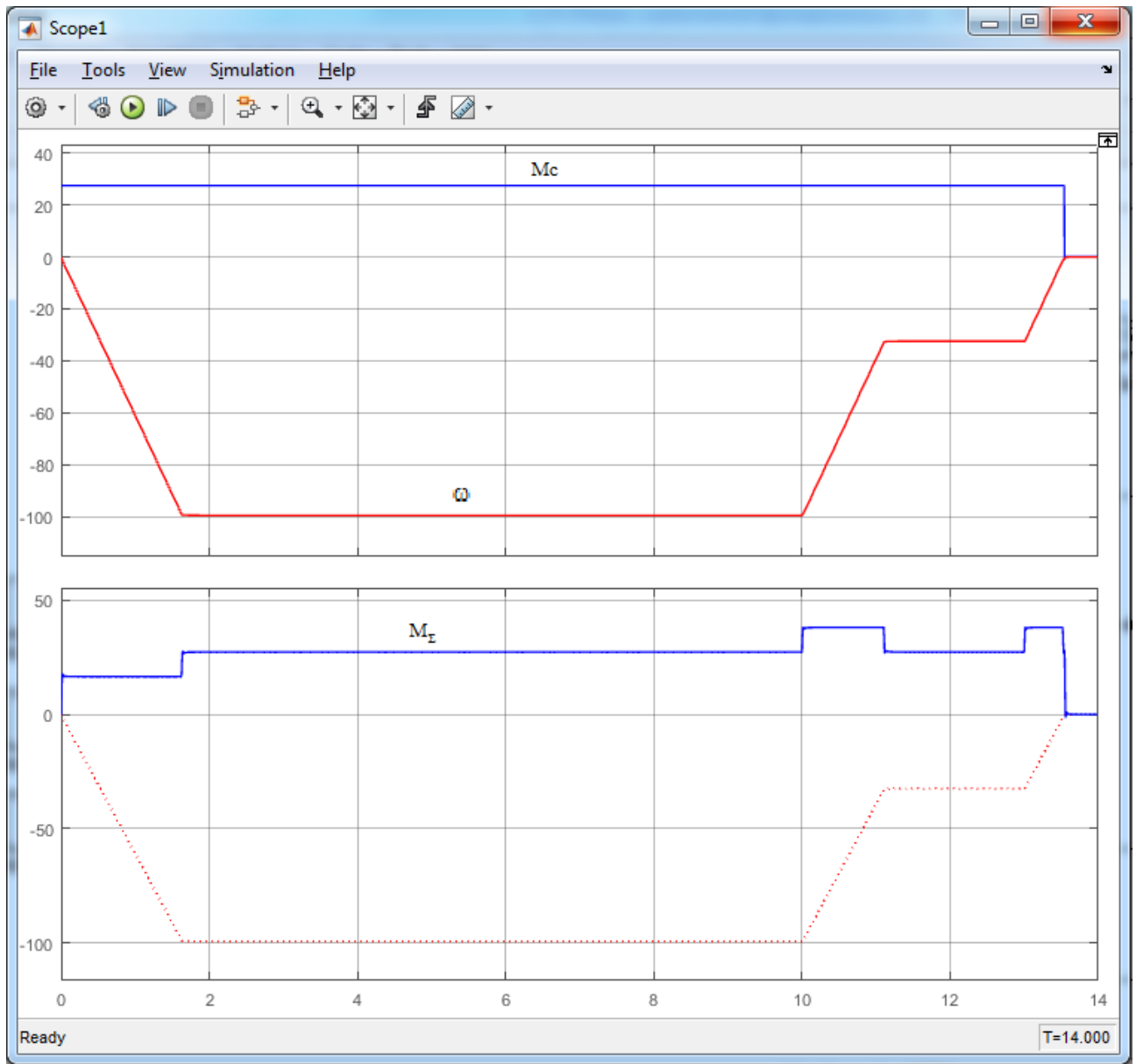


Рисунок 3.15 – Графік перехідних процесів при спуску номінального вантажу

Висновок. Змодельовано роботу приводного двигуна та САЕП підйомної лебідки вантажного підйомника. Отримані графіки перехідних процесів є коректними, отже розрахунки виконано вірно.

4 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДЙОМНОЇ ЛЕБІДКИ ВАНТАЖНОГО ПІДЙОМНИКА

4.1 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема системи керування вантажного підйомника повинна забезпечувати керування електроприводом лебідки залежно від:

- сигналів керування, які надходять від кнопок виклику;
- сигналів керування, які надходять від панелі наказу;
- реалізовувати різного роду блокування від сунсорів положення дверей ліфта;
- забезпечувати точну зупинку ліфта;
- забезпечувати захист від КЗ та перевантажень тощо.

Відповідна функціональна схема зображена на рисунку 4.1.

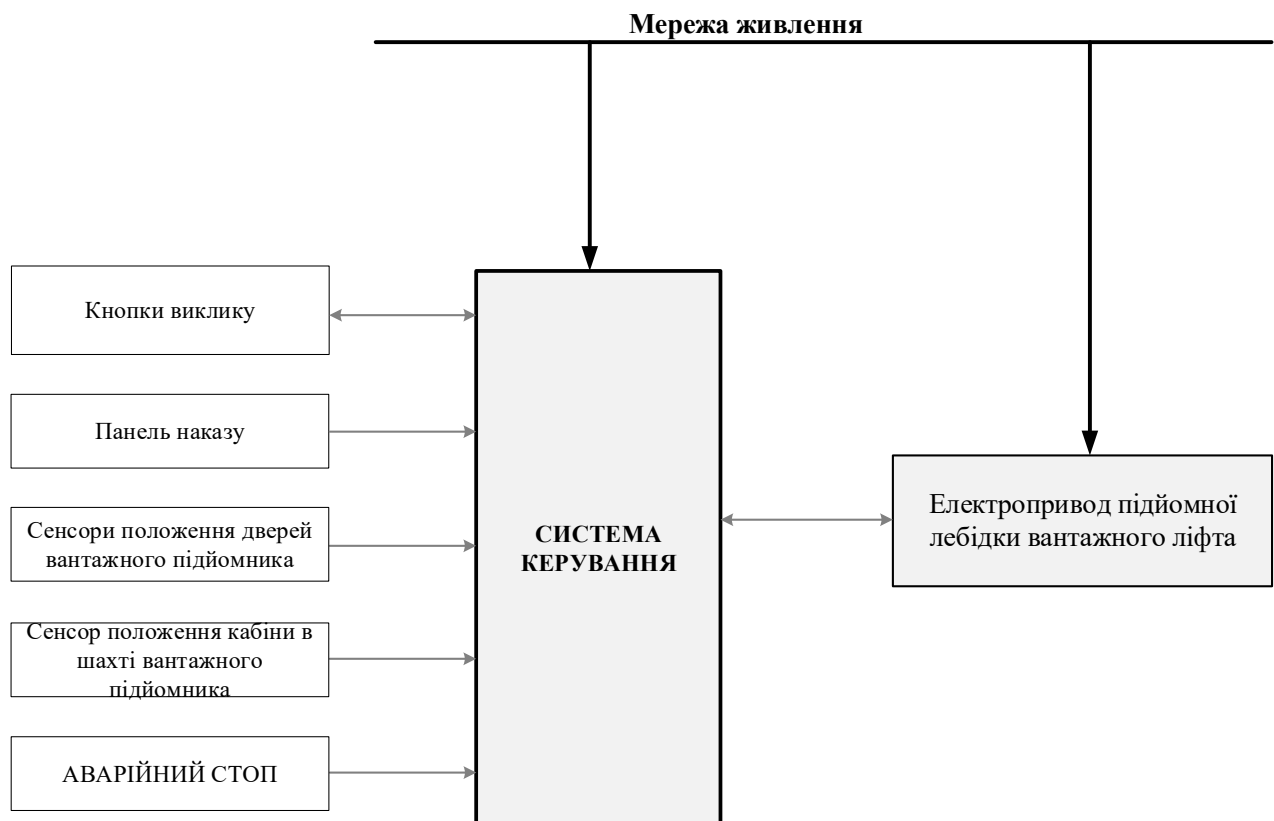


Рисунок 4.1 – Схема функціональна системи керування зерносушарки

4.2 Вибір керуючого пристрою

Для вирішення завдання автоматичного керування САЕП вантажного підйомника виберемо програмоване реле типу LOGO!12/24RC фірми Siemens (рисунок 4.2).

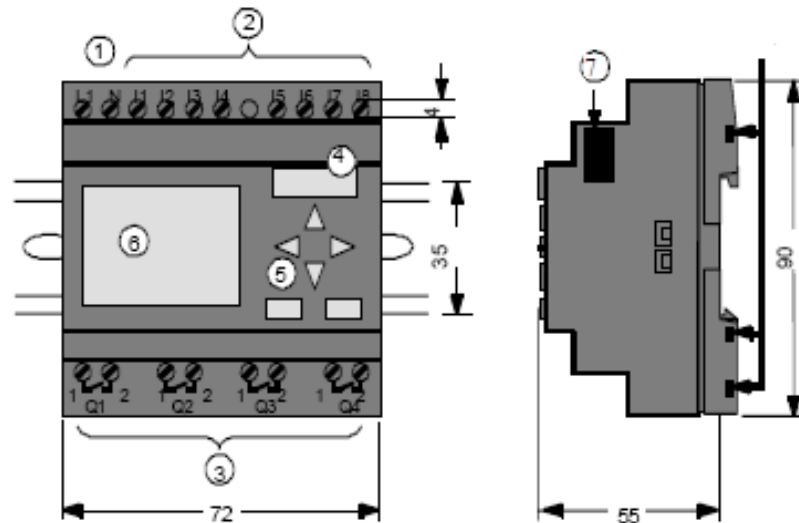


Рисунок 4.2 – Програмоване реле типу LOGO!

На рисунку 4.2: 1 – джерело живлення; 2 – входи; 3 – виходи; 4 – гніздо для жолудя з кришкою; 5 – панель керування; 6 – дисплей; 7 – інтерфейс розширення.

Сам мікроконтролер містить в своїй структурі аналогові і дискретні входи та виходи, релейні виходи, вбудований дисплей, комунікаційний порт для зв'язку з персональним. Окрім того, в залежності від складності поставлених задач, дозволяє легко нарощувати конфігурацію мікроконтролера, забезпечує зв'язок з зовнішньою мережею, для здійснення обміну даними з іншими пристроями.

Основні технічні дані мікроконтролера LOGO 12/24 RC наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики мікроконтролера LOGO 12/24 RC

Параметр	Значення
Напруга живлення	12/24 В DC
Споживана потужність	0,4 – 1,8 Вт
Цифрові входи	«0» < 5 В DC «1» > 8 В DC
Аналогові входи (виходи)	0 – 10 В DC
Час циклу на функцію	<0,1 мс

Для програмування CPU використовують спеціальний пакет для програмування LOGO!Soft Comfort, який являє собою середовище для розробки, редагування і контролю необхідної логіки керування.

LOGO!Soft Comfort забезпечений двома редакторами програм (LAD, FBD), за допомогою яких можна зручно і ефективно розробляти необхідні програми керування.

4.2 Розробка схеми електричної принципової

Схема електрична принципова системи керування підйомною лебідкою вантажного підйомника наведена в додатку Б.

Висновок. Розроблено функціональну схему системи керування вантажного підйомника, вибрано керуючий пристрій, а також розроблено відповідну принципову електричну схему.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі розглянуті заходи та засоби з охорони праці та цивільного захисту під час обслуговування електропривода вантажного підйомника. Шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний персонал, що обслуговує технологічне обладнання підприємства [11, 12].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (органічний пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення системи електропостачання та системи освітлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Категорія умов по небезпеці електротравматизму, відповідно до ПБЕ [14, 15], залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу

з струмоведучими частинами в різних приміщеннях підприємства, їх можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Роботи в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяються на три категорії: зі зняттям напруги; без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них; без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші – групу III.

Роботою без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, вважається робота, під час якої є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмопровідних частин на відстань, меншу від допустимих, проведення технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню не потрібно.

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах чи поблизу від них необхідно: обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, що перебувають під напругою, і до яких можливий випадковий дотик; працювати в діелектричному взутті чи стоячи на ізолювальній підставці або на діелектричному килимі; застосовувати інструмент із ізолювальними руків'ями (у викруток, крім того, має бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні частини засобів захисту за руків'я до обмежувального кільця; розміщувати ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття

по поверхні ізоляції між струмопровідними частинами двох фаз чи замикання на землю; користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям. В разі виявленні порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту, користування ними забороняється.

В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

В електроустановках забороняється працювати у зігнутому стані, якщо в разі випрямлення відстань до струмопровідних частин буде меншою від допустимих. В процесі виконання робіт біля необгороджених струмопровідних частин забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися позаду чи з двох боків.

Роботу із застосуванням драбин виконують два працівники, один з яких перебуває знизу. Стоячи на ящиках та інших сторонніх предметах виконувати роботи забороняється.

Роботи на кінцевих опорах ПЛ, що перебувають на території відкритих розподільчих пристроїв (ВРП), слід виконувати за правилами роботи на ВРП. Ремонтні працівники ліній перед тим, як зайти у ВРП, повинні бути проінструктовані і заходити до місця робіт у супроводі оперативного працівника з групою ІІІ; виходити з ВРПУ після закінчення роботи чи під час перерви працівникам дозволяється під наглядом керівника робіт.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу

з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

5.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1. Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги.

2. При живленні споживачів струму від мережі три-провідної з глухо-заземленою нейтраллю, при напрузі до 1000 В, використовується занулення – навмисне електричне з'єднання нормально не струмопровідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом. При зануленні, пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів до занулення, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового провідника.

3. Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється. Електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні.

Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; показчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [16] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [17]: температури внутрішніх поверхонь будівельних

конструкцій робочої зони та зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні параметрів мікроклімату не повинні значно відрізнятися (не більше ніж на 2°C за діапазон норм); якщо температура поверхонь вище або нижче температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1м; ля забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

5.2.2 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [18] розряд зорової роботи IV, підрозряд «б». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 5.2.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 5.2 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	б	малий	світлий	500	200	4	2,4

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.3 Виробничий шум

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні. Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [19]. Нормовані значення виробничого шуму наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.4 Виробнича вібрація

У котельні присутня вібрація типу – За [20]. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання. Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються вентиляційне обладнання, насоси, транспорт тощо, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$	ДБ	$\text{м}\cdot\text{с}^{-2}\cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Z_o, Y_o, X_o	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

5.3. Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги». Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств і інструкції на окремих об'єктах.

Приміщення заводу, де експлуатується вантажний підйомник, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини).

Будівля заводу характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.5.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 5.6 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і

споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.7.

Таблиця 5.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхові (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвилинах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекрытия	3	REI 45	2	1

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.7 (знаменник).

Таблиця 5.7 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IV, V
III	8/9	8/12	10/15

На території п заводу встановлено 49 вогнегасників ВП-5(8).

ВИСНОВКИ

В роботі модернізовано систему автоматизованого електропривода лебідки вантажного підйомника складського приміщення.

Здійснено аналіз режимів роботи вантажного підйомника. Визначено, що для привода його лебідки доцільним є використання таких системи електричного привода: ПЧ-АД, ТП-Д, РКС-АД з ФР, РКС-АД 2-шв.

Побудовано тахограму та розраховано моменти статичного опору при підйомі та спуску номінального вантажу та пустої кабіни ліфта.

На основі техніко-економічного обґрунтування вибрано найбільш економічно вигідну систему – ПЧ-АД з КЗ ротором.

Електропривод підйомної лебідки вантажного підйомника складського приміщення може працювати як в інтенсивному повторно-короткочасному, так і короткочасному режимах роботи переважно з навантаженнями близькими до максимального. Тому для його привода вибрано двигун загальнопромислового виконання АД з КЗ ротором типу АИР132S6 загальнопромислового виконання потужністю 5,5 кВт, а також здійснено його перевірку. Оскільки умови усіх перевірок виконуються, то двигун вибрано вірно.

За допомогою формул Клосса та Чекунова побудовано природну механічну характеристику приводного двигуна. Механічна характеристика побудована за формулою Чекунова більш точно відображає характеристики приводного двигуна.

Для живлення приводного двигуна вибрано перетворювач частоти Siemens серії SINAMICS V20, номінальна потужність якого складає 7,5 кВт.

Розроблено функціональну, структурну та принципову схеми САЕП лебідки вантажного підйомника.

Розраховано параметри регуляторів в контурах регулювання швидкості та моменту. Перевірено правильність проведених розрахунків шляхом комп'ютерного моделювання в пакеті прикладних програм Matlab.

Розроблено ряд заходів з охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вантажо-підіймальний механізм [Електронний ресурс]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%B6%D0%BE-%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%96%D0%B9%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%B7%D0%BC
2. Ліфт [Електронний ресурс]. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D1%84%D1%82>
3. Типи підйомників [Електронний ресурс]. URL: http://translift.com.ua/ua/pidjomniki/tipi_pidjomnikiv.html
4. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів / Грабко В. В., Бабій С. М., Мошноріз М. М. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 119 с.
5. Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навчальний посібник / А. А. Видмиш, С. М. Бабій, В. В. Петрусь. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 101 с.
6. Григоров О. В. Вантажопідйомні машини: Навчальний посібник / О. В. Григоров, Н. О. Петренко. – Харків : НТУ "ХПІ", 2005. – 304 с.
7. Електропривод робочих машин : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 290 с.
8. АИР132S6 (електродвигун АИР132S6 5.5 кВт 1000 об/хв) [Електронний ресурс]. URL: <https://all-electro.com.ua/ua/p109998383-air132s6-elektrodrigatel-air132s6.html>
9. Перетворювач частоти SINAMICS V20 7,5 кВт 3-ф/380 [Електронний ресурс]. URL: <https://chastotnik.ua/Siemens-r-6SL3210-5BE27-5UV0>

10. Преобразователь частоты SINAMICS V20 7,5 кВт 3-ф/380 [Електронний ресурс]. Режим доступу:

https://chastotnik.com.ua/media/manuals/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B8%20%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D1%8B/Siemens/SINAMICS_V20/sinamics_v20_manual_ru.pdf

11. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

12. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->

13. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644

14. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

15. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>

16. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

17. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

18. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

19. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

20. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>

21. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

22. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>

23. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>

24. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759

25. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf

26. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КЕМСК
К.Т.Н., доц.
Микола МОШНОРІЗ
«02» 04 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на бакалаврську дипломну роботу
**МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВАНТАЖНОГО
ПІДЙОМНИКА**

08-24.БДР.017.00.000 ТЗ

Керівник роботи
К.Т.Н., доц.
Сергій БАБІЙ
«02» 04 2024 р.

Виконав: ст. гр. 1ЕМ-206
Віталій ШАХВОРОСТ
«02» 04 2024 р.

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки – «Модернізація електропривода вантажного підйомника».

Скорочене найменування розробки – «Електропривод вантажного підйомника».

Замовник – Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем бакалаврських дипломних робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Вантажний підйомник – пристрій для підйому вантажів і/або людей в вертикальній чи близькій до неї площині.

4 Вимоги до розробки

Електропривод вантажного підйомника повинен забезпечувати надійну та безвідмовну роботу в повторно-короткочасному режимі при великій частоті включень, плавний пуск, реверс, а також однозонне регулювання швидкості.

5 Комплектація розробки

До складу виробу входять: силова, релейно-контакторна, перетворювальна, мікропроцесорна та контрольно-вимірювальна апаратура.

6 Джерела розробки

1. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів / Грабко В. В., Бабій С. М., Мошноріз М. М. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 119 с.

2. Григоров О. В. Вантажопідйомні машини: Навчальний посібник / О. В. Григоров, Н. О. Петренко. – Харків : НТУ "ХП", 2005. – 304 с.

7 Технічні характеристики

Параметри	Значення
Вантажопідйомність, т	1,2
Номінальна швидкість транспортування, м/с	0,25
Знижена швидкість дотягування, м/с	0,08
Висота підйому, м	5,5
Діаметр барабана лебідки, м	0,32
Кратність поліспаотної підвіски	2
Передаточне число редуктора	31,5

8 Умови експлуатації

Експлуатація здійснюється в умовах перепаду температур в широкому діапазоні, впливу пилу.

9 Елементна база

Двигун, апаратура керування і захисту, провідники, кабелі і т. ін. виробництва України чи країн близького зарубіжжя.

10 Конструктивне виконання

Система вантажного підйомника виготовляється у вигляді щита керування з високим ступенем захисту від впливу факторів навколишнього середовища.

11 Показники технологічності

Електропривод вантажного підйомника повинен бути реалізований на сучасній елементній базі, а її монтаж, заземлення, струмопровід повинен відповідати правилам улаштування електроустановок.

12 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками та слюсарями КВП і А відповідної кваліфікації. Технічний огляд механізму здійснюється мінімум один раз на 3 місяці. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками та техніками-електромеханіками, фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

13 Живлення електропривода

Живлення електропривода вантажного підйомника повинно бути виконано напругою 380 В від силової мережі підприємства.

14 Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації бакалаврської дипломної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВАНТАЖНОГО
ПІДЙОМНИКА

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є модернізація існуючої системи автоматизованого електропривода лебідки вантажного підйомника складського приміщення шляхом переходу на сучасну елементну базу, яка характеризується кращими енергетичними показниками

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі **завдання**:

1. Здійснити загальну характеристику об'єкта проектування.
2. Розрахувати потужність приводного двигуна підйомної лебідки вантажного підйомника.
3. На основі техніко-економічних показників об'єктів об'єкту вибрати систему електричного привода вантажного підйомника.
4. Вибрати елементну базу електропривода вантажного підйомника.
5. Перевірити коректність виконаних розрахунків шляхом комп'ютерного моделювання.
6. Розробити систему керування електропривода вантажного підйомника.
7. Описати умови безпечної експлуатації модернізованої системи електричного привода вантажного підйомника.

Об'єктом дослідження є процеси, що протікають в системі електричного привода вантажного підйомника.

Предметом дослідження є вдосконалення системи автоматизованого електропривода лебідки вантажного підйомника складського приміщення.

Характеристика об'єкта проектування



Зовнішній вигляд вантажного підйомника складського приміщення

Технічні характеристики вантажного підйомника

Параметри	Значення
Вантажопідйомність, т	1,2
Номінальна швидкість транспортування, м/с	0,25
Знижена швидкість дотягування, м/с	0,08
Висота підйому, м	5,5
Діаметр барабана лебідки, м	0,32
Кратність поліспасної підвіски	2
Передаточне число редуктора	31,5
Режим роботи	Робота з навантаженнями, які наближаються до максимального

Вимоги до електропривода лебідки вантажного підйомника:

- 1) вантажний підйомник зазвичай завантажують за допомогою напольного транспорту, тому важливо забезпечити високу точність зупинки кабіни підйомника на рівні поверхової площадки;
- 2) обмеження прискорень кабіни та ривків;
- 3) робота в режимі реверсу;
- 4) одноступінне регулювання швидкості в напрямку вниз від основної;
- 5) робота з частими включеннями і відключеннями.

Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода

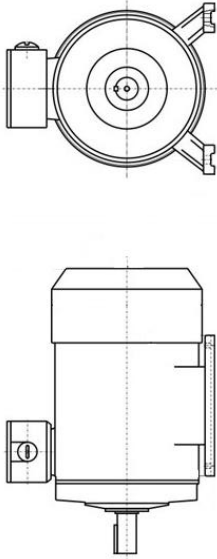
Показники	Системи електричного привода			
	РКС-АД з ФР	РКС-АД 2-шв.	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна D , грн	24255	26565	28875	11550
Вартість системи керування СК, грн	12511,2	28150,2	28150,2	31278
Капітальні вкладення K , грн	36766,2	54715,2	57025,2	42828
Річні капітальні витрати $K_{\text{річн}}$, грн/рік	6250,25	9301,58	9694,28	7280,76
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	3676,62	5471,52	5702,52	4282,80
Відрахування на ремонт C_R , грн/рік	735,32	1094,30	1140,50	856,56
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	9721,81	4917,46	4248,12	3619,77
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	706,69	574,16	554,56	437,96
Загальні відрахування C , грн/рік	14840,44	12057,45	11645,70	9197,08
Приведені витрати Z , грн/рік	21090,69	21359,03	21339,99	16477,84

Характеристики приводного двигуна

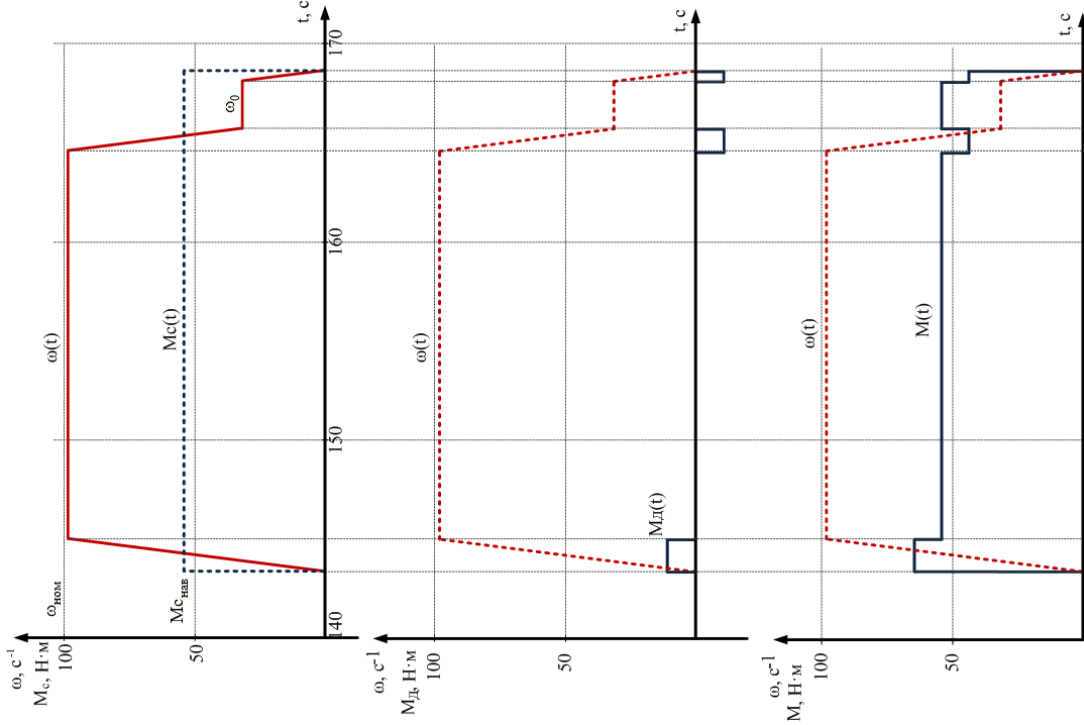


Зовнішній вигляд двигуна АІР132S6

Параметри	Значення
Номинальна потужність $P_{дв.н.}$ кВт	5,5
Номинальна напруга $U_{дв.н.}$ В	380
Номинальна швидкість обертання $n_{дв.н.}$ об/хв	960
Коефіцієнт потужності $\cos\phi_{ном}$	0,82
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{дв.н.}$ %	0,83
Кратність пускового моменту $\lambda_{пуск}$	2,2
Кратність критичного моменту λ_k	2,5
Кратність мінімального моменту λ_{min}	1,6
Номинальний струм статора $I_{дв.н.}$ А	12,2
Кратність пускового струму $\lambda_{I_{пуск}}$	5,5
Момент інерції ротора $J_{рот.}$ кг·м ²	0,05



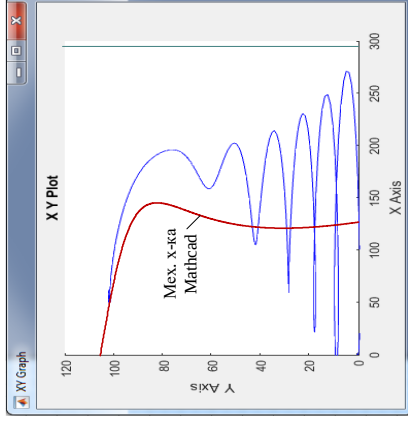
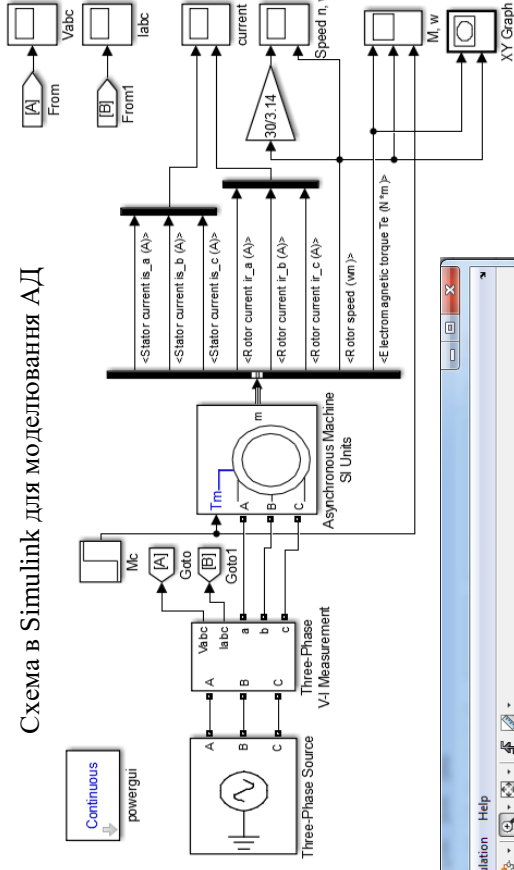
Монтажне виконання приводного двигуна ІМ1081



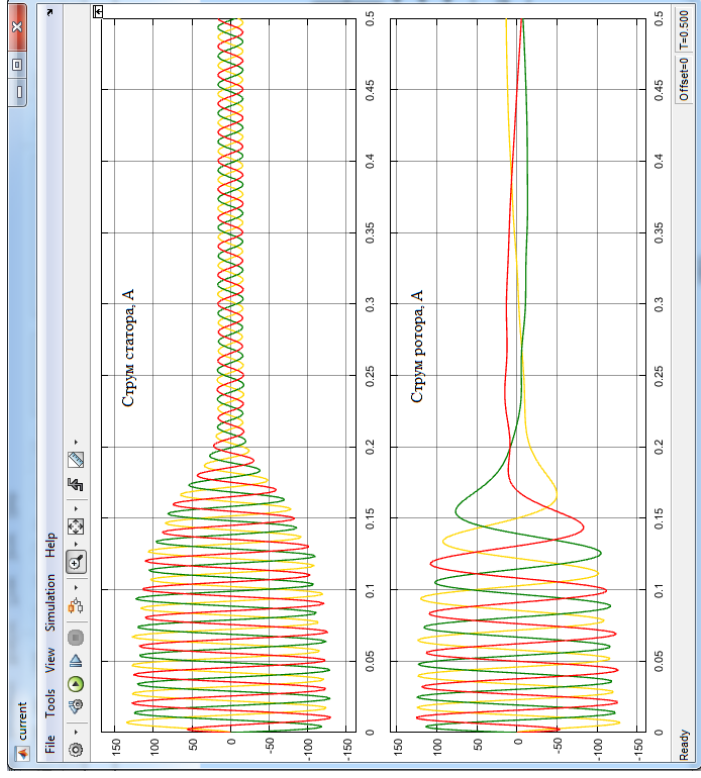
Навантажувальна діаграма електропривода лебідки вантажного підйомника

Моделювання приводного двигуна

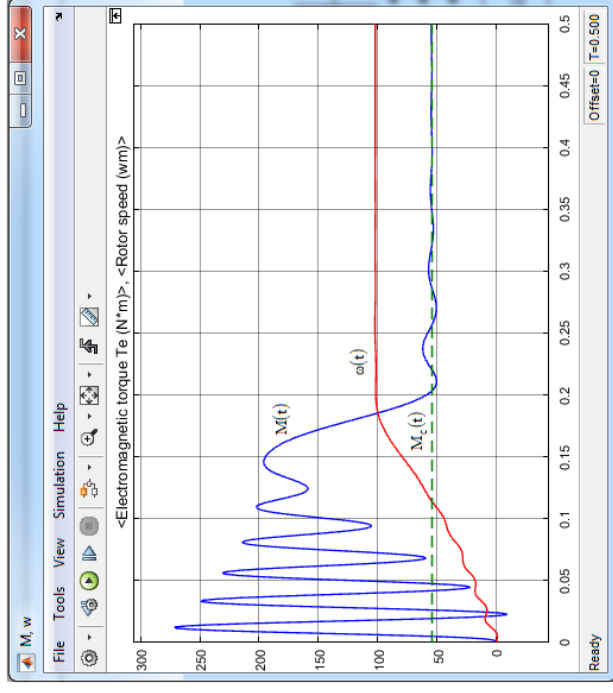
Схема в Simulink для моделювання АД



Динамічна механічна характеристика АД



Перехідні процеси зміни струмів в фазах статора та ротора АД



Перехідні процеси зміни моменту та швидкості АД при прямому пуску

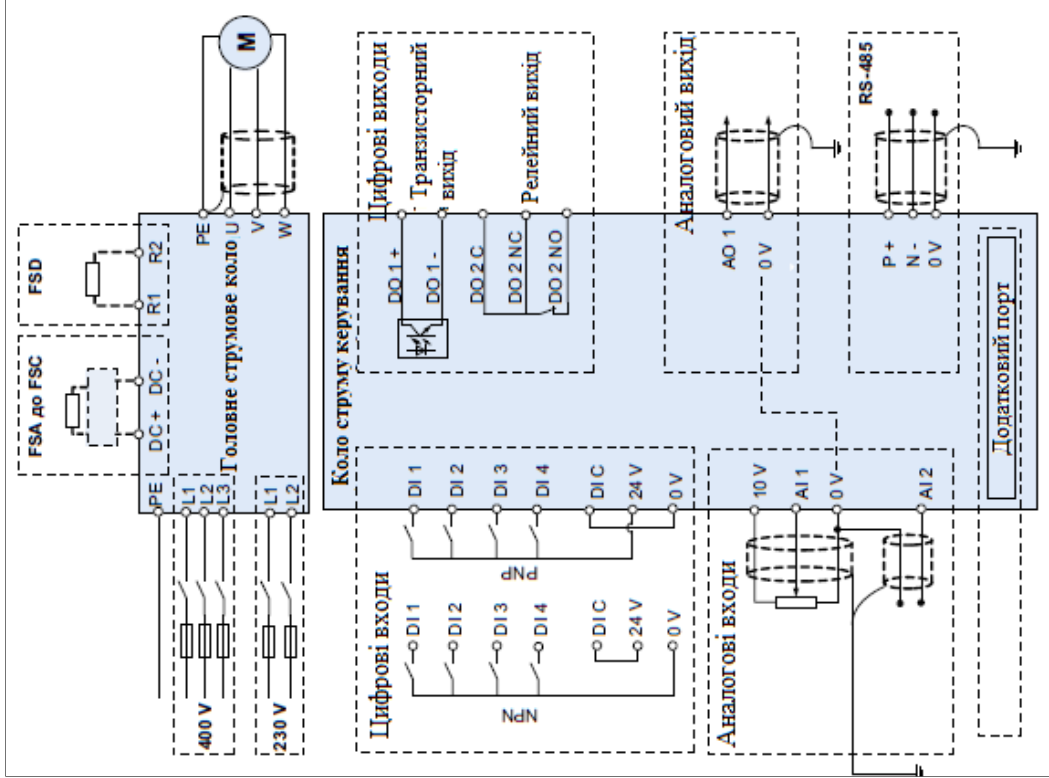
Характеристики силового перетворювача



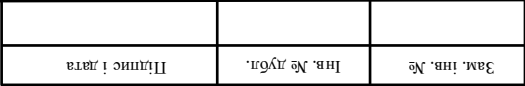
Зовнішній вигляд перетворювача частоти

Технічні характеристики перетворювача частоти

Параметри	Значення
Серія	SINAMICS V20
Потужність перетворювача	7,5 кВт
Напруга, В	3-ф/380В ±10%
Частота мережі	47...63 Гц
Номинальний вихідний струм	16,5 А
Вихідний струм протягом 1 хвилини	24,8 А
Перевантажувальна здатність відносно розрахункового вихідного струму	150% протягом 60 с (через кожні 300 с)
Вбудований регулятор	ПД
Скалярний режим керування	+
Векторне керування без енкодера	+
Векторне керування з енкодером	+
Закони керування	лінійний, квадратичний

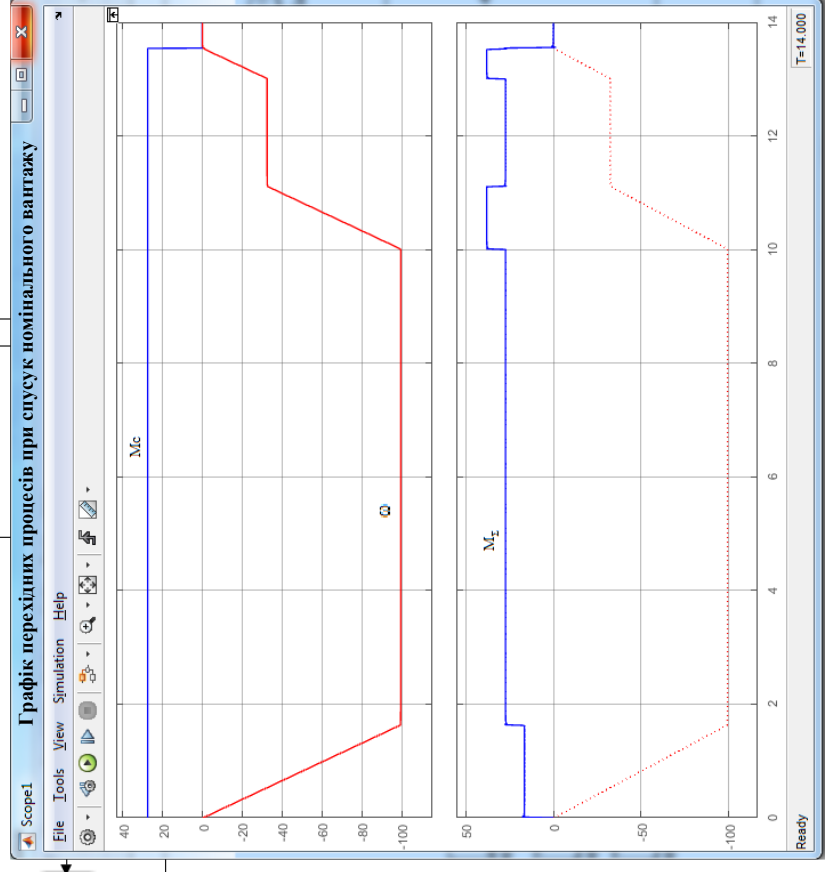
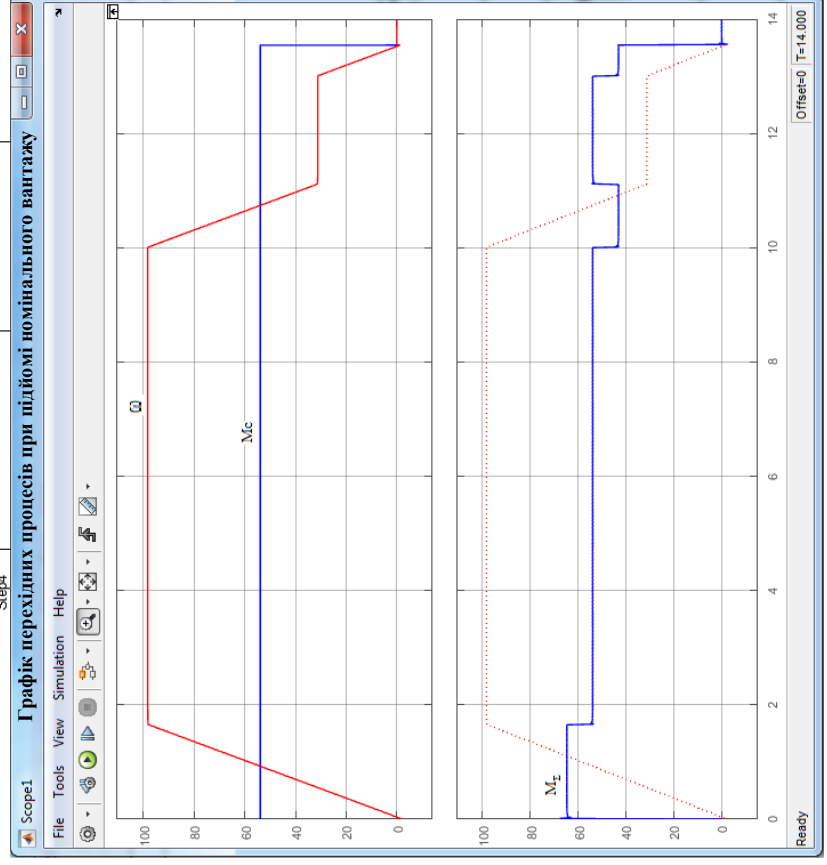
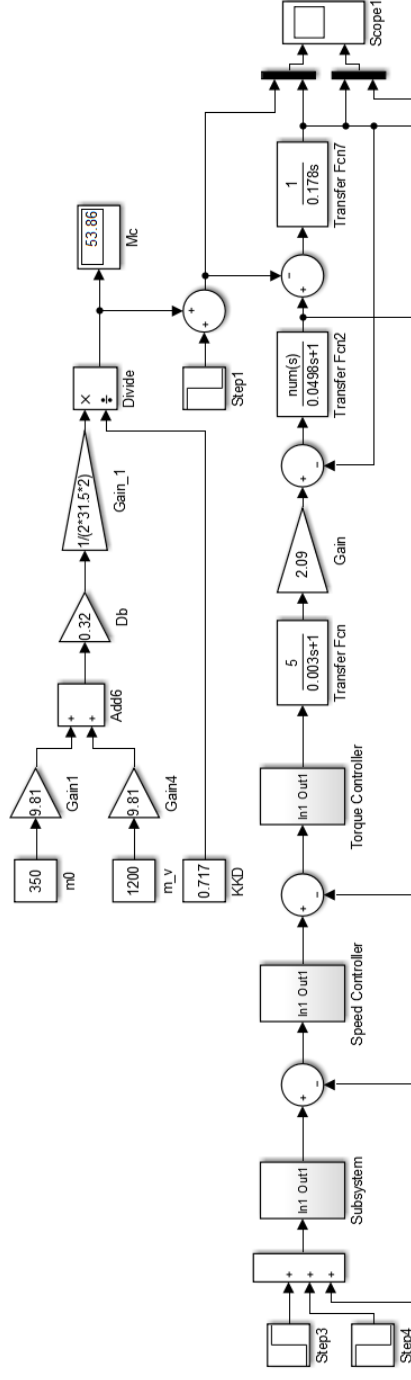


Структура перетворювача частоти Sinamics V20

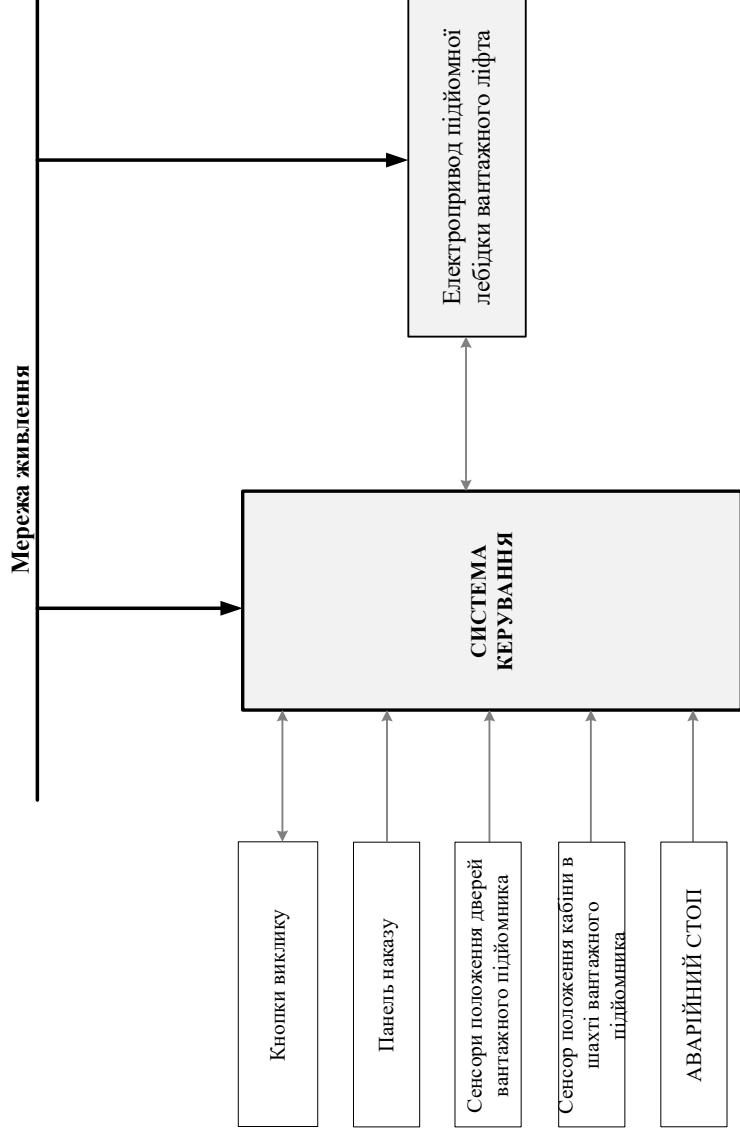


ИВ. № опит.	Идентификация
Идентификация	Идентификация

Моделювання електропривода лебідки вантажного підйомника

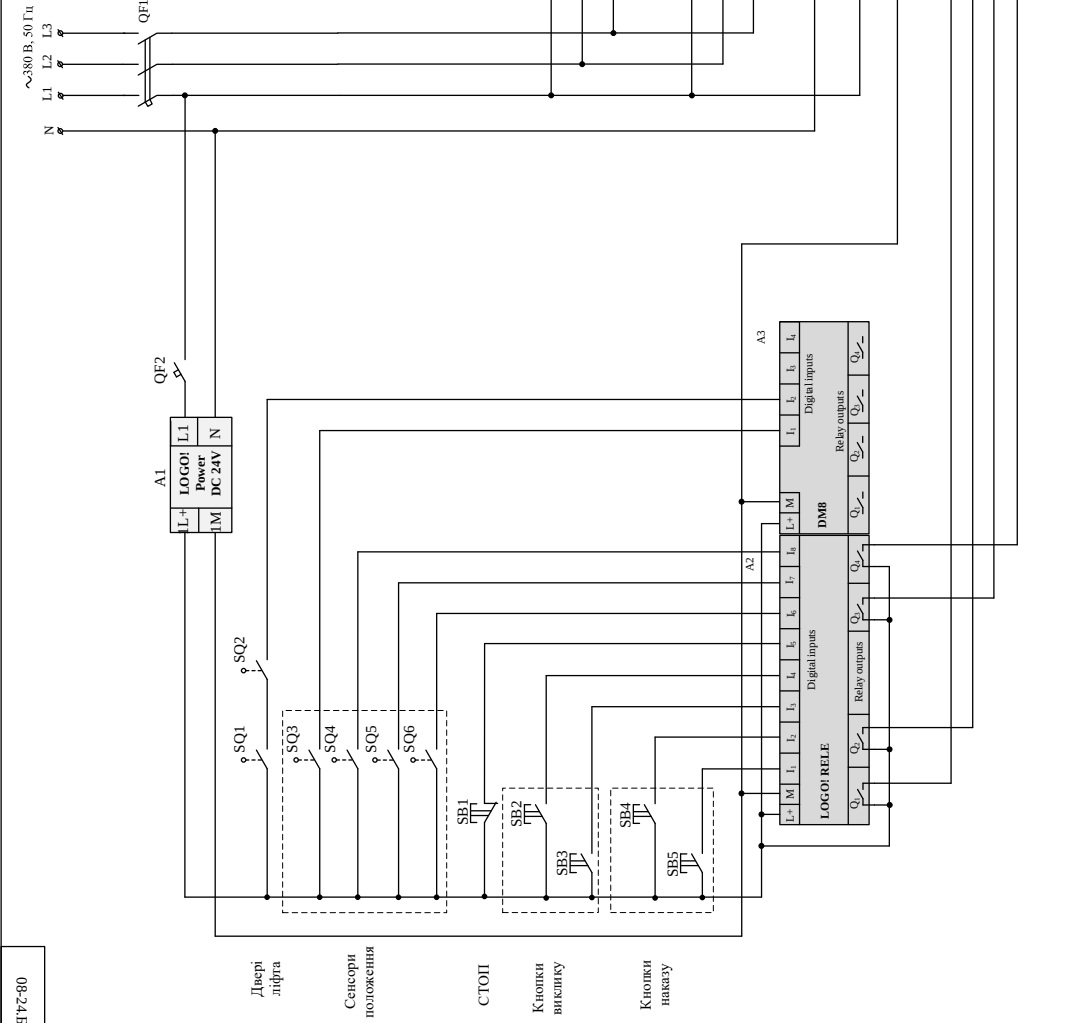


08-24.BJLP.017.00.000 E2



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

08-24.БДР.017.00.000.ЕЗ



08-24.БДР.017.00.000.ЕЗ											
Зм.	Апр.	№ докум.	Підпис	Дат	Модернізації електродвигуна ліфтового підйомника Схема електродвигуна ліфтового підйомника						
Доробили:	Підписав:	Відомості:									
Підписав:	Відомості:	Дат	Місц	Місц	Апр.2024 1						
г.р. 1ЕМ-206											

Ім'я, № стор.	Ім'я, № стор.	Ім'я, № стор.	Ім'я, № стор.	Ім'я, № стор.
---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Модернізація електропривода вантажного підйомника

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

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

Науковий керівник: к.т.н., доц. Бабій С.М.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібностіUnichesk

Оригінальність	89%
Схожість	11%

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



Паянок О.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи



Шахворост В.О.
(підпис)(прізвище, ініціали)

Керівник роботи



Бабій С.М.
(підпис)(прізвище, ініціали)

Назва роб

Тип роб

Підрозділ

Науковий

Аналі

☐ Запс
плагіату.

☐ Вия
кількість
автора. Р

☐ Вия
та/або в
приховув

Особа

Ознай
Unichesk

Автор

Керів

					08-24.БДР.017.00.000 ЕЗ				
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Модернізація електропривода вантажного підйомника. Схема електрична принципова САЕП вантажного підйомника	Літ.		Маса	Масштаб
Розробив:	Шахворост. В.О.			28.05					
Перевірів	Бабій С.М.			28.05					
Т. контр.									
Тех. керівник	Бабенко О.В.			10.06		Аркуш 1		Аркушів	
Норм.кон.	Паянок О.А.			28.05		гр. 1ЕМ-206			
Затверд.	Мошноріз М.М.			28.05					