

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 бакалавр
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Галімон Олексій Сергійович
(ПІБ)

академічної групи 141-16ск-3
(шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва спеціальності)

спеціалізації

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему «Автоматизований електропривод напору екскаватора ЕКГ-5А»
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг овою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Бородай В.А.			
розділів:				
Технологічна частина	Бакутін А.В.			
Автоматизований електропривод	Бакутін А.В.			
Дослідження динаміки електропривода	Бакутін А.В.			
Охорона праці	Лутс І.О			
Техніко- економічне обґрунтування	Дементьєва Н.В			
Рецензент				
Нормоконтролер	Казачковський М.М			

Дніпро
2019

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
електропривода
(повна назва)

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

«_____» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня _____ **бакалавр** _____
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента _____ Галімон Олексій Сергійович
(ПІБ)

академічної групи _____ 141-16ск-3
(шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва спеціальності)

спеціалізації

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

на тему «Автоматизований електропривод напору екскаватора ЕКГ-5А»
(назва за наказом ректора)

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 1913-л № 12.11.2018

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступ	Актуальність, мета та завдання дипломного проекту	04.05.2019
Технологічна частина	Загальна характеристика механізму напору екскаватора	13.05.2019
Автоматизований Електропривод	Розрахунок механізму напору, вибір електродвигуна та перетворювача частоти	10.05.2019
Дослідження динаміки електропривода	Створення структурної схеми, моделювання перехідних процесів	15.05.2019
Охорона праці	Інженерно-технічні заходи з охорони праці на крановому транспорті	25.05.2019
Техніко-економічне обґрунтування	Економічне обґрунтування прийнятих рішень	04.06.2019

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Бородай В.А.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 15 квітня 2019

Дата подання до екзаменаційної комісії _____ 15.06.2019

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

Термін подання дипломного проекту до ДЕК 15.06.2019 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: стор. 60; рис.19,; табл.7; джерел 7.

Об'єкт: Автоматизований електропривод натиску екскаватора ЕКГ-5А.

Метою дипломного проекту є заміна в ланцюзі управлінні магнітного підсилювача на тиристорний перетворювач.

Технічний проект містить розрахунки, що підтверджують функціональність електромеханічної системи.

Новизна технічного рішення полягає у впровадженні тиристорного перетворювача постійного струму.

Розділ «Технологічна частина» містить відомості і технічні параметри екскаватора ЕКГ – 5А.

У розділі «Автоматизований електропривод» наведено розрахунки параметрів системи автоматичного регулювання. Складена модель електромеханічної системи, проведено моделювання та проаналізовано отримані графіки перехідних процесів.

У розділі «Охорона праці» визначено основні шкідливі фактори на підприємстві, інженерно-технічні заходи щодо зменшення впливу їх на організм людини і описані методи профілактики пожежної безпеки.

Техніко-економічне обґрунтування полягає в розрахунку капітальних витрат та амортизаційних відрахувань, виконано аналіз показників економічної ефективності, на основі якого було визначено, що впровадження об'єкта проектування економічно доцільно.

ТИРИСТОРНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ, МОДЕЛЮВАННЯ, ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ.

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
						1
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: стр. 60; рис. 19; табл.7; источников 7.

Объект: Автоматизированный электропривод напору экскаватора ЭКГ-5А.

Целью дипломного проекта является, замена в цепи управления магнитного усилителя на тиристорный преобразователь.

Технический проект содержит расчеты, подтверждающие функциональность электромеханической системы.

Новизна технического решения заключается во внедрении тиристорного преобразователя постоянного тока.

Раздел «Технологическая часть» содержит сведения и технические параметры экскаватора ЭКГ – 5А.

В разделе «Автоматизированный электропривод» приведены расчеты параметров системы автоматического регулирования. Составлена модель электромеханической системы, проведено моделирование и проанализированы полученные графики переходных процессов.

В разделе «Охрана труда» определены основные вредоносные факторы на предприятии, инженерно-технические меры по уменьшению влияния их на организм человека и описаны методы профилактики пожарной безопасности.

Технико-экономическое обоснование заключается в расчете капитальных затрат и амортизационных отчислений, выполнен анализ показателей экономической эффективности, на основе которого было определено, что внедрение объекта проектирования экономически целесообразно.

ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ.

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
						2
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Explanatory note: p. 60; Fig. 19 ;; tabl.7; sources 7

Object: Automated electric drive under the pressure of EKG-5A excavator.

The purpose of the diploma project is the replacement in the chain of control of the magnetic amplifier on a thyristor converter.

The technical design contains calculations that confirm the functionality of the electromechanical system.

The novelty of the technical solution lies in the introduction of a thyristor DC converter.

The section "Technological part" contains information and technical parameters of ECG-5A excavator.

In the section "Automated electric drive" is the calculation of the parameters of the automatic control system. A model of the electromechanical system is made, the simulations are carried out and the obtained graphs of transient processes are analyzed.

The section "Labor protection" defines the main harmful factors in the enterprise, engineering and technical measures to reduce their impact on the human body and describe the methods of preventing fire safety.

The feasibility study is to calculate capital expenditures and depreciation deductions, an analysis of indicators of economic efficiency has been performed, on the basis of which it was determined that the implementation of the project object is economically feasible.

.Thyris torconverters, modeling, transients.

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Архиви
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1. Призначення, склад і технічна характеристика механізму	7
1.2. Технологія кінематика напірного механізму	10
1.3. Вимоги, що пред'являються до електроприводу	13
2. АВТОМАТИЗОВАНЕ ЕЛЕКТРОПРИВІД	14
2.1. Характеристика об'єкта і вибір системи регулювання ЕП	14
2.2. Розрахунок і вибір двигуна.....	15
2.3. Перевірка двигуна по нагріванню і перевантажувальній здатності	20
2.4. Розрахунок і побудова швидкісної і навантажувальної діаграми.....	27
2.5 Розрахунок і вибір генератора.....	29
2.6. Розрахунок основних параметрів двигуна і генератора.....	29
2.7. Синтез структурної схеми електропривода.....	31
2.8. Синтез системи управління.....	32
2.9. Розрахунок і вибір тиристорного перетворювача.....	34
2.10. Вибір датчиків зворотного зв'язку	36
3. АНАЛІЗ ДІНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	38
3.1.Составлення моделі електроприводу.....	38
3.2.Моделювання перехідних процесів ЕП.....	39
4.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	43
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів.....	43
4.2. Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	44
4.3. Пожежна безпека.....	47
4.4. Розрахунок заземлення.....	48
5. ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	51
Вступ.....	51
5.1. Розрахунок капітальних витрат.....	51
5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат.....	54
5.2.1. Розрахунок амортизаційних витрат.....	54

5.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	55
5.2.3. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.....	56
5.2.4. Визначення інших витрат.....	57
5.2.5. Розрахунок вартості спожитої електроенергії.....	58
ВИСНОВОК	60
ЛІТЕРАТУРА.....	61

Вступ

Екскаратори ЕКГ використовуються на відкритих гірничих роботах в чорній і кольоровій металургії, у вугільній промисловості, в промисловості будівельних матеріалів, а також для виконання земляних робіт при будівництві промислових, гідротехнічних та інших споруд. Екскаратори ЕКГ мають гарну маневреність, прості в управлінні і обслуговуванні. Головними показниками технічного рівня екскараторів є їх продуктивність, надійність, питома витрата електроенергії і металоємність.

Ефективність експлуатації однокішшових екскараторів багато в чому визначає основні техніко-економічні показники підприємства. Основним критерієм ефективності експлуатації однокішшового екскаратора є підвищення продуктивності. Продуктивність екскаратора залежить від якості управління робочим циклом, що складається з операцій копання, перенесення навантаженого ковша в точку розвантаження, розвантаження і перенесення порожнього ковша в забій до точки початку копання. Ці операції здійснюються за допомогою електроприводів підйому, напору ковша і повороту платформи для екскараторів ЕКГ-5А. Зазначені електроприводи прийнято називати головними.

Виходячи з цього, важливе значення набуває завдання автоматизації процесу роботи екскаратора. Основу будь-якої системи автоматичного управління режимом роботи екскаратора складають локальні системи автоматичного управління окремими технологічними операціями.

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.

1.1. Призначення, склад і технічна характеристика механізму.

Екскаватор ЕКГ-5А. Е - екскаватор, К - кар'єрний, Г - гусеничний. Наступна цифра позначає місткість ковша в кубічних метрах. Буквений індекс, наступний за цифрою, показує варіант модернізації.

Екскаватор ЕКГ-5А - електрична кар'єрна повнопривідна лопата на гусеничному ході, призначена для виїмки і навантаження в транспортні засоби або у відвал корисних копалин і розкривних порід у важких забоях, у тому числі важких скельних, попередньо розпушених вибухом. Екскаватори ЕКГ використовуються на відкритих гірничих роботах в чорній і кольоровій металургії, у вугільній промисловості, в промисловості будівельних матеріалів, а також для виконання земляних робіт при будівництві промислових, гідротехнічних та інших споруд. Розробляються породи з об'ємною масою понад 2 т / м³ повинні бути попередньо розпушені. Випускається Уральським заводом важкого машинобудування з кінця 1970-х років. За весь час цих машин було випущено понад 5 тисяч. Екскаватор ЕКГ-5А є найпоширенішим кар'єрним екскаватором на всьому пострадянському просторі.

Залежно від кліматичних умов екскаватори випускають у виконанні «У» (помірний, граничні межі коливання температури $\pm 40^{\circ} \text{C}$); «ХЛ» (хладоустойчивості, коливання від $+40$ до -60°C ; «С» (північний) - від $+40$ до -50°C ; «Т» (тропічний) - від $+55$ до -20°C .

Основні технічні дані наведені в таблиці 1.

Зовнішній вигляд і габаритні розміри екскаватора ЕКГ-5А показані на

Рис 1.

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1. Технічні дані екскаватора ЕКГ-5А

Найменування, одиниця виміру	Величина
Конструктивна маса (без противаги), т	157
Додатковий противагу, т	40
Місткість ковша основного, м ³	5
Місткість ковшів змінних, м ³	4,6-6,3;
Швидкість пересування екскаватора по горизонтальній площадці, к / год	0,55
Найбільший здолати підйом, град	12
Середнє питомий тиск на ґрунт, кПа	205/162/127
Найбільше підйомне зусилля, тс	50
Швидкість підйому ковша, м / с	0,87
Найбільше напірне зусилля, тс	20,5
Швидкість напору, м / с	0,45
Частота обертання поворотної платформи при сталому русі, об / хв	3,0 - 3,5
привід механізмів	електричний
Напруга підводиться струму (частоти 50 Гц), В	6000
Найбільший радіус копання, R	14,5
Найбільший радіус вивантаження, R ¹	12,65
Радіус копання на рівні стоянки, R ²	8,6-9,3
Найбільша висота копання, Н	10,3
Найбільша висота вивантаження, Н ¹	6,7
Просвіт під поворотною платформою, h	1,85
Габаритний радіус поворотної платформи, r	5,25
Габаритна висота до даху кузова, Р	5,47
Довжина стріли, А	10,5
Довжина рукояті, В	7,8
Відстань від осі п'яти стріли до осі обертання екскаватора, Т	2,25
Висота осі п'яти стріли від рівня стоянки, S	2,54
Довжина гусеничного ходу, V	5,83
Ширина гусеничної стрічки, мм	900/1100/1400

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ

Аркуш

8

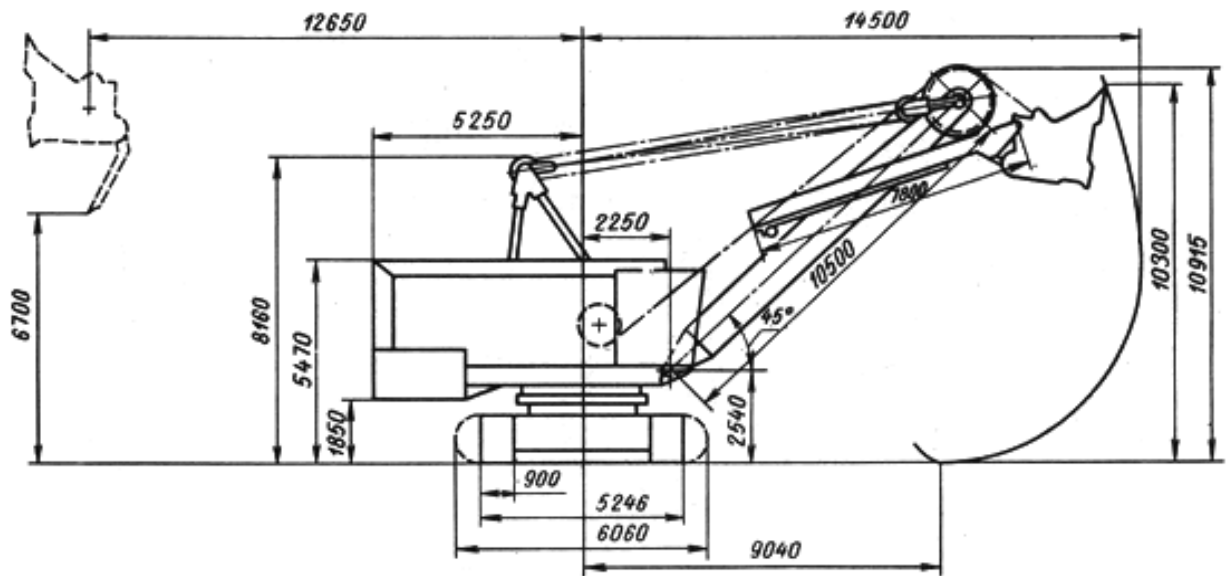


Рис 1. Зовнішній вигляд і габаритні розміри екскаватора ЕКГ-5А.

До складу механічного обладнання екскаватора ЕКГ-5А типу «пряма лопата» (РИС 2, 3) входять: робоче обладнання, поворотна платформа і ходовий візок. Робоче обладнання включає в себе стрілу, рукоять з ковшем і механізм відкривання днища ковша.

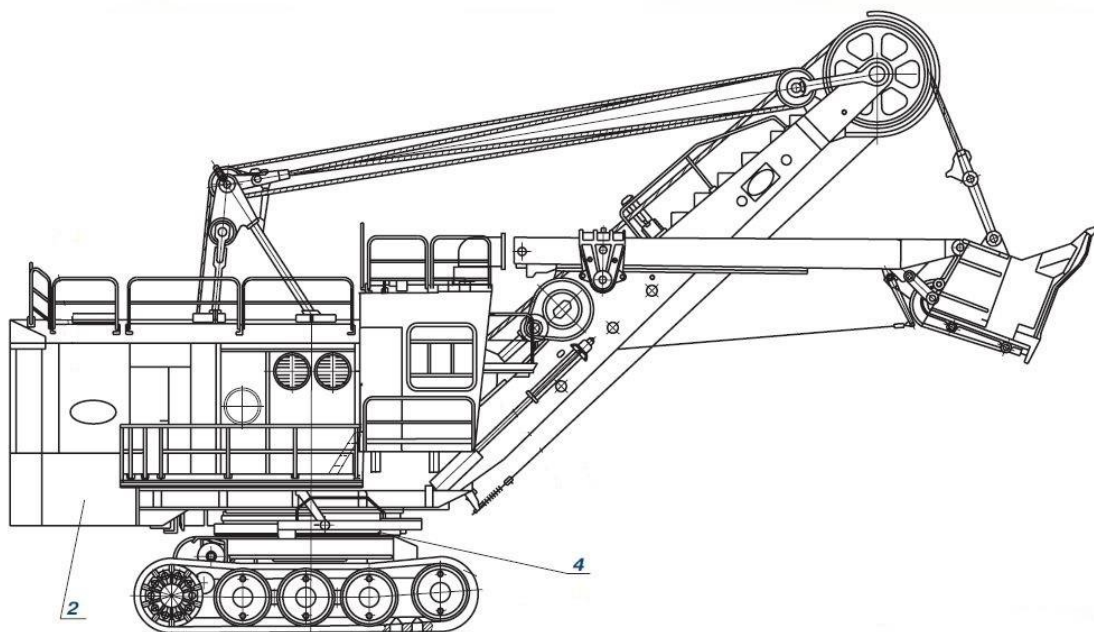


Рис 2. Зовнішній вигляд екскаватора ЕКГ-5А

де 2 - поворотна платформа; 4 - ходовий візок

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ

Аркуш

9

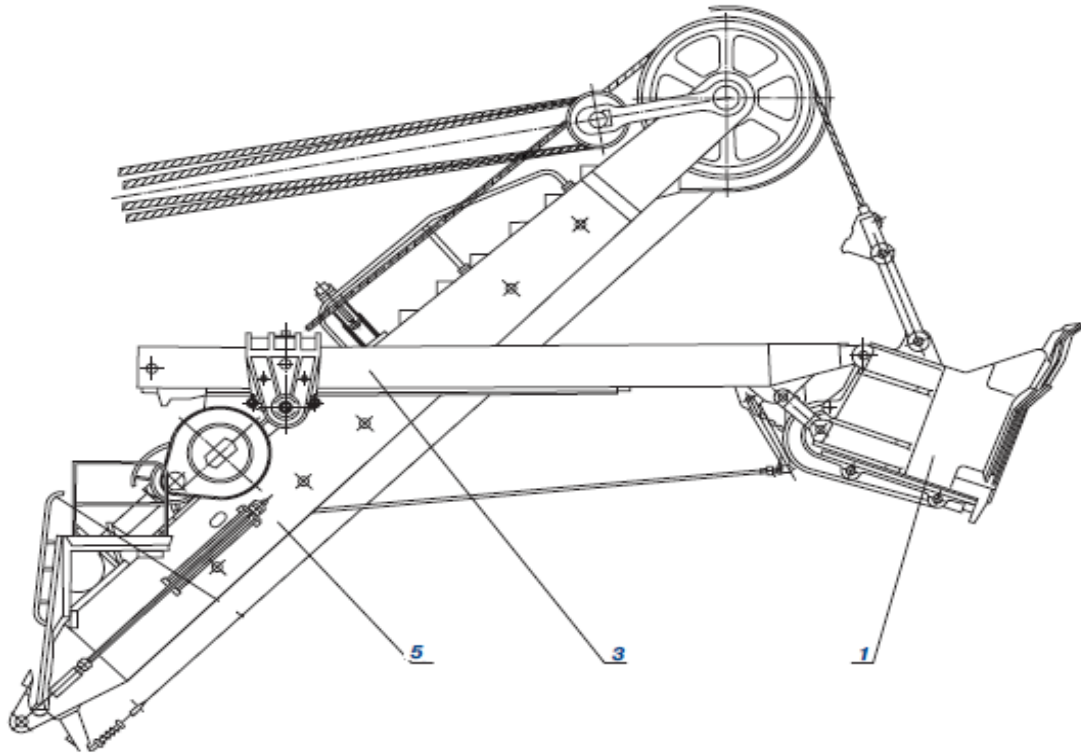


Рис 3. Робоче обладнання екскаватора ЕКГ-5А
де 1 - ківш; 3 - рукоять; 5 - стріла

1.2. Технологія і кінематика напірного механізму

Дипломна робота присвячена вибору головного приводу механізму напору (Рис 4), розрахунок моментів навантажень, і перевірки двигуна, і вибору тиристорного перетворювача постійного струму для управління струмом збудження генератора системи Г-Д напірного механізму.

Напірний механізм складається з електродвигуна, двоступінчастого циліндричного редуктора, вбудованого в плиту корпусу стріли, двох сідлових підшипників. Електродвигун кріпиться до двох поперечних листам, які в свою чергу закріплюються на верхньому настилі стріли за допомогою болтів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

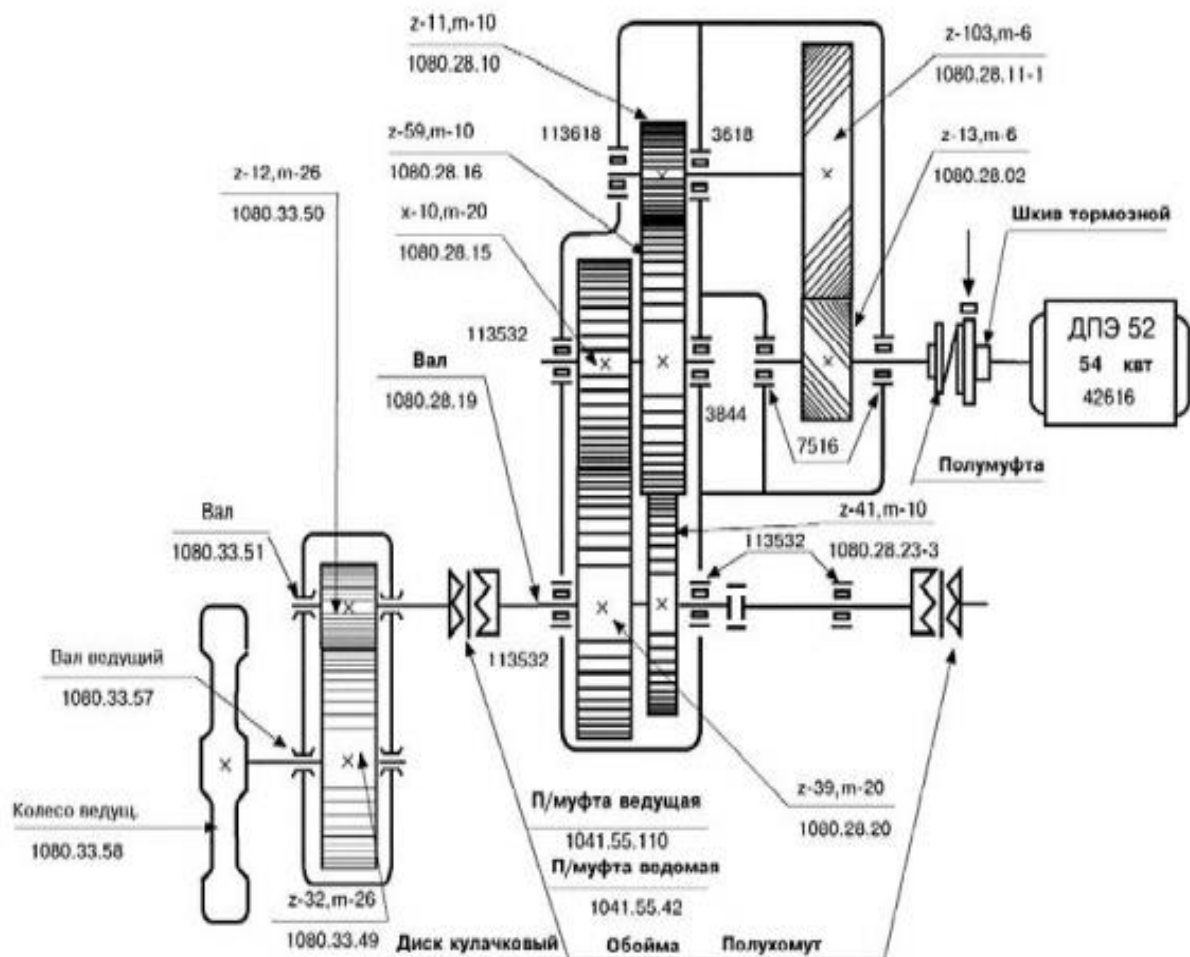


Рис 4. Механізм напору.

Оскільки моторна шестерня напірного механізму кріпиться безпосередньо на валу електродвигуна, то регулювання зачеплення, наприклад при заміні шестерні або електродвигуна, повинна здійснюватися за рахунок пересування електродвигуна з подальшим жорстким кріпленням його від зсуву за допомогою приварних упорів. Корпус електродвигуна з'єднується з воздуховодом охолоджуючого вентилятора за допомогою матер'яної вставки, так як жорстке кріплення воздуховода утруднить огляд колектора і щіткового апарату електродвигуна. У механізмах напору, з огляду на жорсткого з'єднання ковша з рукояттю, захист від перевантажень, здійснювана електроприводом, не завжди гарантує необхідне обмеження зусиль при різких стопоренні. Тому в даному механізмі застосовують додатковий захист з

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

допомогою муфти граничного моменту (Рис 5). Кінематична схема напірного механізму в значній мірі визначає технічні вимоги до електроприводу цього механізму. У зубчастих передачах існують зазори, які можуть бути причиною ударних навантажень, якщо електропривод не забезпечить плавний вибір зазорів (люфтів). Крупномодульних зубчасті зачеплення в редукторах повороту можуть викликати резонансні коливання, дуже небезпечні для металоконструкцій, в першу чергу - для стріли. Захист від цього режиму може бути забезпечена особливими "протівоколебательними" характеристиками електроприводу, схемами з'єднання електродвигунів повороту і застосуванням тихохідних двигунів (при відповідному зменшенні передавальних відносин).

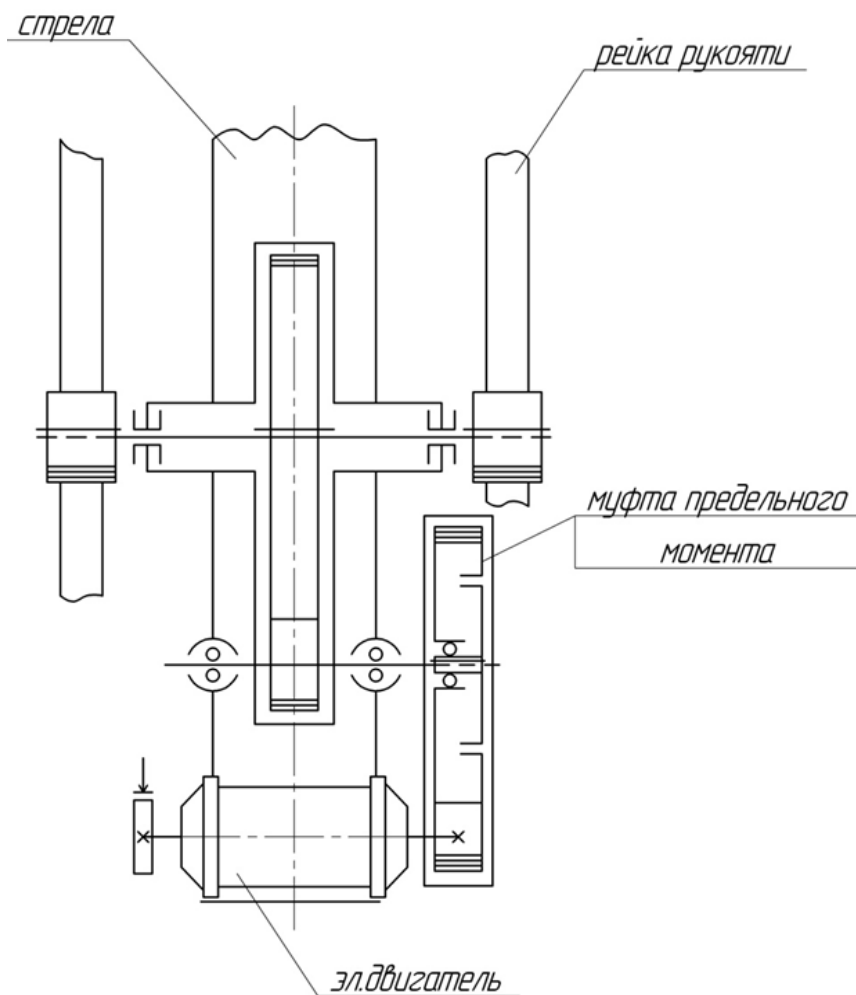


Рис 5. Кінематична схема напірного механізму.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.3 Вимоги, що пред'являються до електроприводу

Найбільш характерною особливістю роботи цього механізму є можливість його вимушеної зупинки під час роботи в разі зустрічі ковша з непереборною перешкодою. Такий режим роботи називається роботою на упор або стопоріння. Отже, для забезпечення надійної та безаварійної роботи робочого механізму потрібно зниження моменту (навантаження) до допустимих меж при стопоренні і відома податливість його приводного двигуна (м'якість характеристики), з тим щоб швидкість двигуна могла бути автоматично сповільнена при досить великому збільшенні навантаження.

До електроприводу екскаватора через важкі умови роботи і різко змінних навантажень на перший план висувуються такі вимоги:

1. Висока конструктивна надійність механізму.
2. Забезпечення обмеження моменту при виконанні технологічних операцій, щоб уникнути поломок механізмів.
3. Регулювання швидкості в діапазоні (4 ... 10): 1.
4. Швидкість переміщення при черпанні породи має номінально значення $v = 0,55 \text{ м / с}$
5. Швидкість напірного механізму $v_b = 0,15 \text{ м / с}$
6. Режим роботи механізму напорі - S8
7. Формування оптимальних за швидкодією перехідних процесів з обмеженням моменту (струму).

Задовольнити всім перерахованим вимогам може лише система електроприводу, що забезпечує безперервне управління швидкістю механізму в усіх режимах з високими показниками точності і кваліфікації регулювання основних координат.

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2. АВТОМАТИЗОВАНЕ ЕЛЕКТРОПРИВІД

2.1 Характеристика об'єкта і вибір системи регулювання електроприводом

На вітчизняних кар'єрах широко застосовуються екскаватори типу ЕКГ, велика частина яких експлуатується протягом 10-30 років. На них застосовується система Г-Д володіє рядом переваг:

- здатність стійко працювати в умовах слабких кар'єрних мереж;
- високий коефіцієнт потужності $\cos \varphi$;
- відносно проста за структурою схема керування швидкістю двигунів.

Недоліки існуючих схем управління головними приводом напору в основному пов'язані із застосуванням застарілої схеми управління, виконаної на підсумкових магнітних підсилювачах. Ці недоліки виявляються в наступному:

- велику вагу і матеріалоємність;
- значні втрати енергії;
- низька швидкодія і якість;
- відсутність системи діагностики;
- низька стабільність
- недовикористання можливостей системи Г-Д по гасінню коливань в головних механізмах.

Основна причина недоліків походить від того, що головний механізми є двухмассовою механічною системою з нежорсткої кінематикою, яка доповнюється ще поруч накопичувачів електромагнітної енергії. На роботу електромеханічної системи в цілому впливають на наявність ряду великих постійних часу, необхідний нахил робочої ділянки механічних характеристик, пристрій обмеження струму. Все це призводить до появи різних пружних, іноді і знакозмінних, коливань навантаження і швидкості.

Головний недолік полягає в тому, що при експлуатації екскаваторів ЕКГ-5А використовуються магнітні підсилювачі виходять зі строю, а в зв'язку з тим,

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

що вони сильно застаріли, вони більше не випускаються заводами виробниками. І знайти потрібний магнітний підсилювач на ринку практично неможливо. В дипломній роботі пропонується заміна магнітного підсилювача в системі управління сучасним тиристорним преобразувателем.

Тому дипломна робота присвячена вибору головного приводу механізму напору, розрахунок моментів навантажень, і перевірки двигуна, і вибору тиристорного перетворювача постійного струму для управління струмом збудження генератора системи Г-Д напірного механізму.

Перевірка теоретичних розробок виконується на прикладі екскаватора ЕКГ-5А. Розраховуються сили, які діють на механізм і вибирається параметри механізму напору.

Синтез систем управління механізму напору виконується без урахування пружного зв'язку. При цьому виходять прості регулятори. Привід механізму напору ковша долають великі зусилля, тому що механізм напору працює на упор.

2.2. Розрахунок і вибір двигуна

Швидкість переміщення при черпанні породи має номінальне значення $v = 0,55$ м / с, при повороті ковша на розвантаження швидкість напірного механізму $v_b = 0,15$ м / с, при повороті порожнього ковша до місця копання швидкість напірного механізму $v = 0,5$, м / с.

Ємність ковша $E_l = 5$, м³

Вага екскаватора: $m_{екс} = k_{екс} \cdot E_l = 40 \cdot 5 = 200$, т

де $k_{екс} = 40$ - лінійний коефіцієнт питомої маси екскаватора.

Визначимо розміри ковша механічної лопати (ширина, довжина і висота):

$$b_{к.л} = 1,2 \cdot \sqrt[3]{E_l} = 1,2 \cdot \sqrt[3]{5} = 1,768, \text{ м}$$

$$l_{к.л} = 0,77 \cdot b_{к.л} = 0,77 \cdot 1,768 = 1,362, \text{ м}$$

$$h_{к.л} = 0,75 \cdot b_{к.л} = 0,75 \cdot 1,768 = 1,326, \text{ м}$$

Визначимо масу і вага ковша:

$$m_{к.л} = 1,15 \cdot C_{к.л} \cdot E_{л} = 1,15 \cdot 1,1426 \cdot 5 = 4,205, \text{ т}$$

$$G_{к} = m_{к.л} \cdot g \cdot 10^3 = 4,205 \cdot 9,8 \cdot 10^3 = 41,207 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

де $C_{к.л} = 0,9-1,7$ – коефіцієнт умов роботи.

Розмір стріли і рукояті:

$$L_{ст} = k_{Lcc} \cdot \sqrt[3]{m_{экс}} = 1,85 \cdot \sqrt[3]{200} = 9,323, \text{ м}$$

$$L_{р} = k_{Lp} \cdot \sqrt[3]{m_{экс}} = 1,2 \cdot \sqrt[3]{200} = 6,048, \text{ м}$$

де $k_{Lcm} = 1,8-1,85$ – лінійний коефіцієнт довжини стріли

а $k_{Lp} = 1,15-1,25$ – лінійний коефіцієнт довжини рукояті.

Маса і вага двохблочної рукояті:

$$m_{р} = C_{р} \cdot m_{к.л} = 0,8 \cdot 4,205 = 3,364, \text{ т}$$

$$G_{р} = m_{р} \cdot g \cdot 10^3 = 3,364 \cdot 9,8 \cdot 10^3 = 3,297 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

де $C_{р} = 0,8-1,0$ – коефіцієнт для визначення розмірів руків'я екскаваторів.

Высота напорного вала:

$$L_{н} = k_{Ln} \cdot \sqrt[3]{m_{экс}} = 1,1 \cdot \sqrt[3]{200} = 5,544, \text{ м}$$

де $k_{Ln} = 1,1$ – лінійний коефіцієнт висоти напірного вала.

Висота п'яти стріли:

$$L_{н} = k_{Ln} \cdot \sqrt[3]{m_{экс}} = 0,45 \cdot \sqrt[3]{200} = 2,268, \text{ м}$$

									Аркуш
									16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ				

де $k_{Ln}=0,45$ - лінійний коефіцієнт висоти п'яти стріли.

Максимальна висота копання:

$$L_{kop} = k_{Lko} \cdot \sqrt[3]{m_{\text{экс}}} = 1,75 \cdot \sqrt[3]{200} = 8,819, \text{ м}$$

де $k_{Lkon}=1,7-1,8$ - лінійний коефіцієнт максимальної висоти копання.

Вага породи в ковші:

$$G_n = \frac{E_l \cdot \gamma_n}{k_p} \cdot g \cdot 10^3 = \frac{5 \cdot 3,3}{1,34} \cdot 9,8 \cdot 10^3 = 77,23 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

де $\gamma_n = 3,3$ щільність гірської породи в ковші, приймаємо для породи IV категорії;

$k_p=1,34$ коефіцієнт розпушення породи.

Вага ковша:

$$G_k = m_{k.l} \cdot g \cdot 10^3 = 4,205 \cdot 9,8 \cdot 10^3 = 41,21 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

Вага породи з ковшем:

$$G_{kn} = G_k + G_n = 41,21 \cdot 10^3 + 77,23 \cdot 10^3 = 125,9 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

Опір породи копання:

$$N_{ln} = \frac{k_{k.l} \cdot E_l \cdot 10^4}{L_3 \cdot k_p} = \frac{24 \cdot 5 \cdot 10^4}{5,544 \cdot 1,34} = 103,4 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

где $k_{k.l}=24$ – питомий опір породи копання, залежне від характеру породи;
 L_3 – висота забою, яка приймається висоті напірного вала екскаватора L_n

Зусилля при повороті навантаженого ковша на розвантаження:

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$N'_{n.l} = \frac{G_{kn} \cdot l'_k \cdot \cos(\alpha) + G_p \cdot l'_p \cdot \cos(\alpha)}{l'_n \cdot \sin(\beta)}$$

$$N'_{n.l} = \frac{118,4 \cdot 10^3 \cdot 6,932 \cdot \cos(20^\circ) + 32,97 \cdot 10^3 \cdot 3,024 \cdot \cos(20^\circ)}{6,932 \cdot \sin(51^\circ)} = 175,9 \cdot 10^3, H$$

$$l'_p = \frac{L_p}{2} = \frac{6,048}{2} = 3,024, m$$

$$l'_n = L_p = 6,048, m$$

$$l'_k = \frac{b_{k.l}}{2} + l'_n = \frac{1,768}{2} + 6,048 = 6,932, m$$

Визначимо зусилля і потужність електродвигуна механізму напору в окремі періоди роботи екскаватора протягом одного циклу.

Зусилля в період копання:

$$F_k = k_{k.l} \cdot N_{l.l} = 0,7754 \cdot 103,4 \cdot 10^3 = 80,17 \cdot 10^3, H$$

де $k_{k.l} = (0,5-1,05)$

Потужність під час копання:

$$P_k = \frac{F_k \cdot v}{\eta_{n.m}} = \frac{80,17 \cdot 10^3 \cdot 0,5}{0,85} = 47,16 \cdot 10^3, Bm$$

де $\eta_{n.m} = 85\%$ - ККД механізму;

$v = 0,5$ (м/с) – швидкість напору при копанні

Поворот навантаженого ковша на розвантаження:

$$F_v = G_{kn} \cdot \sin(\alpha) + G_p \cdot \sin(\alpha) + N'_{n.l} \cdot \cos(\beta)$$

$$F_v = 118,44 \cdot 10^3 \cdot \sin(20^\circ) + 32,97 \cdot 10^3 \cdot \sin(20^\circ) + 183,5 \cdot 10^3 \cdot \cos(51^\circ) = 167,239 \cdot 10^3, H$$

						ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			18

Потужність під час повороту з навантаженим ковшем:

$$P_v = \frac{F_v \cdot v_z}{\eta_{н.м}} = \frac{167,239 \cdot 10^3 \cdot 0,15}{0,85} = 29,51 \cdot 10^3, \text{ Вт}$$

де $v_z = 0,15$ (м/с) – швидкість напору під час повороту на розвантаження.

Поворот порожнього ковша на завантаження:

$$F_z = G_k + G_p = 41,21 + 32,97 = 74,17 \cdot 10^3, \text{ Н}$$

Потужність під час повороту з порожнім ковшем на завантаження:

$$P_z = \frac{F_z \cdot v}{\eta_{н.м}} = \frac{74,17 \cdot 10^3 \cdot 0,5}{0,85} = 43,63 \cdot 10^3, \text{ Вт}$$

Середньозважена потужність двигуна механізму напору:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_k \cdot t_{н.к} + P_v \cdot t_{н.в} + P_z \cdot t_{н.з}}{T_{\text{ц}}} = \frac{47,16 \cdot 9 + 29,51 \cdot 9 + 43,63 \cdot 9}{27} = 40,1, \text{ Вт}$$

де $T_{\text{ц}}$ – час циклу екскаватора.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Виходячи із середньозваженої потужності, вибираємо двигун:

Тип	4ПФМ280М
номінальна потужність	$P_n = 45 \text{ кВт}$
Напруга	$U_n = 440 \text{ В}$
Номінальна частота обертання	$n_{ном} = 500 \text{ об/мин}$
Максимальна частота обертання	$n_{max} = 1250 \text{ об/мин}$
Номінальний струм	$I_{н.дв} = 118 \text{ А}$
ККД	$\eta_{дв} = 83,9\%$
напруга збудження	$U_{воз} = 110 \text{ В}$
кількість щіток	$N_{щот} = 8$
тривалість включення	$PВ = 100\%$

Електричні машини постійного струму серії 4П призначені для комплектації електроприводів постійного струму загальнопромислового призначення (фарбувально-оздоблювальних і підйомно-транспортних машин, а також бурових верстатів і агрегатів екскаваторів).

З умовного позначення видно, що це двигун із серії 4П. Виконання за ступенем захисту і способу охолодження: Ф - захищене IP23; М - означає модифікація серії 4П; 280 - висота осі обертання в мм; умовна довжина сердечника М - друга довжина.

Двигун може працювати в обох напрямках.

2.3. Перевірка двигуна по нагріванню і перевантажувальній здатності

Перевірку вибраного двигуна на нагрів виконуємо методом еквівалентних моментів.

Для визначення передавального числа редуктора необхідно знати частоту обертання вихідного вала редуктора з кремальєрного шестернею:

$$n_{кр} = \frac{60 \cdot v_p}{\pi \cdot D_{кр}} = \frac{60 \cdot 0,45}{3,14 \cdot 0,265} = 32,4 \approx 32, \text{ об/мин}$$

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

де $v_p = 0,4 - 0,74$ - швидкість переміщення рукояті;

$D_{кр}$ – діаметр ділильної окружності кремальєрного шестерні,

$$D_{кр} = 2,9 \cdot \sqrt{\frac{F_v}{2}} \cdot 10^{-3} = 2,9 \cdot \sqrt{\frac{167,239 \cdot 10^2}{2}} \cdot 10^{-3} = 0,265, \text{ м}$$

Розрахункова передавальне число редуктора:

$$i_{ред.н.расч.} = \frac{n_{ном}}{n_{кр}} = \frac{500}{32} = 15,625$$

Приймаємо двоступеневий редуктор з найближчим $i_{ред.н.} = 16$

Відповідно до рекомендацій приймаємо величину моментів:

$$M_{ном.} = 9550 \cdot \frac{P_n}{n_{ном}} = 9550 \cdot \frac{45}{500} = 859,5, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{ст.н.} = 2,5 \cdot M_{ном.} = 2,5 \cdot 859,5 = 2149, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{отс.н.} = 0,75 \cdot M_{ст.н.} = 0,75 \cdot 2149 = 1612, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де $M_{ном.}$ – номінальний момент двигуна напору, $M_{ст.н.}$ – стопорний момент, $M_{отс.н.}$ – момент відсічення.

Визначаємо приведені до валу двигуна моменти інерції поступально переміщуються рукояті, ковша і породи в ковші. При рейковому напорі рукоять виконують Двобалочний.

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Тому моменти інерції розраховуємо:

Рукояті:

$$J_p = 91 \cdot \frac{m_p \cdot v_p^2 \cdot 10^3}{n_{ном}^2} = 91 \cdot \frac{3,364 \cdot 0,45^2 \cdot 10^3}{500^2} = 0,248, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Ковша:

$$J_k = 91 \cdot \frac{m_{к.л} \cdot v_p^2 \cdot 10^3}{n_{ном}^2} = 91 \cdot \frac{4,205 \cdot 0,45^2 \cdot 10^3}{500^2} = 0,31, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Породы в ковші:

$$J_{пор} = 91 \cdot \frac{m_n \cdot v_p^2 \cdot 10^3}{n_{ном}^2} = 91 \cdot \frac{7,881 \cdot 0,45^2 \cdot 10^3}{500^2} = 0,581, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

де m_n – маса породи

$$m_n = \frac{E_l \cdot \gamma_n}{k_p} = \frac{5 \cdot 3,3}{1,34} = 7,881, \text{ т}$$

Момент інерції якоря двигуна:

$$J_{я} = 0,005 \cdot M_{ном} = 0,005 \cdot 859,5 = 4,298, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Момент інерції редуктора:

$$J_{ред.н} = 0,1 \cdot J_{я} = 0,1 \cdot 4,298 = 0,4298, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Зусилля і потужність при повороті порожнього ковша в забій:

$$N''_{н.л} = \frac{G_k \cdot l'_k \cdot \cos(\alpha) + G_p \cdot l'_p \cdot \cos(\alpha)}{l'_n \cdot \sin(\beta)}$$

$$N''_{н.л} = \frac{41,21 \cdot 10^3 \cdot 6,932 \cdot \cos(20^\circ) + 32,97 \cdot 10^3 \cdot 3,024 \cdot \cos(20^\circ)}{6,932 \cdot \sin(51^\circ)} = 99,51 \cdot 10^3, H$$

Момент опору, створюваний вагою рукояті і ковша:

$$M_{18} = \frac{N''_{н.л} \cdot D_{кр}}{2 \cdot i_{ред.н.} \cdot \eta_{н.м}} = \frac{99,51 \cdot 0,265 \cdot 10^3}{2 \cdot 16 \cdot 0,85} = 970,216, H \cdot м$$

Динамічний момент двигуна:

$$M_{19} = (M_{отс.н.} - M_{18}) + \frac{M_{отс.н.} - M_{ст.н.}}{2}$$

$$M_{19} = 1612 - 970,216 + \frac{2149 - 1612}{2} = 909,94, H \cdot м$$

Сумарний момент інерції, без породи:

$$J_{\Sigma} = J_p + J_k + J_{ред.н.} + J_{я} = 0,248 + 0,31 + 0,43 + 4,298 = 5,285, кг \cdot м^2$$

Час розгону двигуна:

$$t_{15} = J_{\Sigma} \cdot \frac{\omega_{ном.н.}}{M_{19}} = 5,285 \cdot \frac{52,5}{909,94} = 0,305, с$$

$$\text{де } \omega_{ном.н.} = 0,105 \cdot n_{ном} = 0,105 \cdot 500 = 52,5, \text{ рад/с}$$

Середній момент, що розвивається двигуном при розгоні,

$$M_{20} = M_{18} + M_{19} = 970,216 + 909,94 = 1880, H \cdot м$$

						ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			23

Момент опору і час в процесі копання:

$$M_{21} = \frac{F_k \cdot D_{кр}}{2 \cdot i_{ред.н.} \cdot \eta_{н.м}} = \frac{80,17 \cdot 0,265 \cdot 10^3}{2 \cdot 16 \cdot 0,85} = 781,573, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$t_{16} = (t_1 + t_2) - t_{15} = (0,32 + 6,35) - 0,305 = 6,365, \text{ с}$$

де t_1 и t_2 – час розгону двигуна і час копання з усталеною швидкістю, що відносяться до приводу підйому.

Середній гальмівний момент двигуна при зниженні швидкості до $0,3\omega_{ном}$

$$M_{22} = \frac{M_{ст.н} + M_{отс.н}}{2} = \frac{2149 + 1612}{2} = 1880, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час гальмування до швидкості $0,3\omega_{ном} = 15,75, \text{ с}^{-1}$

$$t_{17} = (J_{\Sigma} + J_{нор}) \cdot \frac{0,7 \cdot \omega_{ном.н}}{M_{22}} = (5,285 + 0,581) \cdot \frac{0,7 \cdot 52,5}{1880} = 0,115, \text{ с}$$

Середній момент при висуненні рукояті на всю довжину зі зниженою швидкістю:

$$M_{23} = \frac{F_v \cdot D_{кр} \cdot \eta_{н.м}}{2 \cdot 2 \cdot i_{ред.н.}} = \frac{16,72 \cdot 0,265 \cdot 0,85 \cdot 10^3}{2 \cdot 2 \cdot 16} = 589,019, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час висунення рукояті на повну довжину можна прийняти рівним часу підйому ковша з горизонтального положення з усталеною швидкістю на максимальну висоту:

$$t_{18} = \frac{L_{\text{кон}} - L_{\text{н}}}{v_{\text{н.л}}} = \frac{8,819 - 5,544}{0,9} = 3,64, \text{ с}$$

де $v_{\text{н.л}}$ – максимальна швидкість підйому

Далі підуть маневри з навантаженим ковшем, з можливим утриманням ковша в верхньому положенні до його розвантаження в загальмованому стані. Гальмівний момент двигуна при цьому:

$$M_{24} = \frac{F_v \cdot D_{\text{кр}} \cdot \eta_{\text{н.м}}}{2 \cdot i_{\text{ред.н.}}} = \frac{16,72 \cdot 0,265 \cdot 0,85 \cdot 10^3}{2 \cdot 16} = 1178, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час:

$$t_{19} = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4) - (t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18})$$

$$t_{19} = (0,32 + 6,35 + 7,07 + 0,28) - (0,305 + 6,365 + 0,115 + 3,64) = 3,595, \text{ с}$$

де t_3 и t_4 – час обертання поворотної платформи до місця розвантаження, що дорівнює часу утримання навантаженого ковша в загальмованому стані. І час гальмування двигуна до швидкості обертання дорівнює $0,1\omega$ номдл для приводу підйому.

При розвантаженні ковша момент двигуна напірного механізму може змінюватися від моменту, який відповідає величині $M_{24} = 1178 \text{ Н} \cdot \text{м}$ до моменту, відповідного горизонтального положення рукояті, тобто рівному нулю. Отже, середнє значення моменту може бути:

$$M_{25} = M_{23} = 589,019 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Час пов'язане з операціями при розвантаженні ковша

де t_5 – час розвантаження ковша.

Момент при розгоні порожнього ковша з рукояттю до сталої швидкості:

$$M_{26} = \frac{M_{ст.н} + M_{отс.н}}{2} - M_{28} = \frac{2149 + 1612}{2} - 522,455 = 1358, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де M_{28} – момент при маневруванні руків'ям з ковшем за час повороту порожнього ковша в забій:

$$M_{28} = \frac{F_z \cdot D_{кр} \cdot \eta_{н.м}}{2 \cdot i_{ред.н.}} = \frac{74,17 \cdot 0,265 \cdot 0,85 \cdot 10^3}{2 \cdot 16} = 1178, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час розгону двигуна з ковшем і держакром до сталої швидкості:

$$t_{21} = J_{\Sigma} \cdot \frac{0,7 \cdot \omega_{ном.н}}{M_{26}} = 5,285 \cdot \frac{0,7 \cdot 52,5}{1358} = 0,143, \text{ с}$$

Момент двигуна при розгоні платформи з порожнім ковшем:

$$M_{27} = \frac{M_{ст.н} + M_{отс.н}}{2} = \frac{2149 + 1612}{2} = 1880, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час при маневруванні руків'ям з порожнім ковшем, під час повороту платформи з ковшем в забій:

$$t_{22} = T_u - (t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18} + t_{19} + t_{20} + t_{21} + t_{23})$$

$$t_{22} = 27 - (0,305 + 6,365 + 0,115 + 3,64 + 2,65 + 0,143 + 0,204) = 9,983, \text{ с}$$

									Аркуш
									26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ				

Момент при гальмуванні двигуна при переміщенні порожнього ковша з рукояттю:

$$M_{29} = (M_{отс.н.} - M_{28}) + \frac{M_{отс.н.} - M_{ст.н.}}{2}$$

$$M_{29} = 1612 - 1178 + \frac{2149 - 1612}{2} = 1358, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час гальмування

Момент двигуна, що розвивається при гальмуванні:

$$M_{30} = \frac{M_{ст.н.} + M_{отс.н.}}{2} = \frac{2149 + 1612}{2} = 1880, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2.4. Розрахунок і побудова швидкісної і навантажувальної діаграми

За отриманими даними будуюмо швидкісну діаграму механізму напоріу (Рис 6).

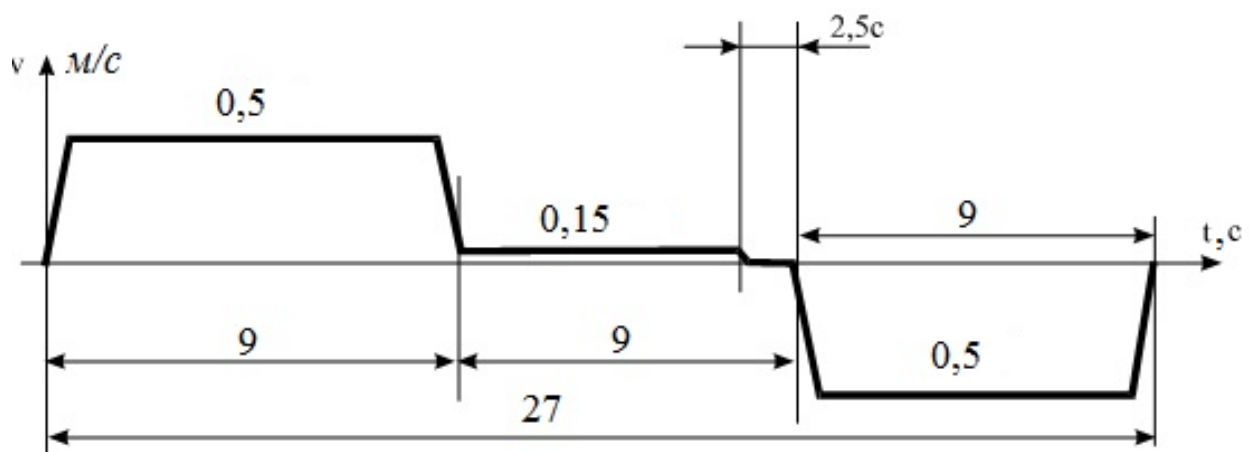


Рис 6. Швидкісна діаграма роботи напірного механізму.

За отриманими даними будуюмо навантажувальну діаграму двигуна напірного механізму (Рис 7).

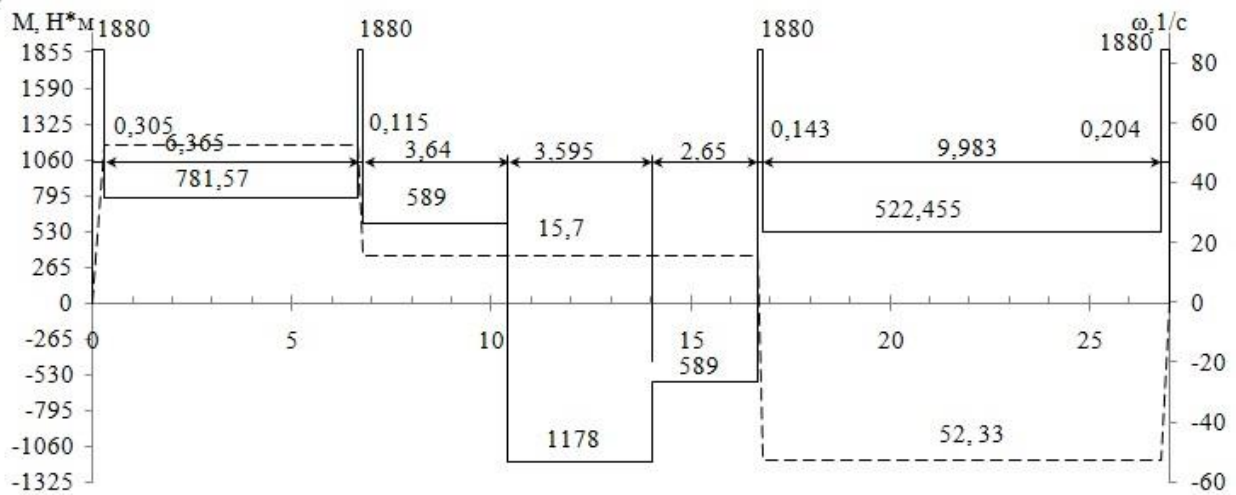


Рис 7. Навантажувальна діаграма двигуна напірного механізму.

Еквівалентний момент двигуна напірного механізму:

$$M_{\text{екв.н}} = \sqrt{\frac{M_{20}^2 \cdot t_{15} + M_{21}^2 \cdot t_{16} + M_{22}^2 \cdot t_{17} + M_{23}^2 \cdot t_{18} + M_{24}^2 \cdot t_{19} + M_{25}^2 \cdot t_{20} + M_{27}^2 \cdot t_{21} + M_{28}^2 \cdot t_{22} + M_{30}^2 \cdot t_{23}}{T_{\text{ц}}}}$$

$$M_{\text{екв.н}} = \sqrt{\frac{1880^2 \cdot 0,305 + 781,57^2 \cdot 6,365 + 1880^2 \cdot 0,115 + 589,019^2 \cdot 3,64 + 1178^2 \cdot 3,595 + 589,019^2 \cdot 2,65 + 1880^2 \cdot 0,143 + 522,455^2 \cdot 9,983 + 1880^2 \cdot 0,204}{27}} = 781,65, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Зрівняємо номінальний момент двигуна $M_{\text{ном}}$, з еквівалентним моментом $M_{\text{екв.н}}$. Если $M_{\text{ном}} \geq M_{\text{екв.н}}$ то двигун обраний правильно.

$$M_{\text{ном}} = 859,5, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{\text{екв.н}} = 781,65, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$859,5 > 781,65, \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

розрахунки показали, що для напірного механізму двигун відповідає всім вимогам по нагріванню.

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

2.5. Розрахунок і виборгенератора

Обрана традиційна система приводу Г-Д. Двигун обраний в п. 2.2.

Для вибору генератора нам потрібно щоб ЕРС генератора було не менше напруги двигуна, а потужність генератора балу не менш електричної потужності двигуна.

Знаходимо потужність генератора:

$$P_{\text{дв.эл}} = \frac{P_n}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{45}{0,839} = 53,635, \text{ кВт}$$

Вибираємо генератор:

Тип	ГПЭ 75
Потужність	$P_2 = 75, \text{ кВт}$
Напруга	$U_2 = 440, \text{ В}$
Частота обертання	$n_2 = 1500, \text{ об/мин}$
ККД	$\eta_{\text{дв}} = 83,9\%$
Напруга збудження	$U_{\text{в0з}} = 110, \text{ В}$
Номинальний струм якоря	$I_{\text{н.2}} = 185,88, \text{ А}$
Індуктивність обмотки збудження	$L_{\text{вз.2}} = 1,426, \text{ Гн}$

2.6. Розрахунок основних параметрів двигуна і генератора

Обчислимо номінальний струм обмотки збудження генератора при номінальній напрузі $110\text{В} = U_{\text{в}}$, ном:

$$I_{\text{вз.2}} = \frac{\Delta P_2}{2 \cdot U_{\text{2.вз}}} = \frac{6788}{2 \cdot 110} = 30,85, \text{ А}$$

де ΔP_2 – потужність втрат в генераторі, знаходиться:

$$\Delta P_2 = U_2 \cdot I_{\text{н.2}} - P_2 = 440 \cdot 185,88 - 75000 = 6,788, \text{ кВт}$$

Індуктивність якірної обмотки генератора:

$$L_{я.г} = \frac{\kappa \cdot U_{г.я}}{I_{н.г} \cdot n_{г} \cdot p} = \frac{6 \cdot 440}{185,88 \cdot 1500 \cdot 6} = 0,001578 \text{ Гн}$$

Опір якоря генератора:

$$R_{я.г} = \frac{\Delta P}{I_{н.г}^2} = \frac{6788}{185,88^2} = 0,098, \text{ Ом}$$

Опір обмотки збудження генератора:

$$R_{гз.г} = \frac{U_{гз.г}}{I_{гз.г}} = \frac{110}{30,85} = 3,565, \text{ Ом}$$

Індуктивність якірного ланцюга двигуна:

$$L_{я.дв} = \frac{\kappa \cdot U_{дв}}{I_{н.дв} \cdot n_{дв} \cdot p} = \frac{6 \cdot 440}{118 \cdot 500 \cdot 6} = 0,007458 \text{ Гн}$$

Втрата потужності в двигуні:

$$\Delta P_{дв} = U_{дв} \cdot I_{н.дв} - P_{дв} = 440 \cdot 118 - 45000 = 6,92, \text{ кВт}$$

Опір якірного ланцюга двигуна:

$$R_{я.дв} = \frac{\Delta P_{дв}}{I_{н.дв}^2} = \frac{6920}{118^2} = 0,2484, \text{ Ом}$$

Опір якірного ланцюга системи Г-Д дорівнюватиме:

$$R_c = R_{я.дв} + R_{я.2} = 0,2484 + 0,098 = 0,346, \text{ Ом}$$

Індуктивність якірного ланцюга двигуна в електроприводі Г-Д дорівнюватиме:

$$L_c = L_{я.дв} + L_{я.2} = 0,00745 + 0,001578 = 0,009036, \text{ Гн}$$

Електромагнітна постійна часу електроприводу:

$$T_{\vartheta} = \frac{L_c}{R_c} = \frac{0,009036}{0,346} = 0,026, \text{ с}$$

2.7. Синтез структурної схеми електропривода

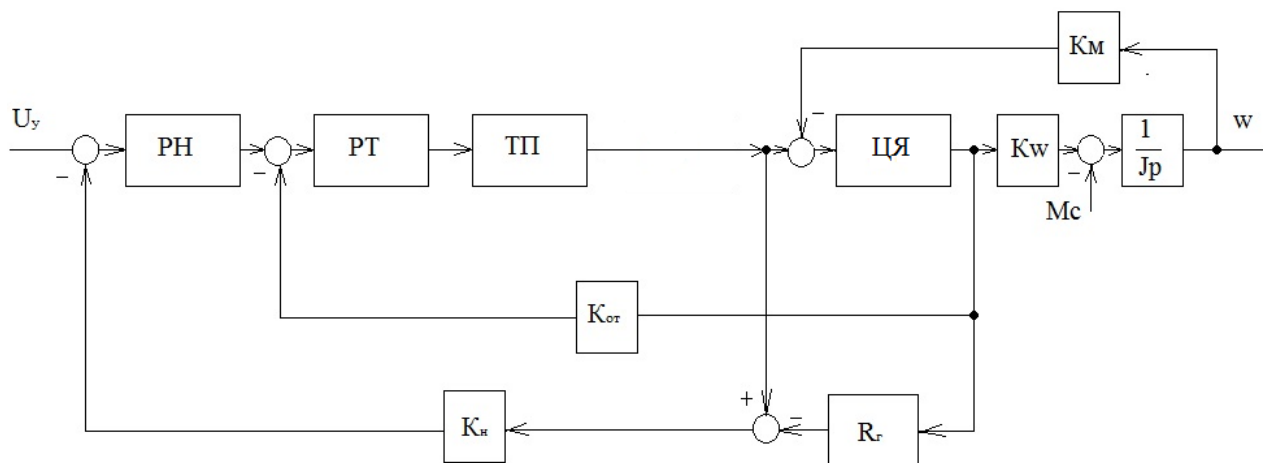


Рис 8. Структурна схема електроприводу напору.

Пропонується система управління збудженням генератора, з регулятором струму РТ, і регулятором напруги РН, які включені послідовно. Зворотні

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

зв'язку по струму якірного ланцюга Кот і по напрузі генератора Кон дозволяє незалежне налаштування ділянок екскаваторної характеристики приводу.

2.8. Синтез системи управління

Розрахунок параметрів схеми управління

Знаходимо коефіцієнт посилення тиристорного перетворювача:

$$k_n = \frac{U_{\text{вз.з}}}{U_y} = \frac{110}{10} = 11$$

де $U_y = 10, В$ – стандартна напруга системи управління.

Знаходимо коефіцієнт посилення генератора:

$$k_z = \frac{U_{\text{дв}}}{U_{\text{вз.з}}} = \frac{440}{110} = 4$$

Приймаємо: постійна часу тиристорного перетворювача $T_\mu = 0,01, с$,
постійна часу обмотки збудження генератора $T_{\text{ов}} = 0,4, с$
переводимо швидкість з *об/хв* на *рад/с*

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{n_n \cdot \pi}{30} = \frac{500 \cdot 3,14}{30} = 52,33, \text{ рад/с}$$

Обчислюємо стопорний струм:

$$I_{\text{ст}} = 2,5 \cdot I_{\text{н.дв.}} = 2,5 \cdot 118 = 295, \text{ А}$$

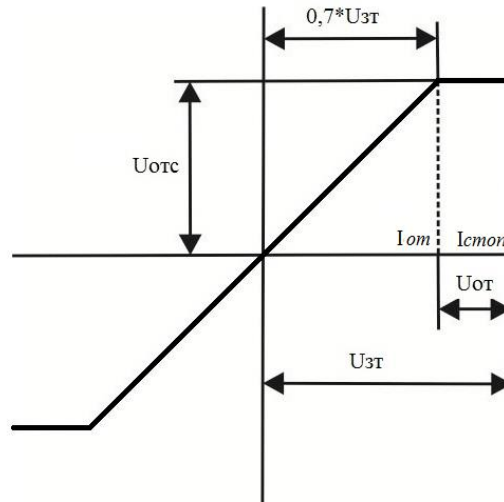


Рис 9. Регулятор струму.

Обчислюємо струм відсічення:

$$I_{отс.} = 0,7 \cdot I_{ст.} = 0,7 \cdot 295 = 206,5, \quad A$$

Сигнал завдання на стопорний струм $U_{зм} = U_{стоп} = 10, B$

Тому коефіцієнт зворотного зв'язку по струму буде рівний:

$$K_{от} = \frac{U_{зм}}{I_{ст}} = \frac{10}{295} = 0,0339, \quad Ом$$

Коефіцієнт підсилення регулятора струму:

$$K_{ум1} = \frac{U_y}{0,7 \cdot U_{зм}} = 1,429$$

Для знаходження регулятора напруги приймаємо $U_{зн} = 10, B$
приймаємо ΔU_y

$$\Delta U_y = 0,1 \cdot U_{зн} = 1$$

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

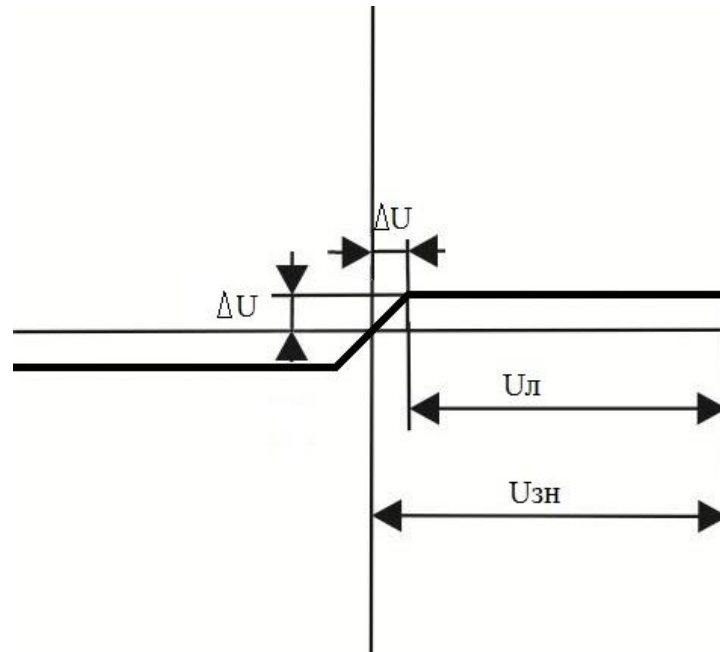


Рис 10. Регулятор напруги.

Коефіцієнт підсилення регулятора напруги:

$$K_{ум1} = \frac{U_y}{\Delta U_y} = \frac{10}{1} = 10$$

2.9. Розрахунок і вибір тиристорного перетворювача

Так як магнітні підсилювачі занадто застаріли і більше не випускаються, регулювання постійного струму в обмотці збудження проводиться за допомогою тиристорного перетворювача постійного струму, який живить обмотку збудження генератора.

Вибір тиристорного перетворювача проводиться по максимальному струму, напрузі харчування ТП і вихідній напрузі. Так як обмотка збудження чисто індуктивне навантаження, то струм не може швидко змінитися і стати більше номінального, тому перетворювач вибирається по номінальному струму обмотки збудження.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У зв'язку з тим, що тиристорний перетворювач малої потужності ми його живити від трансформатора загального призначення екскаватора. Додатковий згладжує дросель не вибираємо, тому що навантаження чисто індуктивна.

Таблиця 2. Тиристорний перетворювач постійного струму

Тип	Параметри блоку керування (БК)		Напруга живильної мережі частоти 50 Гц	параметри збудника (В)		
	$I_{\text{ном БУ}}$	$U_{\text{номБУ}}$		$U_{\text{ф}}$	$I_{\text{ном В}}$	$U_{\text{ном В}}$
	А	В	В	А	В	кВт
ЭПУ5-2-361В, Ф	40	115	220	40	110	4,40

Однофазні тиристорні збудники серії ЕПУ5 (електроприводи постійного струму ЕПУ5), що випускаються компанією енергосистеми (Рис 11), призначені для регулювання струму збудження електроприводів постійного струму. Використовуються в машинобудуванні, металургії, будіндустрії, поліграфії і інших галузях промисловості. Однофазні тиристорні збудники ЕПУ5 рекомендуються для заміни перетворювачів серій БОТ, БТО, ПНТ, ЕПУ2, ЕПУ4 і мають більш прогресивні технічні, конструктивні та технологічні рішення, а також меншу вартість. Збудники ЕПУ5 ... В і ЕПУ5 ... Ф виконуються в нереверсивного і реверсивному виконанні. Діапазон регулювання струму збудження збудників ЕПУ5 ... В, Ф - 1: 10.

- Розширена шкала струмів і потужностей електроприводів і збудників ЕПУ5.
- Удосконалена система регулювання і поліпшені характеристики ЕПУ5.
- Гальванічне розділення силових ланцюгів і ланцюгів управління.

- Підвищена надійність за рахунок введення поверхневого монтажу і більш високого ступеня інтеграції елементної бази.
- Зменшені габарити і маса електроприводів і збудників ЕПУ5.
- Наявність виконань для харчування обмоток збудження електричних машин.



Рис 11. Однофазний тиристорний збудник серії ЕПУ5.

2.10. Вибір датчиків зворотного зв'язку

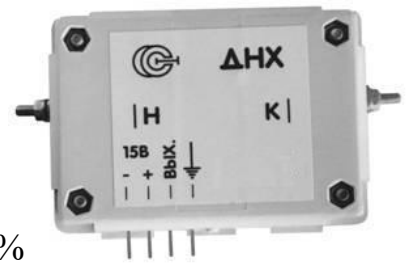
Вибираємо датчик напруги для вимірювання напруги на виході генератора. За допомогою датчика напруги наш регулятор напруги зможе автоматично підтримувати заданий напруги а отже і швидкість двигуна.

Вибираємо датчик вимірювання напруги ДНХ

Датчики призначені для вимірювання напруги постійного струму і змінного струму промислової частоти.

Основні технічні характеристики датчика

Діапазон вимірюваних напруг, В 50 ...	600
Номінальний вхідний струм, мА	10
Вихідний сигнал датчика, мА *	40
Напруга живлення	, В $\pm 15 \pm 5\%$
Основна приведена похибка вимірювання, %, не більше	1
Нелінійність вихідної характеристики, %, не більше	0,1
Струм споживання по ланцюгу харчування, мА, не більше	60
Діапазон температур, °	С -20 ... + 80
Габаритні розміри, мм	73,5x52,5x



Датчик складається з корпусу, друкованої плати, на якій закріплений кільцевої магнітопровід. У зазорі магнітопровода знаходиться спеціальний датчик Холла, який видає сигнал, пропорційний магнітної індукції. Основні переваги датчиків: гальванічна розв'язка силових ланцюгів і ланцюгів контролю, мінімальні габарити, енергоспоживання і маса.

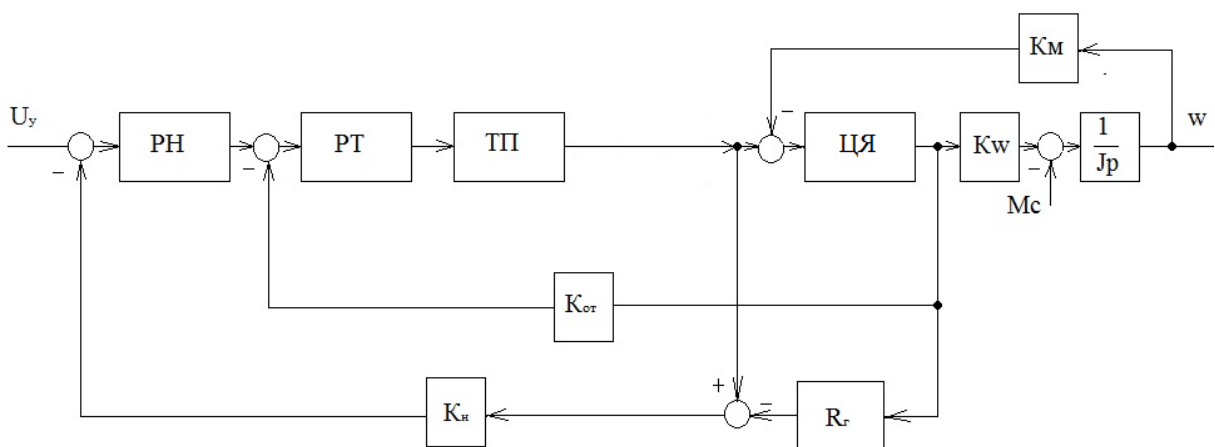
Для вимірювання струму двигуна використовуємо датчик напруги ДНХ. Який підключаємо до додаткових полюсів і знімаємо з них напругу яке прямо пропорційне току двигуна. За допомогою даних про значення струму регулятор зможе автоматично регулювати величину струму, тим самим буде обмежувати від занадто великих струмів і утримувати струм на допустимому рівні, особливо не впливаючи на технологічний процес механізму.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3. АНАЛІЗ ДІНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

3.1. Составление моделі електроприводу.

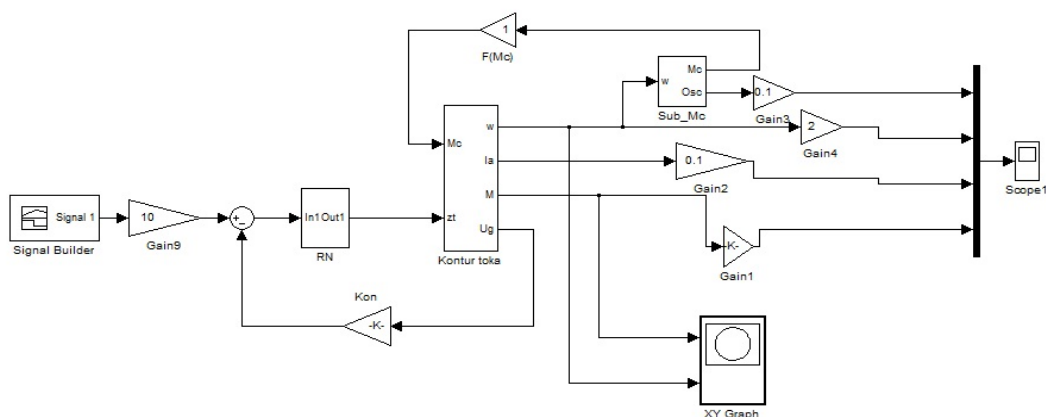
Моделювання динамічних режимів системи керування електроприводом виконується в середовищі MATLAB на основі структурної схеми. Створення моделі відбувається шляхом з'єднання окремих блоків системи електроприводу з бібліотек Simulink. Параметри цих блоків задаються згідно з розрахунками параметрів регуляторів, датчиків і елементів схеми заміщення. Структурна схема системи автоматичного регулювання представлена на Рис



12

.Рис 12. Структурна схема системи автоматичного регулювання.

На її підставу будуюмо модель для дослідження перехідних процесів, яка представлена на Рис 13.



Малюнок 13. Модель для дослідження перехідних процесів в системі ТП-Д.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

А модель якірного ланцюга на Рис 14.

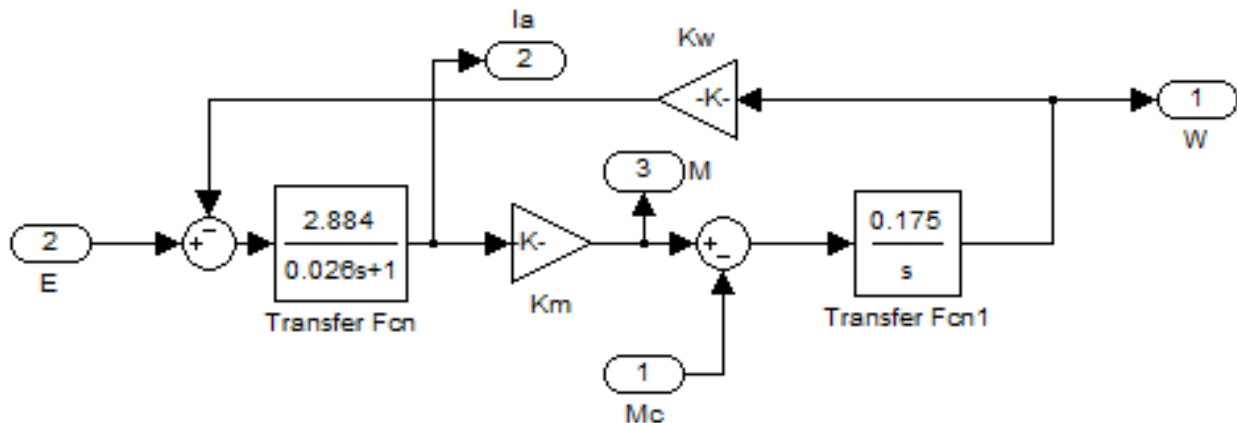
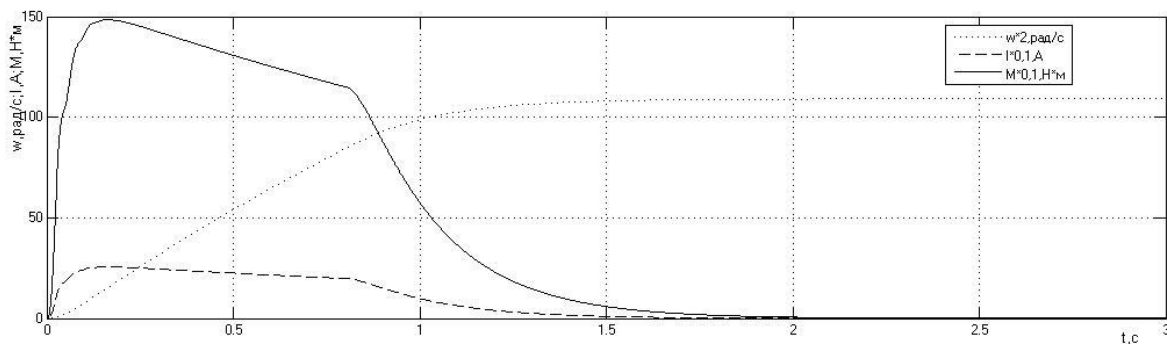


Рис 14. Модель якірного ланцюга.

3.2. Моделювання перехідних процесів ЕП.

Моделювання перехідних процесів ЕП без моменту навантаження. Перший перехідний процес був знятий при відсутності моменту навантаження. В результаті маємо перехідні процеси, зображені на Рис 15, 16.



Рис

15. Графіки перехідних процесів без моменту навантаження.

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

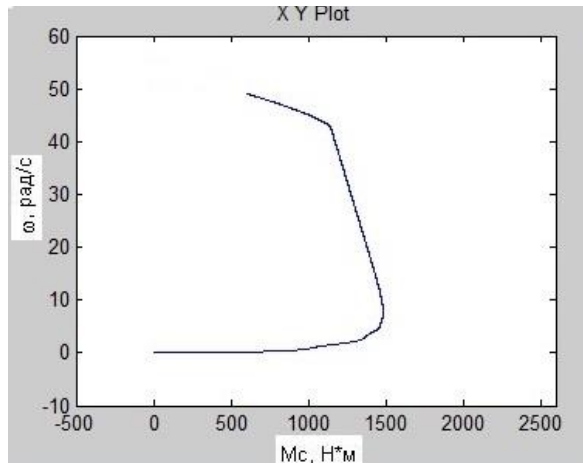


Рис 16. Механічна характеристика двигуна без моменту навантаження.

В процесі розгону двигуна на холостому ходу перерегулювання по струмом не спостерігається. З огляду на встановлені параметри двигун досягає номінальної швидкості за 1 с. Параметри перехідних процесів даного режиму моделювання задовольняють поставленим вимогам.

Моделювання перехідних процесів ЕП з моментом навантаження. Другий перехідний процес був знятий при набірні моменту навантаження. В результаті маємо перехідні процеси, зображені на Рис 17, 18.

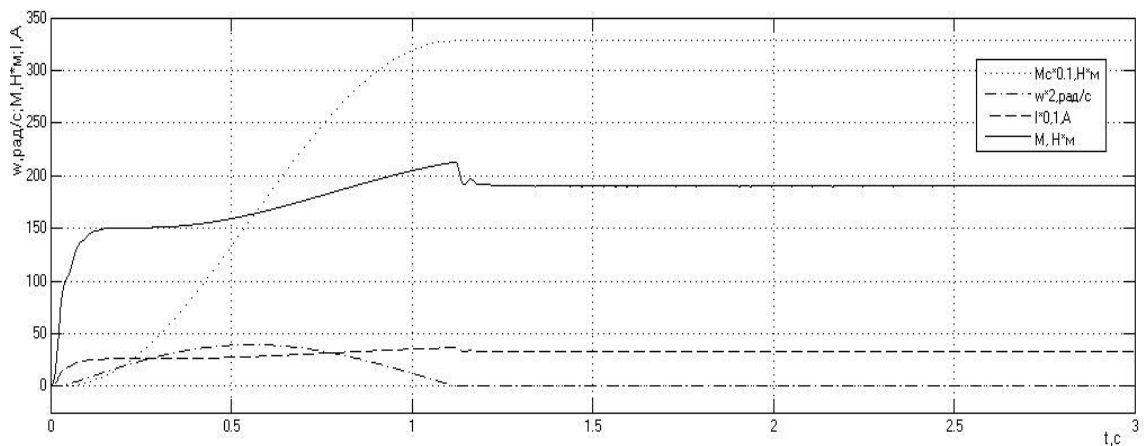


Рис 17. Графіки перехідних процесів з моментом навантаження.

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

двигуном номінальної швидкості, зниження струму якоря до номінального значення, причому перерегулювання по току становить 0%, час перехідного процесу складає 0.3 с. Параметри перехідних процесів даного режиму моделювання задовольняють поставленим вимогам.

Модель зібрана на П регуляторах зі зворотним зв'язком по струму якорного ланцюга і зворотним зв'язком по напрузі генератора. Завдання на швидкість реалізується за допомогою блоку SignalBuilder. Момент опір так само задається за допомогою SignalBuilder, а так само з урахуванням знака швидкості і експоненційної навантаження.

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів.

До небезпечних факторів при роботі екскаватора ЕКТ-5А відносяться:

1. Рухомі частини виробничого обладнання екскаватора.

2. Підвищений рівень вібрації і шуму. Основна вібрація екскаватора відбувається при просуванні ковша екскаватора вглиб забою. Інший вид вібрацій має місце при обертанні платформи і залежить від стану зубчастого зачеплення роликowego кола і напрямних, величин модуля зубчастого зачеплення, швидкості і прискорення механізму. Значні вібрації виникають при переміщенні екскаватора; характеристики вібрацій залежать від стану траси, а також від конструкції механізму. Нарешті, мають місце вібрації, пов'язані з обертанням електричних машин і лебідок.

3. Кліматичні умови. Частина електрообладнання екскаваторів експлуатується на відкритому повітрі (електродвигуни механізмів ходу, напору, переключательні пункти і ін.). Слід також зважати на конденсацією вологи, яка може виникнути після тривалої зупинки.

4. Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони. Повітря вугільних і рудних кар'єрів містить велику кількість пилу, яка може вплинути на роботу електрообладнання. Запиленість середовища, що оточує електрообладнання, коливається в досить широких межах залежно від характеристики розроблюваної породи, транспортних засобів, місця встановлення електрообладнання, пори року. Дослідження показали незначний вплив запиленості на теплопровідність та стан ізоляції електрообладнання. Однак може мати місце зниження рівня ізоляції та освіту струмопровідних елементів при наявності тонких ущільнених шарів осілого пилу.

5. Підвищена напруга в електричному ланцюзі обладнання, замикання якого може відбутися через тіло людини;

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

автоматів. Для контролю наявності напруги на групових щитках і збірках електродвигунів розміщуються вольтметри або сигнальні лампи. Постійний контроль за навантаженням електродвигуна, температурою підшипників, вхідного і вихідного повітря у електродвигунів із замкнутою системою вентиляції, операції з налаштування та встановлення виробляє електротехнічний та електротехнологічний персонал.

Електропривод негайно (аварійно) відключається від мережі в наступних випадках:

- а) поява диму або вогню з електродвигуна або його пускорегулювальної апаратури;
- б) нещасний випадок, який вимагає негайної зупинки електродвигуна;
- в) вібрація понад допустимі норми, яка загрожує цілості електродвигуна;
- г) поломка приводного механізму;
- д) сильне зниження числа оборотів, яке супроводжується швидким нагріванням електродвигуна.

Висновки обмотки статора і кабельні воронки електричних машин повинні бути зміцнюємо захисними огороженнями, зняття яких під час роботи машин забороняється. Обертові частини валів також повинні бути огорожені. Клемники висновків електричних машин і пускорегулювальної апаратури повинні бути ущільнені і закриті кришкою, яку неможливо відкрити без спеціального пристосування.

Після зупинки електродвигуна на ремонт з кабелю живлення на щиті або в роботі повинно бути зняте напруга, а на ручці вимикача вивішений плакат «Не включати - працюють люди». Зняти плакат «Не включати - працюють люди» і включити машину можна тільки після того, як особа, що виробляло роботи, зробить в журналі запис про закінчення роботи, а особа, яка прийняла роботу, зробить позначку про дозвіл на включення електродвигуна.

При виробництві операцій з виштовхування ходового візка, заміни центральної цапфи, котків поворотного круга і при підйомі будь-яким способом поворотної платформи екскаватора кабель повинен бути

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

відключений і на його кінці в підключення пункті має бути накладено переносне заземлення.

5. Важливим заходом профілактики втоми аналізаторів є обґрунтування і впровадження у виробничу діяльність найбільш доцільного режиму праці та відпочинку. Для зниження перевтоми персоналу встановлюємо 15-ти хвилинну перерву протягом кожної години роботи.

4.3. Пожежна безпека.

Для захисту електрообладнання від струмів короткого замикання, і їх перевантаження встановлюємо автоматичні захисні пристрої, які в разі аварійної ситуації будуть виробляти автоматичне відключення пошкоджених ділянок від решти електричної мережі.

У разі виникнення пожежі в місці розташування електроприводу потрібно:

- а) повідомляємо про пожежу керівника чи відповідному компетентному посадову особу, або черговому по об'єкту;
- б) вимикаємо напруга живлення електроприводу і взагалі екскаватора;
- в) приймаємо заходи щодо евакуації людей на безпечне для життя відстань, гасіння пожежі.

У разі пожежі в своєму розпорядженні два вуглекислих вогнегасники типу ОУ-2, закріплених в кабіні.

У разі виникнення великих аварій або пожежі застосовуємо систему автоматичного відключення екскаватора, на підстанції, від силової мережі живлення і перейти на додаткову аварійну лінію зі зниженим напругою 36 В, для забезпечення аварійної звукової сигналізації і освітлення.

4.4 Розрахунок заземлення

Заземлення - це навмисне електричне з'єднання з землею, або її еквівалентом, металевих неструмоведучих частин електроустановок, які можуть опинитися під напругою у зв'язку з пробоем ізоляції на корпус.

Згідно ПУЕ, для забезпечення електробезпеки, всі металеві частини електрообладнання, по яких не повинен проходити струм повинні бути заземлені.

4.2.1 Визначаю струм замикання на землю;

$$I_3 = \frac{3 \cdot U_\Phi}{350} (3,5l_{к.л.} + l_{в.л.}), \text{ А}$$

де $U_\Phi = 6000$ – фазна напруга мережі, кВ; $l_{к.л.}$, $l_{в.л.}$ – відповідно довжина електрично зв'язаних кабельних і повітряних ліній, км.

$$I_3 = \frac{3 \cdot 380}{350} (3,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 66,8, \text{ А}$$

4.2.2 Визначаю значення опору заземлення R_3 . За ПУЕ визначається в залежності від напруги, $U > 1000\text{В}$, $R_3 = 0,5 \text{ Ом}$.

$$R_3 = \frac{250}{I_3}$$

$$R_3 = \frac{250}{66,8} = 3,7 \text{ Ом}$$

Опір природного заземлювача $R_n = 18,5 \text{ Ом}$.

4.2.3 Визначається необхідний опір штучних заземлювачів;

$$R_{ш} = \frac{R_n R_3}{R_n - R_3}, \text{ Ом}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$R_{ш} = \frac{18.5 \cdot 3,7}{18.5 - 3,7} = 4,691, \text{ Ом}$$

4.2.4 Вибирається тип заземлюючого пристрою, виносний на підставі даних про об'єкт, що захищається, і значень $R_{ш}$, ρ .

4.2.5. Вибираються електроди стрижневі і попередньо розміщують їх на плані об'єкта, що захищається (Рисунок 4.1)

Як вертикальні заземлювачі варто використовувати сталеві стрижні діаметром 50 мм, довжиною 5 м. Верхній кінець вертикального заземлювача повинен бути занурений на 0,6 м від поверхні землі. Як горизонтальні заземлювачі варто використовувати круглу сталь діаметром 10 мм.

4.2.6 Визначається розрахунковий питомий опір ґрунту для однорідного ґрунту;

$$\rho_{роз} = \rho_{вим} \cdot \Psi, \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

де $\rho_{вим}$ - питомий опір ґрунту, $\rho_{вим} = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;

Ψ - кліматичний коефіцієнт, $\Psi = 1,4$.

$$\rho_{роз} = 200 \cdot 1.4 = 280 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

4.2.7 Визначаю опір одиночного вертикального заземлювача;

$$R_B = \frac{\rho_{роз}}{2\pi l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t_0+1}{5t_0-1} \right), \text{ Ом}$$

де $t_0 = 0.7 \text{ м}$ – мінімальна відстань від землі до вертикального електрода;

l – довжина вертикального заземлювача, $l = 5 \text{ м}$;

d – діаметр вертикального заземлювача, $d = 0.01 \text{ м}$.

$$R_B = \frac{280}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \ln \left(2 \cdot \frac{2 \cdot 5}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot 0,6 + 5}{5 \cdot 0,6 - 5} \right) = 53,4 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір горизонтального електрода;

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\text{роз}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t}, \text{ Ом}$$

де $t=0.6$ м – мінімальна відстань від землі до вертикального електрода;

l – довжина вертикального заземлювача, $l=23$ м;

d – діаметр вертикального заземлювача, $d=0.05$ м.

$$R_{\Gamma} = \frac{280}{2 \cdot 3,14 \cdot 23} \cdot \ln \frac{23^2}{0,05 \cdot 0,6} = 13,03 \text{ Ом}$$

Тоді розрахунковий опір заземлювача буде визначений за формулою;

$$R = \frac{R_B R_{\Gamma}}{R_B \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \eta_B \cdot n}, \text{ Ом}$$

де $\eta_{\Gamma}=0.75$ – Коефіцієнт використання горизонтального смугового електрода;

$\eta_B=0.81$ – Коефіцієнт використання вертикального смугового електрода;

$$R = \frac{54.437 \cdot 11.7}{54.437 \cdot 0.75 + 11.7 \cdot 0.81 \cdot 9} = 4,779 \text{ Ом}$$

Отримане значення опору порівнюється з необхідним опором штучного заземлювача, визначеним за формулою (4.2). Значення майже збігаються, що є задовільним результатом розрахунків.

9 - вертикальних заземлювачів

1 – горизонтальній заземлювач

5. ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

У зв'язку з тим, що магнітні підсилювачі, які використовуються на екскаваторі ЕКГ-5А, в даний момент морально і фізично застаріли, їх виготовленням не займається жоден із заводів виробників, необхідно передбачити заміну магнітного підсилювача на більш прогресуюче обладнання.

Запропоновано замінити магнітний підсилювач на тиристорний випрямляч, який має більший коефіцієнт корисної дії, дасть плавність регулювання приводом, підвищує швидкодію і розширює можливість системи. Дозволяє скоротити час простою екскаватора в разі виходу його з робочого стану.

За рахунок впровадження системи управління на тиристорному перетворювачі, знижуються експлуатаційні витрати, підвищується зручність експлуатації. Впровадження тиристорного випрямляча постійного струму, підвищуємо продуктивність екскаватора (через зменшення часу простою на ремонт) що підвищить економічну ефективність проекту.

Для обґрунтування економічної доцільності запропонованого в дипломному проекті необхідно вирішити такі завдання:

1. Розрахунок капітальних витрат
2. Розрахунок експлуатаційних витрат
3. Розрахунок і аналіз показників економічної ефективності

5.1 Розрахунок капітальних витрат

Для визначення капітальних витрат можна скористатися формулою

$$K_{пр} = K_{об} (\sum Ci) + Z_{тзс} + Z_{м} + Z_{н} + Z_{пр} \text{ грн.}$$

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

$Z_{тзс}$ - транспортно-заготівельні і складські витрати;

Z_m - витрати на монтажні витрати;

Z_n - витрати на налагоджувальні витрати;

$Z_{пр}$ - інші одноразові вкладення грошових коштів.

№п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн.
№	Двигун постійного струму тип: 4ПФМ280М $P_n = 45$ кВт	1	90000	90000
1	Частотний перетворювач ЭПУ5-1-361В, Ф	1	25600	25600
2	Генератор тип ГПЭ 75 $P_n = 75$ кВт	1	110000	110000
			ВСЬОГО	225600

Ціни взяті з прайс-листів:

<http://www.ukrcommerce.com/board/index.php?id=255974&sub=378&cat=5271>

ціна на 16.05.2019 Харків

http://promportal.su/g461270/elektroprivod_odnofazniy_epu_5.htm

Постачальник: ТОВ ТД «Елkont» (Чебоксари), телефон: (8352) 62-80-90

Контактна особа: Шепелева Олена, тел. (8352) 62-80-90

Адреса: 428022, Чувашія, г.Чебоксари, Складський проїзд, 6

Сайт: www.elkont.ru

									Аркуш
									52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ				

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат (Зтзс)

визначається виходячи з:

- відстані доставки обладнання від місця придбання до місця експлуатації;

- кількості, маси і габаритів обладнання;

- виду транспортних засобів;

- транспортних тарифів;

- розцінок на вантажно-розвантажувальні роботи;

- витрат на складську обробку.

Вартість перевезення обладнання 15 грн / км з м Чебоксари в Дніпро, вартість перевезення буде складати $1163 \cdot 15 = 17445$ грн.

Витрати на монтажні (Зм) роботи:

$$Z_m = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 2 \cdot 54,60 \cdot 12 \cdot 1,1 \cdot 1,375 \cdot 1,1 = 2180, \text{ грн}$$

Витрати на налагоджувальні (Зн) роботи:

$$Z_n = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 2 \cdot 54,60 \cdot 5 \cdot 1,1 \cdot 1,375 \cdot 1,1 = 908,4, \text{ грн.}$$

де C_i – чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.

a_i – годинна тарифна ставка працівника 4-го розряду, яка дорівнює 54,60 грн.

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{cm} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

K_{np} – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Таким чином, капітальні інвестиції на здійснення проектного варіанта складають:

									Аркуш
									53
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ				

$$K_{np} = 225600 + 17445 + 2180 + 908,4 = 246133,4 \text{ грн,}$$

5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за визначений період (наприклад, рік), що виражені у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться:

1. Амортизаційні відрахування (C_a).
2. Заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_3).
3. Єдиний соціальний внесок (C_c).
4. Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж ($C_{пр}$).
5. Вартість втрат електроенергії (C_e).
6. Інші витрати ($C_{ін}$).

У кожному конкретному випадку можуть бути враховані й інші види поточних витрат, що визначаються специфікою експлуатації об'єкта проектування.

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_{пр} + C_e + C_{ін}, \text{ тис. грн}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат ведеться по проектному і базовому варіанту паралельно.

5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат за видами основних фондів і нематеріальних активів

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

по розділах зведення капітальних витрат для проектного варіанту і за даними підприємства про балансову вартість замінного обладнання для базового варіанту (таблиця 4).

Таблиця 4. Амортизаційні відрахування.

Найменування показників	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
Проектний варіант	246133,4	20	49226,6
Базовий варіант	175583	20	35116,6

Базова балансова вартість обладнання якого замінюють взяті за даними відділу основних засобів підприємства, що складають 175583 грн

5.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати.

Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу по проектному варіанту надано в таблиці 5.

№ п/п	Найменування професії робітників	Явочний штат у зміну, осіб	Годинна тарифна ставка або денна заробітна плата, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн.
1.	Машиніст	1	56,6	1920	108672
2.	Помічник машиниста	2	46,5	960	44640
	Всього				197952

Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу за базовим варіантом.

№ п/п	Найменування професії робітників	Явочний штат у зміну, осіб	Годинна тарифна ставка або денна заробітна плата, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн.
2.	Помічник машиниса	3	47	1920	270720
	Всього				270720

Загальна величина річного фонду заробітної плати становить:

$$C_{зпр} = Z_{осн} + Z_{доп} = 197952 + 9897,6 = 207952, \text{ грн}$$

$$C_{з баз} = Z_{осн} + Z_{дод} = 270720 + 13536 = 284256, \text{ грн}$$

де $Z_{осн}$ - основна заробітна плата, грн;

$Z_{дод}$ - додаткова заробітна плата (5% від основної), грн.

5.2.3. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.

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

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

$$Z_{т.р} = \sum_{i=1}^n \left(R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \sum_{i=1}^{\partial} \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\phi} \right)$$

де n - число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

∂ - число елементів вимагають ремонт, заміну

						ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			56

Ri - годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн .;

ti - трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю в залежності від виду ремонту, візьмемо середній - 7,0;

Mi - кількість ремонтів за рік, для закритих машин число ремонтів в рік - 1;

RΣ - сумарна категорія складності ремонту в залежності від виду електрообладнання:

Електродвигуни та генератори постійного струму 55-75 кВт - 10;

Si - вартість однотипних замінних елементів, грн;

П - кількість однотипних замінних елементів;

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

Tф - число годин роботи апаратури в рік, ч.

Ремонти виконуються у разі поломки. Для відновлення функціональності механізму, в частих випадках зі ладу виходять підшипники, магнітні підсилювачі і тиристорний блок тиристорного перетворювача. Чим довше за часом проходить ремонт тим нижче продуктивність екскаватора в рік.

$$Z_{\text{т.с.баз}} = 54,60 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 10 + \left(\frac{9,4}{97920} + \frac{10 \cdot 4}{11520} + \frac{3643 \cdot 2}{11520} \right) \cdot 20 \cdot 8 \cdot 12 = 5043,2 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{т.с.пр}} = 54,60 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 10 + \left(\frac{9,4}{97920} + \frac{10 \cdot 4}{11520} + \frac{105 \cdot 4}{11520} \right) \cdot 20 \cdot 8 \cdot 12 = 3898,85 \text{ грн}$$

5.2.4. Визначення інших витрат

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу

$$C_{\text{інш}} = C_3 \cdot 0,04 \text{ грн}$$

$$C_{\text{інш.пр}} = 197952 \cdot 0,04 = 7918 \text{ грн}$$

$$C_{\text{інш.баз}} = 270720 \cdot 0,04 = 10,828 \text{ грн}$$

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

5.2.5. Розрахунок вартості спожитої електроенергії.

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

$$C_{э.нр} = W_{э.нр} \cdot C_{э};$$

$$C_{э.баз} = W_{э.баз} \cdot C_{э};$$

де $W_{г}$ - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт * год .;

$C_{э}$ - тариф на електроенергію, грн / кВт * год.

Тарифи на електроенергію Дніпрообленерго за посиланням http://80.91.175.130/tarif_prom/2019 тариф на 13/06/2013 - 7:55

Єдині роздрібні тарифи (роздрібні тарифи з урахуванням граничних рівнів тарифів) (постанова НКРЕ від 26.04.12 № 524) постанову

Вартість одного кВт / год становить 2,05 грн., Без урахування ПДВ.

Кількість спожитої за рік електроенергії, кВт * год розраховуємо за формулою:

$$W_{э.нр} = t_d \cdot t_h \cdot t_r \cdot P_n = 20 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 4,6 = 8832 \text{ кВт / год}$$

$$W_{э.баз} = t_d \cdot t_h \cdot t_r \cdot P_n = 20 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 2,5 = 19200 \text{ кВт / год}$$

де t_d - кількість робочих днів на місяць.

t_h - кількість робочих годин за зміну.

t_t - кількість місяців на рік.

P_n - потужність керуючого пристрою

$$C_{э.нр} = W_{э.нр} \cdot C_{э} = 8832 \cdot 2,05 = 18105 \text{ грн};$$

$$C_{э.баз} = W_{э.баз} \cdot C_{э} = 19200 \cdot 2,05 = 39360 \text{ грн};$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$C_{np} = C_a + C_z + C_c + C_m + C_{\text{э}} + C_{np};$$

$$C_{np} = 49226,6 + 207952 + 3898,85 + 18105 + 7918 = 287100,45 \text{ грн}$$

$$C_{\text{баз}} = C_a + C_z + C_c + C_m + C_{\text{э}} + C_{np};$$

$$C_{\text{баз}} = 35116,6 + 284256 + 5043,2 + 39360 + 10828 = 374,603,8 \text{ грн}$$

Висновок. У процесі розрахунку даного розділу були знайдені капітальні витрати и були розраховані експлуатаційні витрати пов'язані з монтажем, налагодження, поточний ремонт і обслуговування обладнання.

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ВИСНОВОК

Даний проект, полягав в модернізації схеми управління двигуна, в схемі генератор двигун, і в заміні магнітного підсилювача на тиристорний перетворювач постійного струму в ланцюзі регулювання струму збудження генератора.

В даному проекті були, виконані наступні розділи.

Технічна частина. Де описуємо умови роботи і вимоги, що пред'являються до проєктованого електроприводу. Характеристику об'єкта і вибір системи регулювання. Розрахунок і вибір електродвигуна.

Автоматизований електропривод. Вибираємо генератор, тиристорний перетворювач, виконуємо синтез системи регулювання, розрахунок коефіцієнтів для моделювання і моделювання електропривода.

Охорона праці. Де проведена класифікація небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Розглянуто інженерно-технічні та організаційні заходи щодо захисту від шкідливих факторів на робочому місці інженера-електрика. Методи пожежної профілактики.

Техніко-економічне обґрунтування. Був проведений розрахунок капітальних витрат на придбання і установку нового обладнання. Розрахунок експлуатаційних витрат, відрахувань амортизацію. Визначили річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт. Розрахунок вартості спожитої електроенергії. І визначення річної економії від впровадження об'єкта проєктування.

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА.

1. Чулков М.М. Розрахунок приводів кар'єрних машин - М .: Недра, 1987.
2. Сіноліцій А.П., Осадчук Ю. Г., Філіп Ю.Б. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Системи управління електроприводами» - Кривий Ріг: КТУ, 2009. - 84с.
3. Земін Е.Н., Яковлев В. І. Автоматичне управління електроприводами.-М .: Висш.школа, 1979.-318 с.
4. Перельмутер В.М. Комплектні тиристорні Електроприводи. - М .: Вища школа, 1988.
5. Довідник по автоматизованого електроприводу / Под ред. В.А. Єлісеєва і А.В. Шінянського.-М: Вища школа, 1983.-616с.
6. Вуль Ю.Я. Налагодження електроприводів екскаваторів. - М .: Недра, 1975.
7. Барієв Н.В. Електропривод одноківшових екскаваторів. - М: Вища школа, 1975.

					ЕП.ПД.19.14.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61