

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 бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Деркача Івана Вікторовича

(ПІБ)

академічної групи 141-17-7

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації Електромеханічні системи автоматизації та електропривод

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Модернізація електропривода механізму повороту екскаватора ЭКГ-5А

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Казачковський М.М.			
розділів:				
Спеціальна частина	Казачковський М.М.			
Охорона праці	Столбченко О. В.			
Техніко-економічне обґрунтування	Тимошенко Л.В.			

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

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

Дніпро

2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
електропривода
_____ (повна назва)

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

«_____» _____ 20__ року

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

студенту Деркач І.В академічної групи 141-17-7
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ Електромеханічні системи автоматизації та електропривод
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Модернізація електропривода механізму повороту екскаватора ЕКГ-5А

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 12.04.2021 № 201-С

Розділ	Зміст	Термін виконання
1. Технологічна частина	Аналіз основних режимів роботи екскаватора ЕКГ-5А.	01.04-01.06
2. Автоматизований електропривод	Вибір силових елементів та параметрів системи автоматичного керування електроприводом екскаватора.	
3. Дослідження динаміки електропривода	Моделювання роботи електропривода, дослідження перехідних процесів.	
4. Охорона праці	Аналіз шкідливих факторів, пов'язаних із роботою компресорної установки, способи мінімізації їх впливу. Пожежна профілактика. Розрахунок освітленості приміщення.	01.04-01.06
5. Техніко-економічне обґрунтування	Оцінка капітальних та експлуатаційних витрат.	01.04-01.06

Завдання видано _____ Казачковський М.М.
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____ Деркач І.В.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

					ЕП.ПД.21.12.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.1 Загальні відомості

Найбільшу питому вагу у виробництві земляних робіт різного роду будівництва, а також на розкривних роботах і при виїмці корисних копалин відкритим способом мають в даний час екскаватори. (1,6,7)

Ці машини можна зустріти на будівництві міст, фабрик і заводів, гідротехнічних споруд, на вугільних і рудних розрізах.

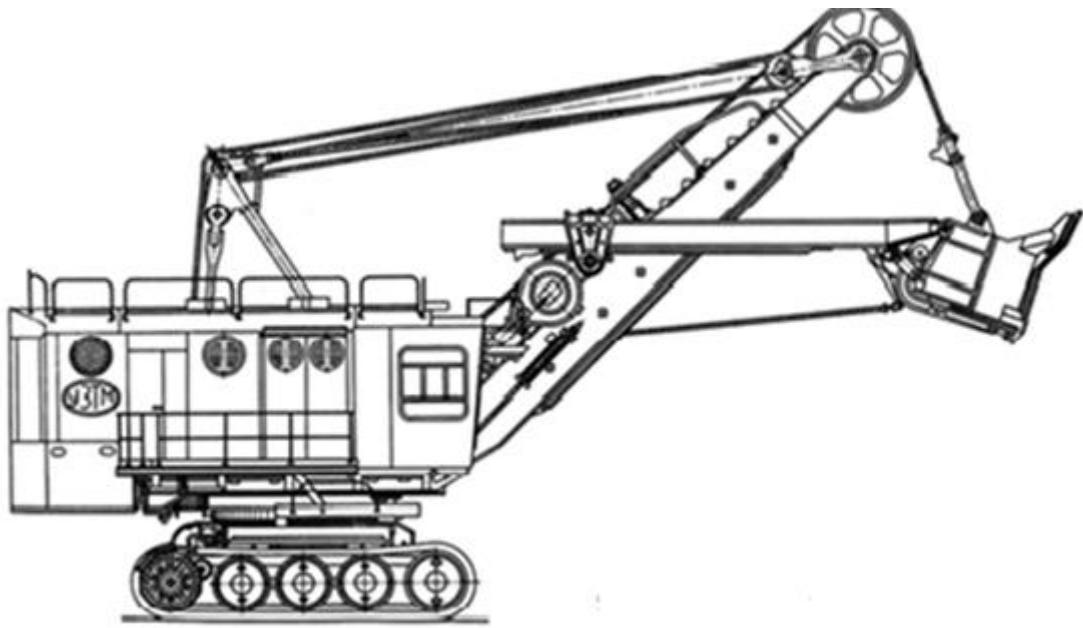
За характером робочого обладнання розрізняють кілька видів екскаваторів. Найбільш характерним є екскаватор-лопата, у якого ківш має жорстке з'єднання з стрілою. Екскаватори-лопати призначаються для роботи спільно з транспортними засобами. Вони виробляють виїмку ґрунту або корисної копалини і навантаженням його на транспортери або залізничні склади.

Цикл роботи екскаватора складається з наступних основних операцій: опускання ковша в забій; копання; під час якого проводиться підйом ковша; поворот платформи до місця вивантаження; відкривання днища з розвантаженням; повернення в забій з закриванням ковша. При поступової виробленні підготовленого забою екскаватор переміщається по забою, ковшем розчищаючи собі дорогу. Підготовка у важких скельних і рудних породах проводиться за допомогою вибухових робіт. Управління приводами екскаватора проводиться за допомогою двох ножних педалей командоконтролера повороту і рукоятками ручних командоконтролерів напорі і підйому.

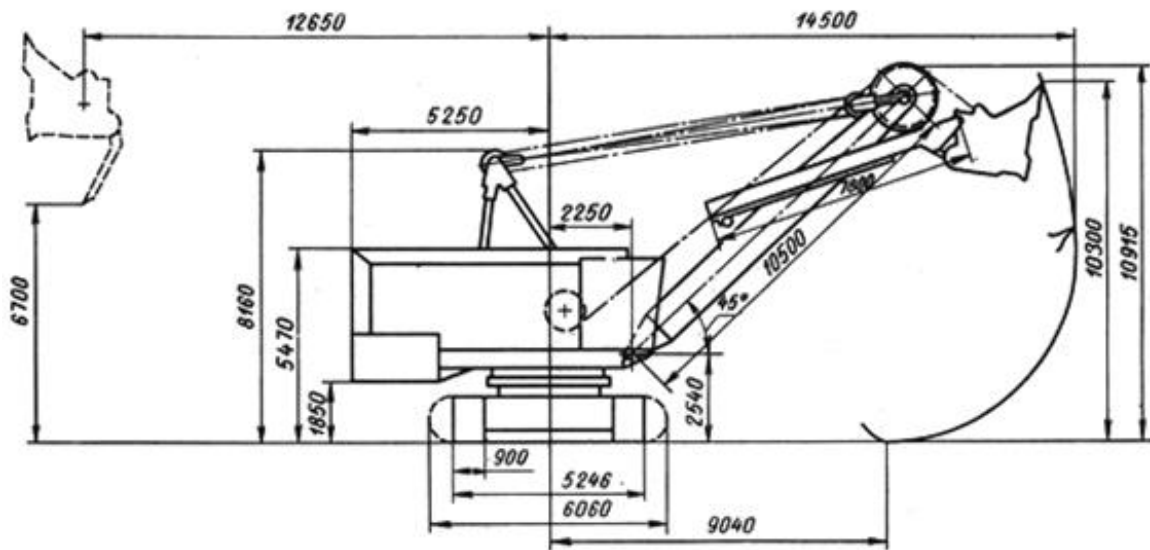
1.2 Загальна технічна характеристика екскаватора

Екскаватор ЕКГ-5А складається з наступних складових частин: поворотної частини, що включає в себе поворотну платформу з розташованим на ній механізмами, і робоче обладнання; ходового візка, що складається з нижньої рами, двох гусеничних рам з колесами і гусеничними ланцюгами; ходового механізму, зубчастого вінця, роликів кола. Загальний вигляд екскаватора ЕКГ-5А наведено на рис. 1.1. Схема робочих розмірів наведена на рис. 1.2

					ЕП.ПД.21.12.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9



Малюнок 1.1 - Загальний вигляд екскаватора ЕКГ-5А



Малюнок 1.2 - Схема робочих розмірів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.21.12.1

Арк.

10

1.3 Технічні характеристики ЕКГ-5А

Параметри	ЕКГ-5А
Місткість ковша , м ³	4.6 - 6.3
Радіус черпання найбільший, м	14.5
Радіус черпання на рівні стояння, м	9.04
Висота черпання найбільша, м	10.3
Радіус вивантаження найбільший, м	12.65
Радіус хвостовій частині, м	6.7
Висота вивантаження найбільша, м	5.25
Просвіт під поворотною платформою, м	1.85
Середнє питомий тиск на ґрунт при пересуванні, кгс / см ²	2,1/1,72/1,3
Середнє питомий тиск на ґрунт при пересуванні, кПа	205/162/127
Розрахункова тривалість циклу (при куті повороту 90 °),	23
Напруга живильної мережі, кВ	3; 3,3; 6; 6,6

1.4 Загальний пристрій і опис роботи

Екскаватор ЕКГ-5А складається з робочого обладнання, поворотної платформи з механізмами та ходового візка. В робоче обладнання входять: ківш, рукоять, стріла з напірним механізмом, двонога стійка і механізм відкривання ковша.

Поворотна платформа складається з основної рами, до якої з боків кріпляться дві площадки, а ззаду корпус противаги. На поворотній платформі встановлені підйомна лебідка, два редуктора повороту, компресорна установка, трансформатор, і високовольтне розподільний пристрій. На корпусі противаги встановлений п'ятимашинний перетворювальний агрегат. Під поворотною платформою кріпиться стрілова лебідка. Всі механізми на платформі закриті кузовом.

					ЕП.ПД.21.12.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Для зручності монтажних робіт, при ремонтах механізмів на платформі, покрівля кузова має знімні панелі. Справа в передній частині платформи встановлюється кабіна машиніста і станція управління. В кабіні зосереджені органи управління екскаватором і контрольна апаратура.

Поворотна платформа спирається на ходову візок через опорно-поворотний пристрій, що складається з зубчастого вінця і роликowego кола, укладеного між двома рейками. Крім того, поворотна платформа з'єднана з ходовою візком центральної цапфою. Між поворотною платформою і нижньою рамою, розташований високовольтний кільцевої струмоприймач. На поворотній платформі також встановлено робоче обладнання.

Ходовий візок складається з зварної нижньої рами, до якої з двох сторін прикріплені: гусеничні рами з колесами і гусеничними ланцюгами. На задній стінці розташований ходовий механізм, службовець для переміщення екскаватора. Поворотна рама, корпус противаги, корпус стріли і нижня рама представляють зварні комбіновані металокопструкції, що складаються з виливків і металевих листів.

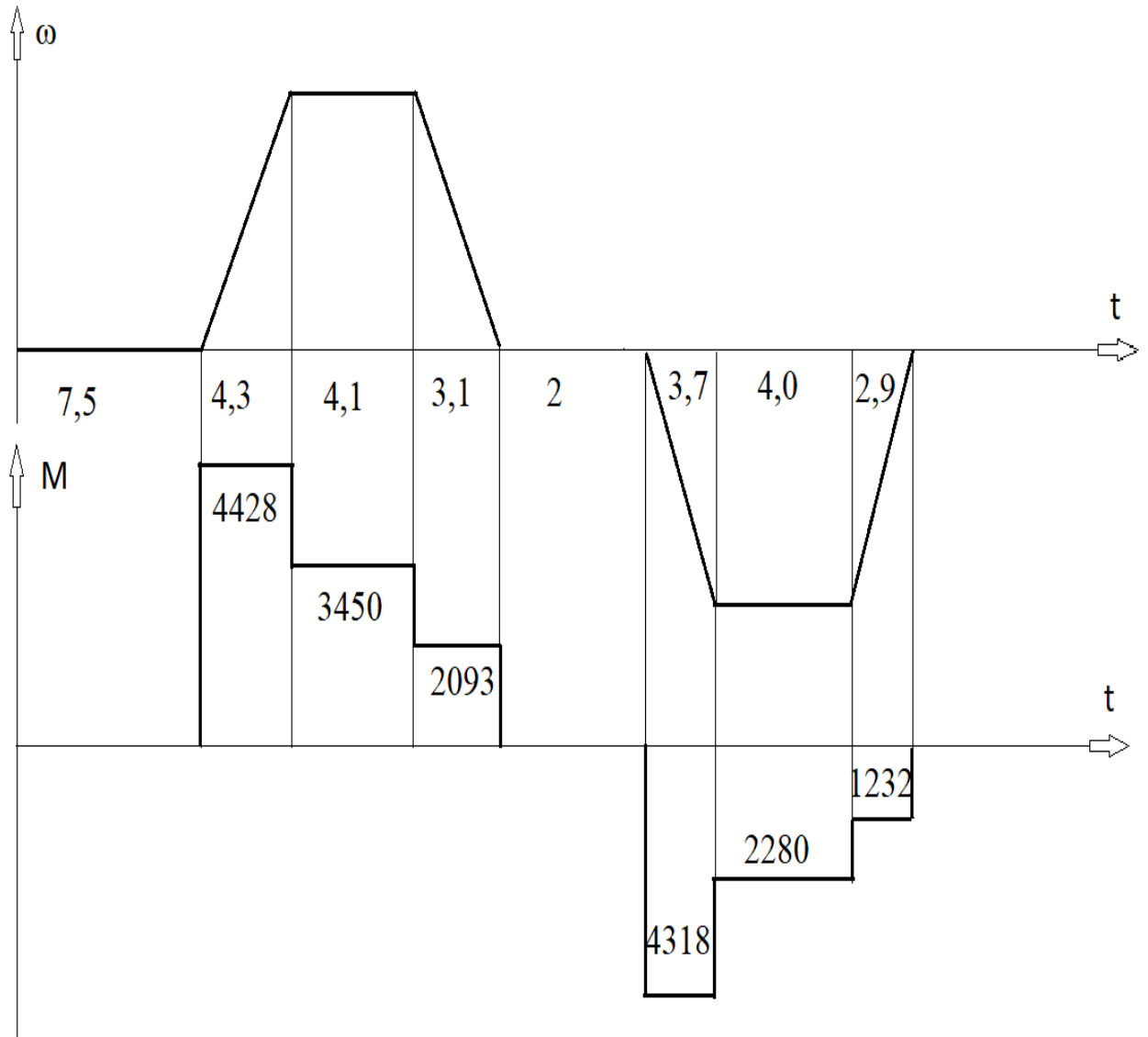
Основні механізми екскаватора (підйому, повороту, напору і ходу), а також механізм відкривання ковша наводяться в рух двигунами постійного струму, а допоміжні механізми двигунами змінного струму. Двигуни головних механізмів отримують живлення від відповідних генераторів перетворювального агрегату, а двигуни допоміжних механізмів - від понижуючого трансформатора.

Гальма підйомної лебідки, поворотного і напірного механізмів управляються за допомогою стиснутого повітря, що подається компресорної установки. На ходовій візку є гідравлічна система, що управляє гальмом ходового механізму і муфтами перемикачів гусениць.

						ЕП.ПД.21.12.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			12

1.5 Вихідні дані для розрахунку

Для приводу повороту застосовується два двигуна постійного струму незалежного збудження. Кінематична схема механізму повороту, діаграма швидкості і здатність навантаження діаграма (рис 1.3), параметри якої наведені в табл. 1.1



Малюнок 1.3 - Діаграма швидкості і навантажувальна діаграма двигуна

Технічні дані ЕКГ-5А :

Таблиця 1.1

Час копання, с	t_1	7,5
Момент копання, [Нм]	M_1	3650
Час пуску з навантаженим ковшем, с	t_2	4,3
Момент пуску з навантаженим ковшем, [Нм]	M_2	4428
Час повороту з усталеною швидкістю, с	t_3	4,1
Момент повороту з усталеною швидкістю, [Нм]	M_3	3450
Час гальмування з навантаженим ковшем, с	t_4	3,1
Момент гальмування з навантаженим ковшем, [Нм]	M_4	2093
Час розвантаження, с	t_5	2
Момент розвантаження, [Нм]	M_5	-
Час пуску з порожнім ковшем, с	t_6	3,7
Момент пуску з порожнім ковшем, [Нм]	M_6	4318
Час повороту з усталеною швидкістю, с	t_7	4,0
Момент повороту з усталеною швидкістю, [Нм]	M_7	2280
Час гальмування з порожнім ковшем, с	t_8	2,9
Момент гальмування з порожнім ковшем, [Нм]	M_8	1232

Дані кінематичної схеми механізмів :

Таблиця 1.2

Найменування	Число зубців	Модуль	Діаметр вала найбільший	довжина валу	вага
шестерня Ш1	26	8	-	-	29,5
шестерня Ш2	103	8	-	-	240,0
Шестерня Ш3	14	12	-	-	92,0
шестерня Ш4	70	12	-	-	450
шестерня Ш5	12	30	-	-	110
Шестерня Ш6	144	30	-	-	6500

Передавальні відносини:

$$i_1 = \frac{103}{26} = 4 ; i_2 = \frac{70}{14} = 5 ; i_3 = \frac{144}{12} = 12$$

Сумарне передавальне відношення редуктора

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 = 4 \cdot 5 \cdot 12 = 240$$

1.6 Вимоги до електроприводу механізму повороту екскаватора

Екскаватор є машиною, що працює в дуже важких умовах з різко перемінним навантаженням, тряскою всього обладнання, при значних змінах температури і вологості, великій запиленості. По цього до його механічного та електричного обладнання пред'являються дуже жорсткі вимоги. [5,8]

Механізм повороту екскаватора-лопати, що володіє значним моментом інерції, в кілька разів перевищує момент інерції двигуна, працює виключно в перехідних процесах пуску, реверса, і гальмування. [8]

					ЕП.ПД.21.12.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Внаслідок великої кількості ланок в кінематичного ланцюга у механізму повороту мають значні люфти в передачах, а так само зазори в кріпленнях робочого обладнання. Тому основною вимогою до електроприводу механізму повороту є забезпечення плавності протікання перехідних процесів в мінімально можливий час з обмеженим прискоренням не більше $0.15 \text{ рад}^2 / \text{сек}^2$ [11]. В іншому випадку необхідно значно посилювати стрілу і рукоять ковша.

Для виконання зазначених вимог необхідно, щоб система електроприводу володіла такими властивостями [8]:

1) Електропривод повинен забезпечувати надійне обмеження моменту і струму допустимим стопроним значенням у всіх режимах роботи, тобто володіти механічною характеристикою екскаваторної форми, заповнення якої при проектуванні і налагодження можна було б змінювати в широких межах, відповідно до умов роботи кожного механізму екскаватора;

2) Електропривод повинен забезпечувати економічне регулювання швидкості в діапазоні 4-6 і рекуперацію енергії, що звільняється при гальмуваннях механізму повороту або при опусканні ковша. Жорсткість робочої ділянки механічної характеристики, відповідної нульового положення командоконтролера, повинна забезпечувати досить малу швидкість запуску ковша при утриманні його шляхом електричного гальмування;

3) Формування перехідних процесів, що мають мінімальну тривалість при обмеженнях, накладених на граничні значення моменту, темпу його зміни і прискорення, що забезпечують мінімальні динамічні навантаження механічного обладнання екскаватора, має здійснюватися досить простими і надійними засобами;

4) Схема з'єднання силових ланцюгів і динамічні властивості системи керування електроприводом повинні сприяти реалізації можливого демпфуючого дії, яке надає електропривод з лінійної механічної характеристикою на механічні коливання в електромеханічній системі;

					ЕП.ПД.21.12.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Автоматизований Електропривод

					ЕП.ПД.21.12.2	Арк.
						18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2.1 Попередній вибір потужності двигуна

Визначаємо момент статичний еквівалентний за формулою:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{M_2^2 \cdot t_2 + M_3^4 \cdot t_3 + M_4^2 \cdot t_4 + M_6^2 \cdot t_6 + M_7^2 \cdot t_7 + M_8^2 \cdot t_8}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8}} =$$
$$= \sqrt{\frac{4428^2 \cdot 4,3 + 2300^2 \cdot 4,1 + 3450^2 \cdot 3,1 + 4318^2 \cdot 3,7 + 2280^2 \cdot 4 + 3411^2 \cdot 2,9}{7,9 + 4,3 + 4,1 + 3,1 + 2 + 3,7 + 4 + 2,9}} = 2910,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За кінематичною схемою визначаємо коефіцієнт передачі:

$$i = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_6}{z_5} = \frac{103}{26} \cdot \frac{70}{14} \cdot \frac{144}{12} = 237,692 \approx 238$$

Розрахункова частота обертання двигуна при заданому коефіцієнті передачі становить :

$$n_p = 3,1 \cdot 238 = 737,8 \text{ об/хв}$$

Розрахункова кутова швидкість двигуна :

$$\omega_p = \frac{\pi \cdot n_p}{30} = \frac{3,14 \cdot 737,8}{30} = 77,2 \text{ с}^{-1}$$

Визначаємо еквівалентну потужність за формулою:

$$P_{\text{екв}} = \frac{M_{\text{екв}} \cdot \omega_p}{1000 \cdot n} = \frac{2910,8 \cdot 77,2}{1000 \cdot 2} = 112,3 \text{ кВт}$$

де $n = 2$ – кількість двигунів.

Вибираємо двигун типу ДПВ-72/6:

$$P_H = 115 \text{ кВт} \quad \text{ПВ}_H = 75\% \quad n_H = 750 \text{ об/хв}$$

Визначаємо фактичну ПВ:

$$\text{ПВ}_{\text{факт}} = \frac{t_2 + t_3 + t_4 + t_6 + t_7 + t_8}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8} \cdot 100\% = \frac{4,3 + 4,1 + 3,1 + 3,7 + 4 + 2,9}{7,9 + 4,3 + 4,1 + 3,1 + 2 + 3,7 + 4 + 2,9} \cdot 100\% = 68\%$$

Визначаємо $M_{\text{екв.пр}}$ одного двигуна, приведенний до ПВ_H

$$M_{\text{екв.пр}} = \frac{M_{\text{екв}}}{2} \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{\text{ПВ}_H}} = \frac{2910,8}{2} \sqrt{\frac{68}{75}} = 1455,4 \cdot 0,9 = 1309,8$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					19

Номінальна кутова швидкість двигуна

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} = \frac{3,14 \cdot 750}{30} = 78,5 \text{ c}^{-1}$$

Еквівалентна потужність двигуна

$$P_{\text{ЭКВ}} = M_{\text{ЭКВ.ПР}} \omega_n = 1309,8 \cdot 78,5 = 102\,819 \text{ Вт}, 102,82 \text{ кВт}$$

Так як P_n двигуна $>$ $P_{\text{ЭКВ}}$ то двигун підходить по нагріванню.

Таблиця 2.1 - Технічні та обмотувальні дані двигуна ДПВ-72/6

Тип електродвигуна			ДПВ-72/6
Потужність, кВт			115
Режим роботи, %			75
Напруга, В			290
Струм якоря, А		номінальний	815
		стопорний	1716
Частота обертів, об / хв		номінальна	750
		максимальна	1500
Напруга збудження, В			98
Струм збудження, А			22
Опор		якоря	0,0036
обмотки, Ом		доп. полюсов	0,0032
Число полюсів			4
Момент інерції, кг·м ²			16,1
Число двигунів			2

2.2 Технічна характеристика трансформатора

Трансформатори силові загального призначення типу ТМ (трифазні масляні) потужністю від 10 до 4000 кВА напругою до 35 кВ призначені для внутрішньої і зовнішньої установки на об'єктах енергетики та народного господарства.

Серійні трансформатори ТМ потужністю від 10 до 4000 кВА випускаються з номінальною напругою обмотки ВН (високої напруги) 6 або 10 кВ і обмотки НН (низької напруги) - 0,4 кВ.

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики ТМ тисячу 6 / 0,69 Д / УН-11 У1

Потужність, кВ•А	Поеднання напруг, кВ		Схема і група з'єднання обмоток	Втрати, кВт		Напруга короткого замикання, (не більше)%	Струм холостого ходу,%
	ВН	НН		холостого ходу	короткого замикання		
1000	6; 10	0,4; 0,69	Д/УН-11	1,9	10,8	5,5	1,7



Малюнок 2.2 – ТМ 1000 6/0,69 Д/УН-11 У1 ГОСТ 11920

					ЕП.ПД.21.12.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.3 Вибір тиристорного перетворювача

Приводи Mentor II від компанії Control Techniques - є новітнім сімейством промислових приводів постійного струму із змінною швидкістю з повністю мікропроцесорним управлінням. Вихідний струм приводів Mentor II лежить в діапазоні від 25 А до 1850 А. Приводи Mentor II всіх номіналів мають функцію розподіленого управління, моніторингу, захисту та послідовної комунікації. Всі приводи Mentor II від компанії Control Techniques випускаються в одній або чотириквadrантній конфігурації. Одноквadrантні приводи Mentor II забезпечують тільки обертання вперед.

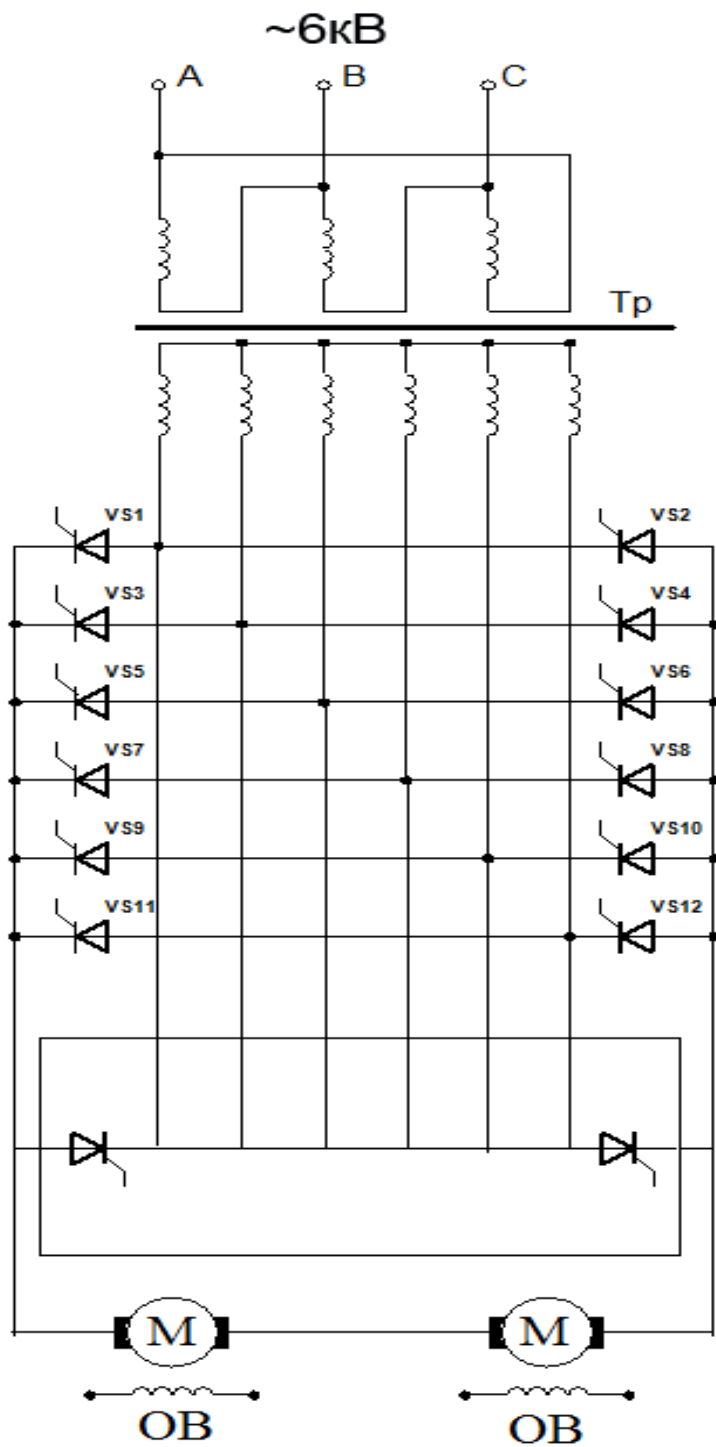
Чотириквadrантні приводи Mentor II можуть працювати в обох напрямках.

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики тиристорного перетворювача Mentor II

Тип приводу і модель		Типовий (1) номінал двигуна при 400 пост. струму		Макс. Безперервний номінальний струм (А)		Рекомендований номінал запобіжника		
Один квадрант	Чотири квадранта	кВт	л.с.	Вхід пер. струму	Вхід пост. струму	HRC перем. струм у на вході (А)	Вхід пер. струму (А)	Вихід пост. струму (А)
M1200	M1200R	450	603	1000	1200	1250	2x700	2x900 (5)

Продовження таблиці 2.4

Тип приводу і модель		Типовий розмір кабелів, вхідного для пер. струму і вихідного для пост. струму		Метод охолодження	Макс. струм збудження (А)
Один квадрант	Чотири квадранта	мм ² (3)	AWG (4)		
M1200	M1200R	3x400мм ²	-6	Охолодження вентилятором	20(8)



Малюнок 2.2 Схема електроприводу з реверсивним тиристорним перетворювачем

					ЕП.ПД.21.12.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2.4 Визначення параметрів об'єкта управління

Активний опір головного ланцюга ЕП за схемою ТП-Д може бути знайдено з наступного виразу [12]:

$$R_{\vartheta} = R_a + R_m + R_{\partial p} + R_{\text{екв}} + R_{\text{шин}} = 0,0044 + 0,0108 + 0,0019 + 0,014 + 0,00039 \\ = 0,0314 \text{ Ом}$$

$$\text{де } R_a = \beta_m (R_{\text{я}} + R_{\text{ко}} + R_{\text{дн}}) = 1,24 \cdot 0,0036 = 0,0044 \text{ Ом}$$

опір якірного ланцюга;

$$\beta_m = 1 + 0,004 \cdot 60 = 1,24 \text{ коефіцієнт, що враховує зміни опору при нагріванні на } \Delta\theta = 60^{\circ} \text{ C};$$

$R_{\text{ко}} = 0 \text{ Ом}$ - опір компенсаційної обмотки;

$R_{\text{дн}}$ - опір додаткових полюсів.

Активний опір трансформатора;

$$R_m = \frac{\Delta P_{\text{мт}}}{I_{\text{дн}}^2} = \frac{10800}{1000^2} = 0,0108 \text{ Ом}$$

де $\Delta P_{\text{мт}} = 10800 \text{ Вт}$ - втрати міді трансформатора;

$I_{\text{дн}} = 1000 \text{ А}$ - випрямлений струм.

Активний опір обмежувача реактора;

$$R_{\partial p} = \frac{\Delta P_{\text{мдр}}}{I_{\text{дн}}^2} = \frac{1900}{1000^2} = 0,0019 \text{ Ом}$$

Еквівалентний опір, який враховує зменшення випрямленої напруги внаслідок комутації вентилів;

$$R_{\text{екв}} = \frac{0,5 \cdot u_{\text{к}} \cdot U_{\text{д0}}}{I_{\text{дн}}} = \frac{0,5 \cdot 0,055 \cdot 540}{1000} = 0,014 \text{ Ом}$$

Активний опір шин.

$$R_{\text{шин}} = (0,05 \div 0,1) R_a = 0,09 \cdot 0,0044 = 0,00039 \text{ Ом}$$

Електромагнітна постійна часу:

$$T_{\vartheta} = \frac{L_{\vartheta}}{R_{\vartheta}} = \frac{0,0003}{0,0314} = 0,0095 \text{ с}$$

					ЕП.ПД.21.12.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

де індуктивність головного ланцюга:

$$L_{\sigma} = L_{я} + L_{m} = 0,0002 + 0,000095 = 0,0003 \text{ Гн};$$

індуктивність якоря може бути визначена за виразом [13]:

$$L_{я} = k \cdot \frac{30 \cdot U_{н\delta\delta}}{\pi \cdot p_{\delta\delta} \cdot I_{н\delta\delta} \cdot n_{н\delta\delta}} = 0,19 \cdot \frac{30 \cdot 290}{3,14 \cdot 4 \cdot 815 \cdot 750} = 0,0002 \text{ Гн}.$$

електромеханічна стала часу приводу під час руху з навантаженням і порожнім ковшем:

$$T_{м.гр} = \frac{J_{гр}}{(к\Phi)^2} R_{\Sigma} = \frac{9980,2}{3,65^2} 0,0314 = 23,5 \text{ с}$$

$$T_{м.п} = \frac{J_{п}}{(к\Phi)^2} R_{\Sigma} = \frac{7238,2}{3,65^2} 0,0314 = 17 \text{ с}$$

де $J_{гр} = J_{п.гр} + 2J_{дв} = 9948 + 2 \cdot 16,1 = 9980,2$; $J_{п} = J_{п.п} + 2J_{дв} = 7206 + 2 \cdot 16,1 = 7238,2$

Мала (некомпенсована) постійна часу приймається рівною $3 \div 7$ мс.

Приймаємо $T_{\mu} = 0,005 \text{ с}$ [3].

Статичний коефіцієнт посилення ТП по напрузі при лінійному опорному напрузі:

$$k_{ВП} = \frac{U_{a0}}{u_{y\max}} \cdot \sin \alpha = \frac{540}{10} \cdot \sin 90^{\circ} = 42,39$$

Конструктивний коефіцієнт двигуна

$$k_{\Phi} = \frac{U_{н\delta\delta} - I_{н\delta\delta} \cdot R_{я}}{\omega_{н\delta\delta}} = \frac{290 - 815 \cdot 0,0036}{78,5} = 3,65 \frac{В \cdot с}{рад},$$

де $\omega_{н\delta\delta}$ - номінальна кутова швидкість двигуна

$$\omega_{н\delta\delta} = \frac{\pi \cdot n_{н\delta\delta}}{30} = \frac{3,14 \cdot 750}{30} = 78,5 \frac{рад}{с}.$$

Коефіцієнт перетворення датчика струму:

$$k_{дт} \leq \frac{10}{k_{ш} \cdot I_{\max}} = \frac{10}{0,00075 \cdot 1716} = 77,5$$

Коефіцієнт перетворення шунта якоря:

$$k_{ш} = \frac{U_{ш}}{I_{ш}} = \frac{0,075}{1000} = 0,000075$$

					ЕП.ПД.21.12.2	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості:

$$k_c = \frac{10}{\omega_n} = \frac{10}{750} = 0,0013.$$

Індуктивність розсіювання трансформатора:

$$L_m = \frac{2 \cdot x_{af}}{\omega} = \frac{2 \cdot 0,015}{314} = 0,000095 \text{ Гн.}$$

Індуктивний опір фази трансформатора:

$$x_{af} = \frac{u_K \cdot U_{2\phi}}{100 \cdot I_{2\phi}} = \frac{5,5 \cdot 231,2}{100 \cdot 820} = 0,015 \text{ Ом}$$

$$U_{2\phi} = \frac{U_{2л}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231,2 \text{ Ом.}$$

Індуктивність реактора визначають за наступним значенням:

$$L_{op} = \frac{2,1 \cdot U_{2л}}{\omega p (I_{дон} - I_{нач})} - \frac{x_a}{\omega p} = \frac{2,1 \cdot 400}{314 \cdot 6 \cdot (12000 - 1000)} - \frac{840}{20724000} = -0,00004 \text{ Гн}$$

$$I_{дон} = 12 \cdot 1000 = 12000 \text{ Гн}$$

Так як значення L_{op} вийшло негативне, то робимо висновок, що індуктивність реактора вмикати не потрібно.

2.5 Налаштування контуру струму і розрахунок параметрів регулятора струму

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму [13]:

$$k_T = \frac{10}{\lambda \cdot I_n} = \frac{10}{I_{мон}} = \frac{10}{1716} = 0,0058 \text{ В/А}$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості:

$$k_c = \frac{10}{\omega_n} = \frac{10}{78,5} = 0,127$$

Передавальна функція регулятора струму якоря [13]:

$$W_{РТЯ}(p) = \frac{R_\varepsilon \cdot (T_\varepsilon p + 1)}{2 \cdot T_\mu \cdot k_{ВП} \cdot k_T \cdot p} = \frac{0,0314 \cdot (0,0095 p + 1)}{2 \cdot 0,005 \cdot 42,39 \cdot 0,058 \cdot p} = 0,116 + \frac{12,56}{p}$$

					ЕП.ПД.21.12.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

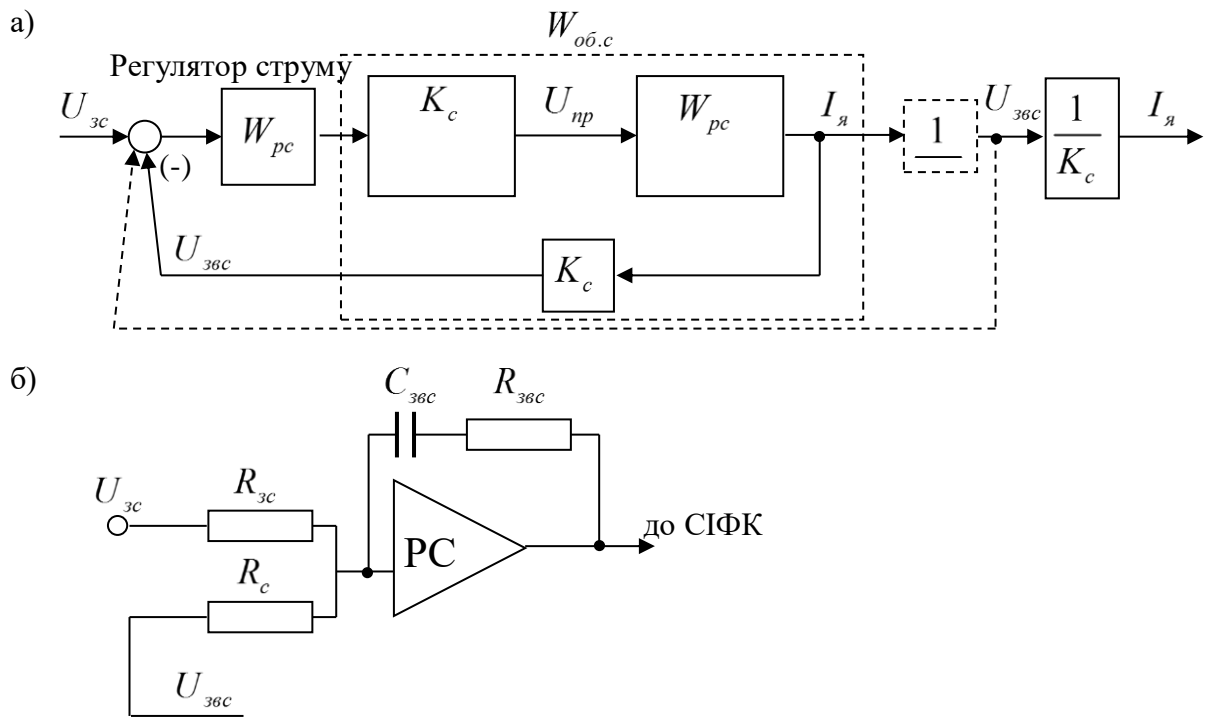


Рис. 11.4. Структурна схема контуру струму (а) та схема регулятора струму (б)

Розрахунок параметрів регулятора струму:

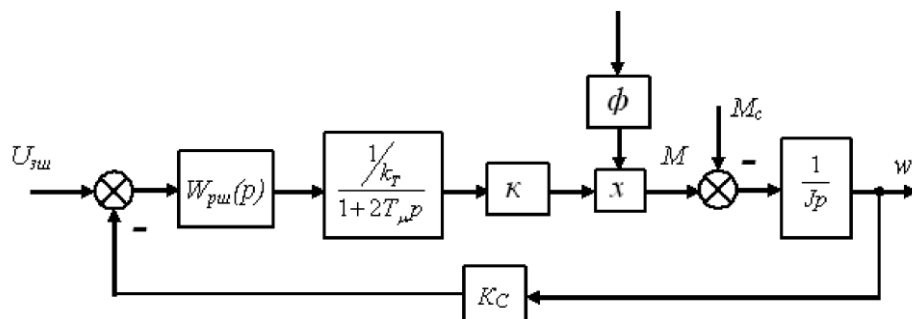
- приймаємо $C_{звс} = 1.0 \text{ мкФ}$;

- так як $T_{pc} = C_{звс} \cdot R_{звс} = T_{\Delta}$, то $R_{звс} = \frac{T_{\Delta}}{C_{звс}} = \frac{0,0095}{1 \cdot 10^{-6}} = 9,5 \cdot 10^3$;

- приймаємо $R_{зс} = R_c$, і використовуємо рівняння $K_{pc} = R_{звс} / R_{зс}$

$$R_{зс} = R_c = \frac{R_{звс}}{K_{pc}} = \frac{R_{oc} a_c T_{\mu} K_{вп} K_c}{R_{\Delta} T_{я}} = \frac{9,5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 0,005 \cdot 42,39 \cdot 0,127}{0,0314 \cdot 0,0095} = 17,14 \text{ кОм}$$

Налаштування контура швидкості



Малюнок 2.4 - Структурна схема контуру швидкості

Передавальна функція регулятора швидкості [13]:

$$W_{P.C} = K_{P.C} = \frac{T_M K_T K_\Phi}{a_c a_T T_\mu R_3 K_C} = \frac{23,5 * 0,0058 * 3,65}{2 * 2 * 0,005 * 0,0314 * 0,127} = 623,7$$

де $a_c = a_T = 2$ при налаштуванні системи на технічний оптимум.

Для компенсації впливу зворотного зв'язку по ЕРС двигуна застосовують позитивний зворотний зв'язок по $E_{дв}$ яка подається на вхід СІФУ коефіцієнт передачі якої

$$W_K = \frac{k_\Phi}{k_{ВП} k_C} = \frac{3,65}{42,39 * 0,127} = 0,67$$

Передавальна функція ПІ регулятора швидкості

$$W_{P.C} = K_{P.C} \frac{8T_\mu p + 1}{8T_\mu p} = K_{P.C} + \frac{K_{P.C}}{8T_\mu p}$$

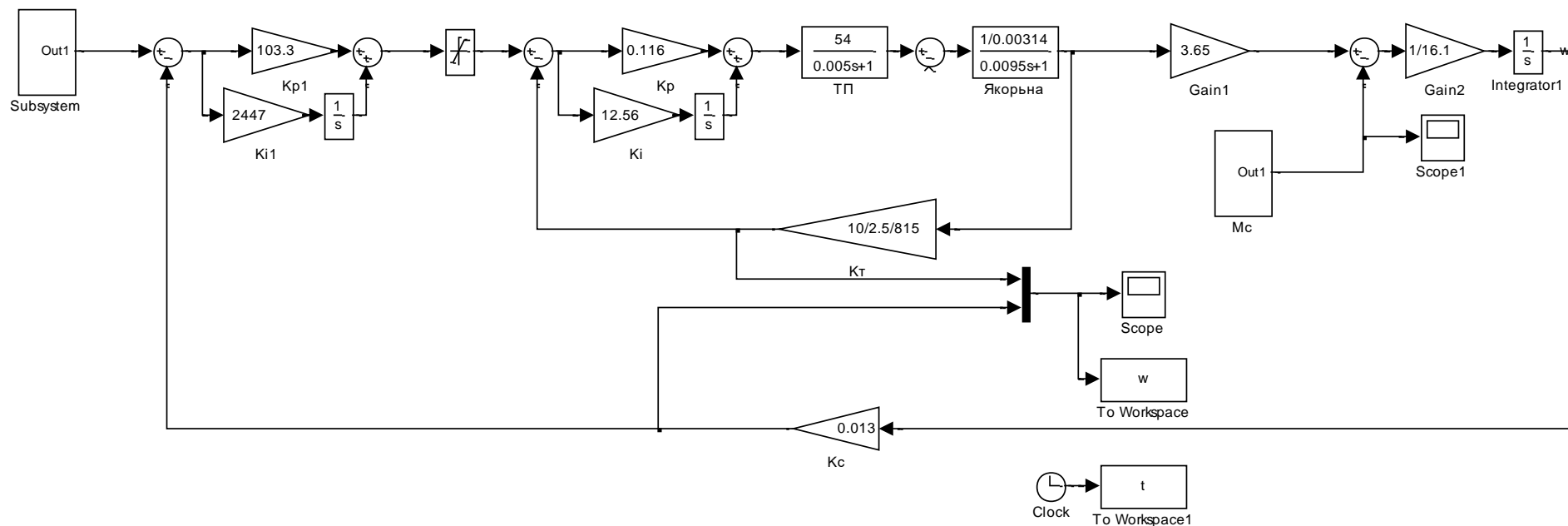
					ЕП.ПД.21.12.2	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3

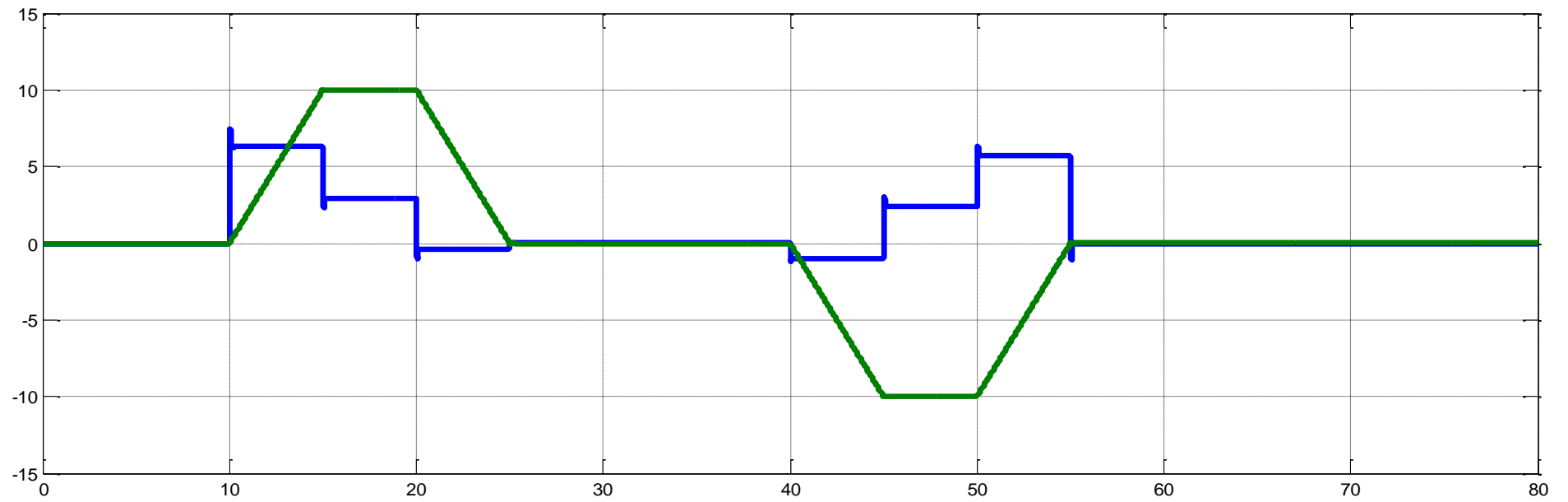
Дослідження динаміки електроприводу

					ЕП.ПД.21.12.3	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

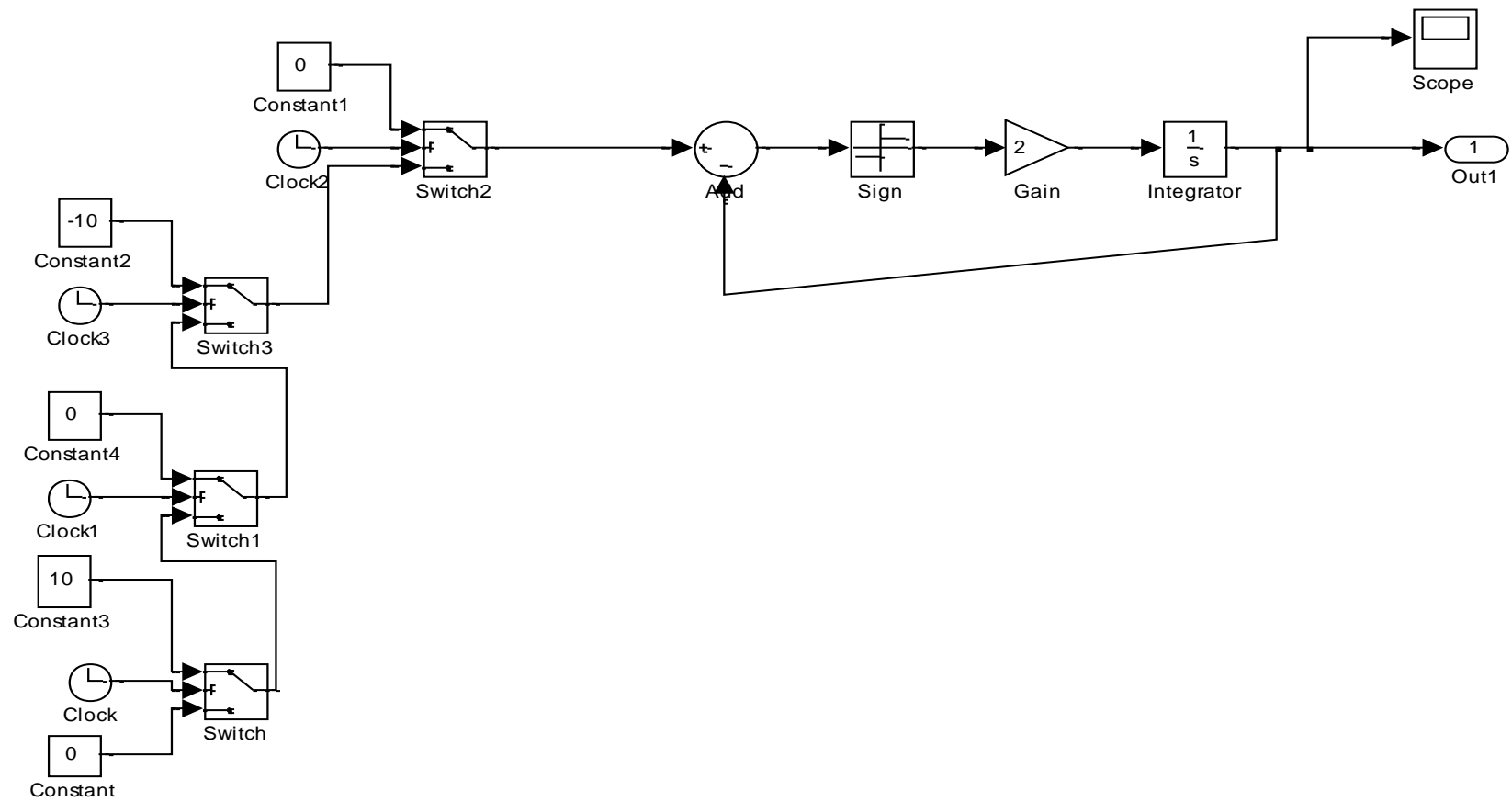
Метою досліджень динаміки розробленої системи управління електроприводу повороту екскаватора ЕКГ-5а є перевірка якості перехідних процесів в системі автоматичного регулювання в характерних для даного електроприводу режимах. Так як при синтезі регуляторів САР був прийнятий ряд припущень, розрахунок перехідних процесів повинен довести правомірність цих припущень і продемонструвати задовільний якість перехідних процесів при прийнятих параметрах регуляторів. Найбільш зручним з точки зору технічної реалізації є структурний моделювання з використанням передавальних функцій досліджуваного об'єкта. Одним з широко застосовуваних сучасних пакетів, що реалізують структурний моделювання, є MATLAB. Виходячи з структурної схеми САР, розрахованих параметрів електроприводу і регуляторів, розроблено математичну модель електроприводу повороту екскаватора ЕКГ-5а стосовно до додатка Simulink пакета MATLAB. Схема моделі тиристорного електроприводу повороту екскаватора при дослідженні динаміки приведена на малюнку 3.1 і на аркуші 4 графі-чеської частини. Як параметри моделі підставлені розраховані в другому розділі коефіцієнти регуляторів і об'єкта управління. На вхід моделі подаються завдання на швидкість і величину моменту навантаження. За допомогою осцилографа знімаються графіки швидкості і струму двигуна. У моделі відповідні блоки враховують наявність обмеження завдання на величину струму на виході ІІ регулятора швидкості. Представлені результати підтверджують правильність зроблених розрахунків параметрів електроприводу і налаштувань регуляторів. Якість перехідних процесів задовольняє вимогам, що пред'являються до приводів.



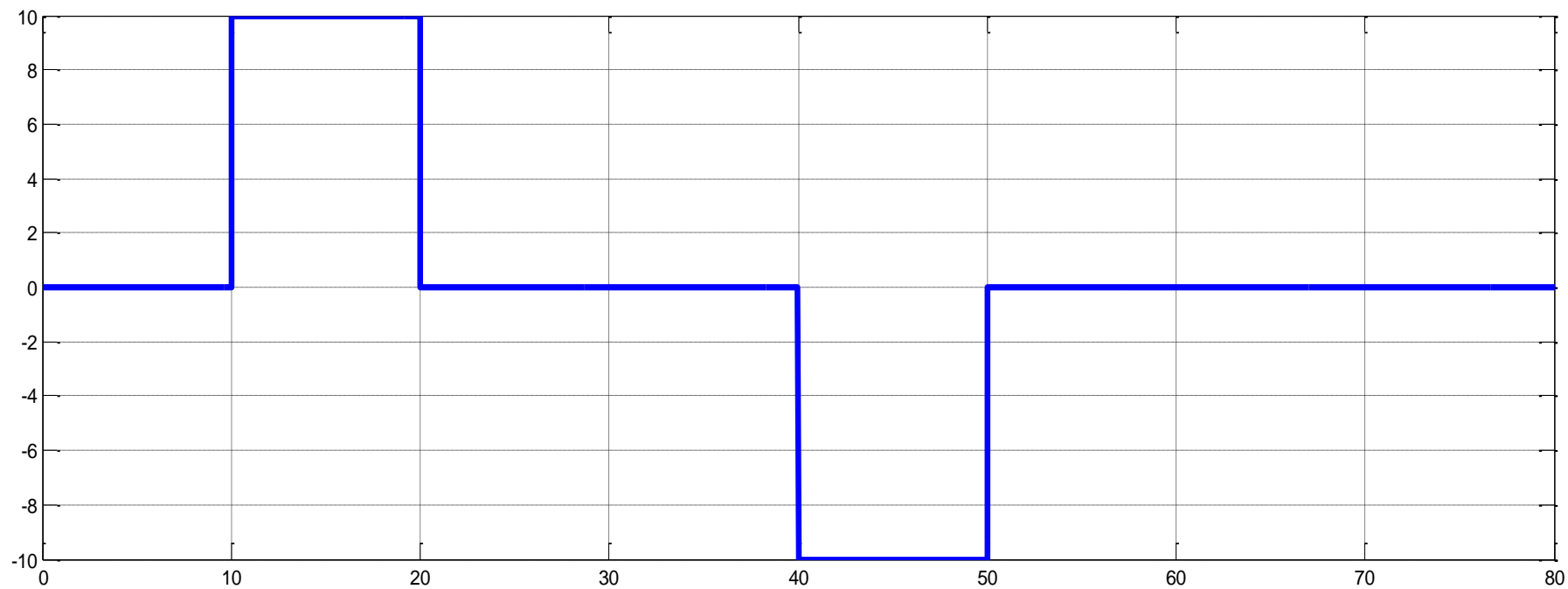
Мал. 3.1 Модель однозонного електроприводу повороту екскаватора ЕКГ-5а в пакеті MATLAB



Мал.3.2 Графік перехідних процесів



Мал.3.3 Вузол формування завдання на швидкість



Мал.3.4 Графік завдання на швидкість

5 Охорона Праці

					ЕП.ПД.21.12.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

5.1 Опис шкідливих та небезпечних факторів

1) Мікроклімат. Метеорологічні умови і їх вплив на організм.

Мікроклімат виробничого середовища визначається факторами, що діють на організм працюючих: температурою ($^{\circ}\text{C}$), відносною вологістю (%), швидкістю руху повітря (м / с), барометричним тиском (мм.рт.ст.), тепловим випромінюванням (Вт / м^2), інтенсивністю сонячної радіації (Вт / м^2). Температура повітря в кар'єрах завжди вище, ніж в навколишній атмосфері, а в кабінах гірничотранспортних машин вона може досягати, в залежності від інтенсивності сонячної радіації, $40\text{-}50^{\circ}\text{C}$ і навіть більше. Вологість повітря в кар'єрах відрізняється від вологості в навколишній атмосфері, а в кабінах, при штучному опаленні, може бути нижчою. Швидкість руху повітря в кар'єрах завжди менше, що в зимовий період є позитивним фактором, а при високих температурах негативним. Інтенсивність сонячної радіації в кар'єрах повністю відповідає інтенсивності сонячної радіації в навколишній місцевості.

2) Стан забруднення атмосфери кар'єрів

Атмосфера кар'єрів забруднюється пилом (руди, вугілля) і шкідливими газами (оксид вуглецю, оксид азоту), які є наслідком процесу виробничої діяльності. Інтенсивність забруднення залежить від: технології і техніки розробки, фізико-хімічних властивостей порід, кліматичних і погодних умов, ефективності застосування способів і заходів по оздоровленню атмосфери. Концентрація пилу і шкідливих газів на робочих місцях в кар'єрах може коливатися в великих межах.

3) Виробнича вібрація

Залежно від характеру дії на організм вібрація буває місцевої (локальної), що передається на окрему частину тіла (руки і т.п.), і загальної, яка передається на все тіло людини, яка стоїть або сидить, через поверхні тіла. В реальних умовах гірського виробництва має місце об'єднання цих видів вібрації.

					ЕП.ПД.21.12.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

4) Виробничий шум

Технічний процес видобутку корисних копалин пов'язаний з використанням різних машин, механізмів, інструментів, експлуатація яких, супроводжується інтенсивним шумом, що значно погіршує умови праці. Джерела механічного шуму - коливання, які виникають під час функціонування робочих органів ходової частини коробки передач, трансмісій пересувних і стаціонарних гірських машин і механізмів.

5) Електробезпека на кар'єрах

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і способів, які забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики. Ураження електричним струмом на кар'єрах становлять 5-7% від загальної кількості травм, електричні травми з летальним наслідком досягають 20% від усіх смертельних. Тому профілактика електротравматизму має вестися на досить високому рівні.

5.2 Заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих факторів

5.2.1 ІТМ щодо поліпшення мікроклімату

Заходи щодо поліпшення умов праці передбачають максимальну автоматизацію і механізацію виробничих процесів. У кабінах екскаваторів необхідно кондиціонувати повітря, підтримувати температуру в межах 21-23 ° С, а також передбачати пристрої для швидшого відігрівання кінцівок за допомогою теплового випромінювання. У будь-якому випадку, при виконанні робіт, температура не повинна перевищувати 28 ° С.

					ЕП.ПД.21.12.5	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.2 Заходи щодо поліпшення атмосфери кар'єрів

Інженерно-технічні заходи включають якісне розсіювання шкідливих виділень, пиловловлювання, нейтралізацію отруйних газів. Поширеним інженерно-технічним способом, що зменшує виділення пилу під час робіт в кар'єрах - зволоження порід у вибоях. Для цього використовують воду, при можливості ту, що відкачують з кар'єру, бажано з добавками, які зменшують її в'язкість. При низькій температурі повітря (-10°C) воду доцільно підігрівати, а при ще більш низькій - використовувати розчини солей (наприклад, хлоридів). Для зволоження порід у забоях використовують гідромонітор, які можуть бути стаціонарними або мобільними. Перевагою стаціонарних моніторів є те, що вони менше заважають роботі екскаватора. Користування дорогами з поліпшеним покриттям різко зменшує інтенсивність здування пилу. Поверхня такої дороги потрібно регулярно очищати від прокидаючись. У зниженні газовиділення при роботі дизельних двигунів важливу роль відіграє якісне регулювання паливної системи.

5.2.3 Заходи і способи захисту від вібрації

Зниження вібрації на кар'єрному обладнанні складається, в основному в зменшенні динамічних процесів, викликаних ударами, різким прискоренням внаслідок дисбалансу обертових мас, для чого застосовуються методи віброізоляції, віброгашення і вібродемпфірування. З меншення параметрів загальної вібрації за рахунок віброгашення досягається за допомогою збільшення маси агрегату стаціонарних машин або підвищення жорсткості його вібро-генеруючих елементів. Збільшення маси досягається шляхом установки агрегату на самостійний фундамент або масивні плити між основою і агрегатом. Всі сучасні пересувні машини і транспортні забезпечені антивібраційними сидіннями, мають амортизатори на педалях і рукоятках управління.

					ЕП.ПД.21.12.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

5.2.4 Методи і способи захисту від шуму

Для боротьби з шумом на кар'єрах застосовують методи і способи колективного та індивідуального захисту. Найбільш ефективними є причиною заходи щодо зниження шуму в джерелі його виникнення завдяки поліпшенню конструкції машин; забезпечення мінімальних допусків в з'єднаннях деталей, заміні прямозубих шестерень шевронними і т. п., своєчасному технічному обслуговуванню та проведенню своєчасних ремонтів. Заходи по боротьбі з шумом складаються у впровадженні нових малошумних технологічних процесів, оснащення шумових машин механізмами дистанційного керування і автоматичного контролю, використання раціональних режимів праці та відпочинку тощо. До засобів індивідуального захисту від шуму відносяться протишумові навушники, які закривають вушну раковину ззовні, і протишумові вставки, які закривають слуховий прохід. До засобів індивідуального захисту належать також протишумові шоломи, які використовуються разом з навушниками (СОМЗ-5).

5.2.5 Безпека при роботі екскаваторів

Основними причинами травматизму при обслуговуванні екскаваторів є обвали вибоїв, знаходження людей в зоні дії екскаватора, падіння уламків породи зі стріли, кузова, ковша, підйом на екскаваторі, спуск з нього під час роботи тощо. Перегін екскаватора дозволяється згідно з письмовим розпорядженням начальника рудника, в якому передбачаються заходи з безпеки, і вказується відповідальна особа. Перегін екскаватора під діючої ЛЕП дозволяється енергетиком відповідної ділянки за умови, що зазор між нижнім проводом і найвищою точкою екскаватора буде не менше 2 м. При наявності атмосферних опадів перегін екскаватора під діючої ЛЕП забороняється. При перегоні крокуючого екскаватора його стріла направляє в сторону, протилежну напрямку руху. Переміщення екскаватора в забої має проводитися за сигналами помічника машиніста. Максимальний кут укоосу при перегоні екскаватора не повинен перевищувати

					ЕП.ПД.21.12.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

12,5 °. Перегін екскаватора в нічний час не дозволяється. Стріляв канати екскаватора підлягають огляду один раз на тиждень механіком дільниці. Кількість первинних проводів на одному кроці сукання не повинно перевищувати 15%. Виступаючі кінці проводів повинні бути відрізані. Підйомні і підтягують канати необхідно оглядати в строки, затверджені головним механіком кар'єра. Під час роботи екскаватора люди не повинні перебувати під його агрегатами. Екскаватори повинні мати зручні пристрої для виклику машиніста.

5.2.6 Безпека при електропостачанні кар'єрів

При розробці родовищ корисних копалин відкритим способом необхідно керуватися: «Правилами улаштування електроустановок», «Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів», «Правилами користування і випробування захисних засобів, які використовуються в електроустановках», «Інструкцією з безпечної експлуатації та обслуговуванні електрообладнання та електромереж на кар'єрах », «Єдиних правил безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом », які розроблені з урахуванням вищезазначених правил. На кожному кар'єрі повинні бути:

- а) схема електропостачання, нанесена на план гірничих робіт, на ко-торою вказуються силові і електротягові мережі, місця розміщення електроустановок (трансформаторних підстанцій, розподільчих пристроїв тощо);
- б) принципова однолінійна схема з видом силових мереж, електроустановок (трансформаторних підстанцій, розподільчих пристроїв тощо), а також види струму, перетину проводів і ка-білій, їх довжини, марки, напруги і потужності кожної установки, всіх місць заземлення, розміщення попереджувальної комутаційної апаратури.

					ЕП.ПД.21.12.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Для живлення рухомих машин і механізмів в кар'єрах використовують кабелі, гнучкі шланги. З'єднання кабелів можливо за допомогою спеціальних муфт. Приєднання кабелів безпосередньо до повітряних ЛЕП забороняється. Огляд кабелів повинні проводити машиністи або їх помічники три рази за зміну. Переміщення кабелю, як правило, повинно проводитися після зняття напруги. Допускається переміщення кабелю без зняття напруги при використанні діелектричних засобів захисту: рукавиць, бот, кліщів. Можливо також переміщення кабелю з допомогою екскаватора з використанням діелектричного каната.

5.2.7 Вимоги до заземлення і системам захисту

Надзвичайно важливим заходом з електробезпеки на кар'єрах є наявність і якість заземлення (облік якості заземлення). Заземлення включає сукупність заземлювачів (електродів), що сполучає смугу і заземлення. За призначенням заземлення може бути захисним і робочим. На кар'єрах все електроустановки понад 42 В перемінного і 110 В постійного струму підлягають заземленню. Заземлення електроспоживачів напругою до 1000 В і більше 1000 В на кар'єрах виконується спільно. Заземлення на кар'єрах складається з головного заземлюючого контуру, заземлюючого проводу і допоміжного за-заземлення. Для внутрішньокар'єрних електроустановок опір заземлення слід приймати не більше ніж 4 Ом.

5.3 Протипожежна безпека

Для запобігання виникненню пожеж на екскаваторі в процесі роботи застосовуються такі профілактичні заходи: застосована захищена електропроводка (проводом марки ВРГ, кабелем або проводом ПР і ПВ в тонкостінних сталевих трубах). Використовувалися з'єднувальні або розгалужувальні коробки, переважно - пилонепроникні. Електрообладнання встановлено в спеціальні захисні шафи, які поставляються в комплекті з устаткуванням. Місце, де розташований екскаватор, оснащено телефонним зв'язком і пожежною сигналізацією, а також поруч знаходиться первинні

					ЕП.ПД.21.12.5	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

засоби пожежогасіння ящики з сухим піском, ручний вогнегасник типу ОУ-2 (в кабіні). Вогнегасник призначений для гасіння невеликих джерел загорання всіх видів.

5.4 Розрахунок освітлення кабіни машиніста екскаватора

Вихідні дані для розрахунку:

Геометричні розміри кабіни екскаватора ЕКГ-5А: довжина $A = 2,36$ м; ширина $B = 1,35$ м; висота приміщення $H = 2,76$ м.

Розрахунок штучного освітлення виконую методом коефіцієнта використання світлового потоку. Необхідний світловий потік ламп в кожному світильнику визначимо за формулою :

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta}$$

де Φ - необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику, лм; E - нормована мінімальна освітленість, лк, k - коефіцієнт запасу, S - освітлювана площа, m^2 ; z - коефіцієнт мінімальної освітленості, N - число світильників у приміщенні; η - коефіцієнт використання світлового потоку.

Передбачаю використання як джерела світла люмінесцентних ламп ЛДЦЗО
Приймаю: $E = 300$ лк.

Знаходимо освітлювану площу ділянки:

$$S = 2,36 \cdot 1,35 = 3,2 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт запасу гірнично-обробних підприємств, шахт, рудників при використанні газорозрядних ламп дорівнює $k = 1,5$.

Коефіцієнт мінімальної освітленості при використанні газорозрядних ламп типу ДРІ становить $z = 1,15$.

Розрахункова висота підвісу лампи дорівнює висоті кабіни екскаватора
 $h_{п} = H = 2,76$ м

- відстань між світильниками:

$$L_{м} = \lambda \cdot h = 0,5 \cdot 2,76 = 1,38 \text{ м}$$

					ЕП.ПД.21.12.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

де $\lambda = 0,5$ - найбільш вигідне співвідношення відстані між світильниками до розрахункової всоте підвісу, для світильників типу ДРІ з глибокої типової кривої світла.

- кількість світильників в приміщенні:

$$N = \frac{S}{L^2} = \frac{3,2}{1,38^2} \approx 2$$

Знаходимо індекс приміщення:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} = \frac{2,36 \cdot 1,35}{2,76(2,36+1,35)} = 0,31$$

де A і B - довжина і ширина приміщення, h - розрахункова висота підвісу, м
Виходячи з наведеної характеристики поверхні приміщення, яка відображає, визначаємо коефіцієнт відбиття поверхні: стелі $\rho_p = 70\%$; стін $\rho_c = 50\%$; підлоги $\rho_g = 10\%$.

З урахуванням отриманих значень ρ і індексу приміщення визначимо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,72$.

Тоді світловий потік ламп в кожному світильнику складе:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 3,2 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{2 \cdot 0,72} = 1350 \text{ лм}$$

Розрахувавши світловий потік вибираємо дугову люмінесцентну лампу типу ЛДЦЗО-4 з наступними технічними даними:

Потужність лампи – 30 Вт

Напруга на лампі – 104 Вт

Світловий потік після 100 годин роботи - 1450 лм

Загальна потужність, спожита світильниками складе:

$$P = N \cdot P_{\text{лампи}} = 2 \cdot 30 = 60 \text{ Вт}$$

Відхилення фактичної освітленості від заданої :

$$\Delta = \frac{1450 - 1350}{1150} \cdot 100\% = 8,7 \%$$

					ЕП.ПД.21.12.5	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Вступ.

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, сприяє підвищенню продуктивності екскаватора (через зменшення часу простою на ремонт) що позитивно вплине на економічну ефективність проекту.

Для обґрунтування економічної доцільності пропоновано:

в дипломному проекті модернізації обладнання необхідно вирішити такі завдання:

1. Розрахувати обсяг капітальних витрат;
2. Визначити розмір експлуатаційних витрат;
3. Визначити та проаналізувати показники економічної ефективності.

					ЕП.ПД.21.12.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

4.1. Розрахунок капітальних витрат.

Для визначення капітальних витрат можна скористатися формулою

$$K_{пр} = K_{об} (\Sigma Ці) + Z_{тзс} + Z_{м} + Z_{н} + Z_{пр}, \text{ грн}$$

де $K_{об} (\Sigma Ці)$ - вартість придбання електрообладнання (трансформатор напруги, та тиристорний перетворювач), необхідного для реалізації прийнятого технічного рішення.

K - кількість необхідних комплектуючих елементів;

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

$Z_{м}$ - витрати на монтажні роботи;

$Z_{н}$ - витрати на налагоджувальні роботи;

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

Таблиця 4.1 Зведення капітальних витрат.

№ п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Трансформатор напруги ТМ 1000	1	90000	90000
2	Тиристорний перетворювач М1200R	1	270530	270530
	ВСЬОГО			360530

Витрати на монтажні (Зм) роботи:

$$Z_m = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 2 \cdot 94 \cdot 12 \cdot 1,15 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 3323, \text{грн.}$$

Витрати на налагоджувальні (Зн) роботи:

$$Z_n = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 2 \cdot 94 \cdot 5 \cdot 1,15 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 1385, \text{грн.}$$

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

a_i - годинна тарифна ставка i -го розряду, грн;

a_4 - годинна тарифна ставка 4-го розряду дорівнює 94 грн / год;

t_i - час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, час;

K_d - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

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

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

Інші одноразові вкладення коштів (Зпр) можуть включати витрати на:

1. Демонтаж застарілого обладнання;
2. Проведення проектно-конструкторських робіт;
3. Підготовку персоналу;
4. Придбання готового програмного забезпечення.

$$K_{np} = 360530 + 3323 + 1385 = 365238 \text{грн,}$$

За розцінками фірми ООО «Строй Консультант» , що до здійснення транспортування обладнання, витрати на транспортно – заготівельні та складські роботи становлять 10000грн.

					ЕП.ПД.21.12.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічного устаткування відносяться:

- амортизаційні відрахування (Ca);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (Cз);
- відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (Cс);
- витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (Cт);
- вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування (Cе);
- інші експлуатаційні витрати (Cпр).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = Ca + Cz + Cs + Ct + Ce + Cpr;$$

Розрахунок експлуатаційних витрат ведеться по проектному і базовому варіанту паралельно.

4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається за видами основних фондів та нематеріальних активів за розділами зведення капітальних витрат.

Мінімально допустимий терміни корисного використання машин і обладнання – 2 роки (T_p)

Розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів :

$L = 36524$ грн.

Прямолінійний метод амортизації

Таблиця 4.2 Амортизаційні відрахування.

№	Найменування показників	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
1	Проектний варіант	365238	45	164357

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЕП.ПД.21.12.4

4.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати.

Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу надано в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 Річний фонд заробітної плати.

№ п/п	Найменування професій працівників	Явочний штат в змін, чол.	Денна заробітна плата, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, днів.	Разом, основна зарплата за тарифом, грн.
1.	Машиніст	1	800	250	200000
2.	Помічник машиніста	1	600	250	150000
	РАЗОМ	2	1400	500	350000

Загальна величина річного фонду заробітної плати становить:

$$C_{з пр} = Z_{осн} + Z_{доп} = 350000 + 17500 = 367500 \text{ грн}$$

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

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

					ЕП.ПД.21.12.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

4.2.3. 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:

$$Z_{m.p.} = \sum_{i=1}^n \left(R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\phi} \right) \quad (4.9)$$

де n – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

R_i – годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн;

t_i – трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю залежно від виду ремонту год./ од.:

- малого - 1,2;
- середнього - 7,0;
- капітального - 15,0.

m_i – число ремонтів за рік (наприклад, для закритих електромашин число малих ремонтів - 2, середніх - 1, капітальних - 0,1);

R_{Σ} – сумарна категорія складності ремонту в залежності від виду електрообладнання:

- ✓ асинхронний двигун від 0,5 до 5 кВт - 1,3;
- ✓ асинхронний двигун від 5 до 10 кВт - 2,1;
- ✓ асинхронний двигун від 55 до 75 кВт - 6,0;
- ✓ машини постійного струму від 0,5 до 5 кВт - 2,5;
- ✓ електродвигуни та генератори постійного струму від 55 до 75 кВт - 10,0.

S_i – вартість однотипних замінних елементів, грн.;

Π – кількість однотипних замінних елементів;

T – середній термін служби деталей даного типу, год.;

T_{ϕ} – число годин роботи апаратури на рік, год.

Обслуговування ТПД входить до обов'язків чергового електрослюсаря, чисельність яких не змінюється.

					ЕП.ПД.21.12.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Таблиця 4.4 Розрахунок капітального ремонту.

Найменування	Одиниці вимірювання	Кількість	Опис
Елементи, що підлягають ремонту	Шт	3	Двигун ,трансформатор,тиристор
Ставка робітників, що виконують ремонт	Грн/год.	80	Черговий електрослюсар
Кількість ремонтів	Од./рік	0,1	-
Тривалість ремонту	Год.	12	-
Вартість замінних елементів	Грн.	4956	Підшипники(2шт), тиристор(2шт), трансформаторне масло(20л)
Середній термін служби апаратури	Год./рік	4000	-
Число годин роботи апаратури	Год./рік	2000	-

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

= 7400 грн

					ЕП.ПД.21.12.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

4.2.4. 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:

$$C_{\text{Э}} = (P_{\text{вст}} \cdot t_{\text{вик}} \cdot k_{\text{втр}}) \cdot C_{\text{е}}, \text{ де}$$

$P_{\text{вст}}$ – встановлена потужність, кВт ;

$t_{\text{вик}}$ – час роботи обладнання, год./рік;

$k_{\text{втр}}$ – коефіцієнт, що враховує електричні втрати;

$C_{\text{е}}$ – тариф на електроенергію , грн./кВт· год.

Встановлена потужність – 115 кВт.

Час використання 2000 год./рік.

Коефіцієнт, що враховує електричні втрати – 0,87.

Тариф на електроенергію станом на травень 2021 року згідно даним сайту (dp.uasno.com.ua) : 3,8 грн/кВт· год .

Тоді витрати на споживану електроенергію за рік становить :

$$C_{\text{Э}} = \left(\frac{115 \cdot 2000}{0,87} \right) \cdot 3,8 = 1005100 \text{ грн.}$$

					ЕП.ПД.21.12.4	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.5. Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Згідно з практикою, ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

$$C_{\text{інш}} = 0,04 \cdot C_3 = 0,04 \cdot 367500 = 14700 \text{ грн.}$$

					ЕП.ПД.21.12.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Висновок.

Капітальні витрати складають 365238 грн. Річні експлуатаційні витрати 1559057 грн, зокрема амортизаційні відрахування 164357 грн, річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт 7400 грн, вартість спожитої електроенергії 1005100 грн.

					ЕП.ПД.21.12.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

