

Міністерство освіти і науки України
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Електротехнічний факультет

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 141

«ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

НА ТЕМУ:

«ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕКИДАЧА
ОКЕ 2-4,5-750А ЗАЛІЗОРУДНОЇ ШАХТИ»

Виконав: студент групи ЗЕЕМ-22ск _____ Ярослав ДУМІН

Керівник кваліфікаційної роботи _____ к.т.н., доц. Міла БАРАНОВСЬКА

Нормоконтролер _____ к.т.н., доц. Міла БАРАНОВСЬКА

Декан ЕТФ _____ к.т.н., доц. Владислав ФЕДОТОВ

Гарант освітньої програми _____ к.т.н. Ігор ПЕРЕСУНЬКО

Кривий Ріг

2025 р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Електротехнічний

Кафедра: Електромеханіки

Освітньо-професійна програма першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти: «бакалавр»

Спеціальність: 141 «Електроенергетика,
електромеханіка та електромеханіка»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

_____ к.т.н. Ігор Пересунько
« _____ » _____ 20____ р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Думін Ярослав Русланович
(прізвищі ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Електромеханічне обладнання перекидача ОКЕ 2-4,5-750А залізорудної шахти

керівник проекту (роботи) Барановська М.Л.

затверджена наказом по КНУ від « 12 » травня 2025 р. № 251с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) « 04 » червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Шахтний вагонетковий перекидач ОКЕ 2-4,5-750А: річна продуктивність 1212 т/год.; діаметр барабана – 4000 мм; довжина барабана – 8000 мм; маса вагонетки з вантажем – 36000 кг; число одночасно розвантажувальних вагонеток – 2 шт.; тривалість одного оберту барабана – 13 с; встановлена потужність приводу – 30 кВт.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1.1 Внутрішній шахтний транспорт. 1.2 Технічний опис перекидача ОКЕ 2-4,5-750А. 1.2.1 Загальні відомості. 1.2.2 Будова, принцип роботи складових частин шахтного перекидача. 1.2.3 Робота принципової електричної схеми шахтного перекидача. 1.2.4 Монтаж шахтного перекидача. 2.1 Вимоги до електроприводу шахтного перекидача. 2.1.1 Статичні моменти від ваги елементів системи. 2.1.2 Моменти від сил тертя в роликових опорах. 2.1.3 Сумарні статичні моменти. 2.1.4 Динамічні моменти обертових мас. 2.1.5 Вибір приводної асинхронної машини шахтного перекидача. 2.2 Вибір електромеханічного обладнання перекидача. 2.3. Обґрунтування та вибір системи електроприводу перекидача. 2.4 Технічні характеристики тиристорного пристрою ТСУ-4. 2.5 Розрахунок параметрів АМ типу АК 313-46-6У4. 2.6 Розрахунок та побудова механічних характеристик системи ТПЧ-АМ. 2.7 Розрахунок та побудова швидкісних та енергетичних характеристик системи ТПЧ-АМ. 2.8 Розробка моделі шахтного перекидача. 3.1 Електропостачання шахти та відомості про споживачів електроенергії. 3.2 Місце розташування ЦПП. 3.3 Оцінка величин навантажень і вибір трансформаторів ЦПП. 3.4 Вибір живильних кабелів. 3.5 Розрахунок струмів короткого замикання. 3.6 Вибір високовольтного та низьковольтного обладнання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
презентація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Барановська М.Л., доцент		
2	Барановська М.Л., доцент		
3	Барановська М.Л., доцент		

7. Календарний план

№ з/п	Етапи роботи	Термін виконання	Примітка
1.1	Внутрішній шахтний транспорт.	12.05-13.05	Виконано
1.2	Технічний опис перекидача ОКЕ 2-4,5-750А	14.05-15.05	Виконано
1.2.1	Загальні відомості	16.05-17.05	Виконано
1.2.2	Будова, принцип роботи складових частин шахтного перекидача	16.05-17.05	Виконано
1.2.3	Робота принципової електричної схеми шахтного перекидача	16.05-17.05	Виконано
1.2.4	Монтаж шахтного перекидача	16.05-17.05	Виконано
2.1	Вимоги до електроприводу шахтного перекидача	18.05-19.05	Виконано
2.1.1-2.1.4	Моменти: статичні, динамічні, тертя, обертових мас	20.05-21.05	Виконано
2.1.5	Вибір приводної асинхронної машини шахтного перекидача	22.05-24.05	Виконано
2.2, 2.3	Вибір електромеханічного обладнання перекидача. Обґрунтування та вибір системи	25.05-26.05	Виконано
2.4	Технічні характеристики тиристорного пристрою ТСУ-4.	27.05-28.05	Виконано
2.5-2.8	Розрахунок параметрів АМ. Розрахунок та побудова характеристик. Розробка моделі шахтного перекидача.	29.05-30.05	Виконано
3.1	Електропостачання шахти та відомості про споживачів електроенергії.	29.05-30.05	Виконано
3.2-3.4	Оцінка величин навантажень і вибір трансформаторів ЦПП.	30.05-31.05	Виконано
3.5, 3.6	Розрахунок струмів короткого замикання. Вибір високовольного та низьковольного обладнання.	01.06-03.06	Виконано

Дата видачі завдання: «12» травня 2025 р.

Студент _____ Думін Я.Р.

(підпис)

(П.І.Б.)

Керівник роботи (проекту) _____ Барановська М.Л.

(підпис)

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка складається з:

_____ с., _____ рис., _____ табл., _____ літературних джерел.

У першому розділі проаналізовано електромеханічне обладнання шахти, зокрема внутрішньошахтний транспорт і вагонетковий перекидач ОКЕ2-4,5-750А.

Другий розділ присвячено обґрунтуванню та вибору типу електропривода - системи ТПЧ-АМ. Виконано розрахунок параметрів перекидача ОКЕ2-4,5-750А, підібрано нові двигуни типу АК 313-46-6У4 (4 одиниці), а також комплексний тиристорний пристрій керування ТСУ-4. Проведено розрахунок характеристик електропривода ТПЧ-АМ, включаючи його статичні та динамічні показники. За результатами моделювання вдалося оптимізувати швидкість роботи перекидача залежно від кута його повороту.

У третьому розділі здійснено розрахунок системи електропостачання типової залізничної шахти. Визначено електричні навантаження, обрано силовий трансформатор на основі каталогів. Проведено аналіз режимів роботи обладнання - як у нормальних, так і в аварійних умовах. Визначено струми короткого замикання для різних рівнів напруг 6 кВ і 0,4 кВ, а також обґрунтовано вибір електрообладнання для цих мереж, включаючи комутаційну та захисну апаратуру.

ШАХТНИЙ ПЕРЕКИДАЧ, АСИНХРОННА МАШИНА, ТИРИСТОРНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ, СТАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Думін Я.Р.									
Перевір.		Барановська М.									
Реценз.									ЕМ гр. ЗЕЕМ-22ск		
Н. Контр.		Барановська М.									
Затверд.		Пересунько І.І.									

Вступ.....	....
Розділ 1 Характеристика електромеханічного об'єкту та його електрообладнання.....	....
1.1 Внутрішній шахтний транспорт.....	....
1.2 Технічний опис перекидача ОКЕ2-4,5-750А.....	....
1.2.1 Загальні відомості.....	....
1.2.2 Будова, принцип роботи складових частин шахтного перекидача ....	....
1.2.3 Робота принципової електричної схеми шахтного перекидача.....	....
1.2.4 Монтаж шахтного перекидача.....	....
Розділ 2 Аналіз системи електропривода технологічного механізму.....	....
2.1 Вимоги до електроприводу шахтного перекидача.....	....
2.1.1 Статичні моменти від ваги елементів системи.....	....
2.1.2 Моменти від сил тертя в роликових опорах.....	....
2.1.3 Сумарні статичні моменти.....	....
2.1.4 Динамічні моменти обертових мас.....	....
2.1.5 Вибір приводної асинхронної машини шахтного перекидача.....	....
2.2 Вибір електромеханічного обладнання перекидача.....	....
2.3 Обґрунтування та вибір системи електроприводу перекидача.....	....
2.4 Технічні характеристики тиристорного пристрою ТСУ-4.....	....
2.5 Розрахунок параметрів АМ типу АК 313-46-6У4.....	....
2.6 Розрахунок та побудова механічних характеристик системи ТПЧ-АМ ....	....
2.7 Розрахунок та побудова швидкісних та енергетичних характеристик системи ТПЧ-АМ.....	....
2.8 Розробка моделі шахтного перекидача.....	....

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.3						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Думін Я.Р.			ЗМІСТ				Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Барановська М.									
Реценз.									ЕМ зр.ЗЕЕМ-22ск		
Н. Контр.		Барановська М.									
Затверд.		Пересунько І.І.									

Розділ 3 Електропостачання.....	....
3.1 Електропостачання шахти та відомості про споживачів електроенергії.....	....
3.2 Місце розташування ЦПП.....	....
3.3 Оцінка величин навантажень і вибір трансформаторів ЦПП.....	....
3.4 Вибір живильних кабелів.....	....
3.5 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання для рівнів напруг 6 кВ та 0,4 кВ.....	....
3.5.1 Для рівнів напруги 6 кВ (точка К1).....	....
3.5.2 Для рівнів напруги 0,4 кВ (точка К2).....	....
3.6 Вибір високовольтного обладнання РУ-6кВ і низьковольтного обладнання ЦПП1	....
Висновки по роботі .....	....
Список використаних джерел.....	....

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.3	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Кривий Ріг є одним із провідних центрів гірничо-металургійної промисловості України. У місті розташовано численні шахти, які спеціалізуються на видобутку залізної руди, зокрема магнетитів і гематитів. Сучасні шахти та рудники є великими споживачами електроенергії, при цьому мають специфічні особливості, що пов'язані з експлуатацією машин і механізмів у підземних умовах. Особливі умови підземних виробок висувають спеціальні вимоги до електроприводів шахтного обладнання, систем електропостачання та типів рудникового електрообладнання. Усі ці вимоги спрямовані на безпечне використання електроенергії в шахтах і захист персоналу від ураження електричним струмом.

Нижче наведена основна інформація про шахти Кривого Рогу. Багато з них характеризуються унікальним геологічним середовищем - рудними тілами зі складною будовою, крутим падінням і неоднорідністю.

Шахта Криворізька: глибина 1570 м, проектна потужність 2,6 млн тонн руди на рік, вміст заліза 59,5%.

Шахта Козацька: глибина 1620 м, проектна потужність 2,0 млн тонн руди на рік, вміст заліза 59,6%.

Шахта Тернівська: глибина 1440 м, проектна потужність 2,3 млн тонн руди на рік, вміст заліза 57%.

Шахта Покровська: глибина 1550 м, проектна потужність 1,7 млн тонн руди на рік, вміст заліза 57,8–62,5%.

Шахта Артем-1: глибина 1130 м, проектна потужність 1,5 млн тонн руди на рік, вміст заліза 53,5%.

Шахта Фрунзе: глибина 1135 м, проектна потужність 1,05 млн тонн руди на рік, вміст заліза 61,88%.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.		Думін Я.Р.					
Перевір.		Барановська М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Барановська М.					
Затверд.		Пересунько І.І.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					ЕМ гр. ЗЕЕМ-22ск		

На всіх залізорудних шахтах та рудниках застосовується шахтний перекидач вагонеток моделі ОКЕ-2-4,5-750.

Об'єкт дослідження: процеси, що виникають при роботі вагонеткового перекидача ОКЕ2-4,5-750А, який використовується у технологічному процесі транспортування та розвантаження корисних копалин на залізорудних шахтах.

Предмет дослідження: електропривод перекидача вагонеток ОКЕ2-4,5-750А з використанням тиристорного перетворювача частоти (ТПЧ-АД), а також система електропостачання типової залізорудної шахти.

Мета дослідження: оптимізація роботи шахтного перекидача вагонеток ОКЕ2-4,5-750А шляхом вибору і впровадження ефективного електропривода на базі тиристорного перетворювача частоти.

Завдання дослідження: проаналізувати вагонетковий перекидач ОКЕ2-4,5-750А; обґрунтувати вибір типу електропривода ТПЧ-АД і виконати розрахунок параметрів перекидача з новими двигунами АК 313-46-6У4 та тиристорним пристроєм керування ТСУ-4; розрахувати статичні та динамічні характеристики електропривода, а також оптимізувати швидкість роботи перекидача залежно від кута повороту; виконати розрахунок системи електропостачання типової залізорудної шахти, включаючи визначення електричних навантажень, вибір силових трансформаторів, аналіз режимів роботи обладнання в нормальних та аварійних умовах.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.В	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

Характеристика електромеханічного об'єкту та його електрообладнання

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.		Думін Я.Р.			Характеристика об'єкту				Літ.		Арк.		Акрушів	
Перевір.		Барановська М.												
Реценз.									ЕМ гр. ЗЕЕМ-22ск					
Н. Контр.		Барановська М.												
Затверд.		Пересунько І.І.												

1.1 Внутрішній шахтний транспорт

У підземних відкатних виробках залізрудних шахт укладається залізнична колія з шириною колії 750 мм, при цьому використовуються рейки типу Р33. В якості баласту застосовується щебінь.

Для транспортування руди та породи до стовбурів шахт використовується локомотивний транспорт: локомотивом служить контактний електровоз К14, а в ролі відкотних судин - вагонетки ВГ-4,5 А.

Рух підземного транспорту контролює диспетчер ділянки внутрішньошахтного транспорту (ВШТ). Перевезення працівників від стовбура до дільниць і назад здійснюється пасажирськими вагонетками ВП-18, які мають 18 посадкових місць.

Рейкові колії ВШТ поділяються на магістральні, ортові та маневрові, кожен тип має свої конструктивні особливості та специфічний стан. Через технологічні особливості гірничих робіт рух завантажених вагонеток, як правило, відбувається під ухил (50–100 ‰), за рідкісними винятками — підйом до флангових шахт (стовбурів).

Електровозні потяги рудних шахт виконують повторювані цикли від вантажних пунктів ортів до місць розвантаження в приствольному дворі. Через значну розкиданість навантажувальних люків маневрова робота електровозних складів займає час, порівнянний із часом руху по головних відкатних виробках.

Відносно низька, навіть нижча за проєктну, швидкість руху електровозних складів у підземних виробках пояснюється короткими прямими ділянками колії (300–750 м), технологічними зупинками під час руху та іншими обмеженнями. Допустимі швидкості руху регламентуються відповідними правилами техніки безпеки для різних видів гірничих виробок (ПТБ і ПТЕ).

Транспортним процесом у системі ШТАТС керує автоматизований пристрій - автодиспетчер. У межах цього способу управління всі відкатні шляхи гірничих виробок шахт поділяються на секції, які проєктуються з

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

урахуванням забезпечення безперебійної роботи необхідної кількості електровозів. На межах секцій у ланцюзі контактного проводу встановлюються високочастотні загороджувачі, що представляють собою індуктивно-ємнісні контури, налаштовані на резонанс струмів.

Передавачі, що функціонують на секціях головних відкатних виробок і взаємодіють із пристроями електричної централізації стрілок і сигналів, здійснюють автоматичне переключення під час встановлення та виконання маршрутів. На електровозі встановлено приймач сигналів управління та виконавчий пристрій, який виконує функції машиніста, впливаючи на систему керування електровозом для підтримання заданого режиму руху. Для контролю фактичної швидкості використовується датчик швидкості. У разі відхилення від встановленого режиму регулятор коригує тяговий режим, забезпечуючи підтримку швидкості в заданих межах і плавний пуск електровоза.

У ортах електровоз дистанційно керується робочим, який веде навантаження. Після завантаження складу робочий за допомогою апаратури автоматичного управління «просуває» електровоз до світлофора, що контролює вихід на шлях штреку. За допомогою датчика СЦБ відправляється сигнал диспетчеру про готовність електровоза до руху в рудничний двір для розвантаження. Після розвантаження вагонеток машиніст перекидача виводить склад на відповідну секцію шляху. Електровоз рухається без зупинок за заданим маршрутом, набираючи повну швидкість, поки не перетне межу секції, що визначається розривом у ланцюзі контактного проводу на відстані, рівній довжині складу. Цикл роботи повторюється.

Ключовим етапом автоматизації транспортного процесу є пункт навантаження і розвантаження електровозних складів. В реальних умовах організація транспортних робіт на залізорудних шахтах передбачає, що перестановку вагонеток під навантажувальним пунктом і обмін вагонеток у перекидачі здійснюють електровози.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час навантажувальних операцій одночасно працюють два працівники - машиніст електровоза і робочий, який виконує навантаження. По мірі заповнення вагонеток робочий подає сигнали машиністу для просування складу. Оскільки машиніст не має прямого візуального контролю над положенням вагонеток під пунктом навантаження, він не завжди може своєчасно і точно керувати рухом. Це призводить до втрат часу, можливого неповного завантаження або перевантаження вагонеток, а також випадкового розсипання руди на рейки. Застосування системи дистанційного керування електровозом у вантажно-розвантажувальних операціях дозволяє усунути зазначені недоліки.

1.2 Технічний опис перекидача ОКЕ2-4,5-750А

1.2.1 Загальні відомості

Пункт розвантаження обладнаний перекидачем ОКЕ2- 4.5-750А із пропуском електровоза, на дві вагонетки ВГ-4,5 чи одну вагонетку ВГ-9 (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Загальний вид перекидача ОКЕ2- 4.5-750А

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для автоматизованої подачі та розвантаження вагонеток у складі комплексу з перекидачами встановлюються стопорні пристрої. Перекидачі оснащені механізмами, що забезпечують очищення вагонеток. Гірська маса з розвантажувальної камери перекидача надходить на пластинчастий живильник типу 2-15-30, звідки подається на колосникову решітку, розташовану над дробаркою. Великі фракції спрямовуються безпосередньо у зів дробарки, а дрібні — у щілину під колосниковою решіткою. Далі матеріал через дозатор потрапляє у 15-тонні скіпи, які піднімають його на денну поверхню. Управління розвантажувальним комплексом здійснюється як у автоматичному, так і в ручному режимах.

Річна продуктивність перекидача ОКЕ 2- 4,5-750А при режимі 3·7·305 з урахуванням простою на ремонти складає:

$$Q_p = Q_g \cdot 3 \cdot 7 \cdot (305 - T_{\text{рем.впл}}) = 1212 \cdot 3 \cdot 7 (305 - 22,2) = 7,19 \text{ млн т/рік, (1.1)}$$

де Q_g – годинна продуктивність перекидача:

$$Q_g = \frac{3600 \cdot 9 \cdot 2,32}{(50 + 12)} = 1212 \text{ т/год.},$$

2,32 т/м³ – об'ємна вага розпушеної ЗР;

50 с – час розвантаження вагонетки;

12 с – час очищення вагонетки;

$T_{\text{рем}}$ – час ремонтних робіт (3 зміни).

$$T_{\text{рем}} = 31,75 \cdot 0,54 \cdot 1,3 = 22,2 \text{ день/рік.}$$

Річна продуктивність перекидача ОКЕ 4,0-400-75 складає:

$$Q_p = \frac{3600 \cdot 4,5 \cdot 2,32}{(40 + 12)} \cdot 3 \cdot 7 \cdot (305 - 22,2) = 722 \cdot 3 \cdot 7 (305 - 22,2) = 4,2 \text{ млн т/рік}$$

Перекидач типу ОКЕ призначений для розвантаження шахтних вантажних вагонеток із глухим кузовом типів Вг4,5А, Вг9, ОА, Вг10.

Основні відмінні риси конструкції цих перекидачів включають:

- підвищену продуктивність завдяки збільшеній швидкості обертання барабана перекидача та більшій масі вантажу;
- кабіну оператора;

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- привод (гідравлічний) для керування стопорами.

Технічні характеристики модернізованих перекидачів ОКЕ2-4,5-750А приведені в табл. 1.1 та складається зі складових частин: барабана; приводу; щитів відбійних; огорожі; установки очищення вагонеток; стопорів затримання; пневмосистеми; зрошування; кабіни; електричної частини.

1.2.2 Будова, принцип роботи складових частин шахтного перекидача

Технологічна схема роботи перекидача показана на рис. 1.2.

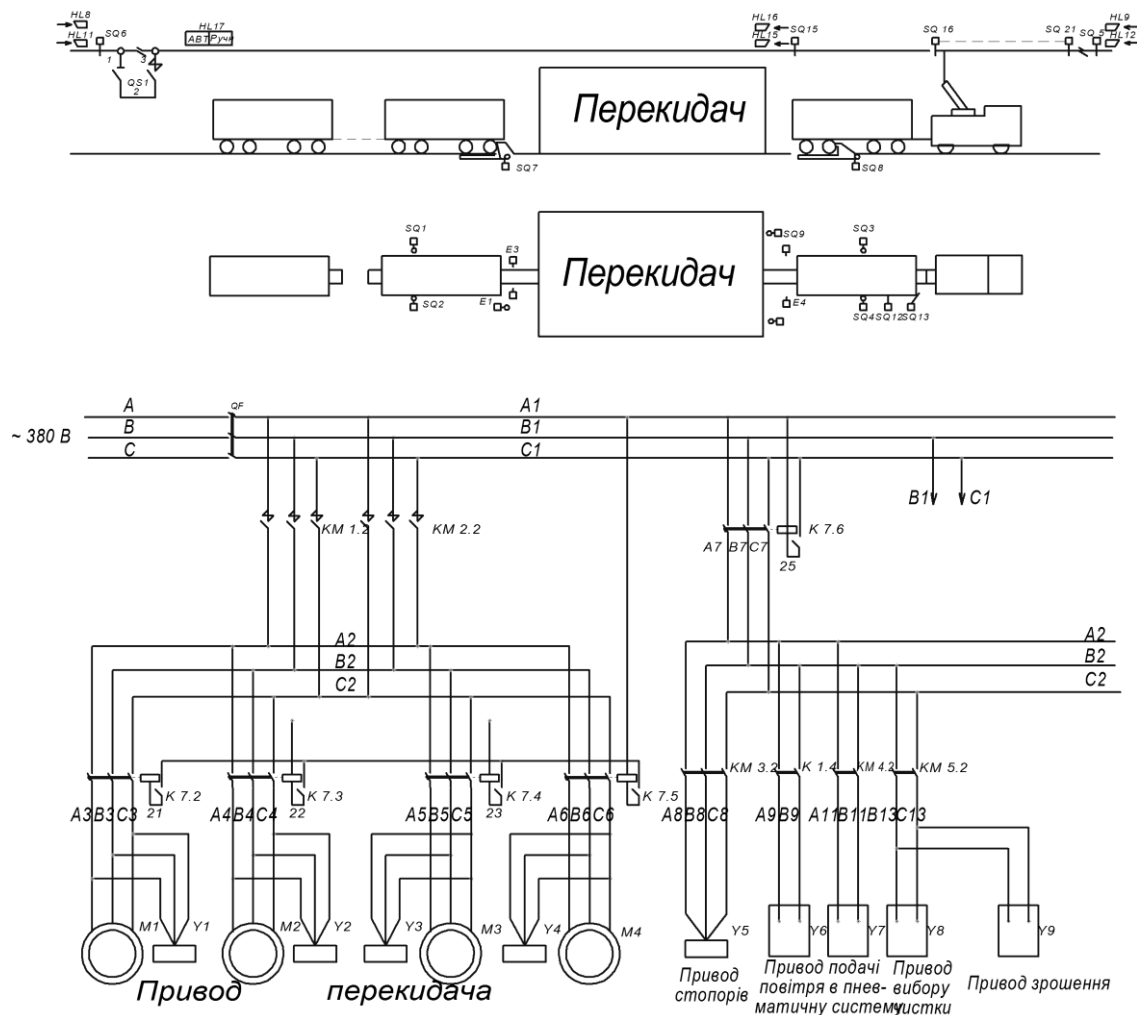


Рисунок 1.2 – Технологічна схема роботи перекидача та схема керування

Барабан перекидача призначений для розміщення і утримання вагонетки під час розвантаження. Є зварною металоконструкцією, що складається з опорних кінцевих і проміжних дисків, зв'язаних між собою трубами.

Конструктивно барабан виконаний з окремих транспортбельних секцій, які з'єднуються між собою за допомогою болтових і зварювальних з'єднань на місці установки перекидача.

Усередині барабана укріплений рейковий шлях. Бандажами кінцевих дисків барабан спирається на приводні ролики.

Привод перекидача включає настановну раму, на якій розташовані електродвигуни, редуктори, опорні і упорні приводні ролики, електромагнітні гальма.

Швидкохідний вал редуктора з'єднується з валом електродвигуна через гальмівну муфту. Тихохідний вал з приводним роликом – через пружну муфту.

Рама є зварною металоконструкцією. Для зручності транспортування рама розділена на окремі секції. Монтаж рами проводиться за допомогою болтових і зварювальних з'єднань на місці установки перекидача.

Перекидні і підтримуючі ролики є опорою барабана перекидача. Конструкція підтримуючих і приводних роликів уніфікована.

За допомогою болтів і регулювальних клинів вони кріпляться на рамі перекидача.

Ролики упорні, призначені для запобігання осьовому переміщенню барабана перекидача, яке виникає в результаті неточності виготовлення і монтажу, і сприйняття осьових зусиль, що виникають при проході електровоза, через барабан перекидача.

Упорні ролики вмонтовуються на підшипниках кочення і закріплюються на рамі перекидача за допомогою болтів і клинів.

Щити відбійні служать для напряму потоку розвантажувальної гірської маси в бункер і зменшують площу приймальної частини бункера, що сприяє підвищенню ефективності роботи пиловідсмоктувальної установки. Щити складаються з транспортбельних секцій 1,2,3,4, що кріпляться болтами до

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

рами перекидача. З робочого боку відбійні щити футеруються сталевими листами.

Для безпечного обслуговування перекидача ротор його захищений спеціальною огорожею. Огорожа складається з окремих змінних щитів – секцій 1, 2, які закріплюються до стійок. На огорожі з боку входу вагонеток встановлені кінцеві вимикачі, що відключають контактний дріт при збільшеній ширини вагонеток.

Перекидач обладнаний установкою очищення вагонеток від налиплої гірської маси. Вона складається з пневмоударників і автомата подачі повітря.

На перекидачі встановлено три віброударника з перемикачем, що включає в роботу два крайніх (при розвантаженні вагонеток Вг4, 5А) або один середній (при розвантаженні вагонеток на Вг9а або Вг10а). Управління віброударниками автоматичне.

Для включення механізму очищення вагонеток в роботу необхідно відкрити кран, що подає стисле повітря до автомата подачі повітря, через патрубок. Барабан перекидача повертається на 180°, зупиняється і віброударники включаються в роботу. Очищення вагонеток припиняється автоматично включенням за допомогою реле часу обертання барабана. Після зупинки барабана в початковому положенні і перестановки вагонеток цикл очищення повторюється.

Стопори встановлені перед і після перекидача, служать для фіксації вагонеток в перекидачі. Спільно з іншими механізмами вони забезпечують роботу перекидача в автоматичному режимі.

Зупинка здійснюється стопорними кулаками, які для гасіння енергії забезпечені пружинним амортизатором.

Пневмосистема складається з електромагніту КМТ і розподільника повітря, який служить для подачі повітря до пневмоциліндрів стопорів.

Зрошування служить для придушення пилу, що виникає при розвантаженні вагонеток в перекидачі.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

При включенні перекидача в систему подається вода і стисле повітря і в зоні пиловинекнення створюється туман, який зв'язує частини пилу.

Кабіна служить для розміщення в ній пульта управління і є робочим містом оператора. Вхідні двері, передня і бічна стінки засклені, створюючи хорошу видимість. Кабіна є звукоізолюючою, має освітлення і вентиляцію, в ній крісло для оператора.

Електрична частина перекидача включає: шафи керування та контактора; пульт керування; електродвигуни; щіткові датчики; електроустаткування захищеного виконання встановленого на перекидачі і робочому майданчику (світлофори, кінцеві вимикачі).

1.2.3 Робота принципової електричної схеми шахтного перекидача

Принципова електрична схема приведена на рис. 1.2 передбачає ручне і автоматичне управління перекидачем. Нормальний режим - автоматичний. Ручний режим роботи застосовується у випадку пропуску порожнього составу при випробуванні перекидача після монтажу і ремонту і при виході з ладу елементів схеми автоматичного управління.

Принципова електрична схема передбачає захисти і блокування:

а) максимальний захист від струмів короткого замикання:

- в силових колах змінного струму напругою 380 В здійснюється електромагнітними розчіплювачами автоматичного вимикача, які встановлені в шафі управління;

- у колах напругою 36 В здійснюється запобіжниками, які встановлені на панелі в шафі управління;

- у колах напругою 127 В здійснюється запобіжником, який встановлений на панелі в шафі управління;

б) блокування:

- при включеному автоматі введення не можна відкрити двері шафи;

- захист обслуговуючого персоналу від можливості попадання в зони обертання барабана перекидача і здійснюється кінцевими вимикачами;

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- контроль роботи стопорів здійснюється кінцевими вимикачами;
- контроль положення 3600 барабана перекидача здійснюється кінцевим вимикачем;
- контроль положення 1800 барабана перекидача здійснюється кінцевим вимикачем;
- контроль положення перехідної троллеї до і після перекидача здійснюється кінцевим вимикачем;
- контроль положення 2700 барабана перекидача здійснюється кінцевим вимикачем;
- контроль положення 3300 барабана перекидача здійснюється кінцевим вимикачем;
- контроль положення вагонетки після перекидача здійснюється кінцевим вимикачем;
- контроль положення електровоза після перекидача здійснюється кінцевим вимикачем;
- контроль положення вагонетки в перекидачі здійснюється щітковими датчиками;
- контроль спрацьовування захисту електродвигунів.

Робота схеми ведеться в автоматичному режимі.

Перед початком роботи оператор перекидача підготовлює схему до роботи. Для цього включається тролейний раз'єднувач QS1, автоматичні вимикачі QF1...QF6 . У силові кола постійного і змінного струму, а також в кола управління подається напруга.

Перемикач режиму роботи SA1 на пульті управління встановлюється в положення «авт». Перемикач SA2 в положення "цикл із зупинкою в положенні 180°". Потім натисненням кнопки управління SB1 на пульті управління, подається напруга в коло котушки реле K1. Реле K1 спрацьовує з одним замикаючим контактом подає напругу в коло управління світловою сигналізацією, а іншим - шунтує кнопку управління SB1.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Два замикаючі контакти реле К1 включають вентиль замочний У6, який подає повітря в пневмосистему.

При подачі напруги в коло управління спрацьовує реле К4, яке замикає свої замикаючі контакти в колі котушок контактора КМ6. Контактор КМ6 спрацьовує і подає напругу в контактний дріт в зоні перекидача. При подачі напруги в колі світлової сигналізації спалахують світлофори зеленого кольору HL11, HL12, HL15 і на пульті управління сигнальні лампи HL13, HL14.

Електровоз з навантаженим складом під'їжджає до зони перекидача зі швидкістю 0,5...0,6 м/с. Під час руху пантограф електровоза впливає на привод тролейного датчика SQ6, який спрацьовує, подає напругу на котушку реле К2. Реле К2 спрацьовує і одним замикаючим контактом подає напругу на котушку реле врізання КТІ, що розмикає контакт з витримкою часу 6 сек, який подає напругу на сирену сигнальну Ha1 і лампу сигнальну HL1. При цьому подається звуковий і світловий сигнал. Цим же контактом реле готує до роботи коло котушки реле К3. Іншим замикаючим контактом подає напругу на світлофори червоного кольору HL8, HL9 і на пульті управління сигнальні лампи HL10, а розмикаючим контактом знеструмлює світлофори HL11, HL12 і на пульті управління сигнальну лампу HL13.

При подальшому русі пантограф електровоза впливає на тролейний датчик SQ615, який спрацьовує своїм замикаючим контактом подає напругу на котушку реле К3. Реле К3 спрацьовує і своїм замикаючим контактом подає напругу на котушку КМ3.1 пускача КМ3. Пускач КМ3, спрацьовує своїми силовими замикаючими контактами подає напругу на електромагніт У5 приводу стопорів.

Стопора, спрацьовуючи, діють на кінцеві вимикачі SQ7 і SQ8, які, спрацьовують і подають напругу на реле часу Кт2 і розмикають кола живлення котушки реле К4. Реле КТ2, включившись, подає своїм замикаючим контактом напругу на котушку реле К5 і світлофор HL16. Реле К4, знеструмлюючись, розмикає коло живлення котушки контактора КМ6. Реле К5, спрацьовуючи, своїм замикаючим контактом подає напругу на котушку

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

контактора КМ1, який включаючись, своїми силовими контактами подає напругу на двигун приводу барабана перекидача, а двома контактами, що розмикаються, розмикає кола котушок реле К4, К6.

Двома іншими замикаючими контактами реле К5 подає напругу на реле КМ4, яке включає вентиль У7, готуючи до роботи віброочищення, і КМ5, спрацювавши, включає вентиль У8 і У9 приводу зрошування.

При досягнення барабаном перекидача 180° спрацьовує кінцевий вимикач SQ10, який відключає привод барабана, і включає реле часу КТ3. Через 10 с (установка реле КТ3) замикається замикаючий контакт реле часу КТ3 подає напругу на реле КТ4, яке, подаючи напругу на реле К5, включає привод барабана перекидача, а кінцевий вимикач SQ10, розмикаючись, знеструмлює коло живлення котушок реле часу КТ3.

Барабан перекидача досягши 270° , впливає на кінцевий вимикач SQ11, який, спрацьовує, знеструмлює котушку пускача КМ3 і стопор відключається.

Продовжуючи обертатися, барабан перекидача, досягнувши 360° , впливає на кінцевий вимикач SQ9, який своїм замикаючим контактом знеструмлює котушку реле К5, яке відключає приводи барабана перекидача, віброочищення, зрошування, а своїм розмикаючим контактом подає напругу на світлофор Н115 і котушку реле К4, яке своїм замикаючим контактом подає живлення на котушку контактора КМ6, подаючи напругу в контактний дріт.

Контактор спрацьовує і подає напругу на контактний провід в зоні перекидача. Електровоз може продовжувати рух

Наступні цикли перекидання вагонеток відбудуться при досягненні електровозом тролейних датчиків SQ16, SQ21, які виконують функції рахунку вагонеток.

Розвантаживши потяг, електровоз, виїжджаючи із зони перекидача, пантографом впливає на тролейный датчик SQ5, який знеструмлює котушку реле К2. Реле К2 спрацьовує і розмикає свої контакти в колі реле часу КТ1, реле К3 і світлофор HL8, HL19, а також своїм розмикаючим контактом замикає коло світлофорів HL11, HL12.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

При ручному режимі роботи перемикач SA1 встановлюємо в положення «ручн.». При цьому електричні апарати здійснюють наступні операції:

SB2 - подається звуковий сигнал;

SQ14 - подається напруга на контактний дріт;

SB3 - відкриває стопора;

SB9 - закриває стопора;

SB4 - включає привод барабана;

SB10 відключає привод барабана;

SA3 - включає привод віброочищення;

SB5 - здійснює реверс, приводу барабана;

SB6 - включає привод зрошування;

SB11 - відключає привод зрошування;

SB7 - перевірка спрацьовування захистів.

Технічна характеристика перекидачів ОКЕ з діаметром барабана 4 м наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики перекидачів ОКЕ

Показники	Од. вимір.	ОКЕ1-4,5-750 (900) А	ОКЕ2-4,5-750 (900) А
Діаметр барабана	мм	4000	4000
Довжина барабана	мм	4100	8000
Маса вагонетки з вантажем	кг	17500	36000
Число одночасно розвантажувальних вагонеток	шт.	1	2
Тривалість одного оберту барабана	с	13	13
Встановлена потужність приводу	кВт	22	30
Габаритні розміри:			
довжина без резервного приводу і стопорів	мм	7755	11655
ширина	мм	6300	6300
висота	мм	4480	4480
Маса	кг	39000	49200
Управління перекидачем	автоматичне або дистанційне (місцеве)		

1.2.4 Монтаж шахтного перекидача

При перевірці технічного стану необхідно перевірить:

- відсутність зависання шматків руди на металоконструкції перекидача;
- наявність мастила в місцях, вказаних в карті мастила;
- чіткість роботи електроустаткування і точність зупинки барабана у вихідному положенні шляхом випробування перекидача на неробочому ході;
- роботу редукторів, електромагнітних гальм, пружних і гальмівних муфт пневматичного віброударника;
- чіткість спрацьовування стопорів і автомата подачі повітря;
- стан болтових і зварних з'єднань контури заземлення.

Перед монтажем перекидача повинні бути проведені огляд і ревізія всіх вузлів і особливо електроапаратури зі складанням акту прийомки.

Після монтажу здійснюється наладка перекидача. При цьому повинні бути дотримані наступні вимоги:

- зазор між підтримуючими роликами і бандажем барабана в межах $0 \div 0,5$ мм;
- зазор між упорними роликами і торцевою площиною бандажа барабана у межах $0 \div 2$ мм;
- тормозна система у зборі повинна забезпечити концентричне розміщення тормозних колодок відносно гальмівних муфт;
- у розгальмованому стані зазор між колодкою і гальмівною муфтою у межах $1 \div 1,2$ мм;
- при перекичуванні барабана по приводним і підтримуючим роликам повинні бути відсутні переноси і запинання валів роликів, а також барабана на роликах;
- електромагнітні гальма повинні бути відрегульовані таким чином, щоб після вмикання електродвигуна барабана перекидач зупиняється плавно без ривків і ударів.

Усі гальма повинні спрацьовувати одночасно;

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- повинні бути відсутні витік масла через з'єднання у вузлах, що змащуються;
- при підводі стиснутого повітря до пневмомережі вібратори повинні інтенсивно висуватися у сторону днищ вагонеток, поршні їх здійснювати коливальні рухи, а після перемикання стиснутого повітря і під дією поворотних пружин повертатися у вихідне положення;
- зупинку кінцевого вимикача виконати таким чином (шляхом регулювання), щоб після повного циклу розвантаження барабана перекидача залишався у вихідному положенні.

Перш ніж почати роботу, машиніст, що прийшов на зміну, повинен переконатися у справності і працездатності перекидача.

При цьому слід перевірити:

- відсутність зависання шматків руди на металоконструкції перекидача;
- наявність мастила в пунктах, вказаних в карті мастила (див.стор. 25-28);
- чіткість роботи електрообладнання і точність зупинки барабана у вихідному положенні шляхом випробування перекидача на холостому ходу;
- роботу редукторів, електромагнітних гальм, пружних і гальмівних муфт і пневматичних вібраторів;
- відсутність зазору між дисками барабана і підтримуючими роликами;

Якщо зазор існує, то необхідно клинами притиснути ролики до дисків;

- надійність роботи звукової і світлової сигналізації
- стан болтових та зварних з'єднань контуру заземлення.

Якщо при перевірці будуть виявлені будь-які несправності, то необхідно прийняти міри по їх усуненню.

Крім того, машиніст повинен систематично слідкувати за чистотою і освітленням робочого місця.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

При нормальній експлуатації перекидача всі чотири приводних установки працюють одночасно.

При несправності або ремонті однієї з приводних установок, обертання барабана може здійснюватись (але не більше 3-х змін) від інших трьох приводних устаткувань. При цьому напівмуфти, що знаходяться між приводним роликом та редуктором на несправній приводній установці, повинні бути роз'єднані.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р1	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

Аналіз системи електропривода
електромеханічного об'єкту

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р2					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Думін Я.Р.			Аналіз системи електропривода об'єкту			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Барановська М.								
Реценз.								ЕМ гр. ЗЕЕМ-22ск		
Н. Контр.		Барановська М.								
Затверд.		Пересунько І.І.								

2.1 Вимоги до електроприводу шахтного перекидача

Збільшення продуктивності цієї машини дає можливість підвищити продуктивність всієї шахти в цілому.

Основні вимоги до електроприводу перекидача: максимальний діапазон регулювання швидкості електропривода; поліпшені пускові характеристики: збільшений пусковий момент; можливість працювати в реверсному режимі; надійність; довговічність; ремонтпридатність; економічність.

Ротор вагоноперекидача спирається бандажами на стаціонарні балансні роликові опори. При включенні приводу ротор обертається довкола своєї вісі і розвантажує вагони в бункери, які знаходяться під ротором. На роторі закріплені зубчасті вінці, що знаходяться в зачепленні з шестернями, які обертаються через редуктор від двох електродвигунів.

Для визначення потужності двигуна перекидача врахуємо та визначимо наступні величини:

- статичні моменти опору обертанню ротора від ваги ротора, люльки, платформи, порожнього піввагона і руди;
- моменти тертя від сил опору обертанню ротора в роликових опорах;
- динамічні моменти мас, що обертаються, приведені до валу двигуна;

2.1.1 Статичні моменти від ваги елементів системи

Графічним шляхом знаходимо координати центрів тяжіння частин ротора, що обертаються, люльки, платформи, піввагона і руди відносно вісі редуктора при різних кутах його повороту через 15° з урахуванням переміщення і висипання матеріалу з піввагона при перекиданні і поверненні ротора у вихідне положення.

За цими даними спочатку знаходять вагу і координати центрів тяжіння для перекидача: без піввагона, з порожнім піввагоном, із завантаженим піввагоном. Потім будуємо криві центрів тяжіння для різних кутів повороту при перекиданні і поверненні ротора в початкове положення і визначаємо статичні моменти для цих випадків:

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р2	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{cm} = Gx$$

де G – загальна вага всіх елементів вагоноперекидача і руди;

x - відстань по горизонталі від центру тяжіння загальної ваги до вертикалі, що проходить через вісь обертання ротора.

2.1.2 Моменти від сил тертя в роликових опорах

Як і в разі статичних моментів від сил тяжіння, ці моменти вимірюють для вагоноперекидача без вагонетки, з порожньою і завантаженою вагонеткою при різних кутах повороту ротора при його перекиданні і поверненні в первинне положення.

Загальний момент сил тертя, приведений до осі ротора, складається з моментів сил тертя в підшипниках опорних роликів і сил тертя кочення бандажів по роликам:

$$M_{mp} = M_{mp.1} + M_{mp.2} = N_p r_u f_{np} \frac{R_o}{r_p} z + N_p k \frac{R_o}{r_p} z = N_p \frac{R_o}{r_p} z (r_u f_{np} + k) \quad (2.1)$$

де N_p - реакція (навантаження) ролика:

$$N_p = \frac{\Sigma G_l}{z \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta)} \quad (2.2)$$

де $\Sigma G_l = G_p + G_g + G_m$ – сумарна вага усіх елементів: ротора G_p , вагонетки G_g , матеріалу G_m ;

α, β – кути положень опорних балансирів і роликів;

z – число опорних роликів;

r_u – радіус цапфи;

k – коефіцієнт тертя кочення ролика по бандажу;

f_{np} – приведений коефіцієнт тертя підшипників кочення опорних роликів:

$$f_{np} = \frac{2k_n f_k}{2r_u} \cdot \left(1 + \frac{d_0}{r_n}\right) \quad (2.3)$$

де $k_n = 1,4$ – коефіцієнт (кульковий підшипник) або $k_n = 1,6$ (роликовий підшипник);

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р2	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

f – коефіцієнт тертя кочення підшипника;
 d_0 – діаметр внутрішньої обойми підшипника;
 r_n – радіус кульки (ролика) підшипника.

Сумарні значення статичних моментів:

$$M_{\Sigma_{ct}} = M_{ct} + M_{mp} . \quad (2.4)$$

2.1.3 Сумарні статичні моменти

Сумарні статичні моменти, приведені до валу двигуна, в робочому (руховому) режимі:

$$M_{mp} = \frac{M_{\Sigma_{ct}}}{u} \cdot \eta , \quad (2.5)$$

де u – передавальне число приводу;

η – к.к.д передачі приводу.

2.1.4 Динамічні моменти обертових мас

Для вибору приводної асинхронної машини (АМ) визначаємо потужність одного двигуна по $M_{пр}$.

Загальний динамічний момент визначаємо окремо для періодів пуску і гальмування. Він складається з приведенного до валу АМ динамічного моменту мас приводу та сумарного динамічного моменту всіх обертових мас перекидача відносно осі обертання ротора. В період пуску

$$M_{дин.п.} = \frac{J_{np} \omega_p}{t_n} + \frac{J_{заг} \omega_p}{u^2 \eta t_p} \quad (2.6)$$

де J_{np} – приведений до валу АМ сумарний момент інерції обертових мас;

t_n – час пуску АМ;

$J_{заг} = \Sigma m_i \cdot \frac{D^2}{4}$ – сумарний момент інерції всіх обертових мас

електропривода перекидача;

ω_p – кутова швидкість АМ.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р2	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.5 Вибір приводної асинхронної машини шахтного перекидача

При виборі потужності АМ враховуємо два фактори: миттєве перевантаження та нагрівання.

Вибір потужності АМ:

- по перевантаженню:

$$M_n = \frac{M_{max}}{\lambda_M}; \quad (2.7)$$

- по навантаженню:

$$I_n = \frac{I_{max}}{\lambda_I}. \quad (2.8)$$

У процесі роботи перекидача статичне навантаження постійно змінюється, внаслідок чого АМ повинні долати як статичні, так і динамічні навантаження. Це призводить до того, що середньоквадратичне значення моменту АМ перевищує середнє значення статичного моменту. Тому номінальний момент слід обирати більшим за середній статичний момент:

$$M_n = (1 \div 1,6) \cdot M_{c.ср.}, \quad (2.9)$$

$$M_{c.ср.} = \frac{\sum_0^{t_u} M_{cx} \cdot t}{t_u}, \quad (2.10)$$

де $M_{c.ср.}$ - середнє значення статичного моменту за цикл роботи.

Момент АМ:

$$M_{ном} = \frac{M_{c.ср.} + M_{c.кв.}}{2}, \quad (2.11)$$

або

$$M_{ном} = \sqrt{M_{c.ср.} \cdot M_{c.кв.}},$$

де $M_{c.кв.}$ – середньоквадратичне значення статичного моменту.

Момент інерції системи електропривода перекидача:

$$I = I_d \delta + \frac{I_m}{J^2} \quad (2.12)$$

де δ – коефіцієнт, враховуючий момент інерції складових електропривода;

J – передаточне число механічної передачі.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р2	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

АМ перевіряється за умовами:

$$I_{\epsilon} \leq I_{\text{н}}, M_{\epsilon} \leq M_{\text{н}} \quad \text{чи} \quad P_{\epsilon} \leq P_{\text{н}}$$

$$\frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{н}}} \leq \alpha \quad \text{чи} \quad \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{н}}} \leq \gamma$$

Динаміка моменту перекидача при постійному моменті інерції з урахуванням рівняння руху:

$$M_{\delta} = M_{\epsilon} \cdot J \frac{d\omega}{dt} \quad (2.13)$$

$$J = m \cdot \rho^2 \quad (2.14)$$

$$\rho^2 = \frac{l^2 + 3R^2}{12} \quad (2.15)$$

де m – маса тіла ,

ρ – радіус інерції.

Приведений статичний момент привода перекидача:

$$M_0 = M_m \cdot \frac{\omega_m}{\omega_{\epsilon}} = M_m \frac{1}{j} \quad (2.16)$$

де $j = \frac{\omega_{\epsilon}}{\omega_m}$ - передаточне число привода перекидача.

При виборі потужності АМ необхідно враховувати режим роботи електропривода. У зв'язку зі специфікою технології робота шахтного перекидача характеризується тривалістю робочого циклу і паузою, що відповідає повторно-короткочасному режиму роботи. Робочий цикл повторюється регулярно та складається зі статичного моменту оберту з навантаженням 0,5; оберту без навантаження 0,5; оберту і паузи. Тривалість робочих ділянок і пауз для всіх циклів - однакова (див. рис. 2.1).

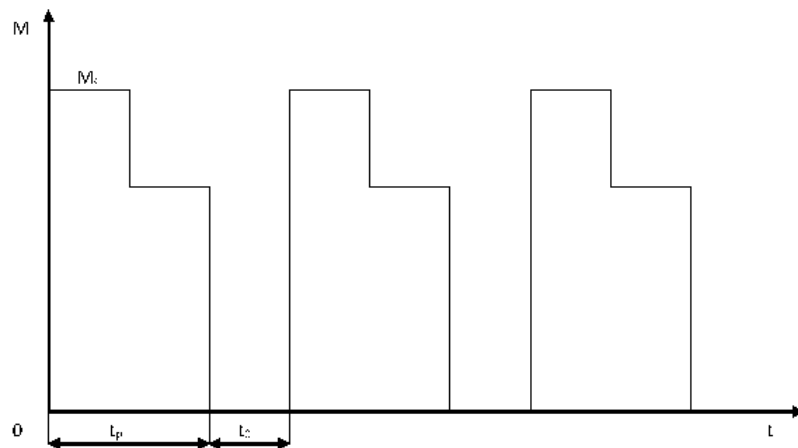


Рисунок 2.1 – Часова діаграма роботи шахтного перекидача

2.2 Вибір електромеханічного обладнання перекидача

Привод перекидача складається з рами, на якій розташовані АМ, редуктори, опорні й упорні ролики, електромагнітні гальма. Швидкохідний вал редуктора з'єднується з валом АМ через гальмівну муфту. Тихохідний вал з приводним роликом – через пружну муфту.

Привод перекидача на шахті має чотири АМ типу ВАО-61-6У2 (параметри див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики АМ типу ВАО-61-6У2

Показники	Позначення, величина та одиниці вимірювання
Номінальна потужність	$P_H=11$ кВт
ККД	$\eta=0,86$
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi=0,85$
Кратність пускового струму	$\frac{I_n}{I_H} = \alpha = 6,5$
Коефіцієнт перевантаження	$\frac{M_{max}}{M_H} = \gamma = 2,2$
Кратність пускового моменту	$\frac{M_{II}}{M_H} = \beta = 1,3$
Синхронна швидкість	$n_1=1000$ об/хв.
Номінальне ковзання	$S_H=5,5$ %

Вибираємо АМ з короткозамкненим ротором типу 4А та потужністю 10 кВт (параметри див. табл. 2.2)

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики АМ типу АК 313-46-6У4

Показники	Позначення, величина та одиниці вимірювання
Номінальна потужність	$P_H=10$ кВт
Довжина осердя статора	16 см
ККД	$\eta=0,94$
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi=0,83$
Струм статора	$I_1 = 8,5$ А
Обертовий момент	$M_1=1,2$ кНм
Нпруга	$U = 380$ кВ
Синхронна швидкість	$n_1=1500$ об/хв.
Номінальне ковзання	$S_H=1,5$ %
Відносна тривалість включення	ПВ=75 %

Вибираємо редуктор типу ДД2-60Б: передавальне число 4; виконання ІХ. Розрахунковий обертовий момент на валу приводного барабана:

$$M_{кр} = k_3 F_o D_o / 2 = 4 \text{ , кНм} \quad (2.17)$$

де $k_3 = 1,1 - 1,2$ – коефіцієнт запасу.

2.3 Обґрунтування та вибір системи електроприводу перекидача

Привод шахтного перекидача – це система з чотирьох АМ з короткозамкненим ротором типу АК 313-46-6У4 та одним тиристорним перетворювачем частоти (див. рис. 2.2).

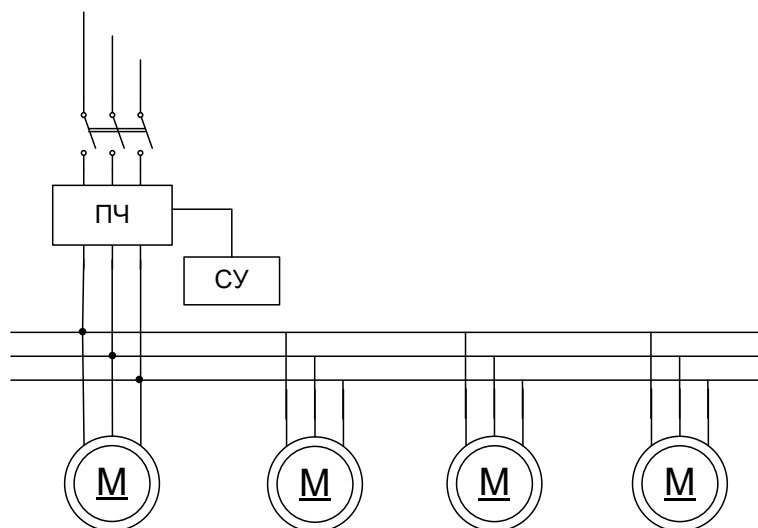


Рисунок 2.2 – Схема підключення АМ перекидача до ТПЧ

Частотне регулювання (застосування ТПЧ-АД) забезпечує: регулювання швидкості обертання АМ при плавності, широкому діапазоні та стійкості роботи.

2.4 Технічні характеристики тиристорного пристрою ТСУ-4

Тиристорний пристрій типу ТСУ-4 (рис. 2.3) використовується для керування трифазними АМ з короткозамкненим ротором шляхом фазового регулювання.

Це регулятор на базі тиристорів, оснащений системою керування, побудованою на інтегральних мікросхемах, що дозволяє плавно змінювати вихідну напругу відповідно до значення вхідного (керуючого) сигналу за принципом фазоімпульсного регулювання.

Для стабілізації напруги на обмотках АМ в режимах регулювання швидкості в пристрої реалізовано зворотні зв'язки. Також передбачено як місцеве, так і дистанційне керування, а контроль режимів роботи під час дистанційного керування здійснюється через контакти реле.



Рисунок 2.3 – Тиристорні пристрої управління режимами роботи та частотою АМ

У пристрої реалізовано комплексний захист від коротких замикань, перевантажень, зниженого рівня напруги, перенапруги в мережі, а також від вмикання при відсутності однієї з фаз або неправильному чергуванні фаз у живильній мережі.

Передбачена світлова індикація, яка сигналізує про наявність напруги на вході, активний стан навантаження та спрацювання захистів.

Система керування виконана у вигляді модульної рами, на якій розміщені панелі логіки, гальванічної розв'язки, захисту, індикації, СІФУ, живлення, пуску, релейні елементи, регулятор та блок механічного гальма.

Для забезпечення роботи пристрою використовуються такі панелі: живлення ПП-1, ПП-2; логіки (ПЛ-2 для нереверсивного керування, ПЛ-3 - для реверсивного); гальванічної розв'язки ППР; індикації ПІ; СІФУ; та захисту ПЗ (для варіантів пристрою, розрахованих на мережу з частотою 50 Гц).

Робота пристрою типу ТСУ-4.

Після подачі живлення на пристрій повинні загорітися індикаторна лампа «МЕРЕЖА» та світлодіоди «Живлення ППР» і «Готовність».

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р2	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Увімкнення двигуна здійснюється за допомогою команд пуску: «Уперед» (дистанційне керування), «Назад» (дистанційне керування), а також імпульсними сигналами «Уперед, імпульсний» і «Назад, імпульсний».

При надходженні імпульсного сигналу «Уперед» тривалістю не менше 40 мс, подається напруга на електромагніт механічного гальма. Після затримки, необхідної для розгальмування, яка встановлюється за допомогою регулятора «ВИТРИМКА» на панелі логіки (ПЛ), вмикаються лампи «НАВАНТАЖЕННЯ А, В, С», світлодіод «УПЕРЕД», подається напруга на двигун, та замикаються релейні контакти «Робота» і «Уперед».

Зупинка двигуна виконується натисканням кнопки «СТОП», після чого пристрій переходить у режим динамічного гальмування. Швидкість гальмування регулюється резистором «ГАЛЬМУВАННЯ». При цьому розмикаються контакти реле «Уперед», гасне світлодіод «УПЕРЕД», замикаються контакти реле «Гальмування», а світлодіод «ГАЛЬМУВАННЯ» загоряється. Тривалість гальмування визначається часом, який задається резистором « t гальмування». Після завершення гальмування гасне індикатор «ГАЛЬМУВАННЯ», розмикаються реле «Гальмування» і «Робота», та знімається напруга з електромагніта механічного гальма.

Пристрій також підтримує реверсування двигуна без попередньої зупинки через «СТОП». У разі подачі реверсивної команди двигун спочатку зупиняється динамічним гальмуванням, після чого запускається у протилежному напрямку. При цьому електромагніт механічного гальма залишається під напругою, а контакт реле «Назад» замикається лише після завершення гальмування.

Призначення і робота основних панелей пристрою типу ТСУ-4.

Панелі логіки (ПЛ) призначені для логічної обробки вхідних сигналів, що надходять від елементів системи керування, з подальшою передачею керуючих впливів на інші функціональні панелі пристрою.

Зокрема, панель логіки ПЛ-3 виконує функції:

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р2	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- здійснює керування силовим блоком, включаючи подачу та вимкнення напруги на навантаження;
- забезпечує відключення навантаження у разі спрацювання захисних систем;
- блокує подачу напруги при некоректному чергуванні фаз живильної мережі;
- керує процесом динамічного гальмування двигуна з урахуванням заданого часу;
- підтримує можливість повторного пуску під час гальмування;
- дозволяє примусове вимкнення гальмування у будь-який момент за сигналом «Відключення гальмування»;
- керує роботою панелі механічного гальма;
- забезпечує функцію реверсу руху;
- реалізує динамічне гальмування з ефектом демпфірування.

2.5 Розрахунок параметрів АМ типу АК 313-46-6У4

Аналіз характеристик АМ при частотному регулюванні швидкості обертання виконаний за Г- подібною схемою заміщення (рис. 2.4).

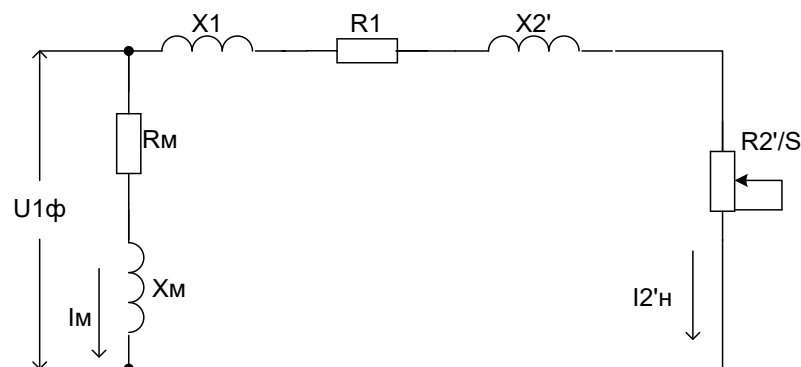


Рисунок 2.4 - Г-подібна еквівалентна схема асинхронної машини

Виконаємо розрахунок параметрів асинхронної машини АК 313-46-6У4:

- синхронна, номінальна та критична частота обертання відповідно:

$$\omega_0 = \frac{2\pi n_0}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1500}{60} = 157,08 \text{ с}^{-1} \quad (2.18)$$

$$\omega_{\text{н}} = \omega_0 (1 - S_{\text{ном}}) = 157,08 \cdot (1 - 0,015) = 154,72 \text{ с}^{-1} \quad (2.19)$$

$$\omega_{\text{кр}} = \omega_0 (1 - S_{\text{кр}}) = 157,08 \cdot (1 - 0,21) = 124,09 \text{ с}^{-1} \quad (2.20)$$

- номінальний, пусковий та критичний моменти відповідно:

$$M_{\text{н}} = \frac{P_{2\text{н}}}{\omega_{\text{н}}} = \frac{10000}{157,08} = 64,63 \text{ Нм} \quad (2.21)$$

$$M_{\text{п}} = m_{\text{п}} \cdot M_{\text{н}} = 1,6 \cdot 64,63 = 103,41 \text{ Нм} \quad (2.22)$$

$$M_{\text{кр}} = m_{\text{кр}} \cdot M_{\text{н}} = 2 \cdot 64,63 = 129,26 \text{ Нм} \quad (2.23)$$

- номінальний та пусковий струми статора відповідно:

$$I_{1\text{н}} = \frac{P_{2\text{н}}}{3 \cdot U_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \cos \varphi} = \frac{10000}{3 \cdot 380 \cdot 0,94 \cdot 0,83} = 11,23 \text{ А} \quad (2.24)$$

$$I_{1\text{п}} = I_{1\text{н}} \cdot i_{\text{пуск}} = 11,23 \cdot 5,3 = 60,95 \text{ А} \quad (2.25)$$

- приведений активний опір ротора, активний опір статора, активний опір фази ротора, індуктивний опір статора та приведений опір ротора відповідно:

$$R'_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{P_{2\text{н}} + \Delta P_{\text{мех}}}{\frac{1 - S_{\text{н}}}{S_{\text{н}}} \cdot I_{1\text{н}}^2} = 0,395 \text{ Ом} \quad (2.26)$$

де $\Delta P_{\text{мех}} = 0,03 \cdot P_{\text{дв}} = 300$ - механічні втрати номінальні.

$$R_1 = \frac{U_{\text{н}} \cdot \cos(\varphi) \cdot (1 - \eta_{\text{н}})}{I_{1\text{н}}} - C_1^2 \cdot R'_2 - \frac{\Delta P_{\text{мех}}}{3 \cdot I_{1\text{н}}^2} = 0,47 \text{ Ом.}$$

$$R'_{21} = \frac{(P_{2\text{н}} + \Delta P_{\text{мех}}) m_{\text{пуск}}}{3 \cdot (1 - S_{\text{ном}}) \cdot I_{\text{пуск}}^2 \cdot I_{1\text{ном}}^2} = 0,131 \text{ Ом} \quad (2.27)$$

$$R'_{20} = \frac{U_{\text{н}}^2 (1 - S_{\text{ном}})}{2 \cdot C_1 \cdot (P_{2\text{н}} + \Delta P_{\text{мех}}) \cdot m_{\text{кр}} \cdot \left[1 + \frac{C_1}{S_{\text{н}} (m_{\text{кр}} + \sqrt{m_{\text{кр}}^2 - 1})} \right]}, \text{ Ом} \quad (2.28)$$

де $C_1 = 1,03$ – конструктивний коефіцієнт двигуна.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.Р2	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R'_{20} = \frac{380^2 \cdot (1 - 0,015)}{2 \cdot 1,03 \cdot (10 + 0,3) \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot \left[1 + \frac{1,03}{0,015(2 + \sqrt{2^2 - 1,6})} \right]} = 0,174 \text{ Ом}$$

$$x_1 \approx x'_2 \approx \sqrt{\left(\frac{R'_2}{S_{кр}} \right)^2 + R_1^2} = 1,94 \text{ Ом.} \quad (2.29)$$

2.6 Розрахунок та побудова механічних характеристик системи ТПЧ-АМ

Для побудови механічних характеристик асинхронної машини при різних частотах:

$$M = \frac{3 \cdot U_{\text{лфн}}^2 \cdot R'_2 / S}{\omega_o \left[(R_1 + R'_2 / S)^2 + S^2 (x_{1н} + x'_{2н})^2 \right]} \quad (2.30)$$

де $\omega_o = 2\pi f$ - кутова частота,

або:

$$M = \frac{3 \cdot (U_n \cdot f^2)^2 \cdot \frac{R'_2 \cdot \omega_n \cdot f}{\omega_n \cdot f - \omega}}{\omega_n \cdot f \cdot \left(\left(R_1 + \frac{R'_2 \cdot \omega_n \cdot f}{\omega_n \cdot f - \omega} \right)^2 + (x_1 + x'_2)^2 \cdot f^2 \right)}, \text{ Нм.} \quad (2.31)$$

Пусковий момент:

$$M_{\pi} = \frac{3 \cdot U_n^2 \cdot f \cdot R'_2}{\omega_o f \left[(R_1 + R'_2)^2 + ((x_1 + x'_2) \cdot f)^2 \right]} \quad (2.32)$$

Критичний момент:

$$M_{кр} = \frac{3 \cdot U_n^2 \cdot f}{4\pi f_n f \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + ((x_1 + x'_2) \cdot S \cdot f)^2} \right]} \quad (2.33)$$

За допомогою програмного пакету MathCAD побудуємо сімейство механічних характеристик (рис. 2.5).

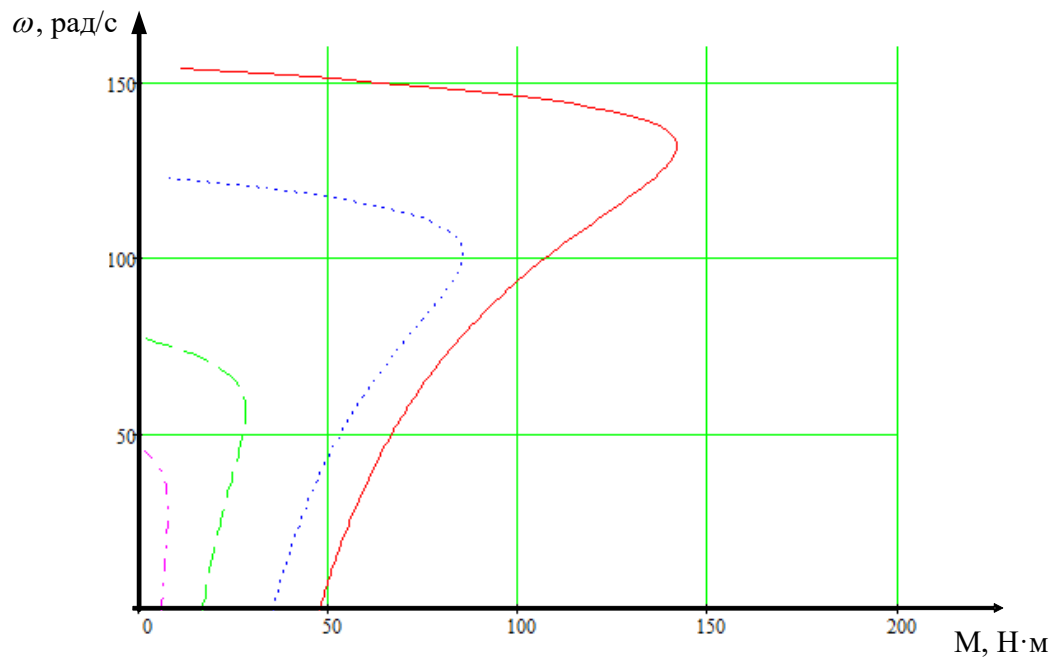


Рисунок 2.5 - Характеристики механічної системи ТПЧ-АМ шахтного перекидача

2.7 Розрахунок та побудова швидкісних та енергетичних характеристик системи ТПЧ-АМ

Вираз швидкісної характеристики системи ТПЧ-АМ:

$$I = \frac{U_{1\phi H} \cdot f}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2 \cdot \omega_H \cdot f}{\omega_H \cdot f - \omega}\right)^2 + ((x_1 + x'_2) \cdot f)^2}} \quad (2.43)$$

Сімейство швидкісних характеристик АМ - на рис. 2.6.

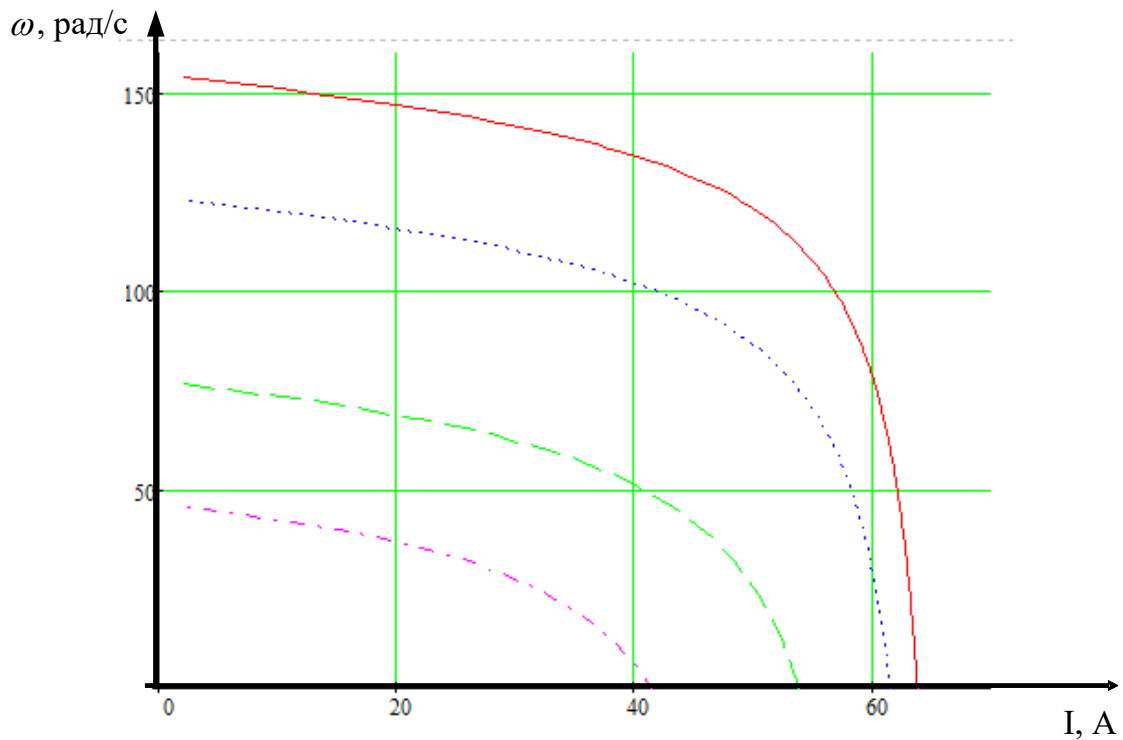


Рисунок 2.6 - Характеристики швидкісні системи ПТЧ-АМ шахтного перекидача

ККД системи ТПЧ-АМ:

$$\eta = \frac{P_B}{P_B + \sum \Delta P_{дв}} = \frac{P_B}{P_c} \quad (2.44)$$

де P_B – потужність на валу АМ.

$$P_B = M \omega = M_H \cdot \hat{M} \cdot \omega = \frac{P_H}{\omega_H} \cdot \hat{M} \cdot \omega = P_H \cdot \hat{M} \cdot \hat{f} \frac{1-S}{1-S_H} \quad (2.45)$$

P_c – потужність, яка споживається АМ:

$$P_c = P_B + \sum \Delta P_{дв} \quad (2.46)$$

де $\sum \Delta P_{дв}$ - сумарні втрати в АМ.

Характеристики представлені на рис. 2.7 з якого видно, що максимальне ККД досягається при роботі АМ на номінальній частоті обертання $n_{ном}=1477$ об/хв.

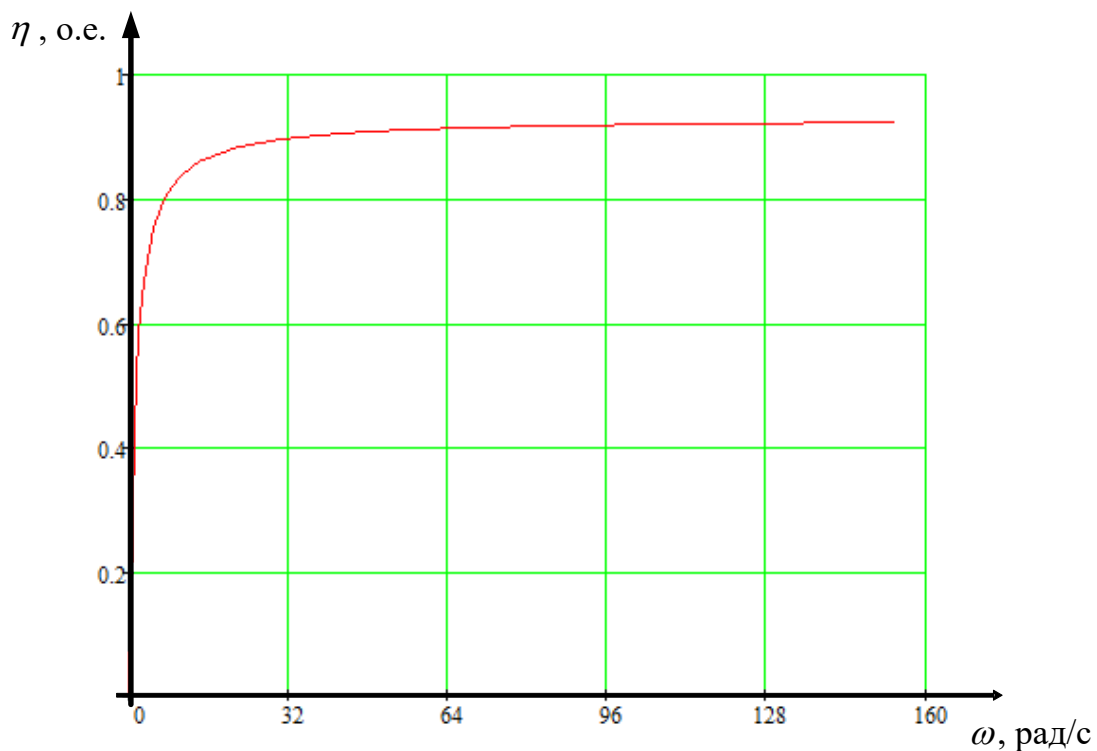


Рисунок 2.7 - Характеристика енергетична системи ТПЧ-АМ шахтного перекидача

2.8 Розробка моделі шахтного перекидача

Модель визначення швидкості обертання барабана перекидача використовується для контролю швидкісних параметрів роботи механізму. Завдяки точному математичному опису складових моделі можна максимально наблизитися до реальних часових характеристик роботи механізму та оптимізувати швидкісну діаграму за часом і кутом обертання.

На рис. 2.8 представлені дві моделі:

- модель роботи механізму до модернізації;
- модель роботи механізму після модернізації з можливістю моделювати швидкісну діаграму перекидача.

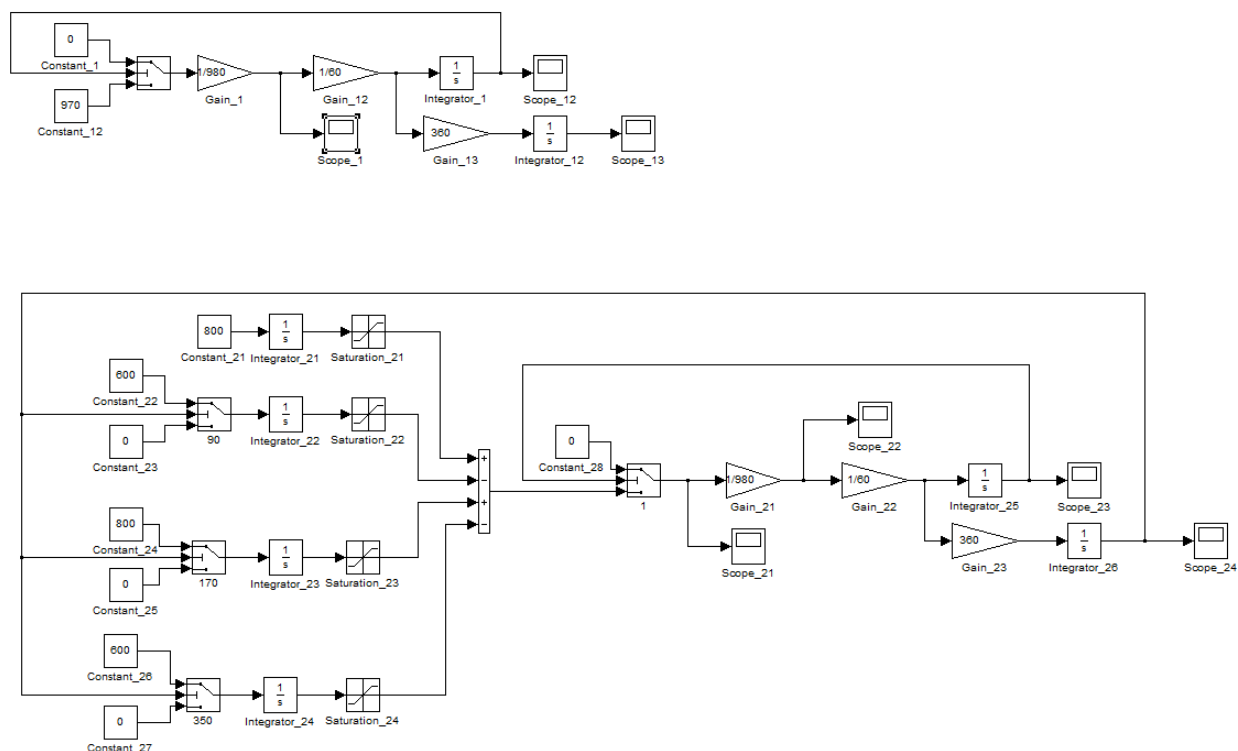


Рисунок 2.8 - Модель визначення швидкості обертання барабана перекидача

Елементи моделі роботи механізму до модернізації (табл. 2.3), а елементи моделі роботи механізму після модернізації (табл. 2.4).

Таблиця 2.3 – Елементи моделі роботи механізму до модернізації

Позначення елементів моделі	Функції елементів моделі
Constant_1, Constant_12	швидкість обертання машини
Gain_1, Gain_12	відповідно передатний коефіцієнт перекидача та приведення швидкості до об/с
Integrator_1	лічильник обертів барабану
Gain_13, Integrator_12	лічильник кута обертів барабану
Scope_1, Scope_12, Scope_13	вимірювальні блоки

Таблиця 2.4 – Елементи моделі роботи механізму після модернізації

Позначення елементів моделі	Функції елементів моделі
Constant_21, Integrator_21, Saturation_21	плавний пуск двигуна до 1480 об/хв. з можливістю завдання інтенсивності старту
Constant_22, Constant_23, Integrator_22, Saturation_22	плавне зменшення швидкості при куті обертання більшим за 90 град. до 600 об/хв
Constant_24, Constant_25, Integrator_23, Saturation_23	плавне збільшення швидкості при куті обертання більшим за 170 град. до 1480 об/хв
Constant_26, Constant_27, Integrator_24, Saturation_24	плавна зупинка двигуна при досягненні кута більшого за 350 град
Gain_21, Gain_22	відповідно передатний коефіцієнт перекидача та приведення швидкості до об/с
Integrator_25	лічильник обертів барабану
Gain_23, Integrator_26	лічильник кута оберту барабану
Scope_21, Scope_22, Scope_23 , Scope_24	вимірювальні блоки

Результати моделювання (рис. 2.9 – 2.15).

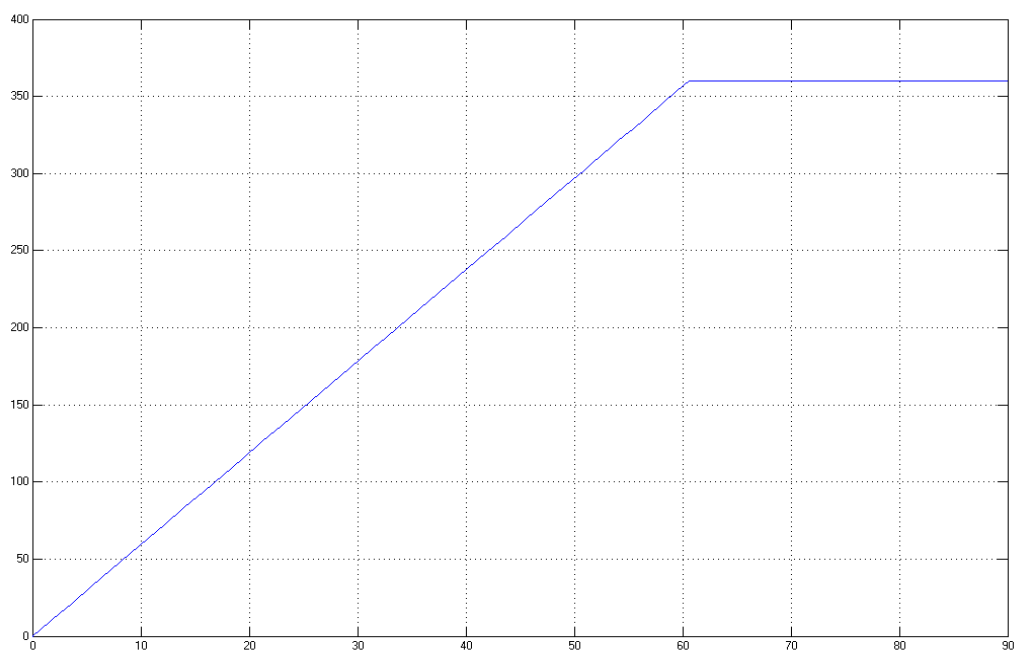


Рисунок 2.9 – Осцилограма кута повороту барабана перекидача до модернізації

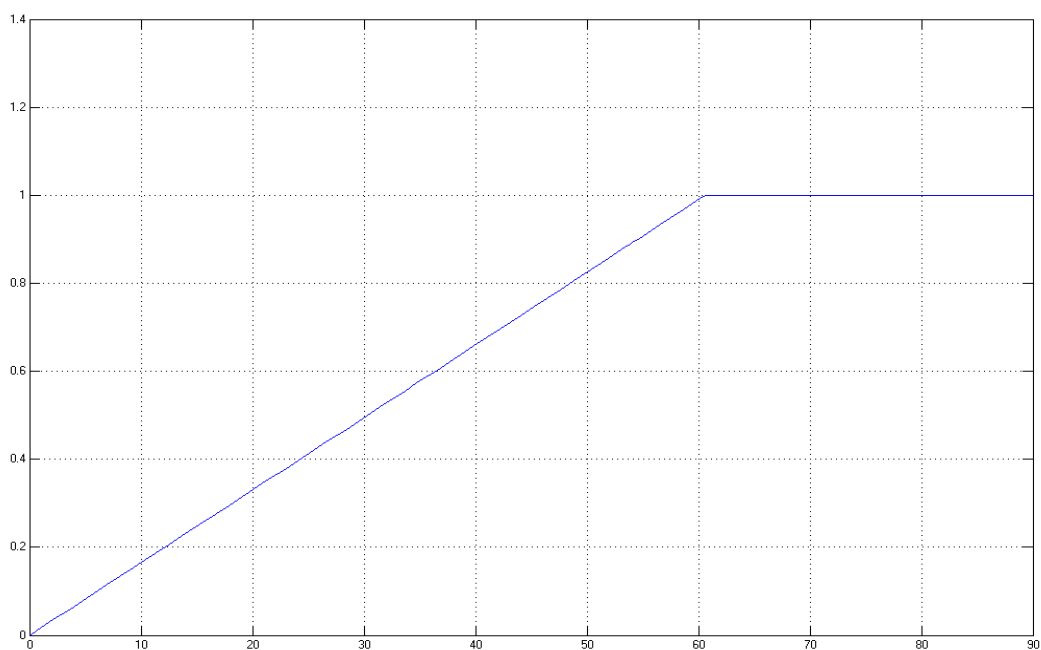


Рисунок 2.10 – Осцилограма обертів барабана перекидача

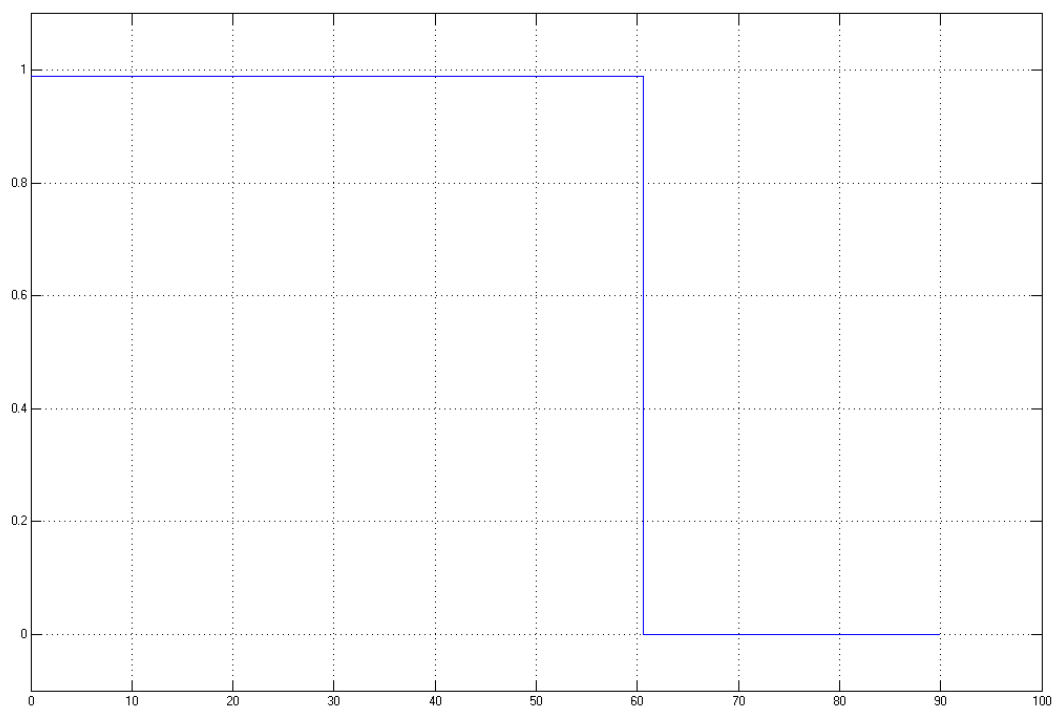


Рисунок 2.11 – Осцилограма швидкості обертання барабана перекидача

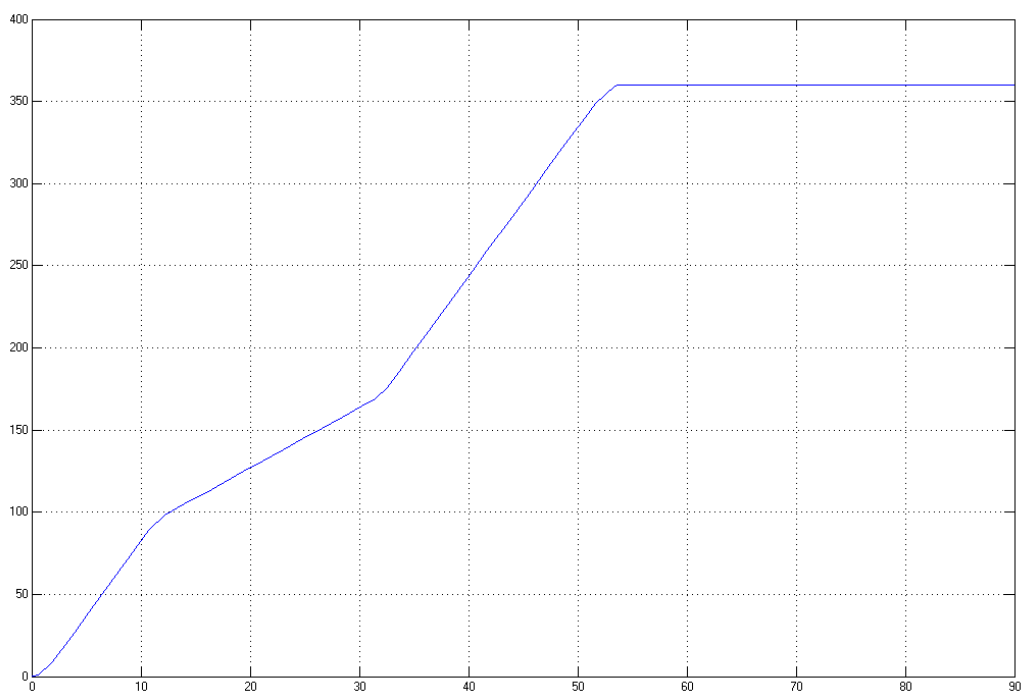


Рисунок 2.12 - Кут повороту барабана перекидача

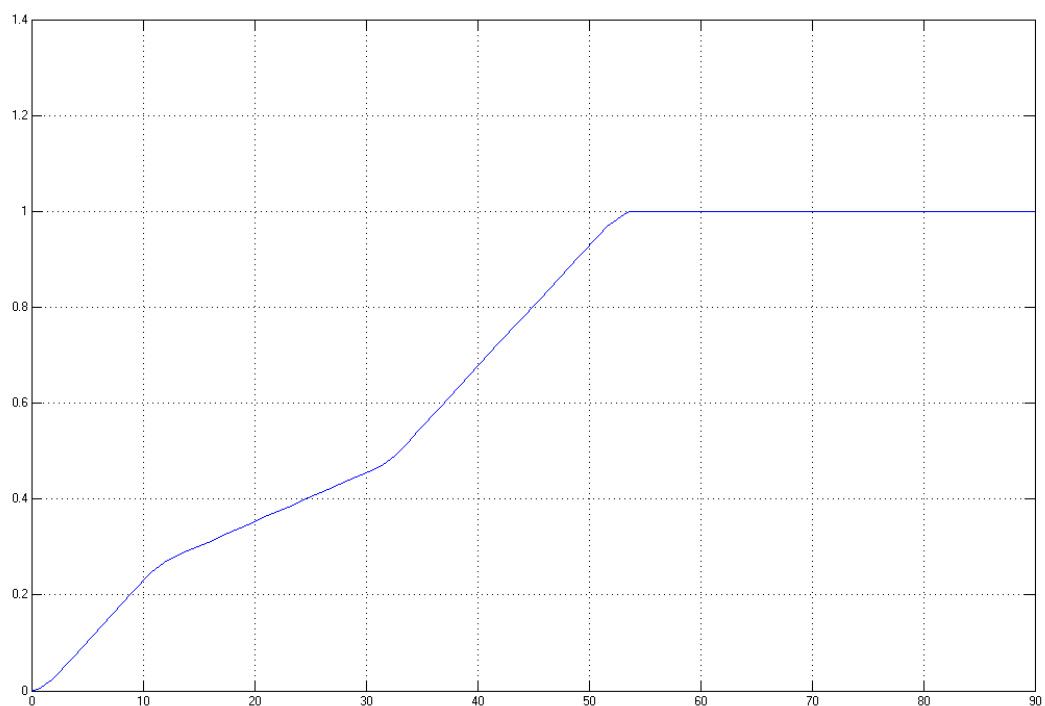


Рисунок 2.13 - Осцилограма обертів барабана перекидача

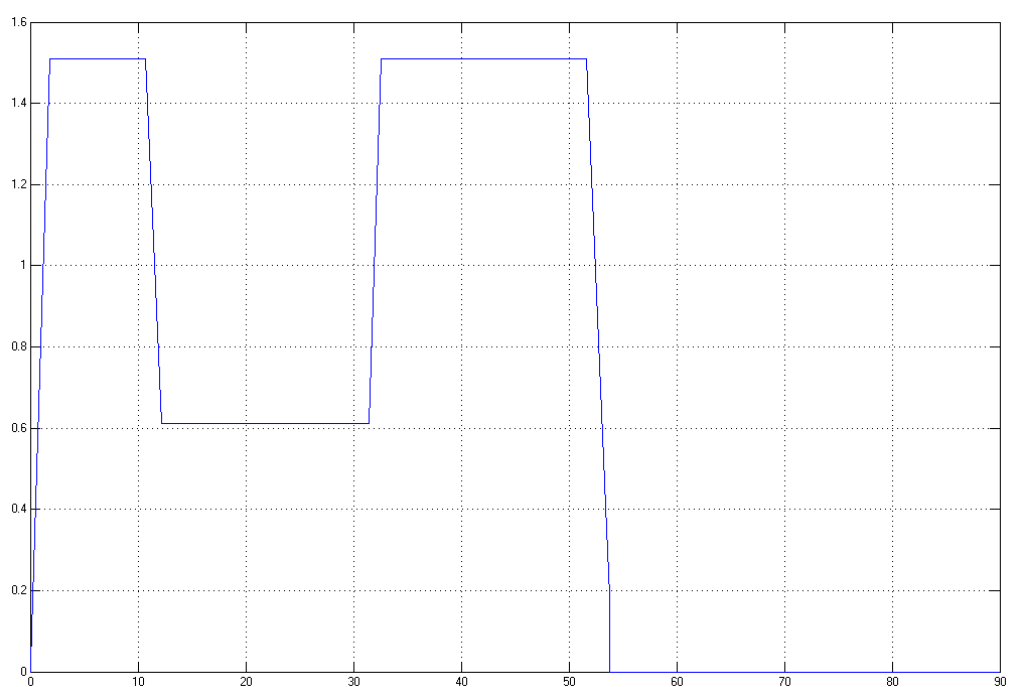


Рисунок 2.14 - Осцилограма швидкості обертання барабана перекидача

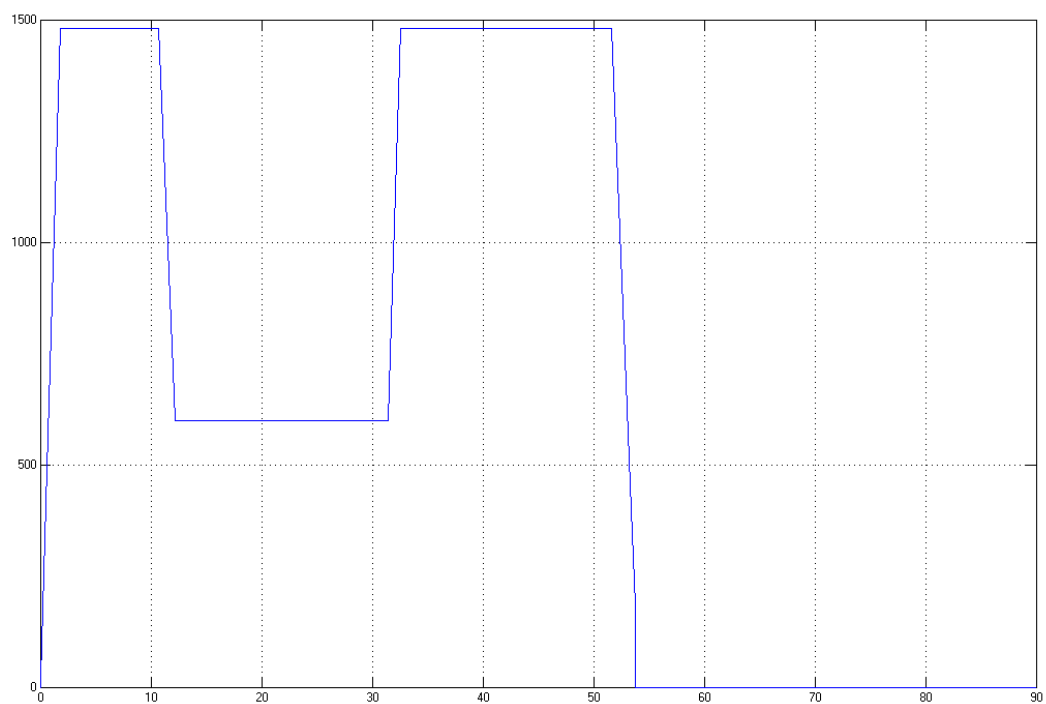


Рисунок 2.15 - Осцилограма моменту двигунів перекидача

РОЗДІЛ 3

Електропостачання

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.РЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Думін Я.Р.			Електропостачання				Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Барановська М.									
Реценз.									ЕМ гр. ЗЕЕМ-22ск		
Н. Контр.		Барановська М.									
Затверд.		Пересунько І.І.									

3.1 Електропостачання шахти та відомості про споживачів електроенергії

Електропостачання залізорудних шахт розглянемо на прикладі шахти «Покровська», де воно здійснюється від електропідстанції 154/6 кВ, розташованої на поверхні. Електроенергія напругою 6 кВ подається на горизонти 1040 м і 1115 м через центральну підземну підстанцію, що знаходиться поруч із камерою водовідливу горизонту -965 м, а також через підстанцію біля стовбура шахти «Покровська» на тому ж горизонті. Від цих підстанцій живляться також центральні розподільчі підстанції у приствольовому дворі горизонту 1115 м, підстанція біля стовбура шахти «Зоря» на горизонті 1115 м, кругові перекидачі та підземний бункер.

Дільнична розподільна підстанція (УРПП) горизонту 1115 м живить центральну підземну підстанцію при водовідливі горизонту 1265 м, а також тягові підстанції на горизонтах 1040 м і 1115 м. Від цих тягових підстанцій живиться контактна мережа постійним струмом.

Електропостачання споживачів добувних ділянок напругою 0,4 кВ здійснюється від дільничної підземної підстанції. Підземне освітлення приствольних дворів, квершлагів і відкотних штреків виконане на напрузі 127 В, а освітлення очисних виробок – 36 В. На відкатних виробках використовують шахтні світильники СНМ-60 і СНМ-100, які встановлюють через кожні 5 метрів. У приствольному дворі і камерах застосовують світильники типу РН-200.

Електропостачання шахти «Покровська» здійснюється від головної поверхневої підстанції «Покровська-154» (рис. 3.1). Електроенергія подається у підземні виробки через два реактивні вводи по стовбуру шахти «Зоря» через підстанцію при підйомі шахти «Зоря», підстанції «Водовідлив» на горизонтах 965 м і 1115 м, а також на підстанцію ЦПП горизонту 1265 м.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.РЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Електроустановки належать до I та II категорій по безперебійності і мають живитися від двох секцій шин ЦПП, щоб у випадку виходу з ладу однієї секції або одного робочого агрегату резервний агрегат міг отримувати електроенергію з другої секції (наприклад, насоси головного водовідливу, трансформатори в ЦПП тощо). Така схема забезпечує безперебійне функціонування відповідальних установок і виключає простої шахти через проблеми з електропостачанням.

Вибір напруги для подачі електроенергії залежить від призначення і розташування електроприймачів і регламентується інструкціями з проектування електроустановок шахт, збагачувальних фабрик і резервів.

Зараз для живлення підземних електроприймачів гірничорудних шахт використовують напруги 6 кВ, 0,66 кВ і 0,38 кВ змінного струму. Напруга 6 кВ застосовується для живлення стаціонарних електроприймачів потужністю від 200-250 кВт і вище, тоді як 0,66 і 0,38 кВ – для електродвигунів меншої потужності (механізми очисних і підготовчих ділянок, місцевий водовідлив, вентиляція тощо). Для живлення ручного інструменту використовують напругу 127 В, а для освітлення – 127 та 220 В.

Споживачами постійного струму є контактні електровози, елементи транспортної сигналізації, попереджувальні плакати, які отримують живлення від контактної мережі, а також ланцюги управління, сигналізації, автоматики і систем централізованого контролю (СЦБ). Для живлення електровозної відкатки переважно використовується напруга 250 В постійного струму.

Споживачі електроенергії залізорудної шахти:

1. Двигуни насосних агрегатів (ВАО 500М4, $P_n = 315$ кВт, $U_n = 6$ кВ, $I_n = 37,3$ А, $\eta = 94\%$, $\cos \varphi = 0,87$, $K_t = 6$).
2. Двигун дробарки (4АМИ280, $P_n = 90$ кВт, $U_n = 380$ В, $I_n = 165$ А, $\eta = 93\%$, $\cos \varphi = 0,88$, $K_t = 7,5$).
3. Двигун живильника (4АМ250, $P_n = 30$ кВт, $U_n = 0,38$ кВ, $I_n = 64$ А, $\eta = 88\%$, $\cos \varphi = 0,81$, $K_t = 6$).

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.РЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Двигун вентилятора (4АИР 180М4, $P_H=30\text{кВт}$, $U_H=0,38\text{ кВ}$, $I_H=56\text{А}$, $\eta=90,5\%$, $\cos\varphi=0,9$, $K_I=6,5$).

5. Двигун компресора (5АМ250, $P_H=37\text{кВт}$, $U_H=0,38\text{ кВ}$, $I_H=75\text{А}$, $\eta=90\%$, $\cos\varphi=0,83$, $K_I=6$).

6. Двигун компресора (АК85-24, $P_H=160\text{кВт}$, $U_H=0,38\text{ кВ}$, $I_H=301\text{А}$, $\eta=91,5\%$, $\cos\varphi=0,87$, $K_I=6,5$).

7. Інші механізми білястовбурного двору з АМ.

8. Освітлення.

9. Оперативні кола.

10. Електровозна відкатка.

3.2 Місце розташування ЦПП

Центральна підземна підстанція (ЦПП) призначена для прийому електроенергії від підстанції «Водовідлив» горизонту 1115 м та її подальшого розподілу на підстанцію біля стовбура горизонту 1190 м шахти «Сліпа Покровська», квершлаг горизонту 1265 м, тягові і насосні агрегати, а також для перетворення електроенергії з метою живлення споживачів у білястовбурному дворі.

Підстанція розташована у білястовбурному дворі, у капітальній виробці, зміцненій негорючим матеріалом (бетоном), і має два виходи. Виходи обладнані вентиляційними дверима у вигляді металевих ґрат, які зазвичай закриті, металевими суцільними протипожежними дверима, а також вікнами, що відкриваються назовні і в нормальному стані відкриті, не заважаючи руху у виробці.

Електрообладнання ЦПП розміщене так, щоб можливе проникнення води не досягало струмоведучих частин – вони розташовані не нижче 1 метра від рівня головок рейок у білястовбурному дворі. Для цього підлога підстанції піднята на 0,5 м від рівня рейок. Все електрообладнання підстанції має бути надійно заземлене.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.РЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На кожній секції шин ЦПП передбачена установка одного резервного комплектного розподільчого пристрою (КРУ), який повністю обладнаний і підключений до шин, а також передбачене місце для встановлення додаткового КРУ у майбутньому.

Розміри камери ЦПП визначаються габаритами та кількістю обладнання, що в ній встановлюється, з урахуванням монтажних і транспортних проходів.

Комплект обладнання РУ-6 кВ ЦПП включає комплектні розподільчі пристрої типу КРУРН-6 і трансформатори серії ТСШВ. Розподільчий пристрій 6 кВ і силові трансформатори розміщують з одного боку камери, а низьковольтний розподільчий пристрій - з іншого. Монтажний прохід позаду РУ має бути не менше 0,5 м, а ширина коридору між РУ-6 кВ і низьковольтними розподільними пунктами, а також між машинами і апаратами по довжині камери - достатньою для транспортування обладнання під час ремонту і заміни, але не менше 0,8 м.

Кабелі у камері зазвичай прокладають на спеціальних конструкціях уздовж стін і склепіння виробки. Якщо кабелі прокладають по підлозі, вони повинні бути захищені від механічних пошкоджень.

3.3 Оцінка величин навантажень і вибір трансформаторів ЦПП

У гірничій промисловості основним способом розрахунку електричних навантажень на шинах підстанції є метод коефіцієнта попиту. Цей метод дає змогу врахувати ступінь завантаження, одночасність роботи двигунів, їхній ККД, а також ККД електричної мережі. Значення коефіцієнта попиту береться з табличних даних.

Усі електроприймачі групуються за технологічними ознаками та напругою, визначаються сумарні встановлені потужності в межах кожної групи, після чого розраховують активні, реактивні та повні електричні навантаження за формулами:

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.РЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Активна розрахункова потужність групи приймачів P_p (кВт) визначається як:

$$P_p = K_n \cdot \sum P_y, \quad (3.1)$$

де K_n - коефіцієнт попиту певної групи приймачів.

Реактивна розрахункова потужність приймачів ЕЕ:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.2)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності, характерний для даної групи приймачів.

Повна розрахункова потужність приймачів ЕЕ:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (3.3)$$

Отримані значення потужностей внесені до розрахункової табл. 3.1.

Розрахункова потужність на шинах 6 кВ ЦПП становить:

$$S_p = \sqrt{4258^2 + 3143^2} = 5292 \text{ кВА}$$

Повна розрахункова потужність на шинах 6кВ ЦПП з урахуванням коефіцієнта участі в максимумі навантаження:

$$S_{pn} = K_{ym} \cdot \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (3.4)$$

а з урахуванням коефіцієнта участі в максимумі навантаження, який враховує неспівпадіння у часі пікових навантажень окремих груп приймачів (для ЦПП дорівнює 0,8), повна розрахункова потужність становить:

$$S_{pn6} = 0,8 \cdot 5292 = 4234 \text{ кВА}$$

Повна розрахункова потужність на шинах 0,4 В:

$$S_{pn} = 0,8 \cdot \sqrt{597^2 + 507^2} = 626 \text{ кВА}.$$

Для живлення низьковольтних споживачів підстанції планується встановити дві трансформаторні підстанції типу ТСШВП-400/6 загальною потужністю 800 кВА. Для забезпечення резервування у разі виходу з ладу одного з трансформаторів передбачено один резервний трансформатор. Технічні характеристики трансформаторів наведені в табл. 3.2.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.РЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Дані навантажень на шинах ЦПП

Приймачі електроенергії	Число n, шт	Потужність, кВт		Коеф. попиту K_c	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	Розрахункова потужність		
		$P_{\text{ном}}$	$\sum P_{\text{ном}}$				P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВт*А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Споживачі ЕЕ напругою 6 кВ									
Головний водовідлив	2	315	630	0,8	0,85	0,62	504	312	
Електровозна откатка	2	137,5	275	0,6	0,9	0,48	165	79	
Приствольний двір гор. 1190м (Південь)	1	1680	1680	0,8	0,8	0,75	1344	1008	
Приствольний двір гор. 1190м (Північ)	1	1680	1680	0,8	0,8	0,75	1344	1008	
ШСУ квершлаг гор. 1265 м	1	405	405	0,75	0,8	0,75	304	228	
Споживачі ЕЕ напругою 0,4 кВ									
Перекидач ш. Зоря	4	10	40	0,7	0,7	1,02	28	28,5	
Дозатор ш. Зоря	-	-	238	0,75	0,75	0,88	178	157	
КЧЗ ш. Зоря	-	-	120	0,7	0,8	0,75	84	63	
РП 1340 м	-	-	48	0,75	0,7	1,02	36	367	
Дробарка ш. Зоря	-	-	152	0,75	0,75	0,88	114	100	
РП гор. 1265 м	-	-	14	0,7	0,7	1,02	10	10,2	
Освітлення	-	-	19	1,0	1,0	0	19	0	
Компресор	1	160	160	0,8	0,75	0,88	128	113	
Всього (0,4 кВ)							597	507	783
Всього (6 кВ)							4258	3143	5292

Таблиця 3.2 - Характеристики трансформатора ЦПП

Тип	Номін. потужн., кВА	Напруга, В		Номін. струм, А		Напруга к.з. $U_{кз}\%$	Струм н.х.	Втрати, Вт	
		ВН	НН	ВН	НН			Н.Х. $P_{хх}$	К.З. $P_{кз}$
ТСШВП- 400/6	400	6000	400	39,4	578	3,5	5,5	2250	2900

3.4 Вибір живильних кабелів

Кабельна мережа підстанції включає живильний кабель довжиною 800 м, підключений до різних секцій шин підстанції «Водовідлив» горизонту 1115 м, а також кабелі 0,4 кВ для живлення низьковольтних споживачів.

Вибір високовольтного кабелю здійснюється за такими критеріями: максимально допустимий тривалий струм навантаження, допустима втрата напруги, економічна щільність струму та термічна стійкість до струмів короткого замикання.

Розрахунок кабелю за максимально допустимим струмом зводиться до визначення перетину жил відповідно до розрахункового струму, який споживає підстанція:

$$I_p = \frac{S_{pn6}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{4234}{\sqrt{3} \cdot 6} = 408, \quad (3.5)$$

де $U_{ном} = 6\text{кВ}$ – ном. напруга на шинах підстанції.

За таблицями тривало припустимих струмів приймаємо кабель з меншими жилами $S = 120\text{ мм}^2$ з $I_{пр} = 250\text{ А}$. Таких кабелів необхідно по два на кожний ввід. Умова вибору виконано, оскільки

$$I_{дл.пр} = 2 \cdot 250 > I_{др} = 408\text{ А}$$

Вибраний перетин перевіряється по допустимій втраті напруги

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.РЗ				Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta u} = \frac{1,73 \cdot 408 \cdot 800 \cdot 0,8}{53 \cdot 90} = 95 \text{ мм}^2, \quad (3.6)$$

де $l = 800\text{м}$ – довжина кабелю;

$\cos \varphi = 0,8$ – коефіцієнт потужності підстанції;

$\gamma = 53 \frac{\text{м}}{\text{О}_\text{м} \cdot \text{мм}^2}$ – питома провідність міді;

$\Delta u = \frac{6000 \cdot 1,5}{100} = 90\text{В}$ – припустима втрата напруги в лінії.

За припустимій втраті напруги прийнятий перетин підходить.

Перетин кабелю з економічної щільності струму:

$$S = \frac{I_p}{j}, \quad (3.7)$$

де $j = 2 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ – економічна щ-ть струму.

$$S_{\text{ек}} = \frac{408}{2} = 204 \text{ мм}^2.$$

Перевіримо кабель на термічну стійкість до струмів к.з.

$$S_{\text{min}} = \frac{I_\infty \cdot \sqrt{t_\phi}}{C} = \frac{4817 \cdot \sqrt{0,17}}{165} = 12 \text{ мм}^2, \quad (3.8)$$

де $t_\phi = 0,17\text{с}$ – час відключення КРУРН - 6;

$C = 165$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу провідника (мідь);

$I_\infty = \frac{50000}{1,73 \cdot 6} = 4817 \text{ А}$ – струм к.з. (трифазного) на шинах ЦПП.

Остаточно приймаємо до прокладання на кожне введення по два кабелі марки ЦСП_н-6 3х120.

Вибір перерізу кабелів у мережах 0,4 кВ для підключення розподільчих пунктів виконуємо по нагріванню тривало припустимим струмом навантаження з перевіркою по припустимій втраті напруги та економічної щільності струму.

Струм магістрального кабелю:

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.РЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{мк}} = \frac{\sum P_n \cdot K_n}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{152 \cdot 0,75}{1,73 \cdot 0,4 \cdot 0,75} = 220, \quad (3.9)$$

де $\sum P_n$ – сум-на пот-сть електроспоживачів, кВт;

K_n , $\cos \varphi$ – відповідно коеф. попиту та коеф. потужності електроспоживачів.

Приймаємо відповідний кабель перетину $S = 120 \text{ мм}^2$ і $I_{\text{пр}} = 220 \text{ А}$ (з алюмінієвими жилами) та перевіряємо його:

- по допустимій втраті напруги за формулою (3.6)

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 120 \cdot 0,75}{32 \cdot 10} = 107 \text{ мм}^2;$$

- по економічній щільності струму за формулою (2.7)

$$S_{\text{ек}} = \frac{220}{2} = 110 \text{ мм}^2.$$

Як підсумок, приймаємо кабель марки ААШВ-1 4х120 та за аналогією проводиться вибір інших кабелів (див. табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Вибір кабельної мережі

Місце прокладання кабелю	I , А	I_g , А	l_k , м	Марка кабелю
Живильний (шини 6кВ ЦПП)	408	2х250	800	(2 кабеля) ЦСПН-6 3х120
Магістральні:				
Перекидач ш. Зоря	58	80	90	ААШВ-1 4х25
Дозатор ш. Зоря	344	2х190	130	ААШВ-1 4х95 (2 кабеля)
КЧЗ ш. Зоря	152	155	60	ААШВ-1 4х70
Дробарка ш. Зоря	220	220	120	ААШВ-1 4х120
Горизонт 1265 м	20	46	70	ААШВ-1 4х10
РП горизонт 1340 м	73	80	95	ААШВ-1 4х25

3.5 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання для рівнів напруг 6 кВ та 0,4 кВ

3.5.1 Для рівнів напруги 6 кВ (точка К1)

Приймаємо: опір системи $X_c = 0,42$; базисні значення потужності й напруги: $S_6 = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, $U_6 = 6,3 \text{ кВ}$.

Баз-й струм:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{100}{1,73 \cdot 6,3} = 9,18 \text{ кА.} \quad (3.10)$$

Індук-й опір реактора:

$$X_{*рб} = \frac{X_{н.р.} \% \cdot I_6 \cdot U_{н.р.}}{100 \cdot I_{н.р.} \cdot U_6} = \frac{15,3 \cdot 9,18 \cdot 10}{100 \cdot 1 \cdot 6,3} = 2,23, \quad (3.11)$$

де $X_{н.р.} \%$ – ном. реактивність (паспортне значення),

$I_{н.р.}$ – ном. струм, А;

$U_{н.р.}$ – ном. напруга, кВ

$$X_{н.р.} \% = \frac{X_{н.р.} \cdot I_{нр} \cdot \sqrt{3}}{10 U_{нс}} = \frac{0,56 \cdot 1000 \cdot 1,73}{10 \cdot 6,3} = 15,3\%, \quad (3.12)$$

Індук-й опір кабельної лінії:

$$X_{*бл} = X_0 \cdot l \frac{S_6}{U_6^2} = 0,8 \cdot 2,28 \frac{100}{6,3^2} = 0,46, \quad (3.13)$$

де $l = 2,28 \text{ км}$ – дов-на лінії;

$x_0 = 0,08 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ – реакт-й опір 1 км лінії.

Результуючий опір до шин ЦПП:

$$X_{*б.рез} = X_c + \frac{X_{*бр}}{2} + \frac{X_{*бл}}{2} = 0,42 + \frac{2,23}{2} + \frac{0,46}{2} = 1,76 \quad (3.14)$$

СКЗ на шинах ЦПП:

- сталий:

$$I'' = I_{02} = I_\infty = \frac{I_6}{X_{*б.рез}} = \frac{9,18}{1,76} = 5,22 \text{ кА.} \quad (3.15)$$

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.РЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- ударний миттєвий:

$$i_y = 2,55 \cdot I'' = 2,55 \cdot 5,22 = 13,3 \text{ кА.} \quad (3.16)$$

- ударний діючий:

$$I_y = 1,52 \cdot I'' = 1,52 \cdot 5,22 = 7,93 \text{ кА.} \quad (3.17)$$

Потужність короткого замикання на шинах ЦПП:

$$S_{кз} = \sqrt{3} \cdot I'' \cdot U_{ном} = 1,73 \cdot 5,22 \cdot 6 = 54,2 \text{ МВА} \quad (3.18)$$

3.5.2 Для рівнів напруги 0,4 кВ (точка К2)

Визначаємо активний та індуктивний опір тр-ра ТСШВП-400/6:

$$r_m = \frac{P_{\kappa}}{3 \cdot I_{2m}^2} = \frac{2900}{3 \cdot 578^2} = 0,0029 \text{ Ом,} \quad (3.19)$$

де $P_{\kappa} = 2900$ Вт – втрати в міді тр-ра,

$I_{2m} = 578$ А – струм вторинної обмотки тр-ра.

$$X_m = \frac{10U_{\kappa} \cdot U_{ном}^2}{S_{ном}} = \frac{10 \cdot 3,5 \cdot 0,4^2}{400} = 0,014 \text{ Ом,} \quad (3.20)$$

де $U_{\kappa} = 3,5\%$ – напруга к.з. тр-ра,

Струм трифазного к.з. в будь-якій точці мережі:

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,0029^2 + 0,014^2}} = 16000 \text{ А,} \quad (3.21)$$

де R і X – відповідно сума активних і індуктивних опорів кола до вибраної точки к.з.

Опір кабелю активний та індуктивний відповідно:

$$r_{\kappa} = \frac{l}{\gamma \cdot S} \quad (3.23)$$

$$X_{\kappa} = X_0 \cdot l \quad (3.24)$$

Активний і індуктивний опір кабелю до РП перекидача:

$$r_{\kappa i} = \frac{90}{32 \cdot 25} = 0,112 \text{ Ом.}$$

$$X_{\kappa i} = 0,09 \cdot 0,07 = 0,006 \text{ Ом.}$$

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.РЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СКЗ в точці К2:

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,0029 + 0,112)^2 + (0,014 + 0,006)^2}} = 2000 \text{ А.}$$

3.6 Вибір високовольного обладнання РУ-6кВ і низьковольтного обладнання ЦПП1

РУ-6кВ ЦПП комплектуємо високовольтними комірками типу КРУРН-6 за даними табл. 3.4 з урахуванням термічних і динамічних показників (3.25).

Таблиця 3.4 – Порівняння параметрів

Розрахункові величини	Параметри КРУРН-6
6000 В	$U_n = 6000 \text{ В}$
408 А	$I_n = 630 \text{ А}$
5,22 кА	$I_{\text{відкл}} = 9,6 \text{ кА}$
54 МВ·А	$S_{\text{відкл}} = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
13,3 кА	$i_{\text{max}} = 25 \text{ кА}$
2,15 кА	$I_{\text{tmax}} = 9,6 \text{ кА}$

Струм термічної стійкості ввідної комірки:

$$I_t = I_{\infty} \cdot \sqrt{\frac{t_{\phi}}{t}} = 5,22 \cdot \sqrt{\frac{0,17}{1}} = 2,15 \text{ кА.} \quad (3.25)$$

Комплектація РУ - 6 кВ ЦПП високовольтними комірками типу КРУРН-6 представлена в табл. 3.5.

У розподільному пристрої РП-0,4 кВ ЦПП в якості комутаційної апаратури встановлений розподільний щит типу ЩРДУ-89-2-380, до складу якого входять автоматичні вимикачі та контактори.

Вибір автоматичного вимикача на ввіді: по струму вторинної обмотки тр-ра $I_{2m} = 578 \text{ А}$ приймаємо вимикач АВМ - 10 С з $I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$ і струмом відключення $I_{\text{від}} = 42 \text{ А}$.

Таблиця 3.5 – Вибір високовольтної комутаційної апаратури (КРУРН – 6)

Призначення комірки	Розрахунковий струм, А	Номінальний струм комірки, А	Тип комірки	Кількість, шт
Ввідна	408	630	КРУРН - 6	2
Секційна	204	320	КРУРН - 6	1
Відвідна				
Насосний агрегат	37,3	100	КРУРН - 6	2 роб. + 2 рез.
Електровозна відкатка	15,4	50	КРУРН - 6	2
Пристовольний двір. гор. 1190 м	162	200	КРУРН - 6	2
ШСУ гор. 1265 м	37	50	КРУРН - 6	1
Тр-р ТСШВП- 406/6	39,4	50	КРУРН - 6	2
Резерв		50	КРУРН - 6	2

За відключаючою здібністю даний вимикач підходить, т. я. умова:

$$I_{\text{відкл}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{кз}}^{(3)} \quad (3.26)$$

виконується:

$$42 \text{ кА} > 1,2 \cdot 16 = 19,2 \text{ кА}$$

Уставка струму спрацьовування максимального розчеплювача за (3.26) для потужних споживачів, наприклад двигуна компресора.

$$I_n = Ki \cdot I_n = 6,5 \cdot 301 = 1957 \text{ А};$$

$$I_y \geq 1957 + (578 + 301) = 2234 \text{ А}$$

та коефіцієнт чутливості при стандартній уставці $I_y = 2400 \text{ А}$:

$$K_2 = \frac{I_{\text{кз}}^{(2)}}{I_y} = \frac{13,92}{2,4} = 5,8 > 1,5. \quad (3.27)$$

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.РЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоцерківець О.Г. Економіка України: шокові впливи та шлях до стабільного розвитку / О.Г. Білоцерківець, Т.В. Бурлай, Н.Ю. Гончар та ін.: За ред. І.В. Крючкової; НАН України; Інститут економіки та прогнозування. К.: 2010. 480 с.
2. Закладний О.О., Закладний О.М. Функціональне діагностування енергоефективності електромеханічних систем шахтних стаціонарних установок: Монографія. К.: Видавництво «Лібра», 2013. 187 с.
3. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. – Міненерговугілля України. Київ, 2017. 617 с.
4. Яцун М.А. Електричні машини: підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. 464 с.
5. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник / Закладний О. М., Праховник А. В., Соловей О.І. К: Кондор, 2005. 408 с.
6. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В. Кременчук, 2001. 376 с.
7. Основи електропривода: підручник / Ю.М. Лавріненко, П.І. Савченко, О.Ю. Синявський, Д.Г. Войтюк, В.В. Савченко, І.М. Голодний. К.: Видавництво Ліра-К, 2017. 524 с.
8. Мілих В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств: підручник для студентів електромеханічних спеціальностей /. Харків: ФОП Панов А. М., 2016. 272 с.
9. Маліновський А. А., Хохулін Б. К. Основи електроенергетики та електропостачання: підручник, друге видання, перероблене і доповнене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 436 с.

					КНУ.РБ.141.25.251с.05.СД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Думін Я.Р.			СПИСОК ДЖЕРЕЛ	Літ.	Арк.
Перевір.		Барановська М.					Аркуші
Реценз.							
Н. Контр.		Барановська М.				ЕМ гр. ЗЕЕМ-22ск	
Затверд.		Пересулько І.І.					