

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

Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний факультет

(факультет)

Кафедра електропривода

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Люльки Богдана Васильовича

академічної групи 141-19М-4

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

на тему: Модернізація електропривода підйому консольно-обертального крану 1т.

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтингово ю	інституційно ю	
кваліфікаційної роботи	Балахонцев О.В.			
розділів:				
Технологічна частина	Балахонцев О.В.			
Автоматизований електропривод	Балахонцев О.В.			
Дослідження динаміки електроприводу	Балахонцев О.В.			
Техніко-економічне обґрунтування	Тимошенко Л.В.			

Рецензент				
------------------	--	--	--	--

Нормоконтролер	Казачковський М.М.			
-----------------------	--------------------	--	--	--

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
електропривода
_____ (повна назва)

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

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студенту Люльки Б.В. академічної групи 141-19М-4
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
(офіційна назва)

на тему: Модернізація електропривода підйому консольно-обертального крану 1т.

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
1	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
2	АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	
3	ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	
4	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	

Завдання видано _____
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

					ЕП.МР.20.13. .ПЗ	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: стор.: 53, рис.: 13., табл.: 7, джерел: 6, листа графічної частини:15.

Об'єкт детальної розробки: Модернізація електропривода підйому консольно-обертального крану 1т.

Мета роботи: надбання необхідних навичок по технічному рішенню завдань при проектуванні системи автоматизованого електроприводу консольно-обертального крану.

В проекті зроблений аналіз заходів щодо модернізації електропривода підйому консольно-обертального крану, обґрунтована номінальна потужність двигуна. Обрано перетворювач частоти і компоненти силової частини електропривода.

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

Доведена економічна ефективність впровадження технічних рішень.

КОНСОЛЬНО-ОБЕРТАЛЬНИЙ КРАН, РЕГУЛЬОВАНИЙ
ЕЛЕКТРОПРИВОД, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, ПЕРЕТВОРЮВАЧ
ЧАСТОТИ

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Explanatory note: pages: 53, figures: 13., tables: 7, sources: 6, letter of the graphic part: 15.

Object of detailed development: Modernization of the electric drive for lifting the cantilever-rotating crane 1 t.

The purpose of work: acquisition of necessary skills on the technical decision of problems at designing of system of the automated electric drive of the console rotary crane.

The project analyzes the measures to modernize the electric drive for lifting the cantilever crane, substantiated the nominal power engine. The frequency converter and components of the power part of the electric drive are selected.

The calculation of the automatic control system is performed and the dynamics of the electromechanical system is studied.

The economic efficiency of implementation of technical solutions is proved.

CONSOLE ROTARY CRANE, ADJUSTABLE ELECTRIC DRIVE,
ASYNCHRONOUS MOTOR, FREQUENCY CONVERTER

					ЕП.МР.20.13. .ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис механізму.....	7
1.2 Вимоги до електроприводу кранових механізмів.....	10
1.3 Вихідні дані до проектування	14
2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	15
2.1 Вибір типу електроприводу	15
2.2 Розрахунок механізму підйому вантажу	16
2.3 Вибір електродвигуна	20
2.4 Розрахунок гальма	25
2.5 Вибір перетворювача	27
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	29
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	37
4.1 Розрахунок капітальних інвестицій.....	38
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	41
4.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	42
4.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт	43
4.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії	45
4.6 Річні експлуатаційні витрати	46
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	50

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Завданням даної магістерської роботи є модернізація електропривода підйому консольно-обертального крану 1т. Розробка включає в себе розрахунок механізму підйому вантажу.

В даному проекті також представлено опис конструкції консольного крана його роботи. Розроблено заходи з охорони праці при експлуатації даного крана. У промисловості дані консольні крани набули широкого поширення при роботі в приміщеннях, для транспортування вантажів.

					ЕП.МР.20.13. .ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис механізму

Кран консольно-обертальний на колоні - обладнання, призначене для підйому і переміщення вантажів. За зовнішнім виглядом це Г-подібна конструкція, де опорною частиною є металева стійка-колона, стаціонарно закріплена на твердій основі, і стріла (консоли), яка може обертатися навколо колони.

Майданчик, яку обслуговує кран, обмежена зоною вильоту стріли, і допустимим кутом її повороту. Спеціальний упор, що обмежує рух тельфера по консолі, закріплюється на кінці стріли. Повертається консоль в автоматичному або ручному режимі. Механізований спосіб повороту забезпечує мотор-редуктор.

Консольні крани 1т застосовують на виробничих етапах, транспортувальних, вантажно-розвантажувальних, складських робіт при температурах від -40 до +40 ° С. тут

Основною перевагою цього механізму є забезпечення можливості оперативно здійснювати вантажні роботи в умовах обмеженого простору, і на невеликих майданчиках, обмежених стінами або іншими конструкціями. Це оптимальний варіант автоматизації виробництва, коли технологічні лінії або верстати розташовані близько до стін.

Завдяки компактним габаритам конструкції і наявності потужного механізму підйому, кран консольний поворотний на колоні здатний переміщати вантажі у вертикальній і горизонтальній площині. Кран консольний поворотний ручний знайшов широке поширення в області легкої і важкої промисловості, а також в будівельній і транспортній сфері. За допомогою поворотних кранів здійснюється транспортування вантажів на складах і цехах, в ремонтних

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

майстернях і вантажно-розвантажувальних терміналах, а також для обслуговування важкодоступних територій.

Варіанти виконання монтажу консольних кранів вантажопідйомністю 1 тонна:

1. Поворотний Г-подібний на колоні;
2. Г-подібний двухплечевую;
3. На колоні з подвійним упором;
4. Настінний з поворотною консоллю;
5. Пересувний настінний поворотна / нерухома консоль;
6. Мобільний Г-подібний пересувний без фундаменту;
7. Двобалочний;
8. Яхтовий;
- 9.3 двома стрілами Т-подібний;
- 10.3 кріпленням до стелі

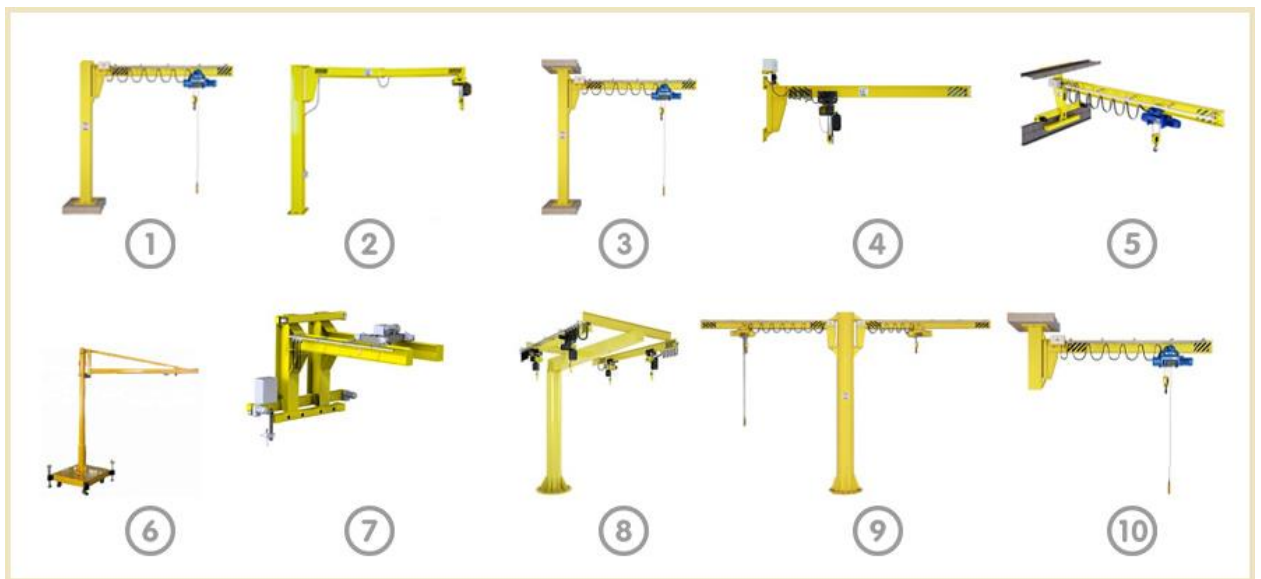


Рис.1.1 Виконання монтажу консольних кранів

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

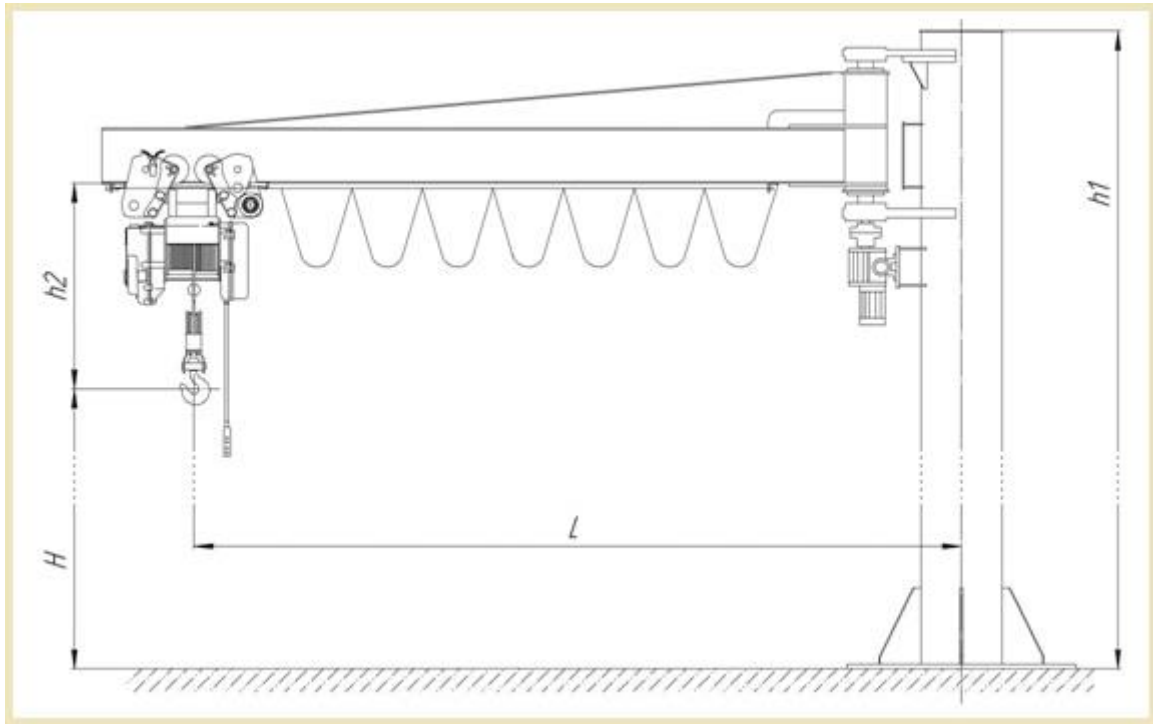


Рис.1.2 Загальний вид крану

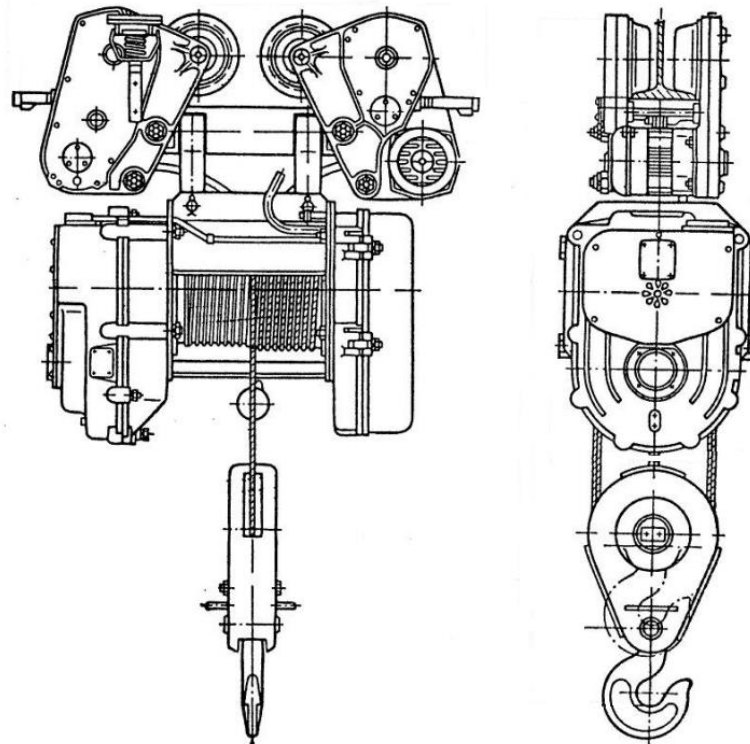


Рис.1.3 Загальний вид тали електричної

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.МР.20.13. .ЛЗ

Арк.

9

1.2 Вимоги до електроприводу кранових механізмів

До електроприводу кранових механізмів ставляться такі вимоги:

- 1. Регулювання кутової швидкості двигуна в порівняно широких межах (від 4:1 до 10:1 і більше), оскільки важкі вантажі доцільно переміщувати з меншою швидкістю, а порожній гак чи візок - з більшою швидкістю для забезпечення більшої продуктивності крана. Зменшення швидкості також необхідне для здійснення точної зупинки вантажів з метою обмеження ударів при їх посадці.
- 2. Забезпечення необхідної жорсткості механічних характеристик привода (щоб низькі швидкості не залежали від вантажу).
- 3. Обмеження прискорень до допустимих меж при мінімальній тривалості перехідних процесів (забезпечує вищу продуктивність, попереджує буксування коліс).
- 4. Реверсування електропривода.

Привод з асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором застосовується для механізмів кранів невеликої потужності (менше 10-15 кВт), що працюють в легкому режимі.

Найбільш поширені на кранах асинхронні двигуни з фазним ротором і ступінчатим регулюванням кутової швидкості шляхом зміни опору в колі ротора. Такий привод достатньо простий, надійний, допускає велике число включень за годину і застосовується при великій і середній потужностях. Але цей привод не забезпечує необхідну жорсткість регулювання характеристик, він є неекономічним внаслідок значних втрат в пускорегулювальних резисторах.

Якщо до електропривода висуваються підвищені вимоги щодо регулювання швидкості, то застосовують двигуни постійного струму. Для механізмів підйому приводи на постійному струмі використовуються з

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

двигунами послідовного збудження, що допускають велике навантаження по моменту і мають м'яку природну характеристику, що дозволяє підіймати і опускати легкі вантажі з підвищеною швидкістю.

Електродвигуни з короткозамкненим ротором мають пристойну механічну характеристику, незважаючи на недоліки, вони лідирують за показниками їх застосування.

Наведемо кінематичну схему механізму підйому (Рис.1).

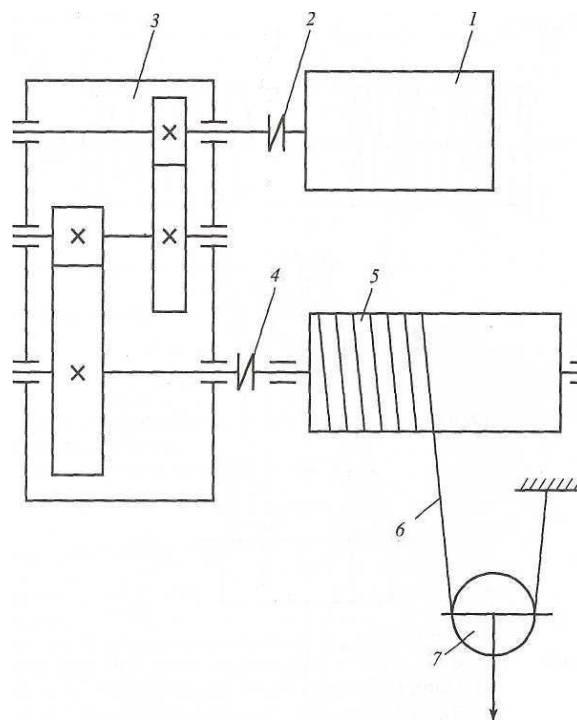


Рис.1.4 Кінематична схема механізму підйому
 1. Двигун; 2.- 4. Муфта; 3. Редуктор; 5. Барабан; 6. Канат
 7. Блок-колесо

Традиційно для кранового електроприводу застосовуються спеціально розроблені серії електродвигунів змінного і постійного струму. За геометрії магнітопроводу, ступеня використання електротехнічних матеріалів, електромеханічним характеристикам і конструктивним виконанням такі електродвигуни істотно відрізняються від двигунів загальнопромислового виконання. Режим роботи електродвигунів в крановому електроприводі характеризується широким зміною навантажень, частими пусками і

гальмуваннями, широким діапазоном зміни швидкості нижче і вище номінальної (у електроприводах постійного струму і частотно-регульованих електроприводах). Кранові двигуни розраховані для роботи в повторно-короткочасному режимі, який характеризується тривалістю включення (ПВ) 15, 25, 40 і 60% при тривалості циклу не більше 10 хв. Основним номінальним режимом кранових двигунів змінного струму є $PВ = 20\%$. Через високі вимоги до динаміки двигунів в перехідних процесах пуску і гальмування і для зниження витрати енергії при цьому двигуни конструюються таким чином, щоб момент інерції ротора був, по можливості, мінімальним. Зниження моменту інерції досягається шляхом зменшення висоти осі обертання при заданій потужності двигуна. Електродвигуни мають підвищений (у порівнянні з електродвигунами загальнопромислового виконання) запас міцності механічних вузлів і деталей. Кріплення пакета ротора на валу завжди проводиться за допомогою шпонки.

Традиційно, основне застосування в кранових електроприводах знаходять асинхронні двигуни з фазним ротором. Регулювання швидкості і моменту в електроприводах з такими двигунами проводиться включенням в ланцюг ротора пускорегулювальних резисторів. Для отримання знижених (посадочних) швидкостей опускання вантажу застосовується режим противключення або різні спеціальні схеми включення (наприклад - динамічного гальмування самозбудженням).

Робота асинхронних двигунів в системах частотного регулювання має свої особливості. Перш за все, при частотному керуванні значно знижуються втрати енергії в двигунах в пуско-гальмівних режимах. Це дозволяє переходити на більш високооборотні електроприводи, і при проектуванні двигунів основну увагу приділяти зниженню втрат в обмотках двигуна в номінальному режимі. При проектуванні двигунів для системи частотного регулювання враховується наступне:

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Основні співвідношення між геометричними розмірами, прийняті для кранових асинхронних двигунів, зберігаються, оскільки визначальним тут є режим роботи, а не система регулювання.

2. У сучасних частотно-регульованих електроприводах з векторним керуванням механічні характеристики формується системою управління перетворювача. Тому при проектуванні електродвигунів, призначених для роботи тільки з перетворювачами частоти, можна не вживати спеціальні заходи для підвищення перевантажувальної здатності і пускового моменту.

3. Оптимальні частоти обертання двигунів в системах приватного регулювання, як уже було сказано, вище, ніж у звичайних системах, і складають 1900 - 1800 об / хв для легкого і середнього режимів роботи і до 1500 - 800 об / хв - для важкого режиму. Однак при проектуванні слід узгоджувати максимальну частоту обертання розроблювального електроприводу і максимальну допустиму частоту обертання редуктора.

4. Двигуни повинні бути працездатні при підвищенні частоти вихідної напруги перетворювача в 1,5 - 2 рази по відношенню до номінальної частоти.

5. З метою зниження втрат обмотка ротора двигуна заливається чистим алюмінієм або виконується мідної, ковання при цьому - мінімальне. Регулювання вихідної напруги і частоти двигуна дозволяє оптимізувати використання його активних частин і забезпечити роботу двигуна в режимі мінімальних втрат.

6. Можливе виконання двигунів на нестандартну напругу, відповідно вихідній напрузі перетворювача частоти.

Всі ці заходи, а також оптимальне розмежування зон регулювання, дозволяють при однаковому навантаженні знизити в 1,5 - 1,8 рази потужність двигуна в частотно-регульованому приводі.

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Вихідні дані до проектування

Табл.1.1

Параметр	Позначення	Од. вим.	Значення
Вантажопідйомність крана	Q	т	1
Максимальний виліт	L	м	4
Швидкість підйому вантажу	V	м/хв	12
Висота підйому вантажу	H	м	5
Час руху	t1	сек	31
Час паузи	t2	сек	8
Час циклу	Tц	сек	150
Коефіцієнт запасу для врахування динамічного навантаження	Kзап	-	2

2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

2.1 Вибір типу електроприводу

Переваги асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором:

- приблизно постійна швидкість при різних навантаженнях;
- можливість короточасних механічних перевантажень;
- простота конструкції;
- простота пуску і легкість його автоматизації;
- вищі $\cos \varphi$ і ККД, ніж у електродвигунів з фазним ротором.

Недоліки асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором:

- труднощі в регулюванні швидкості обертання;
- великий пусковий струм;
- низький $\cos \varphi$ при недовантаженні.

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

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

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

Системи управління на базі частотних перетворювачів можуть мати будь-які технологічно необхідні функції, реалізація яких можлива як за

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

рахунок вбудованих в перетворювачі програмованих контролерів, так і додаткових контролерів, що функціонують спільно з перетворювачами.

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

2.2 Розрахунок механізму підйому вантажу

Механізм підйому вантажу призначений для переміщення вантажу у вертикальному напрямку. Він проектується в залежності від вантажопідйомності, висоти підйому вантажу і максимального вильоту, з урахуванням режиму роботи крана.

Привід механізму підйому і опускання вантажу включає в себе лебідку. Крутний момент, створюваний електродвигуном, передається на редуктор через муфту. Редуктор призначений для зменшення числа обертів і збільшення крутного моменту на барабані.

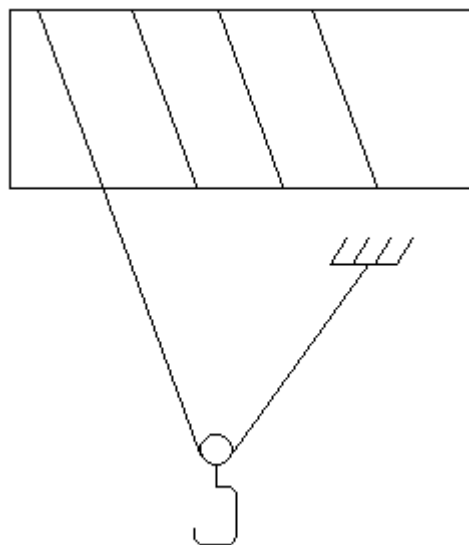


Рис.2.1 Кінематична схема механізму підйому вантажу.

Барабан призначений для перетворення обертального руху приводу в поступальний рух каната.

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поліспаст - система рухомих і нерухомих блоків, з'єднаних гнучким зв'язком (канати, ланцюги) використовується для збільшення сили або швидкості підйому вантажів. Використовується поліспаст у випадках, якщо необхідно докладаючи мінімальні зусилля підняти або перемістити важкий вантаж, забезпечити натяг і т.п.

Зусилля у канаті який набігає на барабан, Н:

$$F_6 = \frac{G \cdot g}{u \cdot z \cdot \eta_0}$$

де: Q- номінальна вантажопідйомність крана, кг;

z - число поліспастів в системі;

u – кратність поліспаста;

η_0 – загальний ККД поліспаста і обвідних блоків;

$$\eta_0 = \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{об}}$$

де $\eta_{\text{п}}$ – ККД поліспаста=0.985;

$\eta_{\text{об}}$ – ККД обвідних блоків=0.94;

$\eta_{\text{бл}}$ – ККД блока =0.98;

$$\eta_0 = 0.985 \cdot 0.94 = 0.99$$

$$F_6 = \frac{1000 \cdot 9.81}{1 \cdot 2 \cdot 0.99} = 5450(H)$$

Розрахункове розривне зусилля в канаті, при максимальному навантаженні на канат:

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$F_k \geq F_{\sigma} \cdot k$$

де k – використання каната=4.5.

F_k -розривне зусилля каната в цілому.

$$F_k \geq 5450 \cdot 4.5 = 24525(H)$$

Вибираємо по ГОСТ 2688-80 канат подвійного звивання діаметром $d_k = 6.2$ мм, що має при маркувальній групі дротів 1770 МПа розривне зусилля $F=25500$ Н. (<http://www.ritmnn.ru/catalogue/156/160>)

Фактичний коефіцієнт запасу міцності:

$$k_{\phi} = \frac{F_k}{F_{\sigma}} = \frac{24525}{5450} = 4.5$$

Необхідний діаметр барабана по середній лінії навитого сталевого каната, мм:

$$D_{\sigma} \geq h_1 \cdot d_k$$

де: d_k – діаметр каната, мм;

h_1 – коефіцієнт залежить від типу машини, приводу механізму і режиму роботи машини механізму, приймається 20

$$D_{\sigma} \geq 20 \cdot 6.2 = 124 \text{ (мм)}$$

Діаметр блока по середній лінії, мм:

$$D_{\text{бл}} \geq h_2 \cdot d_k$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: h_2 – коефіцієнт залежить від типу машини, приводу механізму і режиму роботи машини механізму, приймається 22,4

$$D_{6л} \geq 22.4 \cdot 6.2 = 138.8 \text{ (мм)}$$

Довжина каната намотаного на барабан

$$L_k = H \cdot u + \pi \cdot D_6 \cdot (z_1 + z_2)$$

де: H – висота підйому вантажу, м;

u – кратність поліспасти;

D_6 – діаметр барабана по середній лінії намотаного каната, м;

z_1 – число запасних (невикористовуваних) витків на барабані до місця кріплення ($z_1=1,5\dots 2$);

z_2 – число витків каната, що знаходяться під затискним пристроєм на барабані ($z_2=3\dots 4$);

$$L_k = 5 \cdot 2 + 3.14 \cdot 0.124(2 + 3) = 11.94 \text{ (мм)}$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.3 Вибір електродвигуна

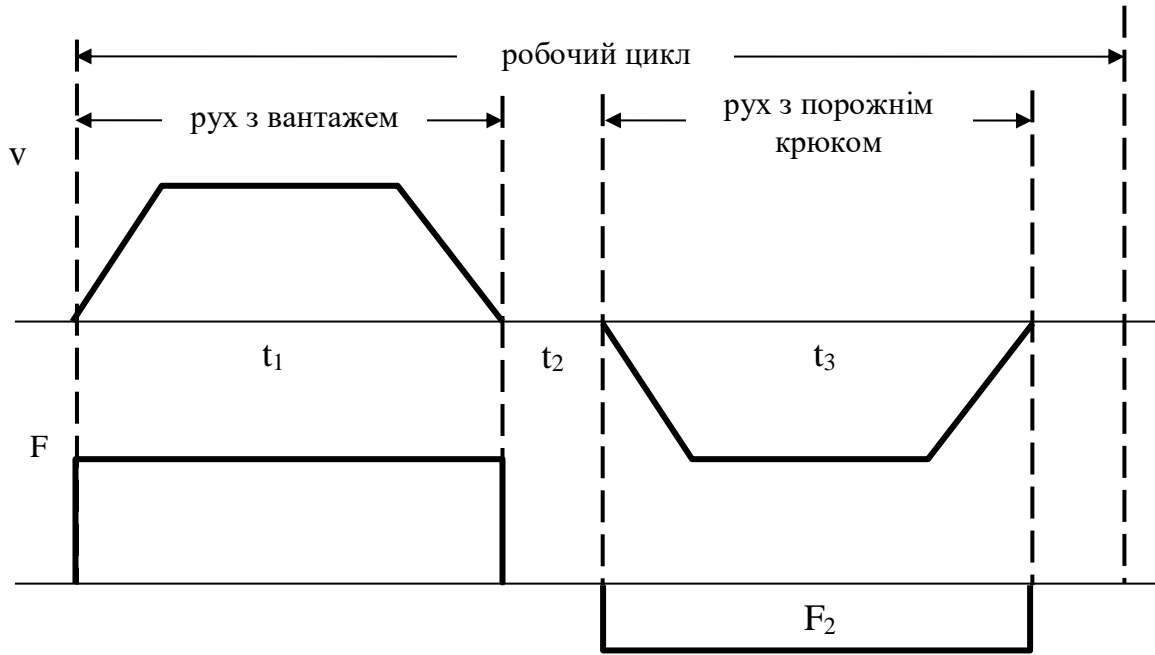


Рис. 2.2. Навантажувальна діаграма підйомного механізму

Вантажопідйомна сила, кН :

$$F_o = m_T \cdot g$$

$$F_o = 1000 \cdot 9.8 = 9.8 \text{ кН}$$

Частота обертання барабана, об/хв:

$$n_{\delta} = \frac{60 \cdot v \cdot u}{\pi \cdot D_{\text{роз}}}$$

де: $D_{\text{роз}}$ – розрахунковий діаметр барабана, м.

$$n_{\delta} = \frac{60 \cdot 0.2 \cdot 2}{3.14 \cdot 1.124} = 62 \text{ (об/хв)}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.МР.20.13. .ЛЗ

Арк.

20

Загальне передатне число приводу механізму:

$$i = \frac{n_{ДВ}}{n_{\delta}}$$
$$i = \frac{835}{65} = 13.5$$

Момент статичного опору на валу двигуна в період пуску, Н·м:

$$M_c = \frac{F_{\delta} \cdot z \cdot D_{\delta}}{2 \cdot i \cdot \eta_{\delta} \cdot \eta_{пр}}$$

де z – число поліспастів в системі;

η_{δ} и $\eta_{пр}$ – ККД барабана і приводу (орієнтовно $\eta_{\delta}=0.96$, $\eta_{пр}=0.96$)

$$M_c = \frac{5450 \cdot 1 \cdot 0.124}{2 \cdot 13.5 \cdot 0.96 \cdot 0.96} = 27.1 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Дійсна тривалість включення:

$$ПВ_{роз} = \frac{\sum_1^n t_i}{T_{ц}} \cdot 100 = \frac{39}{150} \cdot 100 = 26\%$$

Розрахунок потужності двигуна, кВт :

$$P_{роз} = K_{зап} \cdot \frac{F_{\delta} \cdot V}{\eta}$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{роз}} = 2 * \frac{5450 \cdot 0.2}{0.85} = 2.564 \text{ кВт}$$

Перерахована на стандартну тривалість включення потужність, кВт:

$$P_{\text{екв м}} = P_{\text{роз}} \sqrt{\frac{ПВ_{\text{рас}}}{ПВ_{\text{н}}}}$$

$$P_{\text{екв м}} = 2.564 \sqrt{\frac{26}{25}} = 2.614 \text{ кВт}$$

Вибираємо електродвигун МТКФ - 012-6, потужністю 2.7 кВт, частота обертання 835 об / хв, ПВ = 25%, максимальний момент 67 Н • м, момент інерції ротора 0,11 кг•м²

Табл.2.1

Номінальна потужність P _н	кВт	2.7
Номінальна швидкість n _н	об/хв	835
Коефіцієнт потужності cosφ _н	-	0,7
Номінальний струм I _н	А	8.2
Момент інерції J	кг•м ²	0.11
p	-	2
Активний опір фази статора R1	Ом	3.63
Індуктивний опір фази статора X1	Ом	2.51
Активний опір фази ротора R2	Ом	5.38
Індуктивний опір фази ротора X2	Ом	2.32
ККД	%	0.85

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

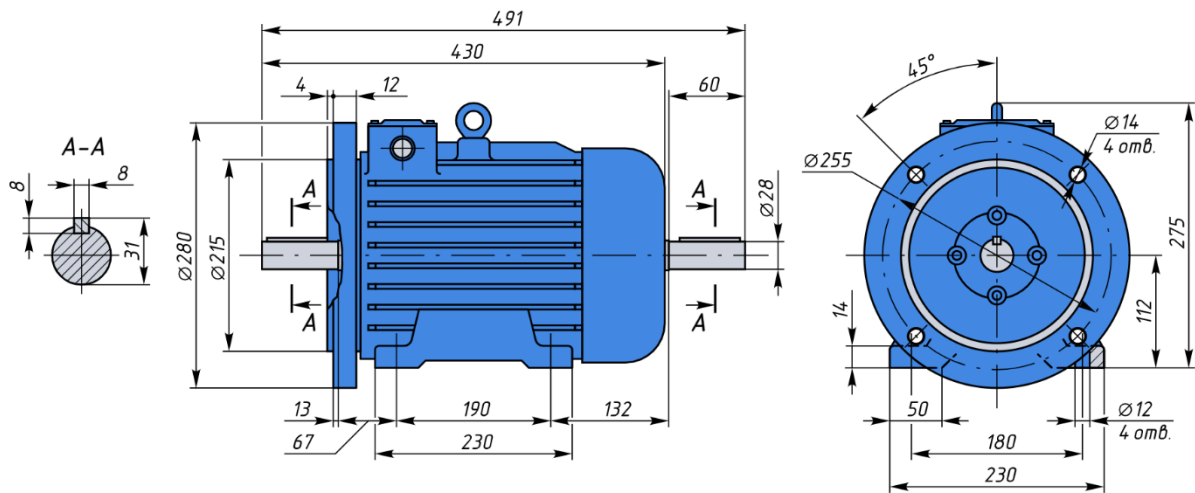


Рис.2.3 Розмірні параметри двигуна

Номінальний момент на валу двигуна, Н·м:

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \frac{P_{\text{де}}}{n_{\text{дв}}}$$

де $P_{\text{дв}}$ – потужність двигуна, кВт;

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \frac{2.7}{835} = 30.8 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Розрахунковий момент для вибору сполучної муфти, Н·м :

$$M_{\text{м}} = M_{\text{м}}^{\text{НОМ}} \cdot k_1$$

$$M_{\text{м}} = 30.8 \cdot 1.3 = 40 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

де k_1 – коефіцієнт що враховує ступінь відповідальності механізму і режиму роботи, приймається 1.3 .

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Момент інерції ротора двигуна і муфти, кг·м²

$$I = I_p + I_M = 0.045 + 0.057 = 0.102 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}$$

$$I_M = 0.057 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Середній пусковий момент двигуна, Н·м:

$$M_{\text{сер}} = \frac{\psi_{\text{max}} + \psi_{\text{min}}}{2} \cdot M_{\text{ном}}$$

$$\text{де } \psi_{\text{max}} = M_{\text{max}} / M_{\text{ном}} = 2.1;$$

ψ_{min} - мінімальна кратність пускового моменту електродвигуна = 1,1...1,4;

$$M_{\text{сер}} = \frac{2.1 + 1.2}{2} \cdot 30.8 = 50.82 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Час пуску при підйомі вантажу, с:

$$t_n = \frac{\delta \cdot I \cdot n_{\text{дв}}}{9.55(M_{\text{сер}} - M_c)} + \frac{9.55 \cdot Q \cdot D_6^2}{n_{\text{дв}}(M_{\text{сер}} - M_c)\eta}$$

де δ - коефіцієнт, що враховує вплив обертових мас приводу (крім двигуна і муфти), дорівнює 1.1...1.25;

$$t_n = \frac{1.1 \cdot 0.102 \cdot 835}{9.55(50.82 - 27.1)} + \frac{9.55 \cdot 1000 \cdot 0.124^2}{835(50.82 - 27.1)0.9} = 0.42 \text{ (с)}$$

Фактична частота обертання барабана за формулою:

$$n_{\phi} = \frac{n_{\text{дв}}}{i} = \frac{835}{13.5} = 61.8 \text{ (об/хв)}$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фактична швидкість підйому вантажу:

$$v_z^\phi = \frac{\pi \cdot D_6 \cdot n_6^\phi}{60 \cdot u}$$

$$v_z^\phi = \frac{3.14 \cdot 0.124 \cdot 61.8}{60 \cdot 2} = 0.2 \text{ (м/с)}$$

Прискорення при пуску:

$$a = \frac{v_z^\phi}{t_n} = \frac{0.2}{0.42} = 0.47 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

Середня висота підйому вантажу складає 0.5 ... 0.8 номінальної висоти $H = 5\text{ м}$.

Прийmemo $H_{cp} = 0.8 \cdot H = 0.8 \cdot 5 = 4 \text{ (м)}$.

Час усталеного руху:

$$t_y = \frac{H_{cp}}{v_z} = \frac{4}{0.2} = 20 \text{ (с)}$$

2.4 Розрахунок гальма

Момент статичного опору на валу двигуна при гальмуванні механізму:

$$M_c^m = \frac{F_6 \cdot z \cdot D_6 \cdot \eta_6 \cdot \eta_m}{2 \cdot i}$$

$$M_c^m = \frac{5450 \cdot 1 \cdot 0.124 \cdot 0.96 \cdot 0.96}{2 \cdot 13.5} = 23 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідний по нормам гальмівний момент, що розвивається гальмом, вибираємо з умови:

$$M_m \geq M_c^m \cdot k_m$$

де k_T – коефіцієнт запасу гальмування, для середнього режиму $k_T=1.75$

$$M_m \geq 23 \cdot 1.75 = 40.25 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

У механізму підйому вантажу фактичний час гальмування при опусканні

$$\begin{aligned} t_T &= \frac{\delta \cdot I \cdot n}{9.55(M_T - M_c^T)} + \frac{9.55 \cdot Q \cdot v_r^2 \cdot \eta}{n(M_T - M_c^T)} \\ &= \frac{1.1 \cdot 0.102 \cdot 835}{9.55(40.25 - 23)} + \frac{9.55 \cdot 1000 \cdot 0.2^2 \cdot 0.85}{835(40.25 - 23)} = 0.59 \text{ (с)} \end{aligned}$$

Знаходимо шлях гальмування механізму підйому вантажу

$$s = \frac{v_r}{1.7} = \frac{0.2}{1.7} = 0.11 \text{ (м)}$$

Уповільнення при гальмуванні

$$a_T = \frac{v_r}{t_T} = \frac{0.2}{0.59} = 0.33 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Вибір перетворювача

При виборі перетворювача частоти (ПЧ) необхідно враховувати те, що управління відбувається векторним методом, тому потрібно вибрати частотний перетворювач для двигуна.

Цим вимогам відповідає перетворювач частоти Schneider **Altivar 320**

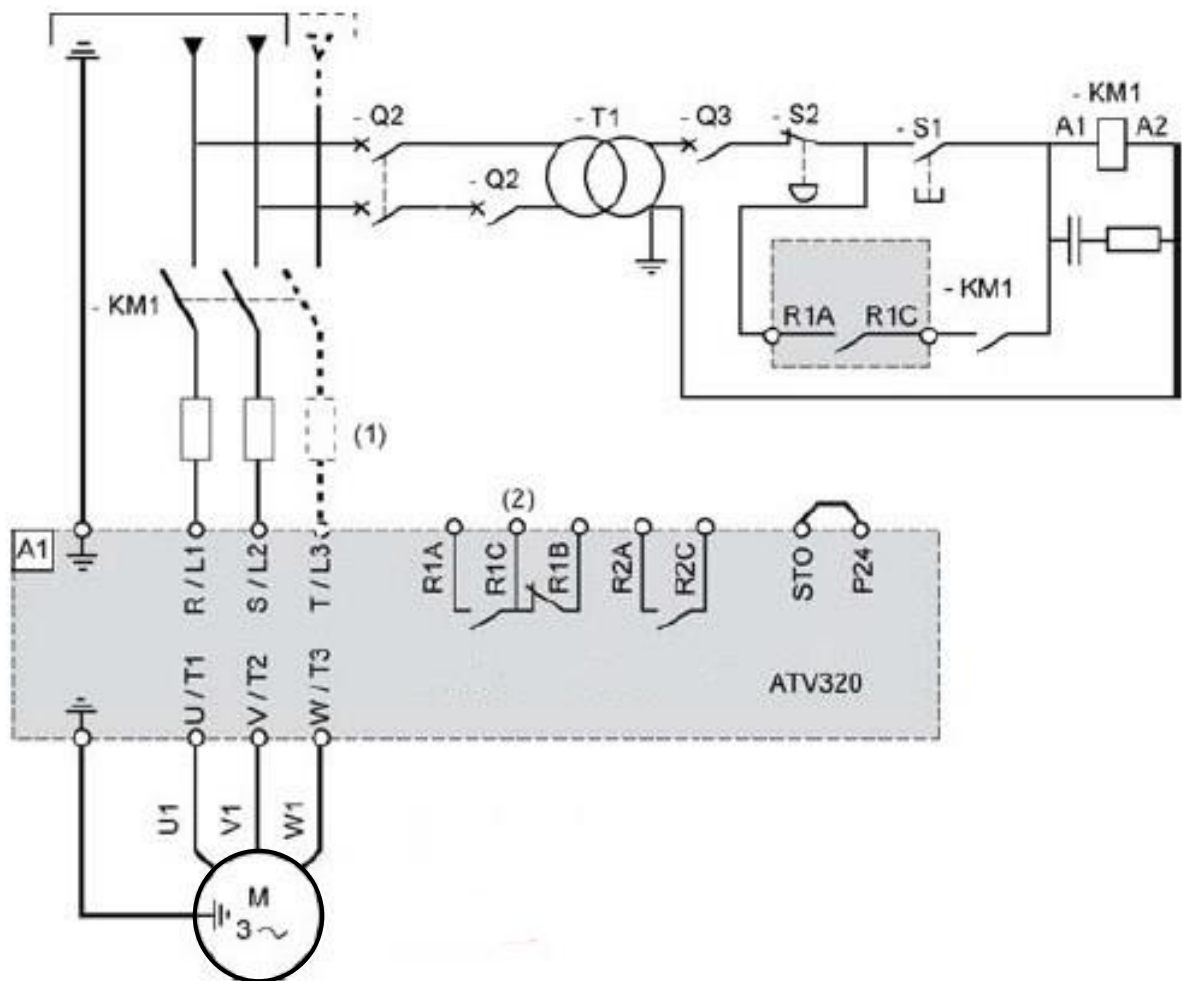


Рис.2.4. Принципова схема підключення перетворювача частоти до двигуна.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.МР.20.13. .ЛЗ

Арк.

27

Параметри перетворювача частоти Schneider ATV320

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Тип	-	ATV320U30N4C
Номінальна потужність	кВт	3
Вихідна напруга	В	3×380
Номінальний вихідний струм	А	7.1
Діапазон зміни частоти	Гц	0.5..599

Обраний перетворювач реалізує векторний закон регулювання. Суть векторного регулювання полягає в незалежному управлінні двома складовими струму статора, орієнтованими по осях d , q ротора. Складова по осі d являється потокостворюючою, по осі q - моментостворюючою.

Характеристики векторного асинхронного електроприводу, по точності і швидкодії наближаються до характеристик двозонного електроприводу постійного струму.

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Векторне управління вимагає перетворення координат. Напряга статора описується в осях α, β , роторні величини - в осях d, q .

Регулювальники потокозчеплення, швидкості, складових струмів по осях d, q розраховуються виходячи з симетричного критерію оптимізації відповідно до передавальної функції об'єкту управління (асинхронний двигун) по цих осях.

Переваги використання перетворювачів частоти:

- управління і контроль швидкості обертання електродвигуна;
- захист від кидків напруги і перевантажень;
- забезпечення плавного пуску і зупинки підконтрольного електрообладнання;
- полегшення робочого процесу при виконанні складних технічних завдань;
- стійкість до тривалих навантажень і імпульсним діям;
- можливість економії енергоресурсів аж до 40-50%;
- збільшення ККД електродвигунів;
- зниження зносу і поліпшення механічних показників підключеного обладнання;
- здійснення безперервного моніторингу технологічних параметрів і можливість оперативного втручання.

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

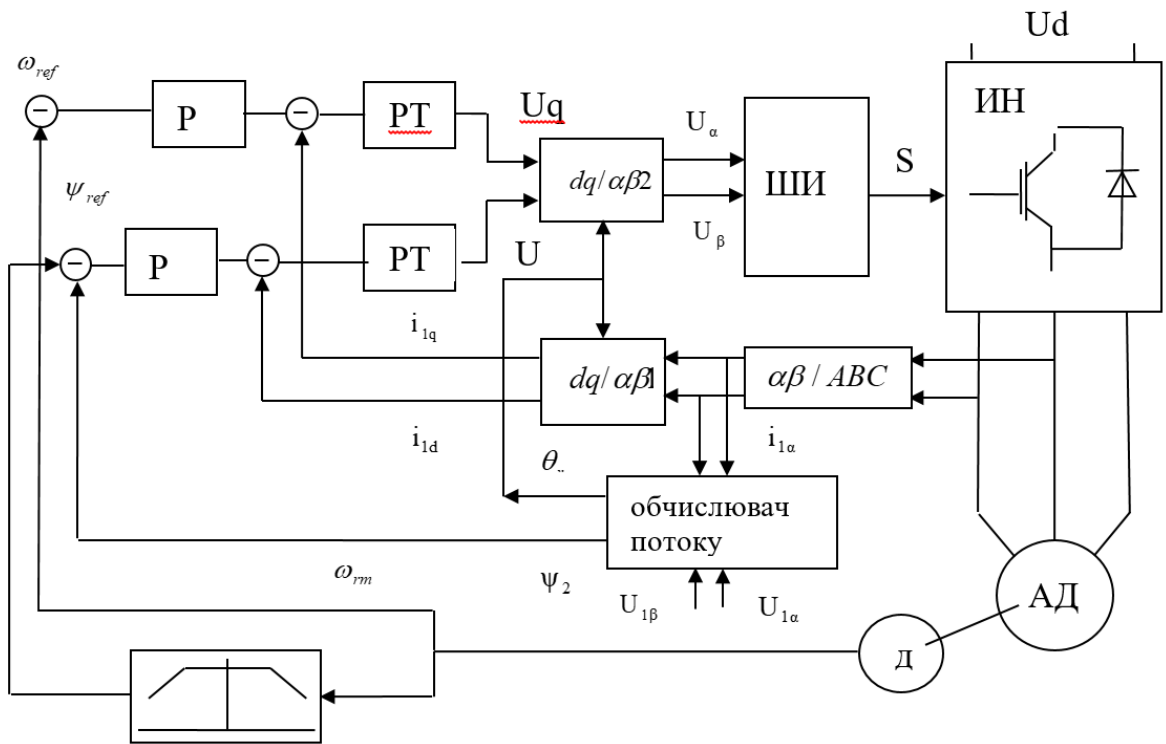


Рис.3.1 Функціональна схема електроприводу, реалізуючи векторне керування.

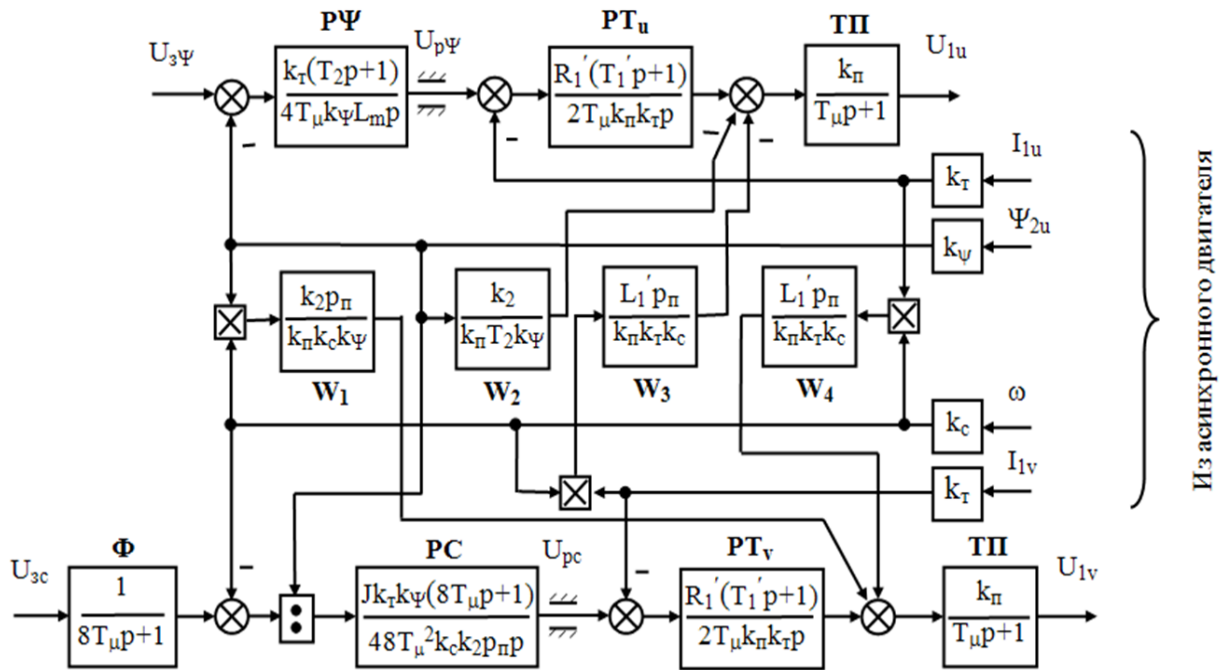


Рис.3.2 Структурна схема САР електроприводу з векторним керуванням.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.МР.20.13. .ЛЗ

Арк.

30

Розрахунок параметрів САР і моделювання проводимо у відносних одиницях.

Параметри ланок, використовувані в моделі :

Базовий опір:

$$Z_b = \frac{(U_H \cdot \sqrt{3})}{(I_H \cdot \sqrt{3})} = 46.34 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі статора:

$$R_{1b} = R_1 \cdot Z_b = 3.63 \cdot 46.34 = 168.21 \text{ Ом}$$

$$X_{1b} = X_1 \cdot Z_b = 2.51 \cdot 46.34 = 116.31 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі ротора:

$$R_{2b} = R_2 \cdot Z_b = 5.38 \cdot 46.34 = 249.3 \text{ Ом}$$

$$X_{2b} = X_2 \cdot Z_b = 2.32 \cdot 46.34 = 107.5 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму:

$$k_t = \frac{U_b}{2 \cdot I_{\phi H} \cdot 2^{0.5}} = \frac{10}{2 \cdot 4.48 \cdot 2^{0.5}} = 0.79$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_s = \frac{U_b}{w \cdot \frac{\Pi}{30}} = \frac{10}{835 \cdot \frac{3.14}{30}} = 0.114$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора:

$$k_2 = \frac{L_m}{L_2} = \frac{0.7264}{1.0671} = 0.6807$$

Постійна часу ротора:

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2} = \frac{1.0671}{249.3} = 0.0043$$

Номінальне потокозчеплення:

$$\Psi_H = \frac{I_H}{1.5 \cdot \sqrt{2} \cdot I_H \cdot 2p \cdot k_2} = \frac{8.2}{1.5 \cdot \sqrt{2} \cdot 8.2 \cdot 4 \cdot 0.6807} = 0.173$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по потокозчепленню:

$$k_\Psi = \frac{U_b}{\Psi_H} = \frac{10}{0.173} = 57.8$$

Передаточна функція регулятора швидкості :

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

Тоді пропорційна частина РШ :

$$W_{PC}(p) = \frac{J \cdot k_t \cdot k_\Psi}{6 \cdot T_\mu \cdot k_s \cdot k_2 \cdot p_n} = \frac{0.11 \cdot 0.79 \cdot 57.8}{6 \cdot 0.001 \cdot 0.114 \cdot 0.6807 \cdot 2} = 5393.9$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтегральна частина:

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

$$W_{PCИ}(p) = \frac{0.11 \cdot 0.79 \cdot 57.8}{48 \cdot 0.001^2 \cdot 0.114 \cdot 0.6807 \cdot 2} = 674241.9$$

Передаюча функція регулятора потокозчеплення:

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

Пропорційна частина регулятора потокозчеплення:

$$W_{P\Psi\Pi}(p) = \frac{k_t \cdot T_2}{4 \cdot T_\mu \cdot k_\psi \cdot L_m} = \frac{0.79 \cdot 0.0043}{4 \cdot 0.001 \cdot 57.8 \cdot 0.7264} = 0.020$$

Інтегральна частина регулятора потокозчеплення:

$$W_{P\PsiИ}(p) = \frac{k_t \cdot (T_2 \cdot p + 1)}{4 \cdot T_\mu \cdot k_\psi \cdot L_m} = \frac{0.7892 \cdot (0.0043 \cdot 2 + 1)}{4 \cdot 0.001 \cdot 124.5 \cdot 0.0416} = 38.42$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Розрахункові параметри САР використовуються для програмування перетворювача частоти.

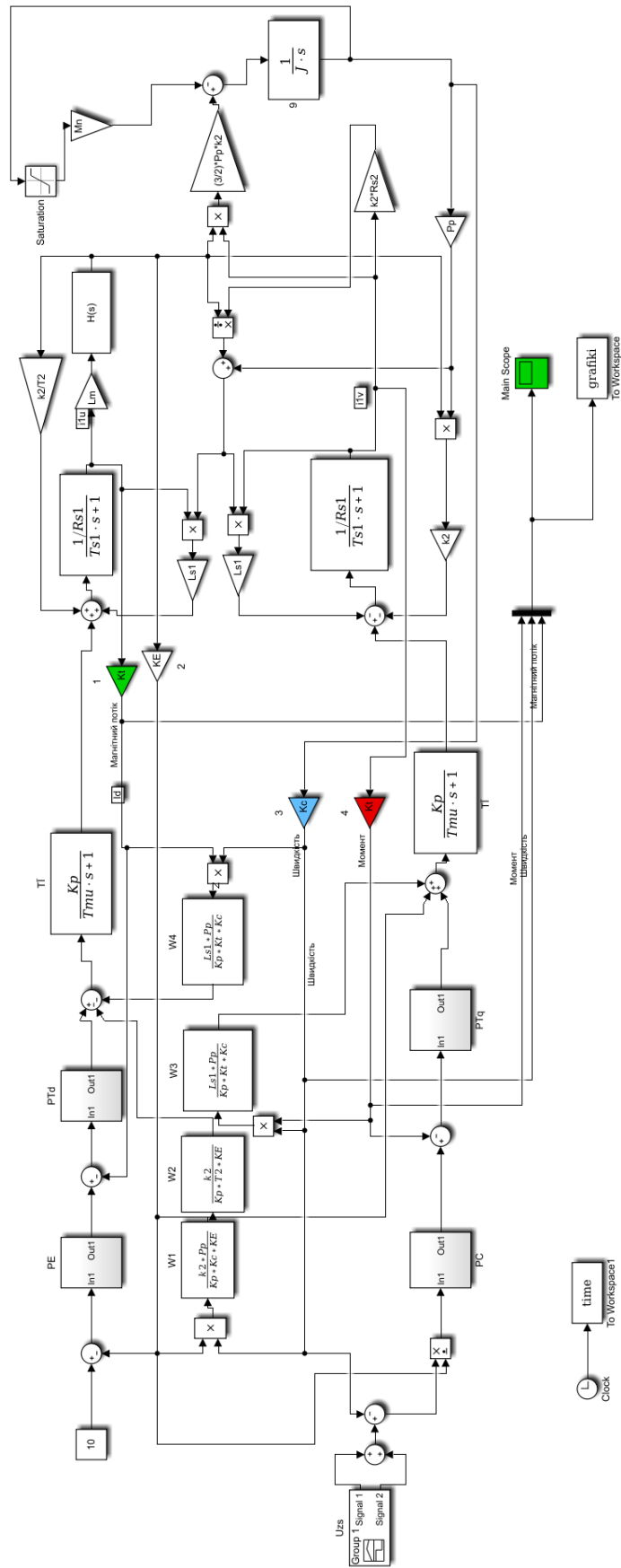


Рис.3.3 Модель електроприводу у середовищі MATLAB/Simulink

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

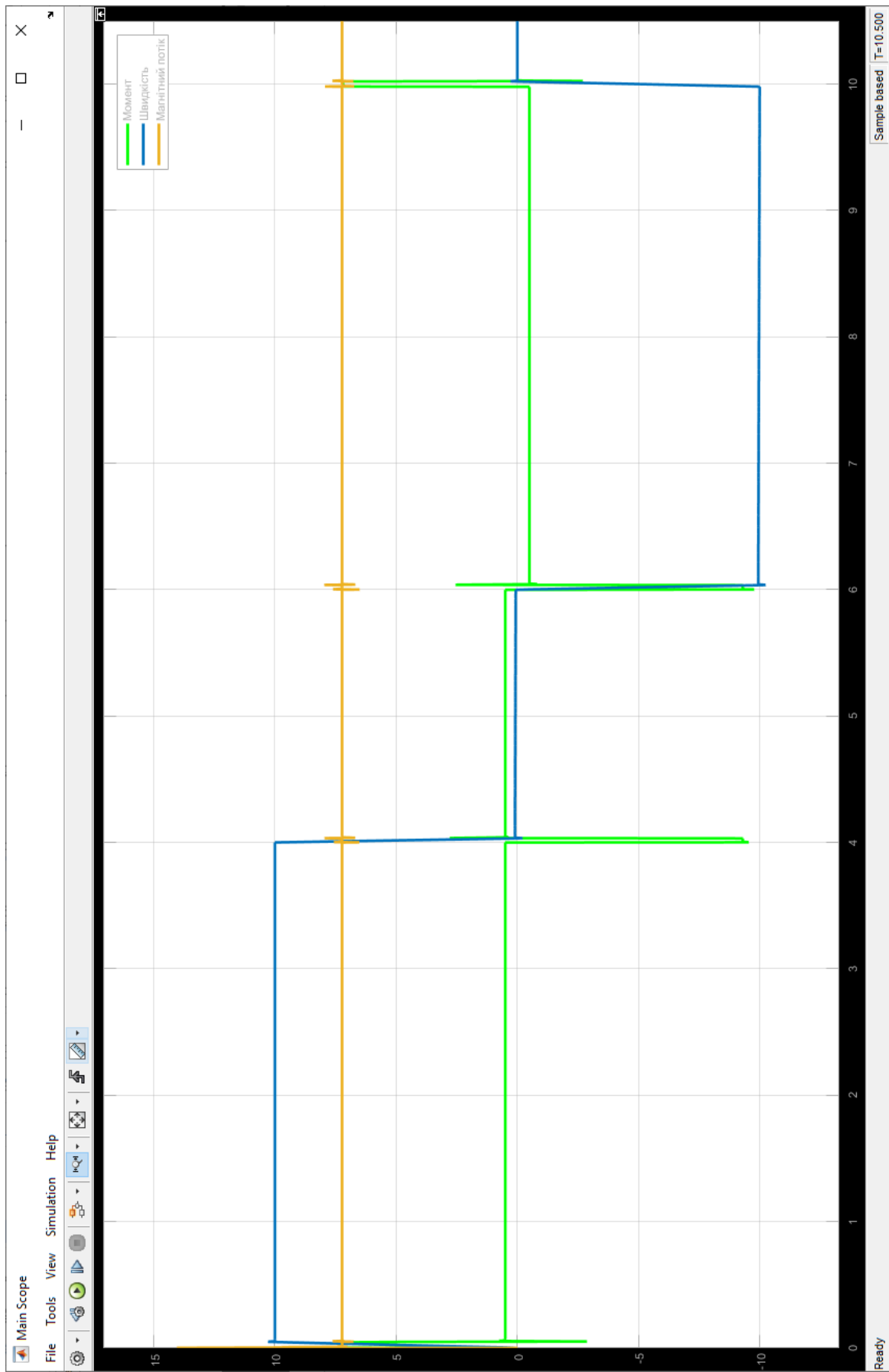


Рис.3.4 Графіки перехідних процесів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.МР.20.13. .ЛЗ

Арк.

35

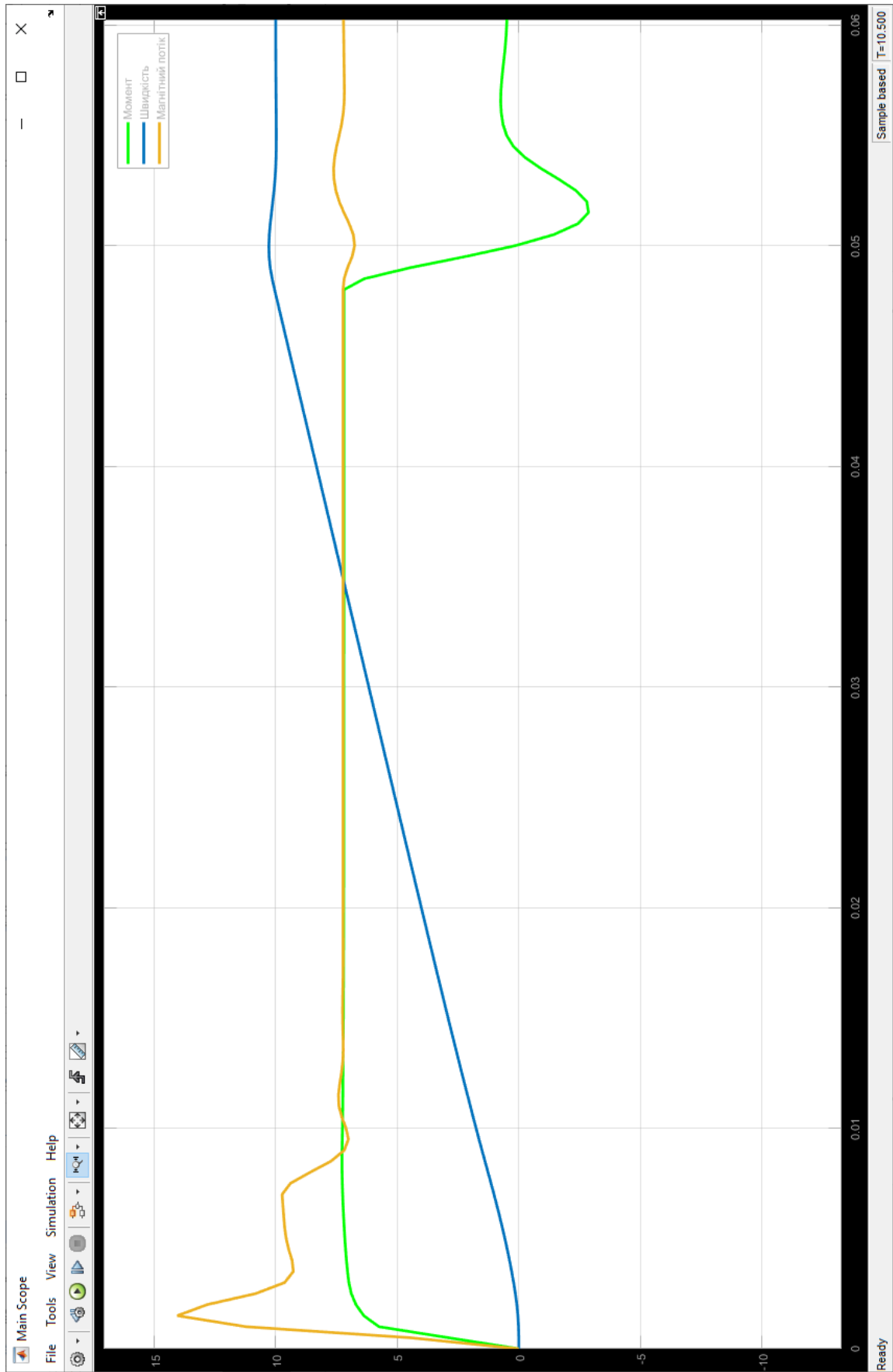


Рис.3.5 Графіки перехідних процесів при пуску двигуна

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.МР.20.13. .ЛЗ

Арк.

36

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Вступ

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

Впровадження частотного регулювання електроприводів (ЧРП) дозволяє:

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

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

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

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

В техніко-економічному обґрунтуванні необхідно вирішити наступні завдання:

- визначити обсяг капітальних витрат
- розрахувати обсяг експлуатаційних витрат
- визначити річну економію від впровадженні науково-технічного рішення

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-визначити та проаналізувати показники економічної ефективності

Головною метою даного розділу є визначення капітальних та експлуатаційних витрат на впровадження проектного варіанту системи електропривода переміщення електричної талі вантажопідйомного крану. Об'єктом проектування є система електропривода на основі перетворювача частоти ALTIVAR 320.

До впровадження проектного варіанту в якості приводного двигуна використовувався асинхронний двигун з короткозамкненим. При цьому прискорення неможливо було регулювати і під час пуску у механічній передачі спостерігались часті удари. При пуску обладнання рух здійснювався ривками.

Розрахунки в спеціальній частині проекту показали доцільність використання сучасної системи електропривода перетворювач частоти - асинхронний двигун з короткозамкненим ротором (ПЧ-АД). Використання такої системи електропривода дозволить впливати на параметри технологічного процесу та умови роботи обладнання: змінювати швидкість без втручання у механічну частину електропривода, змінювати значення прискорення у широких межах і здійснювати плавний розгін, зменшити динамічні навантаження в елементах електропривода за рахунок підвищення якості регулювання режимами роботи двигуна. Також це дозволить підвищити надійність експлуатації устаткування, зменшити кількість ремонтів та час на додаткове обслуговування, зменшити споживання електричної енергії.

4.1 Розрахунок капітальних інвестицій

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації, та можуть включати.

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- витрати, пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;

- витрати, пов'язані з виконанням монтажно-налагоджувальних робіт;

- витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

Капітальні витрати на впровадження проектного варіанта визначаються наступним чином:

$$K_{\text{ПР}} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{ТЗС}} + K_{\text{МН}}$$

де $K_{\text{ОБ}}$ – вартість придбаного обладнання, грн;

$K_{\text{ТЗС}}$ - транспортно-заготівельні та складські витрати, грн;

$K_{\text{МВ}}$ - витрати на монтаж та наладку облядняння, грн.

Транспортно-заготівельні витрати включені у вартість електрообладнання, так як фірма – продавець здійснює його доставку відповідно до договору.

Демонтажні та монтажно-налагоджувальні роботи здійснюються на підприємстві штатними електромеханіками та розраховуються відповідно до формули:

$$Z_{\text{М(Н)}} = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{\text{СМ}} \cdot K_{\text{ПР}}$$

Де $i=4$ – розряд робочих, що здійснюють монтажно-налагоджувальні роботи;

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Ч_i = 1$ чол. – чисельність робочих 4-го розряду задіяних у монтажі;

$a_i = 60.5$ грн. – годинна тарифна ставка робочих (електромонтер 4-го розряду);

$t_i = 32$ год.- час на виконання монтажу та накладки;

$K_d = 1.15$ – коефіцієнт доплат;

$K_{CM} = 1.22$ - коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{пр} = 1.05$ - коефіцієнт, що враховує непередбачені витрати.

Вартість монтажних робіт:

$$З_M = (1 \cdot 32 \cdot 60.5) \cdot 1.15 \cdot 1.22 \cdot 1.05 = 2\,852 \text{ грн.}$$

Вартість налагоджувальних робіт ($t_d = 16$ год. – час на здійснення демонтажу):

$$З_H = (1 \cdot 16 \cdot 60.5) \cdot 1.15 \cdot 1.22 \cdot 1.05 = 1\,426 \text{ грн.}$$

Разом:

$$З_{M(H)} = З_H + З_M = 5704.04 + 2852 = 4\,278 \text{ грн}$$

Проектні капіталовкладення в обладнання та монтаж-налагоджувальні роботи прийняті на основі цін преїскуранта на електрообладнання фірми “Шнейдер Електрик Україна”, (м. Київ, Україна) від 01.04.20.

Розрахунок капітальних витрат подамо в вигляді таблиці капітальних витрат за розділами (Табл.4.1).

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл.4.1

№ п/п	Найменування розділів	Проектний варіант , грн
1.	Електрообладнання:	
	Перетворювача частоти ALTIVAR 320	11 169
	Двигун МТКФ - 012-6	9 950
	Разом	21 119
2.	Витрати на монтаж та наладку	2 852
3.	Демонтажні роботи	1 426
	РАЗОМ	25 397

При прямолінійному методі амортизації, ліквідаційна вартість дорівнює нулю, тому що страше обладнання підлягає списанню, без подальшої реалізації.

Таким чином, капітальні витрати на впровадження проектного варіанту складають:

$$K_{\text{пр}} = 21\,119 + 2\,852 = 23\,971 \text{ грн}$$

$$K_{\text{баз}} = 8\,591 + 1\,426 = 10\,017 \text{ грн}$$

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкту проектування за певний період, виражені в грошовій формі.

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

До основних статей експлуатаційних витрат за електротехнічним обладнанням відносяться :

- амортизаційні відрахування (C_A);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_3);
- єдиний соціальний внесок (C_C);
- витрати на технічне обслуговування та поточний обладнання (C_T);
- вартість електроенергії, спожитої об'єктом проектування (C_E);
- інші витрати (C_{IH}).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = C_A + C_3 + C_C + C_T + C_E + C_{IH}$$

4.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат по видах основних фондів і нематеріальних активів по розділах зведення капітальних витрат для проектного варіанту і за даними підприємства про балансову вартість замінюваного устаткування для базового варіанту.

$$C_A = K_{\text{ПР}} \cdot H_a$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування показників	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
Проектний варіант	23 971	20	4 794
Базовий варіант	10 017	20	2 003

$$C_{A.пр} = 25\,397 \cdot 20\% = 4\,794 \text{ грн}$$

$$C_{A.баз} = 10\,017 \cdot 20\% = 2\,003 \text{ грн}$$

Базова балансова вартість замінюваного устаткування узяті за даними відділу основних засобів підприємства, що складають 10 017 грн.

4.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

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

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

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де n - число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

R_i - годинна ставка робочих, виконуючих ремонт, грн. (60.5 грн)

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

m_i - число ремонтів за рік, 1;

R_Σ - сумарна категорія складності ремонту залежно від виду електроустаткування :

Асинхронні двигуни від 0.5 до 5кВт – 1.3;

S_i - вартість однотипних замінюваних елементів, грн.;

Π - кількість однотипних замінюваних елементів;

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

T_ф - число годин роботи апаратури в рік, ч.

$$Z_{т.р.}^{пр.} = 60.5 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 1.3 + \frac{213 \cdot 3}{1600} \cdot 1800 = 1\,268 \text{ грн}$$

$$Z_{т.р.}^{баз} = 60.5 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 1.3 + \frac{456 \cdot 4}{1000} \cdot 1800 = 3\,833 \text{ грн}$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Кількість спожитої за рік електроенергії в проектному варіанті розрахуємо за формулою:

$$W_s = \frac{P_{\text{пр(баз)}} \cdot \Phi_p}{\text{ККД}}$$

P = встановлена потужність обладнання в базовому і проектному варіанті;

ККД = коефіцієнт корисної дії електропривода в базовому і проектному варіанті;

Φ_p – річний фонд робочого часу визначаємо за формулою:

$$\Phi_p = (D_k - D_{\text{пр}} - D_v) \cdot T_{\text{см}}$$

де D_k - кількість календарних днів в році, 365 днів;

$D_{\text{пр}}$ - кількість святкових днів в році, 11 днів;

D_v - кількість вихідних днів в році, 104 днів;

$T_{\text{см}}$ - номінальний час роботи обладнання, 5 год.

$$\Phi_p = (365 - 104 - 11) \cdot 5 = 1250 \text{ год}$$

Робота на підприємстві здійснюється у дві робочі зміни загальною тривалістю 16 робочих годи. Розглянутий вантажний кран є допоміжним пристроєм для здійснення основних технологічних операцій і використовується не постійно. Загальна тривалість роботи на добу складає 5 робочих годин.

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{s.пр.} = \frac{3 \cdot 1250}{0.85} = 4\,411 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_{s.баз.} = \frac{4.5 \cdot 1250}{0.80} = 7\,031 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість електроенергії, спожитої об'єктом на потязі року, визначається виходячи з його встановленої потужності та річного фонду робочого часу об'єкта за формулою:

$$C_{e.пр(баз)} = W_{s.пр(баз)} \cdot C_e$$

Вартість електроенергії, спожитої об'єктом на потязі року:

$$C_{e.пр} = 4\,411 \cdot 2.019 = 8\,907 \text{ грн}$$

$$C_{e.баз} = 7\,031 \cdot 2.019 = 14\,195 \text{ грн}$$

де C_e - тариф 1 кВт*год. електроенергії для споживачів 1-го класу 1-ї групи, за даними «Дніпрообленерго» станом на 01.08.2020 становить 2,019 грн/кВт*год.

4.6 Річні експлуатаційні витрати

Таким чином, річні експлуатаційні витрати у проектному варіанті:

$$C_{пр} = C_{A.пр} + C_T + C_{e.пр} = 4\,794 + 8\,907 + 1\,268 = 14\,969 \text{ грн}$$

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Річні експлуатаційні витрати у базовому варіанті:

$$C_{\text{баз}} = C_{\text{А.баз}} + C_3 + C_C + C_T + C_{\text{е.баз}} + C_{\text{ІН}} = 2003 + 14\,195 + 3\,833 \\ = 20\,031 \text{ грн}$$

$$\Delta C = C_{\text{баз}} - C_{\text{пр}}$$

$$\Delta C = 20\,031 - 14\,969 = 5\,062 \text{ грн}$$

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

Візьмемо за продукцію Трубу стальну Ду15х2,8-3,2,
(<https://p4416565-truba-du15h28-truba.html>)

Повна річна економія від впровадження варіанту визначаються:

$$E_p = \Delta\P + \Delta C$$

$$\Delta\P = \Pi_{\text{в}} - \Pi_{\text{с}}$$

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

$\Pi_{\text{в}} = 21\,448$ - планована виручка від реалізації продукції в діючих цінах (без ПДВ, акцизів, торгових і збутових знижок);

$\Pi_{\text{с}} = 8\,579$ - повна собівартість реалізованої в майбутньому періоді продукції.

$$\Delta\P = 21\,448 - 8\,579 = 12\,869 \text{ грн}$$

$$E_p = 12\,869 + 5\,062 = 17\,931 \text{ грн}$$

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

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_p = \frac{K_{\text{пр}}}{E_p}$$

$$T_p = \frac{23\,971}{17\,931} = 1.3 \text{ роки}$$

Варіант визнається економічно доцільним оскільки $T_p < 5$.

В даному розділі була визначена загальна сума капітальних витрат на впровадження розробленого технічного рішення, які становлять 23 971 грн.

Річні експлуатаційні витрати будуть складати 14 969 грн.

Досягнуто економії 5 062 грн, обсяг витрат на модернізацію є виправданим. При цьому термін окупності капітальних витрат становить 1.3 року.

					ЕП.МР.20.13. .ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Проведено розрахунок потужності і вибір двигуна електроприводу переміщення електричної талі. Основним критерієм вибору двигуна є величина динамічного моменту, який він може розвивати для розгону.
2. Запропонована система векторного керування швидкістю електродвигуна. Виконані розрахунки регуляторів.
3. Для керування двигуном вибрано перетворювач частоти типу ATV320U06N4C та додаткове обладнання.
4. Методами математичного моделювання проведено дослідження роботи запропонованої системи керування електроприводом, які підтвердили її працездатність.
5. В розділі «Техніко-економічне обґрунтування» проведено розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.

					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

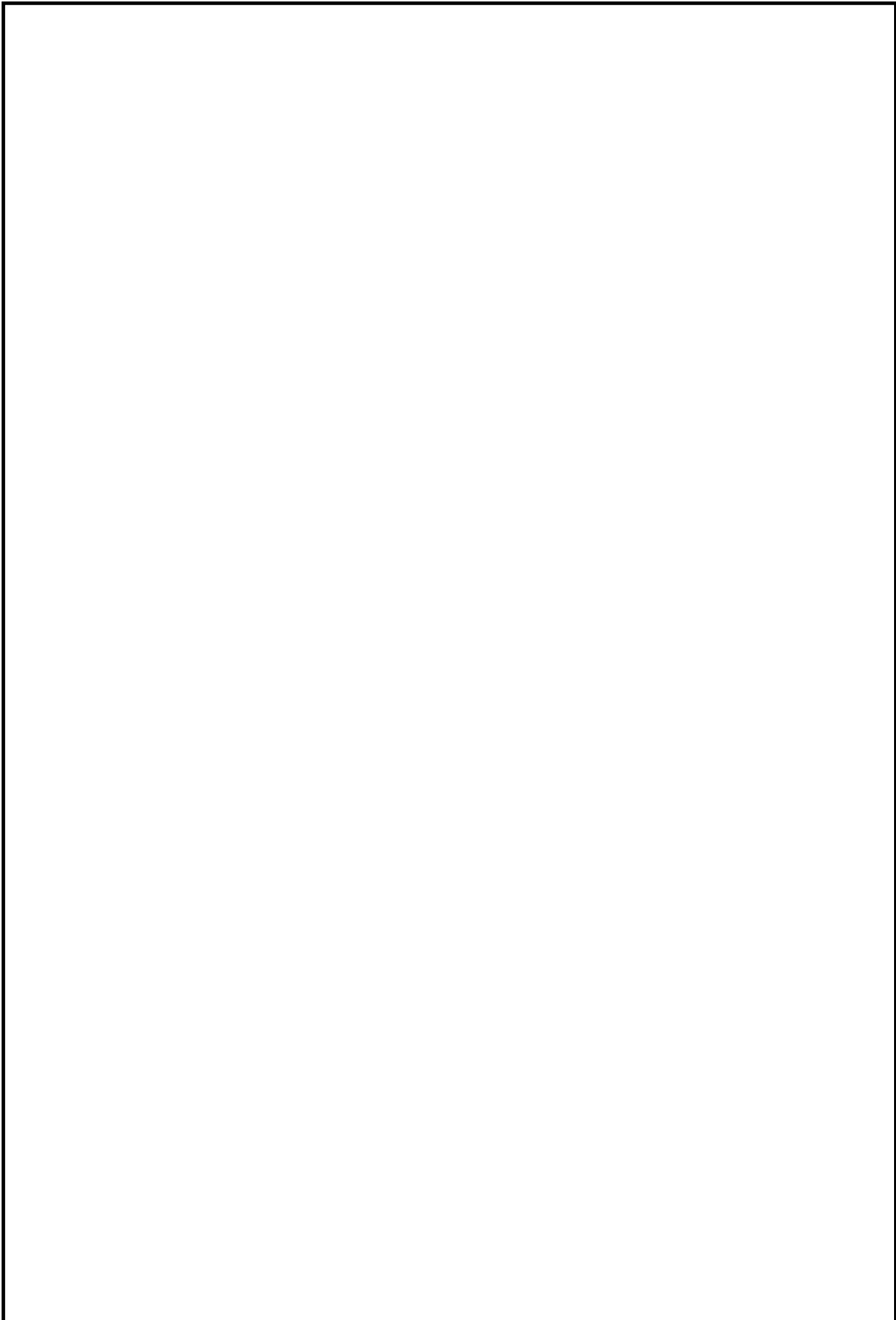
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. А.В. Кузьмин, Ф.Л. Марон .Справочник по расчетам механизмов подъемно– транспортных машин-Высшая школа, 1983.-350с.
2. Колб А.А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навч. посібник. Д.: НГУ. – 2006.
3. Вешевский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.: Энергия, 1977. – 432 с.
4. Яуре Я.Г., Певзнер Е.М. Крановый электропривод: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 344 с.
5. Народицкий А.Г. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов, М.: Энергия. 2004. 224 с.
6. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий/Под ред. М. Г. Зимеикова, Г. В. Розеиберга, Е. М. Фесь- кова. М.: Энергоатомиздат, 1983. 480 с.

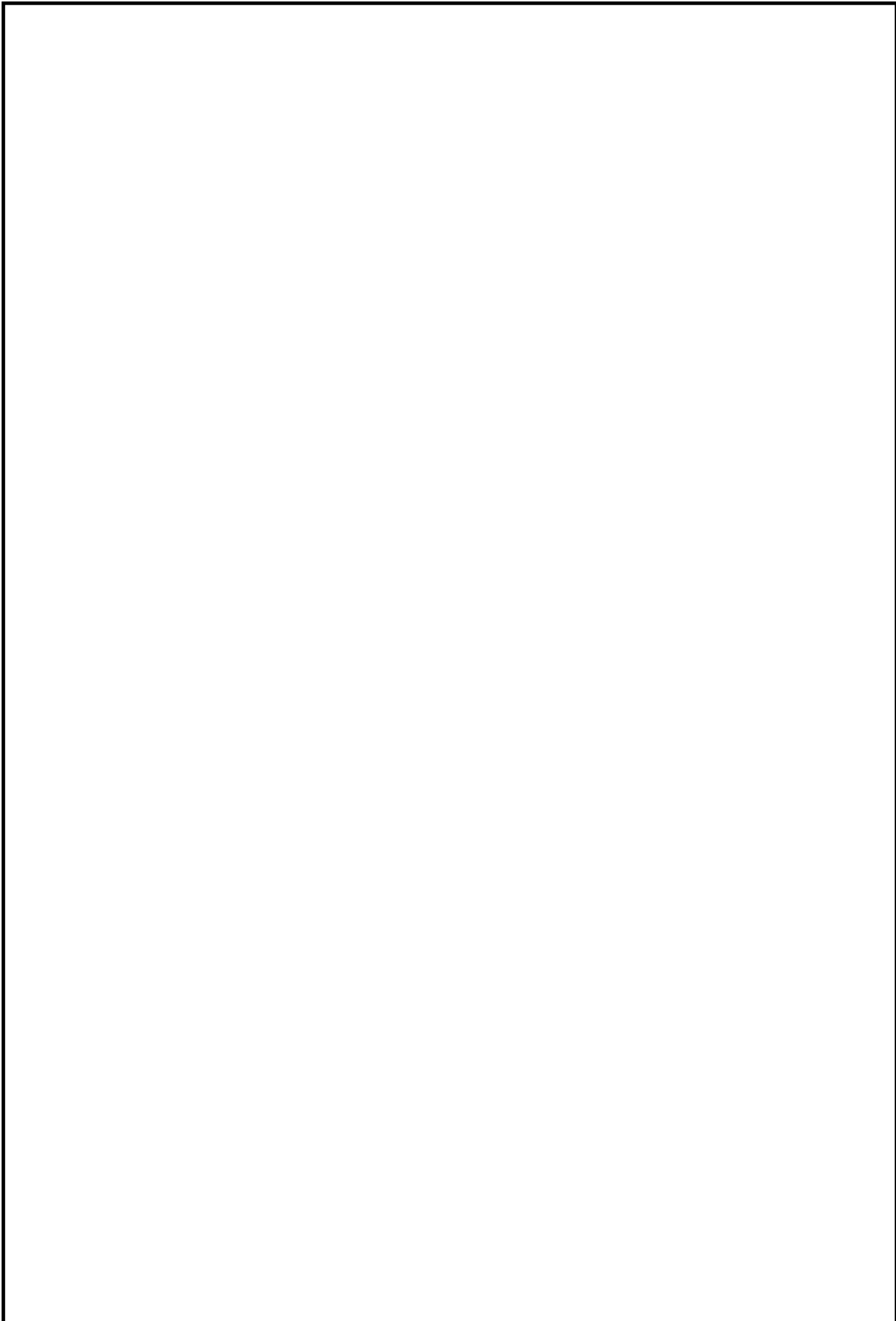
					ЕП.МР.20.13. .ЛЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ЕП.МР.20.13. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51



					ЕП.МР.20.13. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52



					ЕП.МР.20.13. .ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53