

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності роботи електродвигунів екскаватора
гірничовидобувного кар'єру»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕПА-23м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Олександр ГРИБОВСЬКИЙ
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

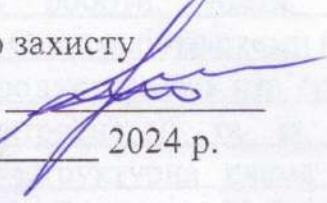
Керівник: к.т.н., доц. кафедри КЕМСК
 Микола МОШНОРИЗ
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

« 19 » 11 2024 р.

Опонент: к.т.н. проф. кафедри ЕСЕМ
 Олег К. В.
(прізвище та ініціали)

« 01 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри 

« 19 » 11 2024 р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань 14 – Електрична інженерія

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувача кафедри

к.т.н., доц.

Микола МОШНОРІЗ

[Підпис]
"29" *серпня* 2024 року

2024 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Грибовському Олександрю Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності роботи електроприводів екскаватора гірничовидобувного кар'єру

керівник роботи Мошноріз Микола Миколайович, к.т.н., доц. каф. КЕМСК

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «17» 09 2024 року, № 340

2. Строк подання студентом роботи 30.11.24

3. Вихідні дані до роботи: відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження двигуна; відомості про джерела живлення; графіки електричних навантажень; Кількість двигунів – 1 шт.

4. Зміст текстової частини: Вступ. Ідентифікація об'єкта дослідження. Розрахунок об'єкта дослідження. Підхід до визначення та оцінки ефективності роботи електроприводів екскаватора гірничовидобувного кар'єру. Перевірка роботоздатності об'єкта дослідження. Техніко-економічне обґрунтування. Охорона праці. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Актуальність роботи. Мета, предмет та об'єкт дослідження. Завдання дослідження. Опис роботи схеми керування синхронним двигуном (ЦД) екскаватора ЕШ-10/70. Продуктивність кар'єру, річний обсяг робіт. Система електроприводів з обліком електроенергії та їх аналізом. Комп'ютерне моделювання роботи екскаватора. Структурна схема алгоритму роботи. Алгоритм роботи системи діагностування. Висновки. Публікації за темою роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	к. т. н., доц. каф. КЕМСК Мошноріз М. М.,	27.08.24	19.11.24
Економічна частина	к. т. н., доц. каф. ЕСЕЕМ Шулє Ю. А.,	27.08.24	19.11.24

7. Дата видачі завдання 27.08.24

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)		27.08.24	
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР		26.10.24	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР		02.11.24	
4	Виконання розділу «Економічна частина»		09.11.24	
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»		16.11.24	
6	Попередній захист МКР		19.11.24	
7	Нормоконтроль МКР		19.11.24	
8	Рецензування МКР		02.12.24	
9	Захист МКР		17.12.24	

Студент


(підпис)

Грибовський О. А.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Мошноріз М. М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК: 621.879.31

Грибовський О.А. Підвищення ефективності роботи електродвигунів екскаватора гірничовидобувного кар'єру. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма - електрична інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2024. 126 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 14 назв.; рис.: 43; табл. 17.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи електродвигунів екскаватора гірничо-видобувного кар'єру.

У загальній частині роботи розглянуто електродвигун екскаватора гірничо-видобувного кар'єру. Для заданого режиму роботи електродвигуна розраховано питоме енергоспоживання екскаватора загалом та основних його двигунів, запропоновано підхід до контролю рівня енергоспоживання та підхід до прогнозування несправності за показником ефективності роботи. Розраховано потужність екскаватора, зібрано статистичні дані його енергоспоживання і виконано аналіз графіка планово-попереджувальних ремонтів. Виконано моделювання роботи електродвигунів екскаватора в програмному середовищі Scilab.

Досліджено питання безпечної експлуатації електродвигунів екскаватора обслуговуючим персоналом та оператором, а також оцінено потенційний економічний ефект від впровадження запропонованих підходів підвищення ефективності.

Ключові слова: ефективність роботи, спосіб, електричний двигун, коефіцієнт корисної дії, ефективність роботи, математична модель, комп'ютерне моделювання.

ANOTATION

Hrybovsky O.A. Increasing the efficiency of the electric drives of the mining excavator. Master's qualification work in the specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics, educational program - electrical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 126 p.

In Ukrainian. Bibliography: 14 titles; fig.: 43; tab. 17.

The aim of the work is to increase the efficiency of the electric drives of the excavator of a mining quarry.

In the general part of the work, the electric drive of the excavator of a mining quarry is considered. For a given operating mode of the electric drive, the specific energy consumption of the excavator as a whole and its main drives is calculated, an approach to controlling the level of energy consumption and an approach to predicting malfunctions based on the efficiency indicator are proposed. The excavator power is calculated, statistical data on its energy consumption are collected, and an analysis of the schedule of planned and preventive repairs is performed. The operation of the electric drives of the excavator is simulated in the Scilab software environment.

The issue of safe operation of the electric drives of the excavator by the service personnel and the operator is investigated, and the potential economic effect of implementing the proposed approaches to increasing efficiency is also estimated.

Keywords: efficiency, method, electric motor, efficiency coefficient, efficiency of work, mathematical model, computer modeling.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Будова гірничо видобувного кар'єру	10
1.1.1 Місце розташування, коротка характеристика району	14
1.1.2 Склад гірничо-збагачувального комплексу	15
1.1.3 Гірничотехнічна характеристика району робіт.....	16
1.1.4 Продуктивність кар'єру, річний обсяг робіт.....	19
1.1.5 Видобувні роботи	22
1.2 Будова та характеристика гірничо видобувного екскаватора ..	28
1.3 Будова електроприводів гірничо видобувного екскаватора	31
1.3.1 Опис роботи схеми керування синхронним двигуном (ЦД) екскаватора ЕШ-10/70.....	31
1.3.2 Схема приводу підйому екскаватора ЕШ 10/70.....	32
1.3.3 Схема приводу тяги екскаватора ЕШ 10/70	36
1.3.4 Схема приводу повертання-крокування екскаватора ЕШ 10/70	40
1.3.5 Опис роботи вузла вибору проміжків	44
1.3.6 Схема приводу кроків екскаватора ЕШ-10/70	46
1.3.7 Захисти, блокування та сигналізація у схемах управління ЕШ- 10/70	49
1.4 Ефективність роботи гірничо видобувного екскаватора.....	53
1.5 Висновок	54
2 РОЗРАХУНОК ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	56
2.1 Продуктивність кар'єру, річний обсяг робіт.....	56
2.2 Дослідження системи споживання електроенергії	58
2.3 Система електроприводів з обліком електроенергії та їх аналізом	64
3 ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЕКСКАВАТОРА ГІРНИЧОВИДОБУВНОГО КАР'ЄРУ.....	67

4 ПЕРЕВІРКА РОБОТОЗДАТНОСТІ ОБ’ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	75
4.1 Комп’ютерне моделювання роботи екскаватора	75
4.2 Алгоритм роботи системи діагностування екскаватора.....	91
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	95
5.1 Розрахунок капітальних вкладень	100
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	101
5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань	102
5.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу	102
5.2.3 Розрахунок витрат на силову енергію	103
5.2.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання	104
5.2.5 Інші витрати.....	106
5.2.6 Визначення економічної ефективності проекту	107
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	109
6.1 Вимоги безпеки під час роботи одноківшевих екскаваторів	109
6.2 Вимоги безпеки щодо обслуговування і ремонту обладнання та механізмів	112
6.3 Вимоги до заземлення електроустаткування	113
6.3 Нагляд і контроль за електроустаткуванням	116
6.4 Вимоги до освітлення.....	117
6.5 Пожежна безпека	119
ВИСНОВКИ	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	123
Додаток А Технічне завдання	126
Додаток Б Розрахунок для моделювання генератору	130
Додаток В Ілюстративна частина	132

ВСТУП

Актуальність. В останні роки зростає зацікавленість в ефективному та екологічному управлінні, оскільки технологічні системи характеризуються великим споживанням невідновлюваної енергії. Значну частину загального споживання електричної енергії займають електроприводи. Останнім часом енергоефективність цих систем набуває все більшого значення. В даний час велика увага приділяється зниженню втрат електричної енергії на базі розробки більш точних методів визначення втрат енергії у всіх елементах систем електропостачання а також електроприводу.

Спостерігається значне перевищення реальних втрат електроенергії при зношенні електропривода порівняно з нормативним. Це зумовлено тим, що при експлуатації технічних систем технічний стан її елементів погіршується через знос та старіння внаслідок впливу факторів середовища (кліматичних, механічних, режимних, електромагнітних та ін.), що у багатьох випадках не тільки знижує їхню надійність, але викликає додаткові втрати електричної енергії.

Недостатня точність традиційних методів обліку втрат дає можливість розробити власну систему для покращення ефективності електроприводу шляхом визначення пошкоджених та зно-шених електроприводів на гірничо видобувному екскаваторі.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи електроприводів екскаватора гірничо видобувного кар'єру.

Об'єктом дослідження є оцінки рівня ефективності енергоспоживання екскаватора гірничовидобувного кар'єру.

Предметом дослідження є статистичні дані про обсяги виробництва та енергоспоживання екскаватора, математичні залежності основних технічних параметрів системи та комп'ютерна модель електроприводів екскаватора.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі завдання:

1. Зібрати статистичну інформацію про обсяги виробництва та енергоспоживання екскаватора.
2. Розрахувати необхідні технічні параметри екскаватора.
3. Розробити підхід до визначення питомого енергоспоживання екскаватора та основних його електроприводів.
4. Розробити підхід до оцінки ефективності роботи екскаватора та основних його електроприводів.
5. Розробити математичну та комп'ютерну модель основних електроприводів екскаватора та перевірити працездатність запропонованих підходів.
6. Розробити алгоритм роботи системи технічної діагностики основних електроприводів екскаватора.

Методи дослідження. У процесі дослідження застосовувалися: теорія чисел та чисельних методів; теорія статистичних досліджень; теорія алгоритмів; теорія інтерполявання функцій; методи комп'ютерного моделювання та імітації технологічних процесів тощо.

Апробація результатів роботи. Результати роботи обговорювалися на таких науково-технічних конференціях:

1. Олександр Анатолійович Грибовський, Світлана Степанівна Никипорець.

INCREASING THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF EMERGENCY AUTOMATICS IN THE REGION. URL:

<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/836/1459/2733-1>.

2. Мошноріз М. М., Грибовський О. А. (2024). Комплексний показник енергетичної ефективності електропривода постійного струму / Electrical and Power Engineering and Electromechanics (EPEE 2024). Odesa, Ukraine, May 15, 2024: proceedings. Odesa Military Academy, 2024. С. 43-44. DOI 10.6084/m9.figshare.25858477. URL:

https://figshare.com/articles/conference_contribution/_i_Electrical_and_Power_Engineering_and_Electromechanics_i_i_EPEE_2024_i_Odesa_Ukraine_May_15_2024_proceedings_Odesa_Military_Academy_2024_57_p_/25858477.

Фрагменти роботи опубліковані та апробовані на наступних конференціях та наукових заходах:

1. Мошноріз М. М., Грибовський О. А. «СПОСІБ ОПОСЕРЕДКОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ НАСОСНОГО АГРЕГАТА В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ». Матеріали конференції «LII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2023)». Секція комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів [Електронний ресурс]. Прийнято 19 березня 2023 року. ВНТУ, Факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінниця. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2023/paper/view/17659>.

2. Міжнародний конкурс студентських наукових робіт (лист Міністерства освіти і науки України № 7/374-22 від 13.12.2022) під патронатом Національної комісії України у справах Юнеско (лист № 413/19-194/087-83620 від 19.10.2022). Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. 2022/2023 навчальні роки. Дипломом I ступеня. Грибовський Олександр Анатолійович, студент факультету електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Вінницького національного технічного університету. Тема: ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТУ. Керівник: Микола Мошноріз, к.т.н, доц., доцент кафедри "Комп'ютеризовані електромеханічні системи і комплекси" Вінницького національного технічного університету.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Отримав подальший розвиток підхід до визначення питомого енергоспоживання електроприводів екскаватора гірничо-видобувного кар'єру, який на відміну від відомих, ґрунтується на статистичних даних про реальне споживання

енергії екскаватором та його продуктивність, що дозволить прогнозувати кількість електроенергії для розробки певного об'єму гірничої породи.

2. Отримав подальший розвиток підхід до визначення та оцінки ефективності роботи основних електроприводів екскаватора гірничовидобувного кар'єру, який на відміну від відомих, враховує значення коефіцієнта корисної дії усіх його електроприводів, що дозволить передбачити виникнення несправності та підвищити надійність роботи системи в цілому.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

1. Запропоновано спосіб оцінки рівня енергоспоживання екскаватора гірничовидобувного кар'єру з врахуванням щільності породи, що на відміну від відомих способів, дозволяє підвищити достовірність оцінки рівня енергоспоживання.

2. Запропоновано спосіб градування рівня енергоефективності екскаватора гірничовидобувного кар'єру, який на відміну від відомих, дозволяє оцінити динаміку зміни ефективності роботи основних приводів і формувати сигнал аварії у момент наближення рівня ефективності до критично низького значення, що дозволить підвищити надійність роботи системи.

3. Розроблено алгоритм роботи систем діагностування екскаватора гірничовидобувного кар'єру, який, на відміну від відомих, слідкує за рівнем ефективності роботи основних електроприводів екскаватора, що дозволяє підвищити надійність роботи екскаватора за рахунок завчасного виведення обладнання у ремонт.

Практична цінність роботи. Практична цінність даної роботи полягає у тому, що її ідеї можна впровадити на реальному екскаваторі і це дозволить виводити екскаватор у ремонт не за графіком планово-попереджувальних ремонтів, а за рівнем ефективності роботи його електроприводів. Крім того, запропоновані підходи дозволяють оцінити рівень кваліфікації оператора екскаватора і, відповідно, мотивувати його фахову роботу.

1 ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Будова гірничо видобувного кар'єру

Основним корисним компонентом титанових руд родовища є мінерал ільменіт, вміст якого в рудних пісках в середньому становить біля 4,5%. Пуста порода представлена в основному кварцом, вміст якого в руді в середньому становить біля 90,0%. В невеликих кількостях також присутні такі мінерали, як сидерит, циркон, апатит, магнетит, титаномagnetит, гідроксиди заліза, марказит, лейкоксен, кіаніт, ставроліт, хлорит, піроксен, гранат, рутил, глауконіт, польовий шпат. На ділянці родовища наявний значний вміст сидериту. Також характерним для родовища є наявність значного вмісту каолінів, які ускладнюють процес підготовки рудних пісків до збагачення. Вміст каолінів в середньому складає 30,0%, та сягає 75,0% на ділянці родовища.

Основною продукцією Іршанського гірничо-збагачувального комбінату є ільменітовий концентрат із вмістом ільменіту не менше 94,5%. Для випуску даного концентрату застосовується технологія збагачення титанової руди у декілька стадій: первинне збагачення у два етапи та остаточне збагачення на фабриках доведення чорнових ільменітових концентратів до товарного концентрату.

Первинне збагачення здійснюється на фабриках первинного збагачення гравітаційним методом. Фабрики первинного збагачення включають II етапи збагачення, а саме I етап – збагачення титанової руди, II етап – довилучення ільменіту із промпродукту після I етапу. Діюча технологія передбачає на цій стадії отримання чорнового концентрату із вмістом ільменіту до 80,0% та промпродукту із вмістом ільменіту до 2,0%. Чорновий концентрат транспортується на фабрику доведення чорнових концентратів для подальшого збагачення, а промпродукт гідротранспортом складається в проміжну ємність для подальшого довилучення ільменіту (II етап).

Діюча технологія доведення чорнових ільменітових концентратів передбачає застосування електромагнітного методу збагачення у сухому середовищі. Технологія, що проектується для збагачення рудних пісків з підвищеним вмістом сидериту ділянки родовища, передбачає застосування електростатичного методу збагачення.

Первинне збагачення здійснюється на порівняно невеликій збагачувальній фабриці, що розташована в безпосередній близькості від місця видобутку пісків. Живленням даної фабрики являються рудні піски у вигляді пульпи (руда змішується з водою), що подаються з кар'єру гідротранспортом. Продукцією діючих фабрик первинного збагачення є чорновий ільменітовий концентрат з вмістом ільменіту до 80,0%.

Технологія збагачення на первинних фабриках включає підготовку рудних пісків до збагачення, гравітаційне та електромагнітне збагачення. На різних фабриках первинного збагачення кількість операцій підготовки руди та гравітаційного збагачення може відрізнятися в залежності від особливостей характеристики рудних пісків, але принципово технологія збагачення є однаковою для всіх фабрик первинного збагачення ІГЗК.

Підготовка рудних пісків до збагачення здійснюється з метою видалення крупних кусків руди (більше 4,0 мм) та відмивання шламів (крупністю менше 0,05 мм). До їх складу входить кварц, галька, польовий шпат, каолін та інші мінерали пустої породи. Для цього застосовуються такі процеси підготовки, як грохочення та знешламлення [1,2].

Процес грохочення здійснюється у декілька стадій. Для цього застосовуються грохоти різних типорозмірів з однією або двома поверхнями просіювання. Спочатку відсіюються крупні куски руди, більше 20,0 мм, потім відсіюються куски, крупністю більше 4,0 мм. Після грохочення отримуємо піски крупністю менше 4,0 мм, та гальку крупністю більше 4,0 мм, яка направляється у хвостосховище.

Пульпа з пісками крупністю менше 4,0 мм направляється на процес знешламлення у дешламаторі та гідроциклонах різного типорозміру. Тут відбувається процес відмивання пісків від шламів.

Шлами складуються у шламосховище, а відмиті піски – на контрольне грохочення перед гравітаційним збагаченням. Продуктом підготовки пісків є зерниста маса крупністю 0,05 – 4,0 мм, з вмістом ільменіту 8,0-15,0 %.

Гравітаційне збагачення здійснюється в декілька операцій на гвинтових сепараторах різного типорозміру. Метою гравітаційного збагачення є видалення пустої породи, тобто кварцу, зерна якого майже в два рази легші за зерна ільменіту. Продуктами гравітаційного збагачення є чорновий ільменітовий концентрат, що містить біля 70,0 % ільменіту, та промпродукт з вмістом ільменіту до 2,0 %.

Електромагнітне збагачення здійснюється і одну операцію на роторному сепараторі 4ЕРМ-220И. Метою даного збагачення є видалення пустої породи (кварцу), зерна якої мають не магнітні властивості, а ільменіт навпаки магнітні. Продуктами електромагнітного збагачення є чорновий концентрат з вмістом ільменіту до 80,0% та промпродукт з вмістом ільменіту до 1,0%, який складується в проміжну ємність для подальшого довилучення ільменіту (II етап).

Чорновий ільменітовий концентрат з вмістом ільменіту біля 80,0% автосамоскидами транспортується на фабрику доведення чорнового концентрату. Продукцією даної фабрики є ільменітовий концентрат з вмістом ільменіту не менше 94,5%.

Діюча технологія доведення чорнових концентратів включає їх підготовку та остаточне збагачення. Для підготовки чорнового концентрату до остаточного збагачення застосовуються такі процеси, як грохочення, зневоднення та сушіння. Для очищення чорнового концентрату від домішок оксидів заліза застосовується електромагнітна сепарація у слабкому полі.

Грохочення передбачається для очищення чорнового ільменітового концентрату від крупних часточок (більше 4,0 мм), які потрапляють у чорновий

концентрат при зберіганні та транспортуванні. Для цього застосовуються інерційні грохоти.

Після грохочення чорновий концентрат крупністю менше 4 мм направляється на барабанний електромагнітний сепаратор. Немагнітна фракція направляється на зневоднення.

Процес зневоднення застосовується для зменшення вмісту води у чорновому концентраті перед процесом сушіння. Здійснюється у зневоднюючих конусах та вакуум-фільтрах. Продуктом операцій зневоднення є чорновий концентрат з вмістом води на рівні 8,0%, який направляється на сушіння.

Процес сушіння здійснюється у барабанних сушарках різних типорозмірів. Після сушіння отримуємо чорновий концентрат з вмістом води не більше 1,5%.

Висушений чорновий концентрат направляється на сухе електромагнітне збагачення у валкових електромагнітних сепараторах. Збагачення здійснюється у декілька операцій. В результаті отримуємо ільменітовий концентрат з вмістом ільменіту не менше 94,5%, який являється товарною продукцією Іршанського гірничо-збагачувального комбінату [7].

Технологія, що проектується для збагачення рудних пісків з підвищеним вмістом сидериту та важкорозмивистих каолінів ділянки родовища, принципово схожа з діючою, але дещо відрізняється. Оскільки дана ділянка родовища представлена титановою рудою з підвищеним вмістом важкорозмивистих каолінів, технологія передбачає застосування скрубера для розмиву зростків каоліну з ільменітом. Це зменшить втрати ільменіту з глинистими окатишами. В такому випадку надрешітний продукт крупністю більше 4 мм основного грохочення не направляється у хвостосховище, а поступає на розмивання у скрубер, після чого проходить процес контрольного грохочення, з отриманням пісків крупністю менше 4,0 мм, та гальки крупністю більше 4,0 мм, яка направляється у хвостосховище. Через підвищений вміст сидериту технологія доведення чорнового концентрату ділянки родовища передбачає застосування електростатичного методу збагачення,

замість електромагнітного. Для цього будуть застосовуватись коронні електростатичні сепаратори. Також застосування даного методу збагачення передбачає в якості підготовки тонке грохочення чорнового концентрату за класом крупності 1,0 мм. Загальне вилучення ільменіту з титанових руд ділянки родовища становить 76,0%.

1.1.1 Місце розташування, коротка характеристика району

Ділянка розташована на території Коростенського району Житомирської області.

Ділянка вписується в трикутник, що утворюють польові дороги, які з'єднують села Буки, Добринь і Заброне. З найближчою залізничною станцією Нова Борова (південно-західна залізниця), розташованою в 12 км до заходу від центральної частини ділянки остання зв'язана ґрунтовою (8 км) і частково, асфальтованою (4 км) дорогою.

Від обласного центру – м. Житомира ділянка віддалена на 65 км, від найближчого районного центра – м. Коростень – на 25 км.

Адміністративний центр Філії «ІГЗК» – смт. Іршанськ, розташоване на відстані 5-12 км від окремих флангів розсипища.

Орографія району визначається акумулятивно-денудаційною рівниною, типовою для Полісся, яка представляє собою слабо хвилясту рівнину з незначним нахилом на південь і південний схід, з абсолютними висотними відмітками денної поверхні від +170-180 м до +220 м і максимальними відносними перепадами висот в 20-40 м.

Клімат району помірно континентальний. Середньорічна температура повітря +6,6°C, середньомісячна температура найбільш холодного місяця (січня) - -5,9 °C, мінімальна - 33 °C;

Середньомісячна температура самого теплого місяця (липня) +18,1 °C, максимальна +36 °C. Безморозний період триває 170-190 днів в році.

Середньорічна кількість атмосферних опадів 550 мм; більша частина їх випадає в літній період. Сніг випадає зазвичай в грудні, тане в березні. Висота снігового покриву рідко перевищує 30 см.

Переважаючими вітрами є північні, по силі – слабкі, до помірних.

Гідромережа ділянки представлена безіменними потічками р. Ірша, долини яких мають пологі борти і часто заболочені. Всі потічки мілководні, в жарку пору часто пересихають.

Частина ділянки покрита лісом – більше 40% території. Землі, які придатні для сільськогосподарського використання, останнім часом за призначенням майже не використовуються.

На ділянці розповсюджені типові для полісся дерново-підзолисті глеєві ґрунти потужністю 10-20 см.

1.1.2 Склад гірничо-збагачувального комплексу

До складу комплексу входять три ділянки: гірнича, збагачувальна та хвостове господарство з оборотним водопостачанням.

Гірнича ділянка складається з:

- кар'єру по видобутку ільменітових руд;
- відвалів розкривних порід і рослинного шару ґрунту;
- кар'єрних споруд гідротранспорту;
- магістральні водопроводи та пульпопроводи;
- шляхи і проїзди;
- будівля РУ 35/6 кВ.

Збагачувальна ділянка знаходиться на площі між 3 і 6 ділянками і складається з таких наявних об'єктів і споруд:

- корпус збагачувальної фабрики;
- будівля РУ 6/0,4 кВ
- котельня;

- склад чорнових концентратів;
- блок складів з відкритими площадками для устаткування, металу, труб і т.п.;
- адміністративно-побутові приміщення;
- склад ПММ;
- внутрішні шляхи і проїзди;
- магістральні пульпопроводи, водопроводи і хвостопроводи.

Хвостове господарство з оборотним водопостачанням складається з:

- зовнішнього хвостосховища для складування промпродукту;
- насосної станції оборотного водопостачання;
- розподільних і магістральних хвостопроводів і водопроводів.

Для монтажу гірничого обладнання передбачається монтажна площадка, до якої підводять під'їзні дороги, а сама площадка влаштовується із твердим покриттям з галькового матеріалу.

Шляхи та проїзди до кар'єру будуються до початку його експлуатації та покриваються гальковим і відсівним матеріалом[3].

1.1.3 Гірничотехнічна характеристика району робіт

Поверхня ділянки будівництва визначається незначними коливаннями висотних позначок 178,0 – 182,0. Більша частина території покрита сосновим, осиковим, ялиновим і дубовим лісом.

Породи представлені пісками, глинами і суглинками в співвідношенні піщаних і зв'язаних порід 1:1,8.

До складу промислових пластів входять, в основному, піщанисті вторинні каоліни (часто із гравієм та галькою) та каолінисті піски, пов'язані між собою поступовими переходами. Підпорядковане значення мають піщано-кремнієві відклади, які іноді входять до складу промислових пластів. Піщанисті вторинні каоліни у вологому стані в'язкі і важко розрихляються. Їх вологість досягає 36% при

середньому значенні 24%, густина у природному стані складає $2,01 \text{ т/м}^3$, коефіцієнт розрихлення в залежності від способу руйнації варіює в межах 1,4-1,7 (середнє 1,5).

Каоліністі піски мають в'язкі властивості тільки у перехідній зоні, у нижній частині піщаного шару вони розрихлені та, як правило, містять слабонапірні води. Ступінь їх розрихлення в середньому складає 1,4.

Густина алювіальних «пісків» в цілому для родовища становить $1,62 \text{ г/см}^3$.

Згідно класифікації гірських порід за розрихленням осадові відклади відносяться до наступних категорій:

Породи розкриву

- Грунтово-рослинний шар, піски та супіски над-і підморенні I-II
- Супіски та суглинки моренні, глауконітові та каоліністі – I-III
- Піщано-кремнієвий горизонт –IV

Промисловий пласт («піски»)

- Піски каоліністі, суттєво кварцеві різно-і грубозернисті – II-III
- Вторинні каоліни піщанисті – III- IV
- Піщано-кремнієвий горизонт – IV.

Приведені вище категорії порід дозволяють вести їх розробку за допомогою екскаваторів-драглайнів.

«Піски», за рідкісним виключенням, знаходиться вище рівня ґрунтових вод. Коефіцієнт обводнення порід розкриву в середньому складає 0,88.

Породи розкриву представлені легкими та важкими суглинками, супісками та пилуватими пісками і мають кути природного відкосу $27-40^\circ$ (у водонасиченому стані 29°).

Виключення становить породи піщано-кремнієвого горизонту, які частково входять до продуктивної товщі та певним чином ускладнюють проведення видобувних робіт, зменшують продуктивність роботи екскаваторів, фабрик збагачення та викликають підвищення спрацювання трубопроводів, гірничого устаткування таблиця 1.1.

Таблиця 1.1 – Параметри густини та вологості порід.

Найменування порід	Густина у природному стані, г/см ³	Вологість, %
Породи розкриву		
Супіски	1,97	14,0
Суглинки	1,98	14,3
глини	1,99	14,7
Продуктивний пласт		
Вторинний каолін піщанистий	2,01	24,1
Пісок каолінистий	1,85	20,3
Пісок різнозернистий	1,96	20,8
Ільменітові кора вивітрювання		
Каолін первинний	1,84	35,0

Нормативні та розрахункові значення показників фізико-механічних характеристик ґрунтів за виділеними ІГЕ для попередніх розрахунків стійкості укосів кар'єрів прийняті за матеріалами інженерно-геологічних вишукувань для проектування хвостосховища Іршанського ГЗК наведені у таблиці вище.

Типовий (зведений) геологічний розріз ділянки будівництва складається з таких гірських порід (зверху – вниз, в метрах):

- ґрунтово-рослинний шар 0,2
- піски сучасного походження 2,3
- верхньо-четвертинні піски 3,0
- піски водно-льодовикові 1,5
- суглинки моренні 1,2
- озерно-болотні піски 0,8
- строкато колірні глини 0,1

- дочетвертинні піски	0,7
- алювіальні піски	5,3
- алювіально-делювіальні піски	0,5
- каоліни первинні	6,0

1.1.4 Продуктивність кар'єру, річний обсяг робіт

Максимальна проектна потужність кар'єру, з підготовки до видобутку рудних “пісків”, визначається річною продуктивністю розкривного екскаватора, коефіцієнтом переекскавації розкриву, коефіцієнтом розкриву і розраховується за формулою:

$$Q_v = V_e / (1 + K_{\pi}) \times K_p \text{ (м}^3\text{/рік)}, \quad (1.1)$$

де Q_v – максимальна потужність кар'єру з видобутку руди, м³/рік;

V_e – річна розрахункова продуктивність розкривного екскаватора при виїмці розкриву і його переекскавації, м³/рік;

$V_e = 1\,200\,000 \text{ м}^3\text{/рік};$

K_{π} – середній експлуатаційний коефіцієнт переекскавації розкриву, м³/м³;

$K_{\pi} = 1,14;$

K_p – середній експлуатаційний коефіцієнт розкриву, м³/м³.

Середній експлуатаційний коефіцієнт розкриву K_p визначається об'ємами розкривних і гірничо-капітальних робіт, а також промисловими запасами корисної копалини і розраховується за формулою:

$$K_p = (V_p - V_{гк}) / Q_k \text{ (м}^3\text{/м}^3\text{)}, \quad (1.2)$$

де V_p – промислові об'єми розкриву в контурах кар'єру, м³,

$V_p = 14\,202\,100 \text{ м}^3;$

$V_{гк}$ – об'єми гірничо-капітальних робіт при розкритті кар'єрного поля, м³,

$V_{гк} = 717\,800 \text{ м}^3;$

Q_k – промислові запаси рудних пісків, м³;

$$Q_k = 17\,518\,100 \text{ м}^3;$$

$$K_p = (14202100 - 717800) / 17518100 = 0,77 \text{ (м}^3/\text{м}^3\text{)},$$

$$Q_v = 1\,200\,000 \times (1+1,14) \times 0,77 = 1\,977\,360 \text{ (м}^3/\text{рік)}.$$

Виконуємо перевірочний розрахунок експлуатаційної продуктивності крокуючого екскаватора ЕШ-10/70 на його відповідність проектної продуктивності:

$$Q = \frac{E_k \times K_H \times T_{3M} \times N_{3M} \times \eta \times T_{PIK}}{K_P \times T_{Ц}} \text{ (м}^3 / \text{рік)}, \quad (1.3)$$

де Q – продуктивність ЕШ-10/70, м³/рік;

$E_k = 10$ – ємність ковша ЕШ-10/70, м³;

$K_H = 0,98$ – коефіцієнт наповнення ковша екскаватора;

$T_{3M} = 12$ – тривалість зміни, час;

$N_{3M} = 2$ – кількість змін на добу;

$\eta = 0,79$ – коефіцієнт використання екскаватора у часі;

$T_{PIK} = 353$ – кількість робочих діб на рік;

$K_P = 1,25$ – коефіцієнт розпушування породи у ковші;

$T_{Ц} = 75$ – час робочого циклу екскаватора, с

$$Q = \frac{10 \times 0,98 \times 12 \times 2 \times 0,79 \times 353 \times 3600}{1,25 \times 75} = 2518664 \text{ (м}^3 / \text{рік)}.$$

Результати розрахунку свідчать про те, що за своєю розрахунковою продуктивністю, розкритий екскаватор ЕШ-10/70 цілком відповідає, з резервом, необхідній проектній продуктивності і забезпечить виконання планових показників з підготовки розкритих площ рудного тіла [4-6].

Термін служби кар'єру при відпрацюванні промислових запасів складе:

$$T = 17518,1 : 1\,200 = 14,6 \text{ (років)}, \quad (1.4)$$

де $17\,518,1$ тис.м³ – промислові запаси родовища.

Продуктивність кар'єру з видобутку ільменітовмістних рудних пісків приймається згідно до завдання на розробку РП кар'єру на ділянці родовища ільменіту – 1200 тис. м³/рік і згідно вище приведеного розрахунку забезпечується вибраним устаткуванням.

Прийнявши до уваги гірничо-геологічні умови ділянки родовища, досвід експлуатації кар'єрів ГЗК, прийнята безтранспортна система розробки з переекスカвацією розкривних порід у відпрацьований простір та гідротранспортом рудних пісків на фабрику первинного збагачення.

Основні параметри системи розробки вказані на кресленні ТГ-28. До них належать: ширина заходки розкривного екскаватора ЕШ-10/70, ширина заходки видобувного екскаватора ЕШ-10/70, кути укосів розкривного і видобувного уступів, ширина запобіжних берм, висота розкривного і видобувного уступів, кути нахилу відвалів розкривних порід і корисної копалини та інші.

На видобувних роботах використовується екскаваторно-гідравлічний спосіб розробки із застосуванням крокуючого екскаватора ЕШ-10/70, гідромоніторів ГМД-250 і землесосних установок 12/10 W.

Досвід використання цієї схеми на кар'єрах Іршанського ГЗК показав, що дана система є найбільш доцільна в умовах підвищеної зволоженості родовища і нестабільності геологічних параметрів розсипу, коли коливання товщини розкривних порід і рудних „пісків” мають місце на порівняно невеликих площах.

Ця система має низку переваг перед системами, які раніше застосовувалися на комбінаті (дражна, транспортна із застосуванням стрічкових конвеєрів), за такими факторами:

- достатньо повна виїмка корисної копалини з надр (втрати від 4,1 до 15,3%);
- проста організація розкривних і видобувних робіт, система транспорту практично незалежна від природних та погодних умов;

- додаткова дезінтеграція продуктивних пісків під час розмиву гідромоніторами і при проходженні пульпи по трубопроводу на збагачувальну фабрику;

- спрощення процесу гірничотехнічної рекультивації порушених гірничими роботами земель за рахунок складування розкритих порід у відпрацьований простір кар'єру, що дозволяє скоротити обсяги робіт з рекультивації [7].

Однак ця система має недоліки:

- підвищену енергоємність за рахунок введення в технологічну схему гірничо-транспортних машин з електродвигунами великої потужності, особливо при великих відстанях транспортування рудних пісків на збагачувальну фабрику;

- складна й громіздка схема оборотного водопостачання та хвостового господарства, що потребує додаткових площ під хвостосховища та значних об'ємів води для її освітлення.

При застосуванні цієї системи розробки переважають позитивні фактори, у зв'язку із чим система отримала широке застосування на кар'єрах Іршанського ГЗК.

1.1.5 Видобувні роботи

Видобувні роботи виконуються екскаваторно-гідравлічним способом із розмивом попередньо розпушених екскаваторами ЕШ-10/70, рудних пісків, безпосередньо вийнятих із забою.

Відповідно до прийнятої в даному проекті технології розкритих робіт, екскаватором ЕШ-10/70 (на рисунку 1.1) готується добувний уступ із шириною робочої площадки, у середньому 100 м, на якій розташовується видобувний екскаватор ЕШ-10/70, забійна землесосна установка Warman 14/12 W і гідромонітори ГМД - 250 для розмиву рудних пісків. Для забезпечення можливості формування стійких екскаваторних майданчиків на видобувному горизонті і зменшення втрат корисної копалини при виконанні добувних робіт, розкритим екскаватором ЕШ-10/70, під час виконання гірничо-підготовчих робіт, залишається

прошарок із порожніх порід по покрівлі корисної копалини, потужністю, приблизно 2 метри, який володіє достатньою несучою здатністю для розташування на ньому основного видобувного обладнання.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд Екскаватора ЕШ 10/70

За довжиною фронту видобувної заходки, уступ ділиться на видобувні блоки, довжиною 80-100 м, на кожному з яких, у процесі пересування фронту, встановлюється забійне устаткування та приймальний зумпф. Мінімальна відстань між зумпфами (вибійними установками) дорівнює двом радіусам черпання видобувного екскаватора [7].

Екскаватор ЕШ-10/70 ($H_{\text{раз}} = 66,5$ м) забезпечує виїмку рудних пісків із коефіцієнтом переекскавації $K_{\text{пер}} = 0,2$. Річна продуктивність кар'єру по видобутку рудних пісків становить 1200 тис. м^3 , обсяг робіт для екскаватора ЕШ-10/70 з урахуванням перевалки рудних пісків складе:

$1200,0 \times 1,2 = 1440,0$ тис. $\text{м}^3/\text{рік}$, що не перевищує його нормативну продуктивність.

З урахуванням забезпечення виробничої потужності кар'єру по видобутку та переробці рудних пісків в обсязі 1200 тис. м³, в якості основного технологічного кар'єрного обладнання приймаються:

- на розмиві ільменітовмістних пісків - гідромонітори ГМД-250;
- на транспортуванні рудних пісків - землесосні установки Warman 14/12 W.

Для забезпечення ритмічної роботи приймаються дві вибійних установки: одна- робоча, друга - резервна. У забоях встановлюється по два гідромонітори на шарнірно-поворотних водоводах, що забезпечує можливість організації робіт як зустрічним, так і попутно-бічним забоями [1-3].

У забої землесосної установки монтуються два гідромонітори ГМД-250 із дистанційним керуванням. Прийнятий діаметр змінних насадок гідромонітора 75, 90 і 100мм. Один гідромонітор виконує розмив рудних пісків у навалі, утвореному видобувним екскаватором у радіусі дії струменя гідромонітора, другий призначений для очищення сітки зумпфа та підтримки необхідного ухилу змиву.

Витрата води прийнята у проекті 10 м³ на 1 м³ при напорі від 0,8 до 1,0 МПа.

З метою забезпечення безперебійної роботи гідрокомплексу, при переході з однієї вибійної установки на другу, прийнята схема організації робіт із використанням двох вибійних установок із ґрунтовими насосами та двох пультів керування ГМД-250, які встановлюються по черзі в кожному новому забої.

Паспорти виконання гірничопідготовчих робіт, та об'єми робіт показані на кресленнях (арк. ТГ-29). Положення гірничих робіт на момент запуску кар'єра в експлуатацію показано на кресленні (арк. ТГ-27).

Перелік устаткування, прийнятого на кар'єрі ділянки родовища приведений у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Дані з підприємства.

№	Найменування устаткування	Кількість	
		Розкрив	Видобуток
1	2	3	4
1.	Екскаватор крокуючий ЕШ-10/70	1	-
2.	Екскаватор крокуючий ЕШ-10/70	-	1
3.	Бульдозер DRESTA TD-25M	1	-
4.	Грунтовий насос 14/12 W	-	2
5.	Гідромонітори ГМД-250 МН	-	2
6.	Трубоукладач DRESTA SB-30M	-	1
7.	Трактор Т-150	1	-
8.	Трактор МТЗ	-	1
9.	Насос Д 1250/125	-	3
10.	Насос ГрТ 1800/67	-	1
11.	Зварювальні агрегати АДД-303	-	2

Технологічні креслення розкривних та видобувних робіт, паспорти ведення гірничих робіт приведені в графічній частині даного РП.

Відповідно до прийнятої в робочому проекті системи розробки, у даному розділі розглядається питання організації гідротранспорту рудних пісків на фабрику первинного збагачення, розташовану на без рудному цілику в центральній частині родовища.

Задачами при визначенні технологічних параметрів є:

- вибір типу ґрунтового насоса для транспортування пульпи при заданій продуктивності кар'єру;
- визначення різниці геодезичних позначок на трасі транспортування й відстані між вибійною установкою та фабрикою;
- визначення економічного діаметра пульповоду;
- визначення числа перекачних станцій і їх розташування по трасі гідротранспорту.

Дані розрахунку параметрів гідротранспорту рудних пісків на фабрику первинного збагачення приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Дані з підприємства

№	Найменування показників	Одиниця	Кількість
1	2	3	4
1.	Продуктивність кар'єру по переробці пісків	м ³ /год	197,0
2.	Годинна витрата гідросуміші	м ³ /год	2101,0
3.	Щільність гідросуміші	т/м ³	1,1
4.	Питома витрата води на приготування пульпи	м ³ /м ³	10,0

Вихідні дані:

1. Проектна продуктивність кар'єру по переробці корисної копалини:

$$Q = 1\,200\,000 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

2. Питома витрата води на розмив породи:

$$q_v = 10 \text{ (м}^3\text{/м}^3\text{)}.$$

3. Максимальна дальність транспортування гідросуміші вихідного продукту:

$$L_{\text{ТР}} = 2600 \text{ (м)}.$$

4. Максимальне геодезичне перевищення:

$$H_{\Gamma} = 15 \text{ (м)}.$$

5. Пористість порід:

$$m = 0,347.$$

6. Об'ємна вага породи:

$$\gamma = 1,7 \text{ (т/м}^3\text{)}.$$

7. Питома вага породи:

$$\gamma_{\Pi} = 2,6 \text{ (т/м}^3\text{)}.$$

8. Середня крупність:

$$d_{CP} = 0,34 \text{ (мм)}.$$

9. Кількість годин роботи за добу:

$$T = 19 \text{ (} K_{\Pi} = 0,79\text{)}.$$

10. Гранулометричний склад вихідних рудних „пісків”:

$$+2,0 \text{ мм} - 1,5\%;$$

$$- 2,0 + 1,0 \text{ мм} - 4,45\%;$$

$$- 1,0 + 0,5 \text{ мм} - 12,32\%;$$

$$- 0,5 + 0,1 \text{ мм} - 44,36 \%;$$

$$- 0,1 + 0,05 \text{ мм} - 6,37\%;$$

$$- 0,05 \text{ мм} - 31,0\%.$$

$$d_{сер}=0,35\text{мм}$$

де $d_{сер}$ – Середньозважений розмір транспортуємої породи, мм

На кар’єрі ділянки родовища, при виконанні гірничопідготовчих робіт, прийнята безтранспортна система розробки із застосуванням крокуючих екскаваторів ЕШ-10/70 [7].

Прийнятою схемою розробки передбачено розміщення відвалів розкривних порід у вироблений кар’єрний простір. За рахунок цього на вироблених площах кар’єрного поля здійснюється утворення ємностей оборотного водопостачання, які використовуються у діючій технологічній схемі кар’єру та фабрики первинного збагачення.

Рослинний шар ґрунту на ділянці родовища, при відпрацюванні кар’єру, знімається з площі 667,7 га, об’ємом 1001,55 м³. Формування відвалів РШГ

здійснюється на денній поверхні родовища за контурами балансових запасів. Площа, яка знаходиться під зовнішніми відвалами РШГ, складає 33,2 га.

Більш детальний підрахунок рослинного шару ґрунту передбачається в «Робочому проекті землеустрою щодо рекультивації порушених земель».

1.2 Будова та характеристика гірничо видобувного екскаватора

Крокуючий екскаватор - екскаватор на крокуючому ході, зазвичай з обладнанням драглайну. Застосування крокуючого (на відміну від гусеничного) двигуна дозволяє знизити навантаження на ґрунт (маса машин може досягати сотень і навіть тисяч тонн) і підвищити надійність, при цьому вкрай низька швидкість переміщення з таким рушієм не критична.

У нерухомому стані екскаватор спирається на ґрунт опорною плитою в основі; при необхідності зробити "крок" вага переноситься на опорні черевики - "лижі". Кожен черевик управляється двома парами гідроциліндрів. Екскаватор піднімається над ґрунтом, зміщується на деяку відстань і знову сідає на ґрунт опорною плитою. Опорні черевики, своєю чергою, піднімаються над ґрунтом і переносяться вперед, і далі цикл повторюється.

На всіх ЕШ радянського виробництва застосовується лише індивідуальний електропривод, невеликі машини закордонного виробництва можуть оснащуватися груповим дизельним приводом.

Занесемо основі технічні параметри ЕШ-10/70 до таблиці 1.1.

Таблиця 1.4 – Основі технічні параметри ЕШ-10/70.

Назва параметру	Технічні дані
Об'єм ковша	10 м ³
Довжина стріли	70 м
Кут нахилу стріли	30 град
Підйомне зусилля	500 кН

Продовження таблиці 1.4.

Тривалість циклу при куті повороту	2,4 рад., з 52,5
Теоретична продуктивність	686 м ³ /год
Висота вивантаження	27,5 м
Глибина копання	35 м
Радіус вивантаження	66,5 м
Ширина кузова	10 м
Ширина ходу	13,72 м
Висота кузова від поверхні землі	9,6 м
Просвіт над поворотною платформою	1,28 м
Висота осі п'ятої стріли над рівнем землі	2,15 м
Відстань від осі п'ятої стріли до осі обертання екскаватора	4,99 м
Маса екскаватора	688 т
Швидкість руху	198 м/год
Підводиться напруга	6000 В (-10% ... 5%)
Рід струму	змінний
Частота	50 Гц
Встановлена потужність високовольтних споживачів	1710 кВА
Встановлена потужність Електричних машин, що обертаються	7320 кВт
Середньо-потребувана екскаватором потужність	1000 кВт
Загальна кількість машин, що обертаються	40 шт
Марка зовнішнього високовольтного кабелю живлення	КШВГ 3х70+1х16
Вимикальна здатність масляного високовольтного розподільчого пристрою	10 кА

Продовження таблиці 1.4.

Пусковий струм синхронного двигуна, для СДЕ 15-39-6; для СДЕ2-16-46-6У2	915 А; 868 А
Електрична мережа Екскатора для живлення споживачів напругою	380 В 3-х фазна з ізольованою нейтраллю
Електрична мережа освітлення	3-х фазна, із ізольованою нейтраллю, напругою 220 В

Експлуатація ЕШ 10/70 може здійснюватися при температурі повітря від -50 до +40 градусів. Робота екскаватором проводиться при влаштуванні кар'єрів, а також під час проходження каналів і траншей. Також дана модель застосовується при роботі із завантаження транспортних засобів, що перевозять матеріал, що видобувається. Екскаватор ЕШ 10/70 може експлуатуватися на таких видах порід: легких, середньої міцності або міцних підірваних.

Однією з технічних особливостей екскаватора ЕШ 10/70 є швидкість і спосіб пересування. Рух його здійснюється поперемінно: спочатку відбувається підняття нагору передніх лап, потім вони опускаються з відхиленням вперед.

Робота ЕШ 10/70 забезпечується за допомогою електродвигуна постійного струму, принцип роботи - хід струму від генератора до силового агрегату.

У конструкції екскаватора ЕШ 10/70 можна виділити три основні частини: робоче обладнання, опорна частина і механізм напору. Поворотна частина екскаватора складається з поворотної платформи та робочого обладнання (ківш із упряжжю, стріла підвіски та блоки наведення). Опорна частина екскаватора є сукупністю центральної цапфи, зубчастого вінця, встановленого на опорній базі, і роликового кола.

Основні вузли екскаватора ЕШ 10/70 розміщені на поворотній платформі. Це механізм повороту, надбудова, електрообладнання, пневмо- та мастильні системи, привід механізму крокування, лебідки (тягова та підйомні). Усі механізми, розміщені на поворотній платформі, зачинені металевим кузовом.

1.3 Будова електроприводів гірничо видобувного екскаватора

1.3.1 Опис роботи схеми керування синхронним двигуном (ЦД) екскаватора ЕШ-10/70

Обертання генераторів головних приводів здійснюється високовольтним синхронним ел.двигуном. Статорна обмотка синхронного двигуна підключається до 6000 Вольт за допомогою вакуумного вимикача на повну напругу мережі.

Обмотка ротора наглухо підключена до синхронного збудника двигуна [10].

Після запуску допоміжного агрегату, що складається з збудника синхронного двигуна ВС та генератора власних потреб ГСН, включається автомат А2 (2А), що подає напругу постійного струму 110В на схему керування пуском ЦД

Після натискання кнопки «Пуск» у кабіні машиніста отримує живлення електромагніт ЕВ включення вакуумного вимикача високовольтного осередку, включається вакуумний вимикач і статор синхронного двигуна подається напруга 6000 Вольт.

Розганяється синхронний двигун за допомогою пристрою плавного розгону або як асинхронний за рахунок короткозамкнутої обмотки в роторі. Після включення вакуумного вимикача з витримкою часу 8-16, реле РВ відпадає, включаючи контактор М, який подає напругу на обмотку збудження ОВВС збудника ВС.

Поступове наростання напруги на збуднику ВС, що визначається величиною сумарної постійної часу збудника, забезпечує плавне входження двигуна в синхронізм. При відпаданні реле РВ розриває виття контакт у ланцюзі котушки реле РБ, і реле РБ з витримкою 1,5-2 з відключається, здійснюючи надалі захист двигуна від роботи без збудження.

Допускається три прямі запуски двигуна поспіль з інтервалом 5 хвилин. Середня кількість пусків двигуна під час експлуатації – не більше 10 разів на добу.

Величина струму збудження ротора синхронного двигуна встановлюється за допомогою регулятора збудження 2ШР (ШР2) та амперметра АС. Контроль струму

статора двигуна здійснюється через трансформатори струму 1ТТа та 1ТТс за амперметром А.

Сигнальна лампочка із зеленим ковпачком Л2 сигналізує про вимкнене становище масляного вимикача, а лампочка із червоним ковпачком ЛК сигналізує про включене положення.

У схемі керування синхронним двигуном передбачений вузол струмового захисту, який здійснює максимальний захист та виключає можливість роботи в асинхронному режимі.

Схема управління не дозволяє роботу ЦД при відключених магнітних підсилювачах головних приводів (замикаючий контакт реле напруги РН1 в ланцюзі котушки реле РН і розмикаючий контакт РН1 в ланцюзі відключає електромагніта ЕО), а також при відсутності збудження ЦД (замикаються контакти М і РОП котушки РНО).

Вмикання та вимикання вакуумного вимикача здійснюється дистанційно, кнопками управління, встановленими на пульті управління.

Контроль наявності порушення синхронного двигуна здійснюється за допомогою реле РОПС.

1.3.2 Схема приводу підйому екскаватора ЕШ 10/70

Двигуни підйому ДП1 і ДП2 підключені на затискачі генератора ГП. Управління швидкістю обертання електродвигунів підйому здійснюється зміною напруги генератора підйому.

Обмотки збудження електродвигунів підйому з'єднані паралельно і включені на напругу генератора власних потреб. Через додатковий резистор R110 який при роботі електродвигунів підйому з повним потоком шунтується контактами контактора КОПП [4,7].

Генератор підйому має дві обмотки збудження, паралельну (шунтову) та незалежну. Незалежна обмотка збудження генератора складається з двох

напівобмоток та живиться від регулятора струму – силових магнітних підсилювачів УМСП.

У блоці УМСП задіяні такі обмотки управління:

ОЗСП - обмотка управління, що задає, включена на вихід блоку проміжних магнітних підсилювачів УПП (регулятора напруги).

ОТСП - обмотка управління жорсткого негативного зворотного зв'язку по струму якірного ланцюга, включена на падіння напруги в якірному ланцюгу.

ОССП – обмотка усунення.

У блоці проміжних магнітних підсилювачів УПП задіяні такі обмотки управління:

ОЗПП - обмотка управління, що задає.

ОНПП – обмотка керування жорстким та гнучким негативним зворотним зв'язком по напрузі генератора.

ОТПП - жорсткий позитивний зворотний зв'язок по струму якірного ланцюга, включений на падіння напруги в якірному ланцюгу.

ОСПП – обмотка усунення.

Робота схеми керування

Після завершення всіх попередніх операцій та запуску синхронного двигуна схема управління приводу підйому готується до роботи. Обмотки збудження двигунів ОВДП1 та ОВДП2 обтікаються струмом. Реле обриву поля РОПП втягнуте та контакт РОПП у ланцюзі проміжного контактора КПП замкнутий. Після запуску двигунів вентиляторів та маслонасоса замикається контакт ЗЛ.

Через автомат 1А «Ланцюги управління головними приводами» подано живлення на ланцюги управління.

Універсальний ключ КПК ставиться в положення "Увімкнено" і контакт КПК замикається.

При включенні гальм підйому Y2 ключем УПП (якщо рукоятка командоконтролера знаходиться в нульовому положенні) отримують живлення

контактори КПП і КОПП. Блок-контактами контактор КПП шунтує контакти контролера і подає живлення електромагніту гальма двигунів і включає КСП. Контактор КСП своїми контактами викорочують частину опору R103 в ланцюзі шунтової обмотки вводячи генератор режим критичного самозбудження на рисунку 1.2.

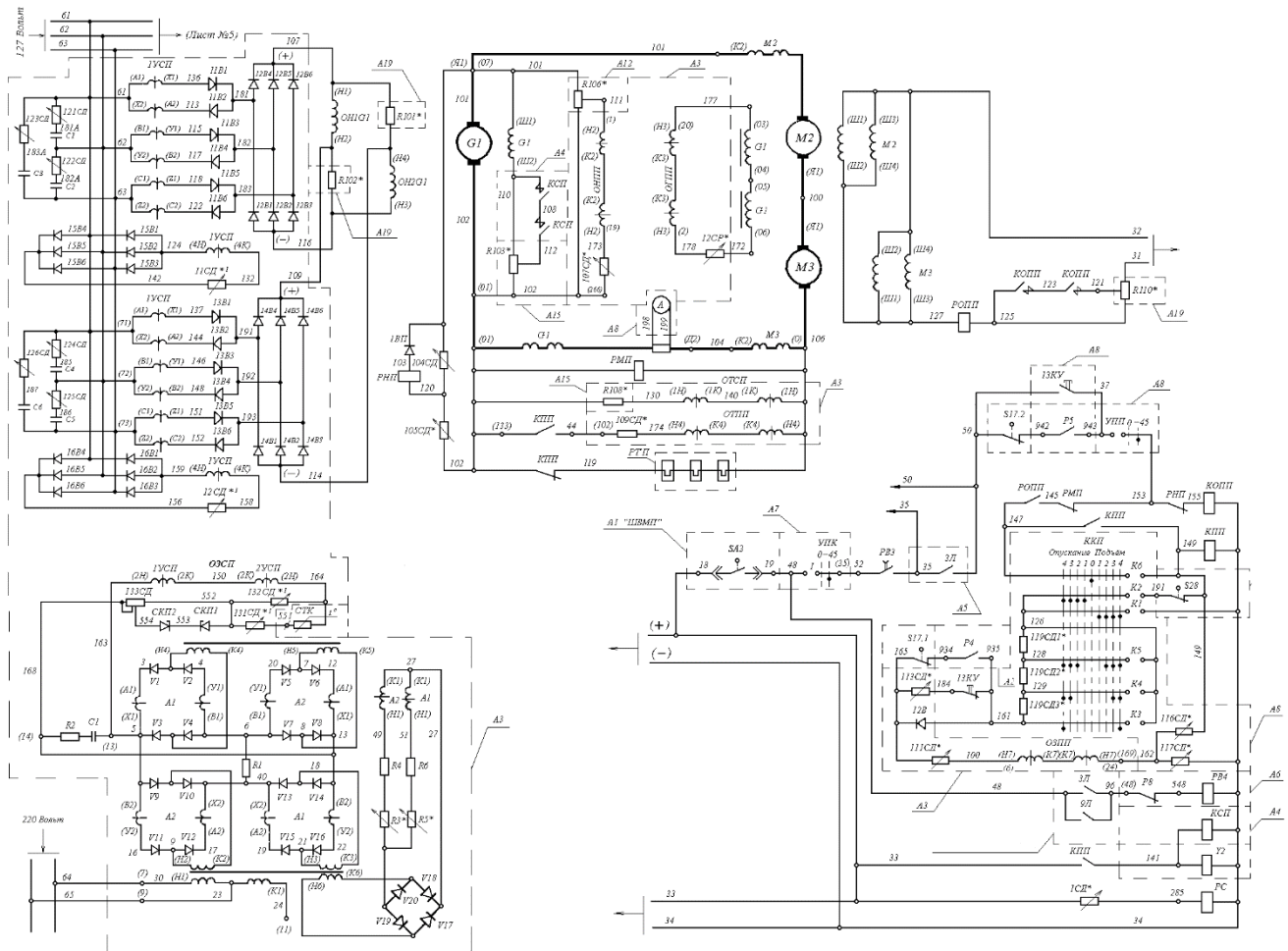


Рисунок 1.2 – Схема приводу підйому екскаватора ЕШ 10/70

Силовим контактом контактор ослаблення поля КОППі закорочує частину опору R110, забезпечуючи роботу двигунів повному потоці.

Схема повністю підготовлена до роботи:

а) Розгін двигунів

Командоконтроллер ставиться в одне з крайніх положень – наприклад, «Підйом».

Замикається контакт К1 командоконтролера підйому (ККП) і своїм контактом підключає обмотку ОЗПП, що задає, на напругу ГСН послідовно з опором 119СД. По черзі виводяться три ступені цього опору.

У четвертому положенні командоконтролера під час роботи на підйом замкнуті контакти К-1, К-5, К-4 і К-3. При цьому обмотка, що задає, ОЗПП створює н. с., для насичення УПП. На виході УПП починає зростати напругу. Ця напруга подається на обмотку ОЗСП силового магнітного підсилювача. Обмотка ОЗСП створює н. с., і на виході підсилювача зростає напруга, яка подається на незалежну обмотку генератора.

Під дією прикладеного до незалежної обмотки напруги електрорушійна сила (е.д.с.) генератора почне зростати і двигуни підйому розганяються, виходячи на характеристику IV швидкості.

Розгін двигунів у протилежний бік (Спуск) відрізняється лише тим, що з опусканні ковша автоматичності вводиться ослаблення поля двигунів.

Для скорочення часу опускання ковша швидкість приводу автоматично збільшується рахунок ослаблення поля ел.двигателей. це досягається автоматично за допомогою реле напруги, діода та контактора ослаблення поля.

Завдяки вентилю 1ВП реле РНП спрацьовує при полярності напруги генератора, що відповідає обертанню двигунів на спуск. Напруга при цьому близька до номінальної.

б) Останов двигунів

Зупинка двигунів провадиться переведенням командоконтролера в нульове положення або протилежне положення з подальшою постановкою рукоятки в нуль.

У ланцюг задає обмотки підсилювача УПП вводяться послідовно ділянки опору 119СД, а потім відключається контакт К1 командоконтролера ККП,

відключаючи обмотку, що задає. Гасіння поля генератора здійснюється обмоткою напруги ОНПП [11].

Воно настає відразу після відключення обмотки, що задає.

При цьому напрям струму в головному ланцюзі змінюється на протилежне - двигуни переходять у гальмівний режим. Двигуни зупиняються. Для запобігання перевищенню струму генераторного гальмування діє безперервний зворотний негативний зв'язок струму якірного ланцюга (обмотка ОТСП).

При відключенні приводу та накладення хутра. гальм режим критичного самовозбужде-ння генератора знімається рахунок значного збільшення опору ланцюга шунтової обмотки збудження.

1.3.3 Схема приводу тяги екскаватора ЕШ 10/70

Двигуни підйому ДТ1 і ДТ2 підключені на затискачі генератора ГТ. Управління швидкістю обертання електродвигунів підйому здійснюється зміною напруги генератора підйому.

Обмотки збудження електродвигунів підйому з'єднані паралельно і включені на напругу генератора власних потреб. Через додатковий резистор R210 який при роботі електродвигунів підйому з повним потоком шунтується контактами контактора КОПТ.

Генератор підйому має дві обмотки збудження, паралельну (шунтову) та незалежну. Незалежна обмотка збудження генератора складається з двох напівобмоток та живиться від регулятора струму – силових магнітних підсилювачів УМСТ.

У блоці УМСТ задіяні такі обмотки управління:

ОЗСТ - обмотка управління, що задає, включена на вихід блоку проміжних магнітних підсилювачів УПП (регулятора напруги).

ВІДСТ – обмотка управління жорсткого негативного зворотного зв'язку по струму якірного ланцюга, включена на падіння напруги в якірному ланцюгу.

ОССТ - обмотка зміщення.

У блоці проміжних магнітних підсилювачів УПП задіяні такі обмотки управління:

ОЗПТ - обмотка управління, що задає.

ОНПТ – обмотка керування жорстким та гнучким негативним зворотним зв'язком по напрузі генератора.

ОСПТ – обмотка усунення.

Робота схеми керування

Після завершення всіх попередніх операцій та запуску синхронного двигуна схема управління приводу підйому готується до роботи. Обмотки збудження двигунів ОВДТ1 та ОВДТ2 обтікаються струмом. Реле обриву поля РОПТ втягнуто і контакт РОПТ (247-245) у ланцюзі проміжного контактора КПТ замкнуто. Після запуску двигунів вентиляторів та маслонасоса замикається контакт ЗЛ (35-50).

Через автомат 1А «Ланцюги управління головними приводами» подано живлення на ланцюги управління.

Універсальний ключ КПК ставиться в положення "Увімкнено" і контакт КПК (48-52) замикається.

При включенні гальм підйому УЗ ключем УПТ (якщо рукоятка командоконтролера знаходиться в нульовому положенні) отримують живлення контактори КПТ і КОПТ. Блокконтактам контактор КПТ шунтує контакт К6 контролера ККТ, а контактом) - подає живлення електромагніту гальма двигунів і включає КСТ. Контактор КСТ своїми контактами викорочують частину опору R203 ланцюга шунтової обмотки вводячи генератор в режим критичного самозбудження.

Силовим контактом контактор ослаблення поля КОПТ закорочує частину опору R210, забезпечуючи роботу двигунів повному потоці.

Схема повністю підготовлена до роботи:

а) Розгін двигунів

Командоконтроллер ставиться в одне із крайніх положень – наприклад, «Копання».

Замикається контакт К2 командоконтролера підйому (ККТ) і своїм контактом підключає обмотку ОЗПТ, що задає, на напругу ГСН послідовно з опором 219СД. По черзі виводяться три ступені цього опору на рисунку 1.3.

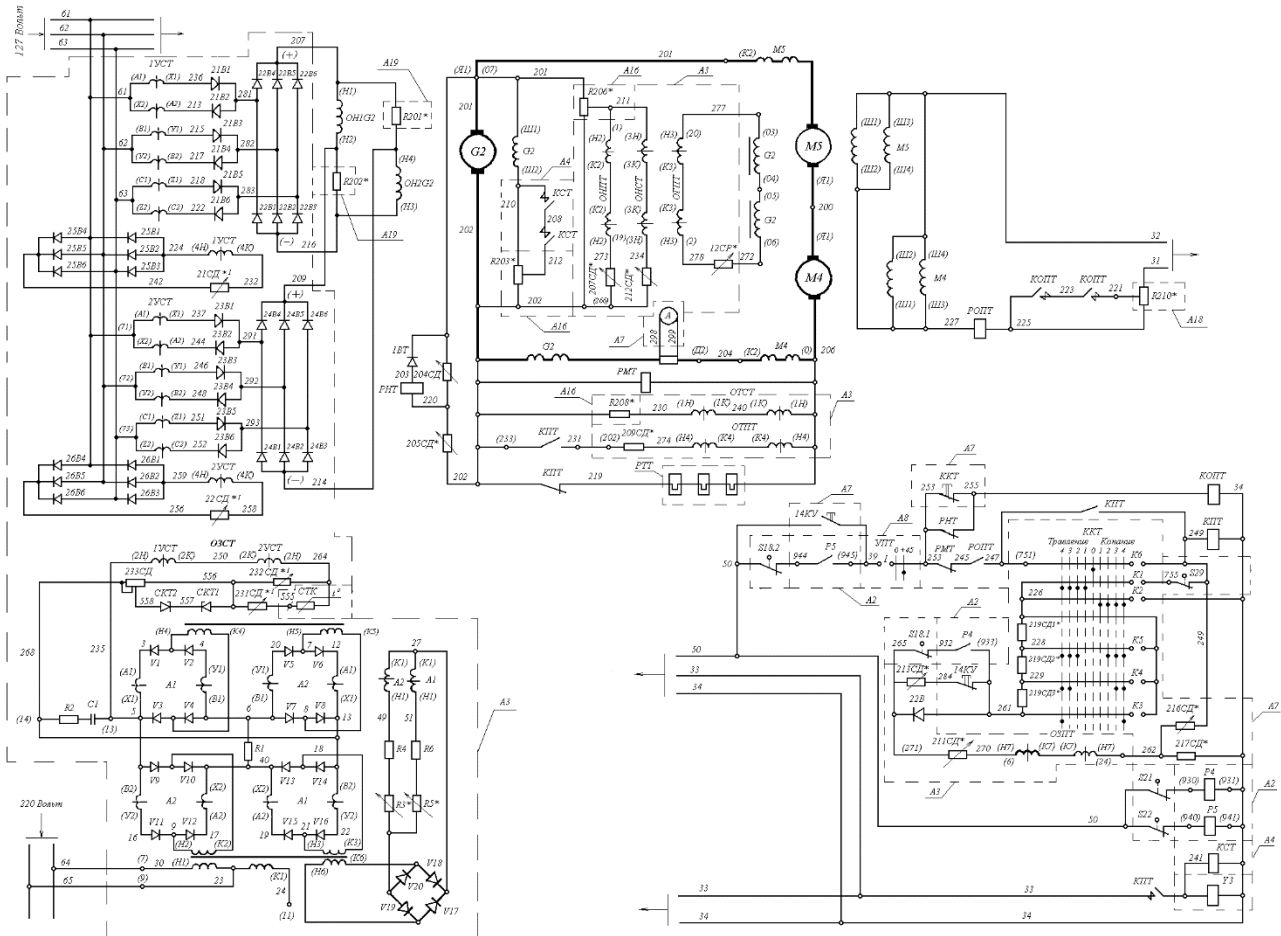


Рисунок 1.3 – Схема приводу тяги экскаватора ЕШ 10/70

У четвертому положенні командоконтролера під час роботи на підйом замкнуті контакти К-1, К-5, К-4 і К-3. При цьому обмотка, що задає, ОЗПТ створює найбільшу н. с., достатню для глибокого насичення УПТ.

На виході УПТ починає зростати напруга. Ця напруга подається на обмотку ОЗСП силового магнітного підсилювача. Обмотка ОЗСП створює н. с., і на виході підсилювача зростає напруга, яка подається на незалежну обмотку генератора.

Під дією прикладеного до незалежної обмотки напруги електрорушійна сила (е.д.с.) генератора почне зростати і двигуни тяги розганяються, виходячи на характеристику IV швидкості.

Розгін двигунів у протилежний бік (Травлення) відрізняється лише тим, що можливе збільшення швидкості ел.привода при розвантаженні ковша за рахунок ослаблення поля ел.двигунів досягається не автоматично, а за допомогою кнопки управління ККТ, встановленої на командоап, вводиться ослаблення поля двигунів. При певній (близькій до номінальної) напрузі генератора спрацьовує реле напруги гальмування РНТ, розмикаючи свій контакт .

Ослаблення поля двигунів тяги здійснюється розривом ланцюга контактора ослаблення поля кнопкою ККТ. Контактор ослаблення поля КОПТ відпадає і розмикає свій контакт, вводячи додатковий опір ланцюг обмоток ОВДТ1 і ОВДТ2 .

Завдяки вентилю 1ВТ реле РНТ спрацьовує при полярності напруги генератора, що відповідає обертанню двигунів на «Травлення». Напруга при цьому близька до номінальної.

б) Зупинка двигунів

Зупинка двигунів провадиться переведенням командоконтролера в нульове положення або протилежне положення з подальшою постановкою рукоятки в нуль.

У ланцюг задає обмотки підсилювача УПТ вводяться послідовно ділянки опору 219СД, а потім відключається контакт К1 командоконтролера ККТ, відключаючи обмотку, що задає. Гасіння поля генератора здійснюється обмоткою напруги ОНПТ.

Воно настає відразу після відключення обмотки, що задає.

При відключенні приводу та накладення хутра. гальм режим критичного самовозбудження генератора знімається рахунок значного збільшення опору ланцюга шунтової обмотки збудження [7].

1.3.4 Схема приводу повертання-крокування екскаватора ЕШ 10/70

Генератор ел. приводу повороту використовується також і для живлення ел.двигуна крокування. Підключення генератора до ел.двигунів повороту і крокування проводиться за допомогою силових контакторів КВ і КШ. Вибір режиму роботи (крокування та екскавація) проводиться за допомогою універсального перемикача 1 УП, встановленого на пульті управління.

У блоці УМСВ задіяні такі обмотки управління:

ОЗСВ – обмотка управління, що задає, включена на вихід блоку проміжних магнітних підсилювачів УПВ (регулятора напруги).

ОТСВ - обмотка управління жорсткого негативного зворотного зв'язку по струму якірного ланцюга, включена на падіння напруги в якірному ланцюгу.

ОССВ – обмотка усунення.

У блоці проміжних магнітних підсилювачів УПП задіяні такі обмотки управління:

ОЗПВ - обмотка управління, що задає.

ОНПВ – обмотка керування жорстким та гнучким негативним зворотним зв'язком по напрузі генератора.

ОСПВ – обмотка усунення.

ОЗПВ1 - обмотка блоку УПВ ел.привода повороту, що задає.

Принципова схема ел.привода повороту має такі відмінності:

- під час роботи електроприводу, струм збудження двигунів не змінюється.
- у схемі передбачено вузол вибору зазорів у зубчастих з'єднаннях редукторів.

Обмотки збудження електродвигунів повороту з'єднані паралельно і включені на напругу генератора власних потреб. Через додатковий резистор R310 який при

роботі ел.двигунів повороту з повним потоком шунтується контактами контактора КПВ на рисунку 1.4.

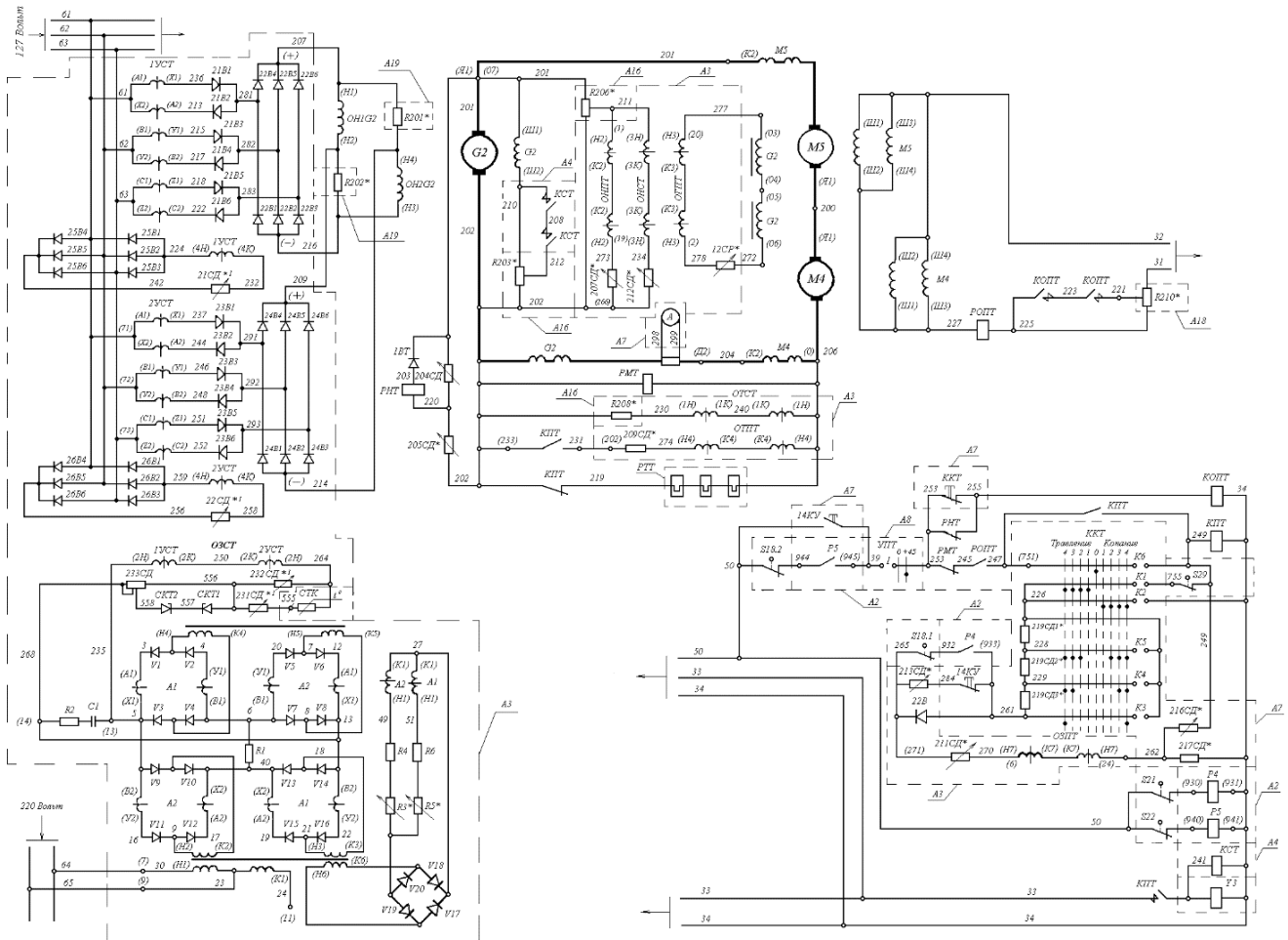


Рисунок 1.4 – Схема приводу повертання-крокування екскаватора ЕШ 10/70

Генератор підйому має дві обмотки збудження, паралельну (шунтову) та незалежну.

Незалежна обмотка збудження генератора складається з двох напівобмоток та живиться від регулятора струму – силових магнітних підсилювачів УМСП.

У вихідному стані напруга від ДСП подано на схему управління.

Обмотки збудження двигунів ОВДВ1 та ОВДВ2 обтікаються струмом. Реле обриву поля РОПВ втягнуте і контакт РОПВ у ланцюзі проміжного контактора КПВ

замкнутий. Після запуску двигунів вентиляторів та маслонасосів замикається контакт 4Л.

Через автомат 1А подано живлення ланцюга управління.

Універсальний ключ КПК ставиться в положення "Увімкнено" і контакт КПК замикається.

Перемикач режиму робота 1УП ставиться в положення «екскавація» і, при замкнутому контакті 2РНВ та КВ, контактор КП1 отримує живлення та своїм контактом

подає напругу на котушку контактора КВ. Двигуни повороту підключаються контактом КВ на затискачі генератора повороту.

При включенні гальма повороту ключем УПВ (якщо педалі командоконтролера знаходиться в нульовому положенні) отримують живлення контактори КПВ. Блок-контактами контактор КПВ шунтує контакт контролера, контактом подає живлення на контактор КСВ. Контактор КСВ своїми контактами викорочують частину опору R103 ланцюга шунтової обмотки вводячи генератор в режим критичного самозбудження.

Контактом контактор КПВ закорочує частину опору R310, забезпечуючи роботу двигунів на повному потоці.

Схема повністю підготовлена до роботи:

а) Розгін двигунів

Командоконтроллер ставиться в одне із крайніх положень – наприклад, «Вліво».

Замикається контакт К1 командоконтролера підйому (ККВ) і своїм контактом (326-359) підключає обмотку ОЗПВ, що задає, на напругу ГСН послідовно з опором 319СД. По черзі виводяться три ступені цього опору.

У четвертому положенні командоконтролера під час роботи «Вліво» замкнуті контакти К-1, К-5, К-4 і К-3. При цьому обмотка, що задає, ОЗПВ1 створює найбільшу н. с., достатню для глибокого насичення УПВ.

На виході УПВ починає зростати напругу. Ця напруга подається на обмотку ОЗСВ, що задає, силового магнітного підсилювача. Обмотка ОЗСВ створює н. с., і на виході підсилювача зростає напруга, яка подається на незалежну обмотку генератора.

Під дією прикладеного до незалежної обмотки напруги електрорушійна сила (е.д.с.) генератора почне зростати і двигуни обертання розганяються, виходячи на характеристику IV швидкості.

б) Останов двигунів

Зупинка двигунів провадиться переведенням педалей командоконтролера в нульове положення або протилежне положення з подальшою постановкою педалей в нуль.

У ланцюг задає обмотки підсилювача УПВ вводяться послідовно ділянки опору 319СД, а потім відключається контакт К1 командоконтролера ККВ, відключаючи обмотку, що задає. Гашення поля генератора здійснюється обмоткою напруги ОНПВ [11].

в) Реверс двигунів

Розглядаємо реверс із положення «Вліво» у положення «Вправо». Початкове стан схеми такий самий, як і кінцевий при розгоні двигунів.

Педалі командоконтролера з крайнього становища "Ліво" в крайнє "Вправо". Після розмикання контактів КК3, КК4, КК5 (командоконтролера підйому ККВ) вводяться ділянки опору «219СД». Відключається контакт К1, і включається контакт К2, на обмотку ОЗПВ, що задає, подається напруга протилежної полярності.

Послідовно вводяться ділянки опору 319СД.

Потік обмотки, що задає, швидко змінює напрямок, перемагнічуючи підсилювач УПВ. При відключенні приводу та накладення хутра. гальм режим критичного самовозбудження генератора знімається рахунок значного збільшення опору ланцюга шунтової обмотки збудження.

1.3.5 Опис роботи вузла вибору проміжків

Робота електропривода повороту характеризується наявністю зазорів у зубчастих зачепленнях редукторів. Тому в перший момент перехідного процесу електродвигуни відокремлені від більш значних інерційних мас платформи зазором у передачах і під дією моменту ел.двигуна мають тенденцію до швидкого прискорення. В результаті чого електродвигуни встигають придбати за час вибору зазору велику швидкість. Запасена кінетична енергія мас, що рухаються, в момент зачеплення валу шестерні з вінцем переходить в енергію удару.

Для обмеження ударів після вибору зазорів необхідно обмежити прискорення електродвигунів у момент вибору зазорів. При цьому до кінця вибору зазорів двигуни будуть мати меншу швидкість, менший запас кінетичної енергії і зачеплення буде більш м'яким.

Але оскільки прискорення двигунів пропорційно швидкості зміни е.р.с. генератора, то зменшення удару під час виборів зазорів необхідно обмежити швидкість зміни э.д.с. генератора.

Для цього він використовується додатковий блок проміжних магнітних підсилювачів типу БД – 511.13У3, званий надалі блоком вибору зазорів (БВЗ). Навантаженням блоку БВЗ є обмотка керування ОЗСВ2 блоку УМСВ.

Намагнічуюча сила цієї обмотки спрямована зустрічно намагнічує сили задаючої обмотці ОЗСВ1. Тому, якщо обмотка ОЗСВ1, що задає, підмагнічує магнітний підсилювач, то обмотка ОЗСВ2 блоку БВЗ розмагнічує його.

Від величини результуючої н. на вході блоку УМСВ залежить час наростання е.р.с. генератора до встановленої величини.

На рисунку 1.2 показані криві зміни е.р.с. генератора в часі, без блоку БВЗ (крива1) та при працюючому блоці БВЗ (крива2). Під час роботи блоку БВЗ темп зміни е.р.с. генератора зменшується у 5 – 10 разів. БВЗ працює тільки в перехідних

режимах і відключається після того, як зазори в передачах будуть повністю вибрані, щоб не затягувати розгін поворотної платформи.

Задає обмотка ОГСБВЗ отримує живлення від окремої обмотки гнучкого зв'язку, розташованої на головних полюсах генератора. Е.Д.С., наведена в цій обмотці, пропорційна швидкості зміни потоку в генераторі і, отже, має максимальну величину в перехідних режимах і дорівнює нулю в режимі, що встановився. Для виключення пульсацій зазначеної е.р.с. в обмотці ОГСБВЗ, що задає, і в обмотці гнучкого негативного зворотного зв'язку по е.д.с. генератора ВГСПВ передбачені конденсатори. Намагнічує сила обмотки, що задає ОГСБВЗ відповідає роботі блоку БВЗ на лінійній частині своєї характеристики.

Вплив БВЗ на зміну е.р.с. генератора

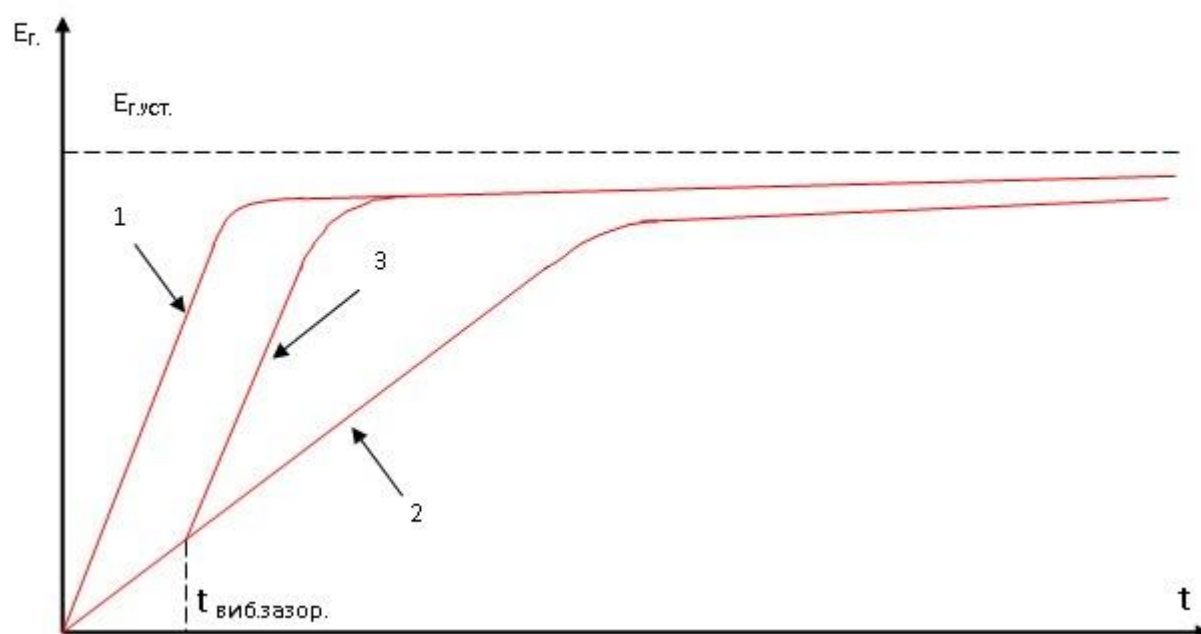


Рисунок 1.5 – Вплив БВЗ на зміну е.р.с генератора

На рисунку 1.5 позначено: 1 – БВЗ вимкнений; 2 – БВЗ включений; 3 – БВЗ включений на час вибору зазора; E_g – е.р.с. генератора; $E_{g,уст.}$ – е.р.с. генератора в установившомуся режимі; $t_{виб.зazor.}$ – час вибору зазора.

Отже, вхідна величина блоку БВЗ також пропорційна швидкості зміни е.р.с. генератора.

У ланцюг обмотки ОГСБВЗ, що задає, включений випрямний міст ВГ1. До діагоналі моста (364 – 803) прикладена е.р.с., наведена у спеціальній обмотці на головних полюсах генератора. До іншої діагоналі моста ВГ1 (355 - 18) прикладена замикаюча напруга, що знімається з потенціометра 322СД [10,11].

Таким чином, в обмотці ОГСБВЗ блоку БВЗ, що задає, протікатиме струм тільки в тому випадку, якщо напруга на діагоналі (364 - 803) буде більше напруги на діагоналі (355 - 18).

Потенціометр 322СД включений через випрямний міст ВГ2 на падіння напруги на ділянці якірного ланцюга (302 - 306), яке пропорційне струму в якірному ланцюгу. Випрямний мост ВГ2 необхідний для того, щоб знак замикаючої напруги не залежав від напрямку струму в якірному ланцюзі.

У момент вибору зазорів рухомі маси двигуна роз'єднані з поворотною платформою і тому в якірному ланцюзі тече струм невеликої величини (менше 30% стопорного струму).

Напруга, що знімається з потенціометра 322СД, менше е.р.с. наведеної в спеціальній обмотці, що задає обмотці блоку БВЗ тече струм, і блок БВЗ обмежує темп наростання е.р.с. генератора.

Після вибору зазорів струм у якірному ланцюзі різко зростає (до 0,8...0,9 ІСТОП). Напруга на діагоналі моста ВГ1 (355 - 18) також зростає, і як тільки воно стане рівним напруженню на діагоналі (364 - 803) в обмотці блоку БВЗ, що задає струм протікати не буде. Вихід блоку БВЗ стане рівним нулю та подальша зміна е.р.с. генератора відбуватиметься інтенсивніше.

1.3.6 Схема приводу кроків екскаватора ЕШ-10/70

Генератор ел.привода повороту використовується також і для живлення ел.двигуна крокування. Підключення генератора до ел.двигунів повороту і

крокування проводиться за допомогою силових контакторів КВ і КШ. Вибір режиму роботи (крокування та екскавація) проводиться за допомогою універсального перемикача 1УП, встановленого на пульті управління.

У блоці УМСВ задіяні такі обмотки управління:

ОЗСВ – обмотка управління, що задає, включена на вихід блоку проміжних магнітних підсилювачів УПВ (регулятора напруги).

ОТСВ - обмотка управління жорсткого негативного зворотного зв'язку по струму якірного ланцюга, включена на падіння напруги в якірному ланцюгу.

ОССВ – обмотка усунення.

У блоці проміжних магнітних підсилювачів УПП задіяні такі обмотки управління:

ОЗПВ2 - обмотка управління блоку УПВ ел.приводу крокання , що задає .

ОНПВ – обмотка керування жорстким та гнучким негативним зворотним зв'язком по напрузі генератора.

ОСПВ – обмотка усунення.

Робота схеми.

Перемикач режимів 1УП роботи ставиться в положення крокування (замикаються контакти 1УП 33-330). При замкненому контакті 2РНВ і КШ отримує живлення контактор КР2 і своїми контактами подає напругу на котушку контактора КШ. Двигун крокування підключається контактом КШ на затискачі генератора повороту на риснку 1.6.

При включенні гальма крокування ключем УПШ (якщо універсальний ключ ЗУП знаходиться в нульовому положенні) отримують живлення контактор КРШ та електромагніт гальма кроку У4 . Блок контактами контактор КРШ шунтує контакт ключа ЗУП і подає живлення на контактор КСВ.

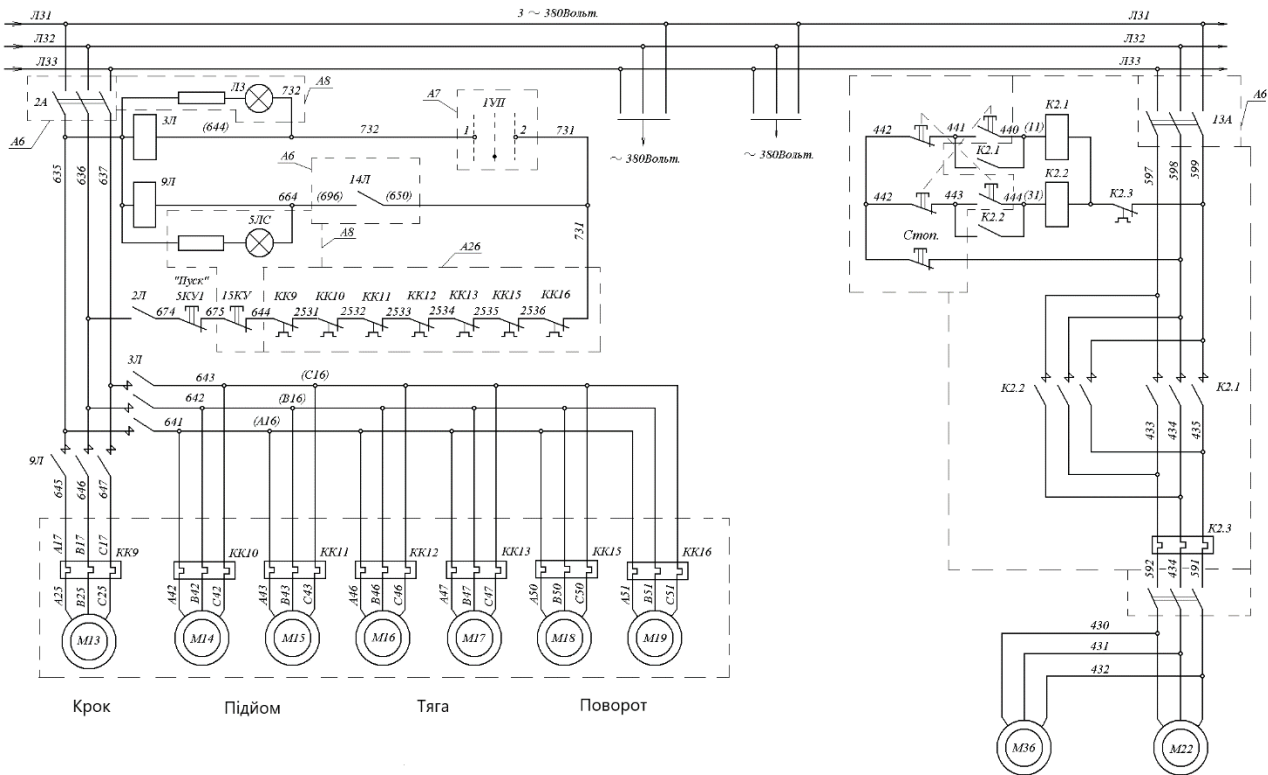


Рисунок 1.6 – Схема приводу кроків екскаватора ЕШ-10/70

Привід підготовлено до роботи. Привід крокування має дві швидкості крокування і одну швидкість Реверс. Перша швидкість (у ланцюг обмотки ОЗПВ2, що задає, вводиться два опори 324СД і 325СД призначена для ревізії мезанізму і навішування лиж при монтажі.

Робоча швидкість мезанізму забезпечується у другому положенні універсального ключа ЗУП (у ланцюзі обмотки ОЗПВ2, що задає, викорочується опір

Розгін двигуна крокування відбувається аналогічно до описаного вище. Коли база починає опускатися, щоб уникнути розгойдування стріли, ручку ключа переводять у нульове положення і база плавно опускається на ґрунт. Потім цикл повторюється.

1.3.7 Захисти, блокування та сигналізація у схемах управління ЕШ-10/70

У схемах управління ел.приводами є такі захисту та блокування:

а) максимальний струмовий захист у якірних ланцюгах головних ел.приводів, що здійснюється за допомогою реле РМП, РМТ, РМВ;

б) захист від коротких замикань у ланцюгах управління та в ланцюгах допоміжних ел.приводів, що здійснюється за допомогою автоматичних вимикачів;

в) захист від обриву ланцюгів збудження ел.двигателів головних приводів, здійснювана з допомогою реле РОПП, РОПТ, РОПВ, РОПШ і синхронного двигуна, з допомогою реле РОПС;

г) нульовий захист у ланцюгах управління головними ел.приводами, що здійснюється за допомогою контакторів КПП, КПТ, КПВ, КПШ та контактами нульового положення командоапаратів ККП, ККТ, ККВ, а також універсального перемикача для приводу крокування ЗУП;

д) захист від небезпеки переходу напруги з високого боку масляного трансформатора в мережу низької напруги, що здійснюється за допомогою пробивного запобіжника, який встановлений на кришці бака масляного трансформатора;

е) захист від перевищення номінальної швидкості ел.приводів повороту та крокування, що здійснюється за допомогою реле 1РНВ; Спрацьовує при напрузі генератора, що перевищує напругу, що відповідає паспортній швидкості обертання поворотної платформи на 15-20%. При спрацьовуванні реле 1РНО відпадає контактор КПВ, відключаючи контактор КСВ

ж) захист, що виключає роботу ел.привода повороту, якщо лижі не знаходяться у крайньому верхньому положенні. Здійснюється за допомогою кінцевого вимикача S20 контакти (335-345) на рисунку 1.7;

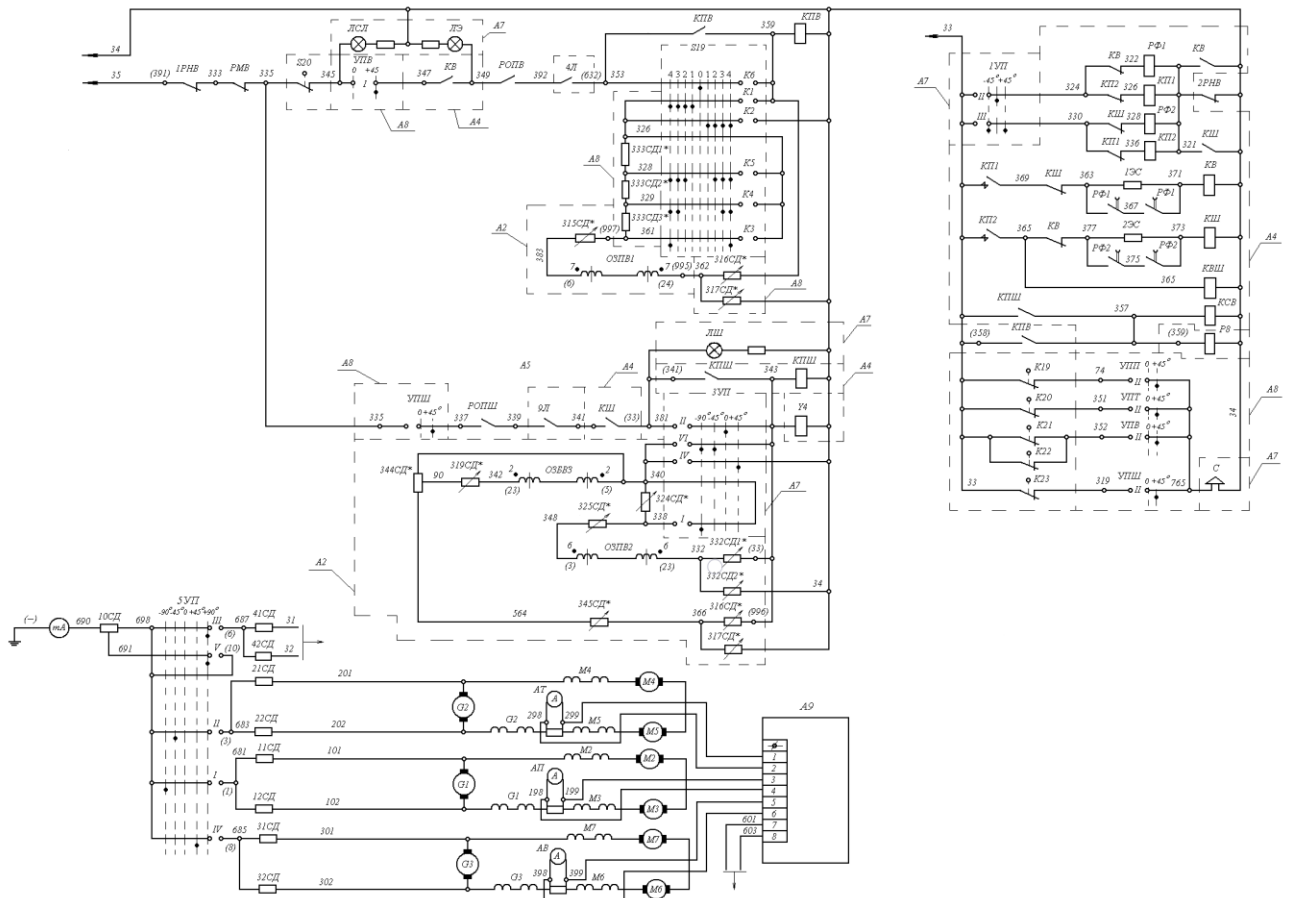


Рисунок 1.7 – Схема управління ЕШ-10/70 приводу повороту-кроку

з) захист що виключає роботу головних ел.приводів при відключених вентиляторах генераторів і двигунів. Здійснюється за допомогою блокування контактора ЗЛ;

і) захист, що виключає включення ел.приводів тяги та підйому при провисанні канатів під барабанами. Здійснюється за допомогою кінцевих вимикачів;

к) захист, що виключає роботу головних ел.приводів за відсутності напруги на магнітних підсилювачах. Здійснюється за допомогою реле РН1 [11];

л) захист, що виключає включення якірного ланцюга ел.приводів повороту та крокування за наявності напруги на генераторі ел.привода повороту. здійснюється за допомогою реле 2РНВ;

м) максимальний струмовий захист ЦД та його захист від асинхронного режиму. Здійснюється за допомогою реле РТМ1, РТМ2 та РОПС;

н) захист головного перетворювального агрегату від неприпустимого перевищення швидкості за рахунок енергії ковша, що опускається при відключенні екскаватора від мережі живлення. Здійснюється з допомогою реле РС;

о) захист людей від ураження електричним струмом у мережах напругою 380 та 220 Вольт. Здійснюється за допомогою пристроїв автоматичного контролю ізоляції;

д) захист, що виключає перепідйом та перетягування ковша. Здійснюється за допомогою командоапаратів. При наближенні коушів ковша до блоків наведення на відстань 5 метрів відбувається автоматичне зниження швидкості ел. Відстань від коушів до блоків вказана орієнтовно і повинна бути уточнена при налагодженні. Виведення ковша з небезпечної зони після відключення ел.привода підйому або тяги здійснюється за допомогою відповідного командоконтролера та одночасного натискання кнопки управління 13КУ – для ел.приводу підйому та 14КУ – для ел.приводу тяги;

р) захист стріли екскаватора від удару ковшем у режимі розтяжки. Здійснюється за допомогою пристрою захисту стріли. При наближенні ковша до стріли на неприпустиму малу відстань спрацьовує перший кінцевий вимикач, який розриває ланцюг котушки реле Р4. Це призводить до зниження швидкості приводів підйому та тяги. При наближенні ковша до стріли спрацьовує другий кінцевий вимикач, який розриває ланцюг котушки реле Р5. При цьому відключаються приводи підйому та тяги і накладаються механічні гальма;

с) захист від довільного та випадкового включення головних приводів, що здійснюється універсальним перемикачем КПК (ключ зі знімною рукояткою у вимкненому положенні на пульті управління на рисунку 1.8;

т) блокування, що визначає порядок підготовки до запуску головних ел. Спочатку проводиться включення маслонасосів рідкого мастила механізмів підйому,

тяги, повороту (або кроку за необхідності). При цьому включається контактор 4Л (14Л). Потім включаються магнітні підсилювачі. Включається синхронний ел.двигун і при цьому включається контактор М. Після цього включаються вентилятори генераторів та ел.двигунів (включаються контактори 2Л та 3Л). В результаті виконаних операцій головні ел.приводи підготовлені до включення. При спрацьовуванні будь-якого із захисту зазначеної в пунктах а, б, в, г, д, е, ж, з, і, к, л, м, н, о, п, р, цього підрозділу, відповідний ел.привод гальмується і накладаються механічні гальма, а в ланцюзі шунтової обмотки генератора вводиться додатковий резистор, який зриває режим критичного самозбудження[9].

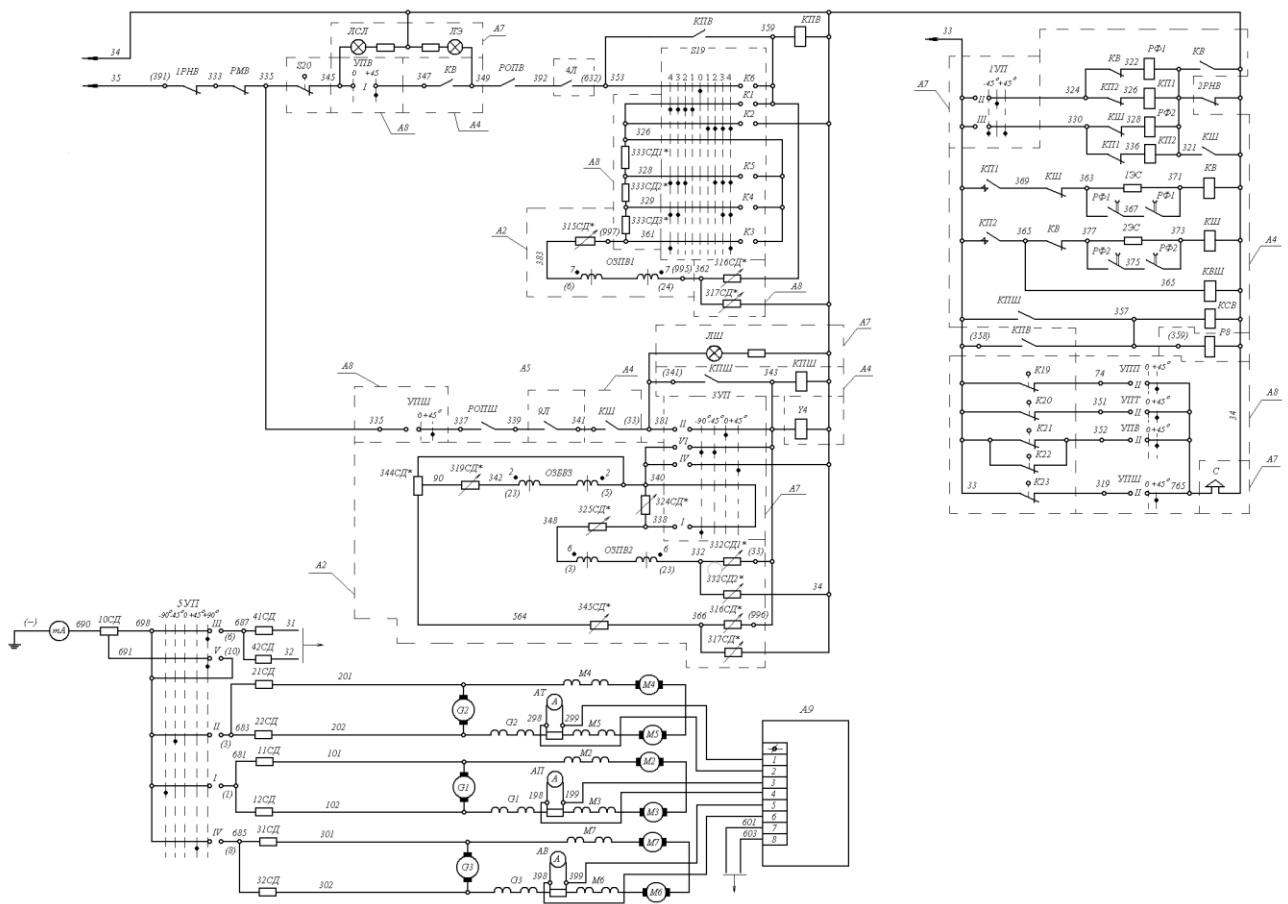


Рисунок 1.8 – Схема управління ЕШ-10/70 запуск СД і ГПС

У схемах передбачена така сигналізація:

- а) сигналізація режиму роботи екскаватора (екскавація чи крокування). Здійснюється за допомогою сигнальних лампочок ЛЕ та ЛШ;
- б) сигналізація положення лиж у крайньому верхньому положенні, що здійснюється за допомогою сигнальної лампочки ЛСЛ;
- в) сигналізація включеного стану вентиляторів генераторів і ел.двигунів, що здійснюється за допомогою сигнальної лампочки 5Л;
- г) сигналізація відсутності тиску рідкого мастила в редукторах головних приводів при їх роботі здійснюється за допомогою сирени С;
- д) сигналізація форсування збудження синхронного двигуна, здійснюється за допомогою сигнальної лампочки ЛК «форсування» на пульті управління;
- е) сигналізація положення масляного вимикача, здійснюється за допомогою лампочок на високовольтному розподільчому пристрої ЛК - включене положення, ЛЗ - вимкнене положення;
- к) сигналізація наявності напруги 220 Вольт, що здійснюється сигнальною лампочкою 7ЛС на двері станції керування допоміжними приводами.

1.4 Ефективність роботи гірничо видобувного екскаватора

У проекті приймається система планово-попереджувальних ремонтів (ППР) гірничо-збагачувального й допоміжного устаткування.

Ремонтні роботи проводяться відповідно до річних графіків планово-попереджувальних ремонтів устаткування, що складаються із урахуванням кількості відпрацьованих даним механізмом машино-годин. При цьому ремонти здійснюються за допомогою агрегатно-вузлового методу ремонту, при якому вузли й агрегати, що вимагають ремонту, замінюються запасними, заздалегідь відремонтованими, або виготовленими в РМЦ.

Ремонт великих гірничих машин (крокуючі екскаватори, бульдозери й ін.) здійснюється спеціалізованими ремонтними бригадами, які обладнані відповідними механізмами й пристосуваннями для механізації ремонтних робіт.

При виробництві ремонтних робіт проект передбачає:

- виготовлення 70% запасних частин і деталей від загальної потреби силами РМЦ і ін. ремонтними службами;
- застосування пересувних ремонтних майстерень для ремонту бульдозерної техніки й транспортних засобів.

Існує ряд методів та засобів, які можуть бути використані для підвищення ефективності роботи електроприводів. Регульовані електроприводи відкривають нові можливості для оптимізації промислових процесів. Завдяки здатності плавно змінювати швидкість обертання електродвигуна, вони забезпечують значну економію енергії та підвищують точність управління різноманітними технологічними параметрами. Наприклад, у конвеєрних лініях регулювання швидкості дозволяє синхронізувати виробничі процеси, а в насосних установках – підтримувати оптимальний тиск і витрату рідини. Частотне регулювання особливо ефективне для насосів та вентиляторів, оскільки дозволяє плавно змінювати їх продуктивність без значних втрат енергії. Порівняно з традиційними методами регулювання (наприклад, дросельними клапанами), частотне регулювання асинхронних двигунів є більш енергоефективним та точним.

В даний час значна увага приділяється зниженню втрат електричної енергії на базі розробки більш точних методів визначення втрат енергії у всіх елементах систем електропостачання, а також електроприводу.

1.5 Висновок

Об'єктом дослідження є гірничо-видобувний кар'єр із комплексом обладнання, що забезпечує видобуток, транспортування та збагачення корисних копалин. Основним робочим органом є екскаватор типу ЕШ-10/70, обладнаний електроприводами для виконання основних операцій.

Кар'єр розташований у промислово розвиненому регіоні зі сприятливими умовами для видобутку корисних копалин. Інфраструктура включає транспортні комунікації, енергетичне забезпечення та збагачувальну фабрику. Гірничотехнічні характеристики вказують на високу складність видобувних робіт через особливості залягання корисних копалин.

Річна продуктивність кар'єру відповідає плановим показникам, забезпечуючи необхідний обсяг видобутку. Видобувні роботи включають буріння, вибухові роботи, навантаження та транспортування корисних копалин.

Екскаватор ЕШ-10/70 є основним робочим органом, що виконує функції підйому, тяги, крокування та повертання. Електроприводи екскаватора мають високий ступінь автоматизації, забезпечують стабільну роботу та адаптовані для умов роботи кар'єру.

Ефективність роботи екскаватора визначається його технічними характеристиками, надійністю електроприводів та функціональністю систем керування. Захист, блокування та сигналізація забезпечують безпечну експлуатацію в умовах підвищеного ризику.

Використовуючи статистичні дані продуктивності та енергоспоживання з підприємства провести подальший розрахунок для конкретного кар'єру.

2 РОЗРАХУНОК ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Продуктивність кар'єру, річний обсяг робіт

Максимальна проектна потужність кар'єру, з підготовки до видобутку рудних “пісків”, визначається річною продуктивністю розкривного екскаватора, коефіцієнтом переекскавації розкриву, коефіцієнтом розкриву і розраховується за формулою:

$$Q_e = V_e / (1 + K_n) \cdot K_p (\text{м}^3 / \text{рік}), \quad (2.1)$$

де Q_e – максимальна потужність кар'єру з видобутку руди, $\text{м}^3/\text{рік}$;

V_e – річна розрахункова продуктивність розкривного екскаватора при виїмці розкриву і його переекскавації, $\text{м}^3/\text{рік}$, $V_e = 1\,200\,000 \text{ м}^3/\text{рік}$;

K_n – середній експлуатаційний коефіцієнт переекскавації розкриву, $\text{м}^3/\text{м}^3$, $K_n = 1,14$;

K_p – середній експлуатаційний коефіцієнт розкриву, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Середній експлуатаційний коефіцієнт розкриву K_p визначається об'ємами розкривних і гірничо-капітальних робіт, а також промисловими запасами корисної копалини і розраховується за формулою:

$$K_p = (V_p - V_{гк}) / Q_k (\text{м}^3 / \text{м}^3), \quad (2.2)$$

де V_p – промислові об'єми розкриву в контурах кар'єру, м^3 , $V_p = 14\,202\,100 \text{ м}^3$;

$V_{гк}$ – об'єми гірничо-капітальних робіт при розкритті кар'єрного поля, м^3 , $V_{гк} = 717\,800 \text{ м}^3$;

Q_k – промислові запаси рудних пісків, м^3 , $Q_k = 17\,518\,100 \text{ м}^3$.

$$K_p = (14202100 - 717800) / 17518100 = 0,77 (\text{м}^3 / \text{м}^3);$$

$$Q_e = 1200\,000 \cdot (1 + 1,14) \cdot 0,77 = 1977360 (\text{м}^3 / \text{рік}).$$

Виконуємо перевірочний розрахунок експлуатаційної продуктивності крокуючого екскаватора ЕШ-10/70 на його відповідність проектної продуктивності:

$$Q = \frac{E_K \times K_H \times T_{3M} \times N_{3M} \times \eta \times T_{PIK}}{K_P \times T_{Ц}} (m^3 / рік), \quad (2.3)$$

де Q – продуктивність ЕШ-10/70, $m^3/рік$;

$E_K = 10$ – ємність ковша ЕШ-10/70, m^3 ;

$K_H = 0,98$ – коефіцієнт наповнення ковша екскаватора;

$T_{3M} = 12$ – тривалість зміни, час;

$N_{3M} = 2$ – кількість змін на добу;

$\eta = 0,79$ – коефіцієнт використання екскаватора у часі;

$T_{PIK} = 353$ – кількість робочих діб на рік;

$K_P = 1,25$ – коефіцієнт розпушування породи у ковші;

$T_{Ц} = 75$ – час робочого циклу екскаватора, с.

$$Q = \frac{10 \times 0,98 \times 12 \times 2 \times 0,79 \times 353 \times 3600}{1,25 \times 75} = 2518664 (m^3 / рік). \quad (2.4)$$

Результати розрахунку свідчать про те, що за своєю розрахунковою продуктивністю, розкривний екскаватор ЕШ-10/70 цілком відповідає, з резервом, необхідній проектній продуктивності і забезпечить виконання планових показників з підготовки розкритих площ рудного тіла [8-11].

Термін служби кар'єру при відпрацюванні промислових запасів складе:

$$T = 17518,1 : 1200 = 14,6 \text{ (років)}, \quad (2.5)$$

де $17\,518,1$ тис. m^3 – промислові запаси родовища.

Продуктивність кар'єру з видобутку ільменітовмістних рудних пісків приймається згідно до завдання на розробку РП кар'єру на ділянці родовища

ільменіту – 1200 тис. м³/рік і згідно вище приведеного розрахунку забезпечується вибраним устаткуванням.

2.2 Дослідження системи споживання електроенергії

За години роботи гірничого видобного підприємства певною мірою ведеться облік споживаної електроенергії а також прораховується майбутнє споживання саме кар'єром. Беремо статистичні дані з листопада 2021 року по серпень 2024 року та записуємо їх до таблиці 2.1. Так як під час війни на підприємстві є певні труднощі зі збутом сировини та проблеми з подачею електроенергії були вимушені зупинки виробництва що ми й побачи в подальших графіках але це не вплине на загальну достовірність даних. Проведемо подальший розрахунок для нашого кар'єру.

Питоме споживання:

$$Q_{\kappa 1} = \frac{E_{\kappa 1}}{P_{\kappa 1} \cdot 1000} . \quad (2.6)$$

Порахуємо питоме споживання для листопада 2021 року, та робимо подібний обрахунок і для інших місяців (таблиця 2.1)

$$Q_{\kappa 1} = \frac{1036000}{3731000} = 2,777479893 \text{ (кВт} \cdot \text{м}^3 \text{)} .$$

З таблиці 2.1 ми можемо визначити мінімальне питоме електроспоживання, кВт·год/міл. м³ $Q_{min} = 1,119344595$ та максимальне питоме електроспоживання, кВт·год/міл. м³ $Q_{max} = 3$.

Таблиця 2.1 – Дані з підприємства.

Карєр	Енергія, кВт*год	Продуктивність, тис.м3(ЕКСК1+ЕКСК2+гід ротранспорт+переробка)	Питоме споживання, кВт*год/міл.м3	Транспорт, кВт*год
Лис.21	2804718	373	2,777479893	1036000
Гру.21	3235122	378	2,740740741	1036000
Січ.22	2801000	490	1,26122449	618000
Лют.22	2892629	482	1,282157676	618000
Бер.22	2840000	337	1,898382789	639755
Кві.22	2715000	296	2,091216216	619000
Тра.22	2970300	498	1,379467871	686975
Чер.22	2030995	296	1,119344595	331326
Лип.22	1744734	200	0	0
Сер.22	1744734	383	0	0
Вер.22	2953610	383	1,82767624	700000
Жов.22	1842000	192	1,880208333	361000
Лис.22	1822000	184	1,913043478	352000
Гру.22	2325000	187	3	561000
Січ.23	0	0	0	0
Лют.23	0	0	0	0
Бер.23	0	0	0	0
Кві.23	0	0	0	0
Тра.23	0	0	0	0
Чер.23	0	0	0	0
Лип.23	0	0	0	0
Сер.23	0	0	0	0
Вер.23	0	0	0	0
Жов.23	0	0	0	0
Лис.23	0	0	0	0
Гру.23	0	0	0	0
Січ.24	0	0	0	0
Лют.24	0	0	0	0
Бер.24	0	0	0	0
Кві.24	0	0	0	0
Тра.24	0	0	0	0
Чер.24	0	0	0	0
Лип.24	1621000	419	1,23627685	518000
Сер.24	2325000	495	1,133333333	561000

Так як повна потужність екскаватора 1425 кВА, то потужність 2 екскаваторів рівна 2850 кВА. ТЦ = 75 – час робочого циклу екскаватора, с. Продуктивність екскаватора $m^3/\text{рік}$ $Q = 2518664$.

Побудуємо графік продуктивності на рисунку 2.1.

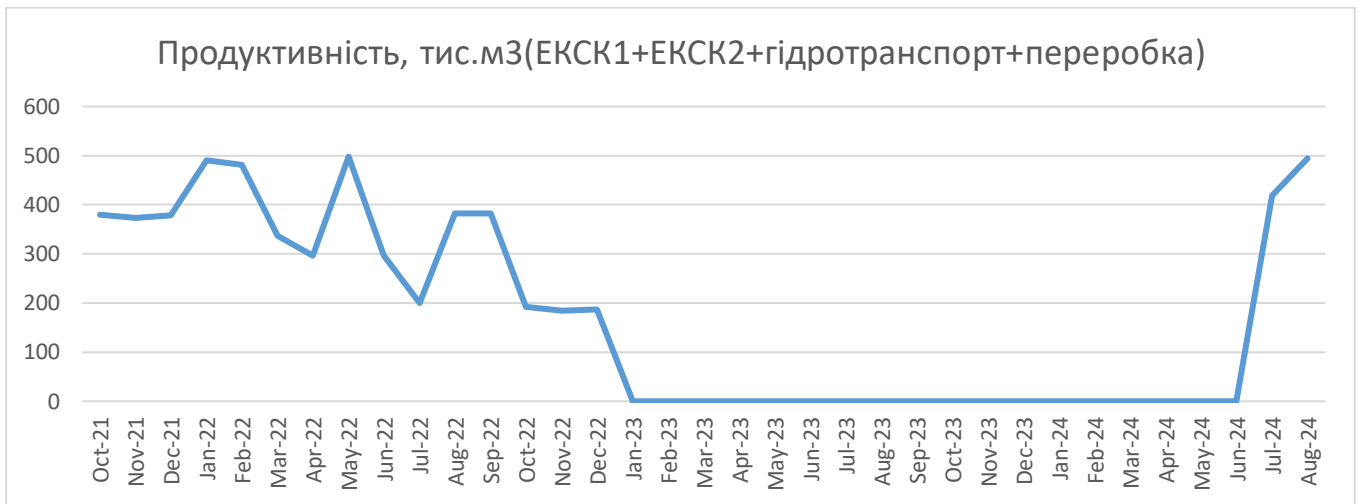


Рисунок 2.1 – Графік продуктивності по кар'єру

Виведемо графік електроспоживання по транспорту на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Графік електроспоживання по транспорту

Покажемо графік питомого електроспоживання за транспортом на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Графік питомого електроспоживання за транспортом

На даному графіку знаходимо максимальне і мінімальне електроспоживання далі ми орієнтуємося на мінімальне електроспоживання від цього визначаємо кількість $\text{кВТ} \cdot \text{м}^3$ [11].

Визначаємо питоме мінімальне споживання електроенергії для екскаватора ЕШ-10/70:

$$Q_{\text{ЕШ.min}} = Q_{\text{min}} = 1,119344595 \left(\text{кВТ} \cdot \text{м}^3 \right). \quad (2.7)$$

Визначаємо питоме максимальне споживання електроенергії для екскаватора ЕШ-10/70:

$$Q_{\text{ЕШ.max}} = Q_{\text{max}} = 3 \left(\text{кВТ} \cdot \text{м}^3 \right). \quad (2.8)$$

Знаходимо продуктивність екскаватора за добу, $\text{м}^3/\text{добу}$:

$$Q_{\text{д}} = \frac{Q}{365}; \quad (2.9)$$

$$Q_{\text{д}} = \frac{2518664}{365} = 6900,449315 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}).$$

Знаходимо споживання споживання енергії за добу, кВт · год/добу:

$$Q_{\text{ЕШ.р. min}} = Q_{\text{ЕШ.д. min}} \cdot Q_{\text{ЕШ. min}} ; \quad (2.10)$$

$$Q_{\text{ЕШ.р. min}} = 6900,449315 \cdot 1,119344595 = 7723,98 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}).$$

$$Q_{\text{ЕШ.р. max}} = Q_{\text{ЕШ.д. max}} \cdot Q_{\text{ЕШ. max}} ; \quad (2.11)$$

$$Q_{\text{ЕШ.р. max}} = 6900,449315 \cdot 3 = 20701,34795 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}).$$

Знаходимо максимальна потужність за добу, кВт · год/добу:

$$Q_{\text{М.д}} = P_{\text{ЕШ}} \cos \varphi \cdot 24 \eta = 14250,96 \cdot 24 \cdot 0,79 = 25937,28 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}), \quad (2.12)$$

де $\eta = 0,79$ – коефіцієнт використання екскаватора у часі.

Знаходимо коефіцієнт використання:

$$\eta_{\text{ЕШ. min}} = \frac{Q_{\text{ЕШ.д. min}}}{Q_{\text{М.д}}} = \frac{7723,980641}{25937,28} = 0,297794551 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}). \quad (2.13)$$

$$\eta_{\text{ЕШ. max}} = \frac{Q_{\text{ЕШ.д. max}}}{Q_{\text{М.д}}} = \frac{20701,34795}{25937,28} = 0,798131028 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}). \quad (2.14)$$

Вводимо показник мінімальної кількості енергії при максимальній ефективності за один $\text{м}^3/\text{год}$:

$$E_{\text{ЕШ. min}} = Q_{\text{д}} \cdot Q_{\text{ЕШ. min}} \cdot \eta_{\text{ЕШ. min}} / 24 ; \quad (2.15)$$

$$E_{\text{ЕШ. min}} = (6900,4491,1193445957 \cdot 0,297794551) / 24 = 95,83997266 (\text{м}^3 / \text{год}).$$

Вводимо показник мінімальної кількості енергії при максимальній ефективності за один $\text{м}^3/\text{год}$:

$$E_{\text{ЕШ. max}} = Q_{\text{д}} \cdot Q_{\text{ЕШ. max}} \cdot \eta_{\text{ЕШ. max}} / 365 / 24 ; \quad (2.16)$$

$$E_{\text{ЕШ.max}} = (6900,44930,798131028) / 24 = 688,432838 (\text{м}^3 / \text{год}).$$

Розраховуємо споживання для загального лічильника за добу:

$$L_{\text{ЕШ.д}} = \eta_{\text{ЕШmin}} Q_{\text{М.д}}; \quad (2.17)$$

$$L_{\text{ЕШ.д}} = 1,1193445957 \cdot 25937,28 = 93975,0978 (\text{кВт год} / \text{добу}).$$

Розраховуємо споживання лічильника двигуна підйому за добу, так як в нас два двигуни але навантаження виконують по чергово то в розрахунку за основну беремо потужність тільки одного двигуна $P_{\text{м2}}$:

$$L_{\text{Д.підй.}} = L_{\text{ЕШ.д}} \cdot \frac{P_{\text{м2}}}{P_{\text{ЕШ}}}, \quad (2.18)$$

де $P_{\text{м2}}$ - це потужність двигунів підйому кВт год.

$$L_{\text{Д.підй.}} = 7724 \cdot \frac{450}{1425} = 0,451942414 (\text{кВт год}).$$

Для подальших розрахунків лічильників будуємо таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахункові данні лічильників з мінімальним питомим споживанням.

	день	тиждень	місяць	рік
Лічильник загальний, кВт·год	7724	54067,8644 9	231719,419 2	2780633,031
Лічильник двигуна підйому, кВт·год	2439	17074,0624 7	73174,5534 4	878094,6413
Лічильник двигуна підтягування, кВт·год	2439	17074,0624 7	73174,5534 4	878094,6413
Лічильник двигуна повороту, та кроку кВт·год	2846	19919,7395 5	85370,3123 5	1024443,748

2.3 Система електроприводів з обліком електроенергії та їх аналізом

Розробимо структурну схему з існуючим обладнанням на рисунку 2.4. В структурній схемі відсутній облік електроенергії електроприводах екскаватора.

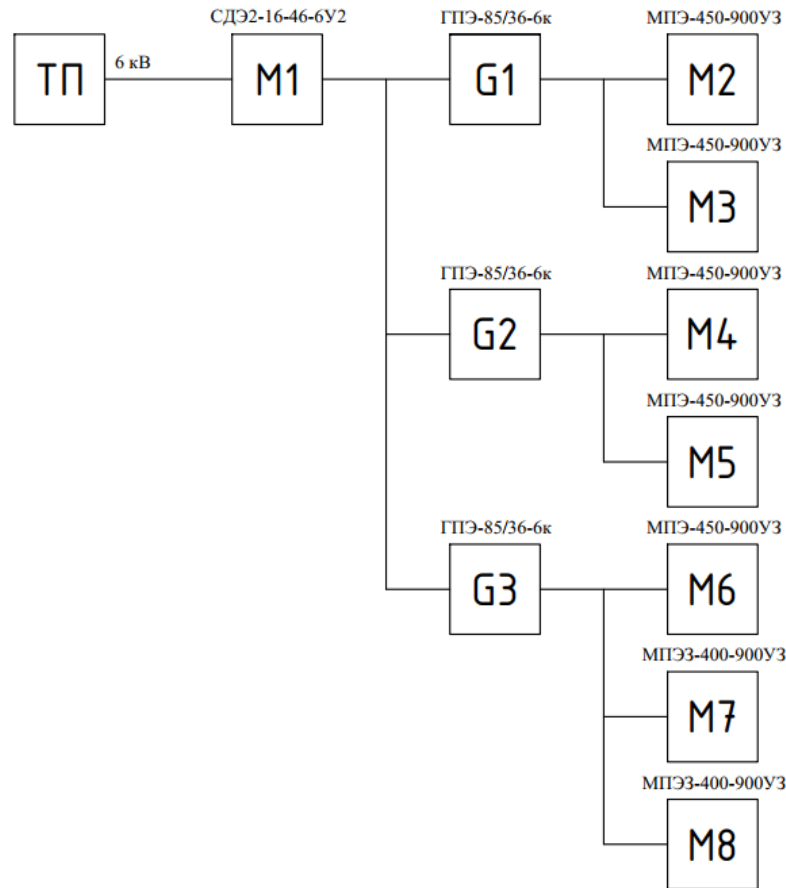


Рисунок 2.4 – Структурна схема головних електроприводів екскаватора ЕШ-10/70

Запишемо головні електропривода екскаватора та їх позначення на схемі до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Головні електропривода екскаватора ЕШ-10/70.

Позначення на схемі	Найменування, призначення та технічні дані	Тип	Примітка
M1	Приводний синхронний двигун 1460 кВА, 1250 кВт, 6000 В, 1000 об/хв	СДЭ2-16-46-6У2	Головний перетворювальний агрегат
G1	Генератор підйому 1000 кВт, 900 В, 1000 об/хв	ГПЭ-85/36-6к	
G2	Генератор тяги 1000 кВт, 900 В, 1000 об/хв	ГПЭ-85/36-6к	
G3	Генератор повороту 1000 кВт, 900 В, 1000 об/хв	ГПЭ-85/36-6к	
M9	Приводний асинхронний двигун 55 кВт, 380 В, 1450 об/хв	АО2-82-4	Допоміжний перетворювальний агрегат
G4	Генератор власних потреб 27 кВт, 115 В, 1450 об/хв	П-81	
G5	Збудник синхронного двигуна 15/1,3 кВт, 50/13 В, 1450 об/хв	ПВ-81	

Продовження таблиці 2.3.

М2, М3	Двигун підйому 450 кВт, 440 В, 900 об/хв	МПЭ-450-900УЗ	
М4, М5	Двигун тяги 450 кВт, 440 В, 900 об/хв	МПЭ-450-900УЗ	
М6	Двигун кроку 450 кВт, 440 В, 900 об/хв	МПЭ-450-900УЗ	
М7, М8	Двигун повороту 400 кВт, 400 В, 900 об/хв	МПЭЗ-400-900УЗ	

Проаналізувавши таблицю 2.3 та структурну схему на рисунку 2.4 можемо зробити модернізацію встановивши лічильники.

З ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЕКСКАВАТОРА ГІРНИЧОВИДОБУВНОГО КАР'ЄРУ

Проведемо модернізацію структурної схеми головних електроприводів з метою обліку електроенергії яка в подальшому дає змогу визначати ефективність електроприводів та прогнозування виводу в ремонт електроприводів рисунок 3.1.

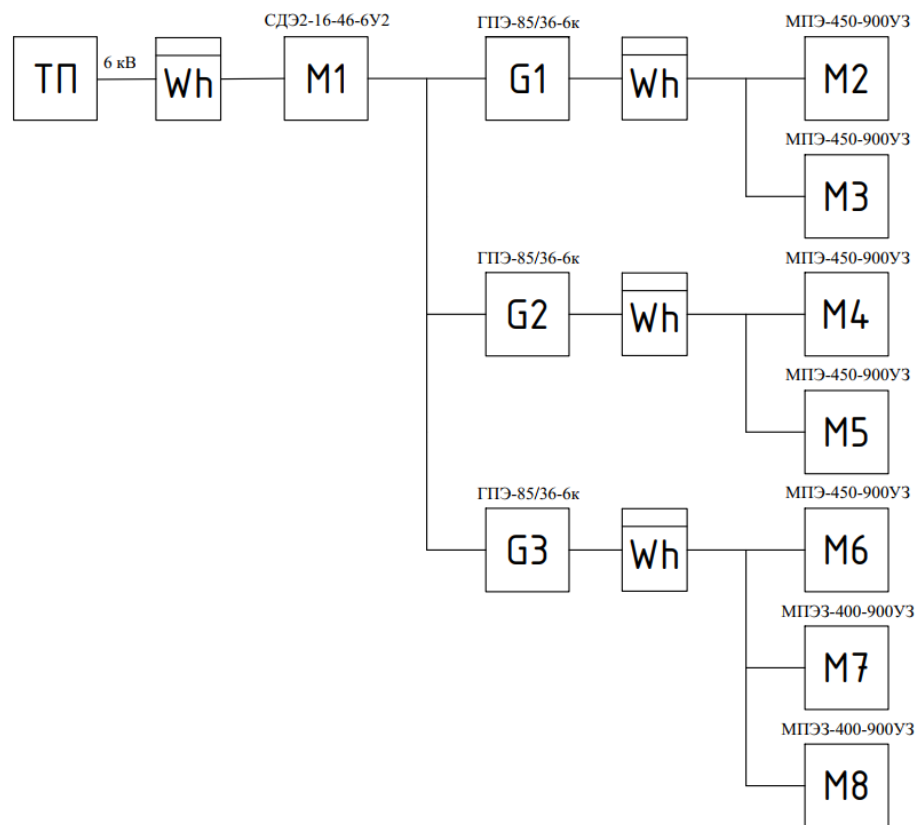


Рисунок 3.1 – Структурна схема головних електроприводів екскаватора ЕШ-10/70 з розміщенням лічильників

На цій схемі треба показати лічильники збоку від лінії, бо будуть великі струми і лічильники вмикатимуться через шунти.

Розрахункова електроенергія визначається:

$$E_{kl} = Q_{kl} \cdot P_{kl} , \quad (3.1)$$

Розрахункову електроенергію споживання можемо взяти з таблиці 2.1

Введемо поправочні коефіцієнти $K_{\text{попр}}$ який впливає на роботу електроприводів в цілому. Поправочний коефіцієнт $K_{\text{попр}}$ розраховується із мінімального та максимального питомого електроспоживання розпишемо його для різної породи в таблиці 3.1 [9].

Таблиця 3.1 – Коефіцієнт питомого електроспоживання

№	Види породи	Коефіцієнт питомого електроспоживання, кВт·год/тис. м ³
Кп1	Піскоподібні	3
Кп2	Глиноподібні	2,373114865
Кп3	Гранітоподібні	1,74622973
Кп4	Пластоподібні	1,119344595

Розрахуємо для кожного коефіцієнта питомого електроспоживання споживану електроенергію відносно розділу 2 та занесемо дані до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Споживана електроенергія з коефіцієнт використання середній річний за рік

Продуктивність екскаватора м ³ /добу	6900,449315	6900,449315	6900,449315	6900,449315
Коефіцієнт питомого електроспоживання, кВт·год/тис. м ³	1,119344595	1,74622973	2,373114865	3
Споживання енергії, кВт·год/доб	7723,980641	12049,76974	16375,55884	20701,34795
Коефіцієнт використання середній річний за рік	0,297794551	0,464573376	0,631352202	0,798131028

Найбільш розповсюдженими породами є дрібнозернисті піски слабо глинисті, які складають 35% від всього об'єму розкриву.

Проведемо розрахунки такі ж як в таблиці 2.2, але для різних коефіцієнтів питомого електроспоживання з таблиці 3.1, та запишемо до таблиці 3.3. З даної таблиці ми отримуємо розрахункові данні лічильника з яких можемо визначати мінімальне та максмальне електричне споживання кожного електроприводу системи. Зберемо фактичні дані видобутку Q_{ϕ} екскаватора та запишемо до таблиці 3.4. Визначаємо фактичне споживання електричної енергії.

Таблиця 3.3 – Розрахункові данні лічильників з коефіцієнтами питомого електроспоживання.

Пластоподібна порода				
Період	день	тиждень	місяць	рік
Лічильник загальний, кВт*год	7724	54067,86449	231719,4192	2780633,031
Лічильник двигуна підйому, кВт*год	2439	17074,06247	73174,55344	878094,6413
Лічильник двигуна підтягування, кВт*год	2439	17074,06247	73174,55344	878094,6413
Лічильник двигуна повороту, та кроку кВт*год	2846	19919,73955	85370,31235	1024443,748
Гранітоподібна порода				
Лічильник загальний, кВт*год	12050	84348,38821	361493,0923	4337917,108
Лічильник двигуна підйому, кВт*год	3805	26636,33312	114155,7134	1369868,56
Лічильник двигуна підтягування, кВт*год	3805	26636,33312	114155,7134	1369868,56
Лічильник двигуна повороту, та кроку кВт*год	4439	31075,72197	133181,6656	1598179,987
Глиноподібна порода				
Лічильник загальний, кВт*год	16376	114628,9119	491266,7653	5895201,184
Лічильник двигуна підйому, кВт*год	5171	36198,60376	155136,8733	1861642,479
Лічильник двигуна підтягування, кВт*год	5171	36198,60376	155136,8733	1861642,479
Лічильник двигуна повороту, та кроку кВт*год	6033	42231,70439	180993,0188	2171916,226
Піскоподібна порода				
Лічильник загальний, кВт*год	20701	144909,4356	621040,4384	7452485,26
Лічильник двигуна підйому, кВт*год	6537	45760,87441	196118,0332	2353416,398
Лічильник двигуна підтягування, кВт*год	6537	45760,87441	196118,0332	2353416,398
Лічильник двигуна повороту, та кроку кВт*год	7627	53387,68681	228804,372	2745652,464

Проведемо розрахунок електричної енергії E_{ϕ} , $E_{\phi1}$, $E_{\phi2}$, $E_{\phi3}$, та запишемо до таблиці 3.3.

Визначаємо коефіцієнт корисної дії електричної енергії з даних лічильників та запишемо до таблиці 3.4:

$$\eta_{\phi0.1} = \frac{E_{\phi1}}{E_{p1}}, \quad (3.2)$$

де E_{p1} – це табличне значення з таблиці 3.4, коефіцієнти питомого електроспоживання;

$E_{\phi1}$ – це фактична електроенергія.

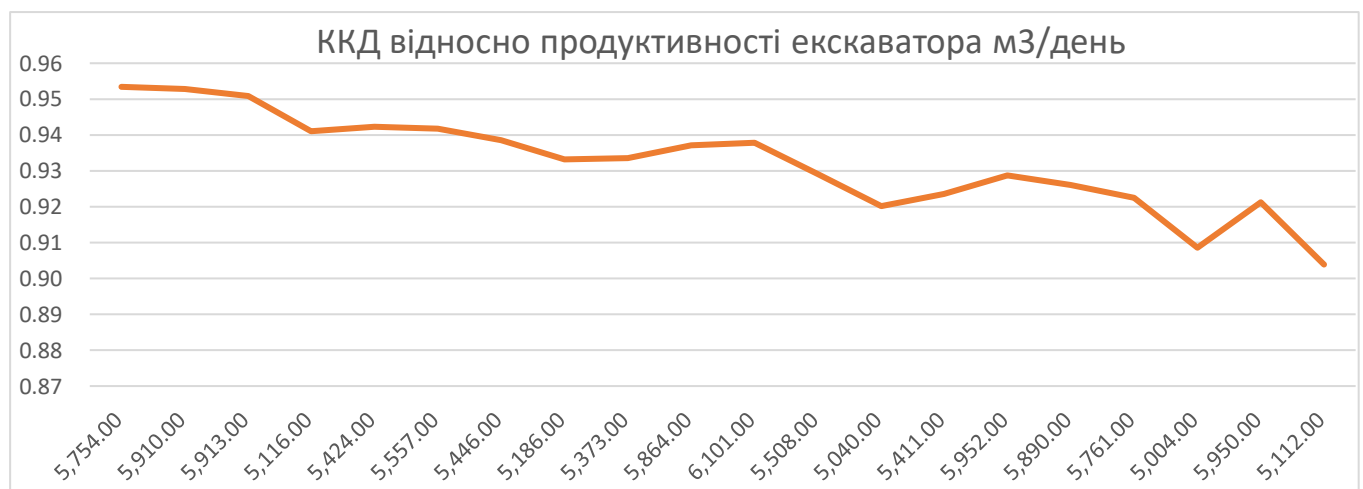


Рисунок 3.2 – ККД відносно фактичної продуктивності екскаватора м³/день для плаstopодібної породи

Таблиця 3.4 – Фактичні данні лічильників з місяця роботи з коефіцієнтами питомого електроспоживання та розрахунковим коефіцієнтом корисної дії

Пастоподібна порода														
Еф	Ер	Дані лічильника Еф	Еф1	Е1р	Еф2	Е2р	Еф3	Е3р	Qф	кп	ηф	η1	η2	η3
110 540,00														
6 140,71	6 440,71	116 980,71	1 913,17	2 024,91	1 939,17	2 033,91	2 088,37	2 181,89	5 754,00	1,12	0,95	0,94	0,95	0,96
6 302,83	6 615,33	123 596,04	1 972,37	2 083,05	1 990,37	2 089,05	2 140,09	2 243,23	5 910,00	1,12	0,95	0,95	0,95	0,95
6 293,68	6 618,68	130 214,72	1 974,48	2 087,11	1 987,48	2 090,11	2 131,73	2 241,46	5 913,00	1,12	0,95	0,95	0,95	0,95
5 389,07	5 726,57	135 941,29	1 698,81	1 794,39	1 701,81	1 808,39	1 788,45	1 923,79	5 116,00	1,12	0,94	0,95	0,94	0,93
5 721,33	6 071,33	142 012,61	1 798,73	1 898,26	1 806,73	1 917,26	1 915,86	2 055,80	5 424,00	1,12	0,94	0,95	0,94	0,93
5 857,70	6 220,20	148 232,81	1 845,80	1 961,27	1 849,80	1 964,27	1 962,10	2 094,65	5 557,00	1,12	0,94	0,94	0,94	0,94
5 720,95	6 095,95	154 328,76	1 796,62	1 924,04	1 806,62	1 925,04	1 917,72	2 046,88	5 446,00	1,12	0,94	0,93	0,94	0,94
5 417,42	5 804,92	160 133,68	1 706,76	1 819,13	1 710,76	1 833,13	1 799,89	1 952,66	5 186,00	1,12	0,93	0,94	0,93	0,92
5 614,24	6 014,24	166 147,92	1 770,92	1 884,23	1 772,92	1 899,23	1 870,40	2 030,77	5 373,00	1,12	0,93	0,94	0,93	0,92
6 151,34	6 563,84	172 711,76	1 926,53	2 061,79	1 942,53	2 072,79	2 082,28	2 229,26	5 864,00	1,12	0,94	0,93	0,94	0,93
6 404,12	6 829,12	179 540,88	2 010,35	2 136,56	2 022,35	2 156,56	2 171,41	2 335,99	6 101,00	1,12	0,94	0,94	0,94	0,93
5 727,85	6 165,35	185 706,23	1 796,79	1 930,95	1 808,79	1 946,95	1 922,26	2 087,44	5 508,00	1,12	0,93	0,93	0,93	0,92
5 191,50	5 641,50	191 347,73	1 626,42	1 778,53	1 639,42	1 781,53	1 725,66	1 881,45	5 040,00	1,12	0,92	0,91	0,92	0,92
5 594,27	6 056,77	197 404,50	1 754,61	1 907,67	1 766,61	1 912,67	1 873,05	2 036,44	5 411,00	1,12	0,92	0,92	0,92	0,92
6 187,34	6 662,34	204 066,84	1 952,90	2 100,90	1 953,90	2 103,90	2 080,55	2 257,55	5 952,00	1,12	0,93	0,93	0,93	0,92
6 105,44	6 592,94	210 659,78	1 926,03	2 064,98	1 928,03	2 081,98	2 051,37	2 245,98	5 890,00	1,12	0,93	0,93	0,93	0,91
5 948,54	6 448,54	217 108,32	1 877,49	2 026,38	1 878,49	2 036,38	1 992,57	2 185,78	5 761,00	1,12	0,92	0,93	0,92	0,91
5 088,70	5 601,20	222 709,52	1 605,96	1 761,80	1 606,96	1 768,80	1 675,78	1 870,60	5 004,00	1,12	0,91	0,91	0,91	0,90
6 135,10	6 660,10	229 369,62	1 918,40	2 087,19	1 937,40	2 103,19	2 079,30	2 269,72	5 950,00	1,12	0,92	0,92	0,92	0,92
5 172,09	5 722,09	235 091,71	1 632,29	1 799,98	1 633,29	1 806,98	1 706,51	1 915,14	5 112,00	1,12	0,90	0,91	0,90	0,89
Гранітоподібна порода														
8 663,26	9 143,26	244 234,97	2 706,77	2 876,34	2 735,77	2 887,34	3 000,73	3 179,57	5 236,00	1,75	0,95	0,94	0,95	0,94
8 426,73	8 926,73	253 161,70	2 657,07	2 812,97	2 661,07	2 818,97	2 908,58	3 094,79	5 112,00	1,75	0,94	0,94	0,94	0,94
8 970,76	9 490,76	262 652,46	2 824,87	2 995,08	2 832,87	2 997,08	3 113,02	3 298,60	5 435,00	1,75	0,95	0,94	0,95	0,94
9 534,00	10 074,00	272 726,45	2 993,74	3 165,26	3 010,74	3 181,26	3 329,53	3 527,47	5 769,00	1,75	0,95	0,95	0,95	0,94
10 022,15	10 582,15	283 308,61	3 145,89	3 325,73	3 164,89	3 341,73	3 511,37	3 714,69	6 060,00	1,75	0,95	0,95	0,95	0,95
9 679,10	10 259,10	293 567,71	3 053,56	3 228,72	3 056,56	3 239,72	3 368,98	3 590,67	5 875,00	1,75	0,94	0,95	0,94	0,94
8 136,39	8 736,39	302 304,09	2 555,39	2 746,86	2 569,39	2 758,86	2 811,62	3 030,67	5 003,00	1,75	0,93	0,93	0,93	0,93
9 495,91	10 115,91	312 420,00	2 991,71	3 192,50	2 998,71	3 194,50	3 305,49	3 528,91	5 793,00	1,75	0,94	0,94	0,94	0,94
9 140,63	9 780,63	322 200,64	2 868,52	3 068,62	2 886,52	3 088,62	3 185,60	3 423,39	5 601,00	1,75	0,93	0,93	0,93	0,93
9 588,62	10 248,62	332 449,26	3 010,99	3 236,41	3 027,99	3 236,41	3 349,65	3 575,81	5 869,00	1,75	0,94	0,93	0,94	0,94
8 751,39	9 431,39	341 880,64	2 752,60	2 971,33	2 763,60	2 978,33	3 035,20	3 281,72	5 401,00	1,75	0,93	0,93	0,93	0,92
8 523,59	9 223,59	351 104,23	2 686,66	2 905,71	2 691,66	2 912,71	2 945,27	3 205,16	5 282,00	1,75	0,92	0,92	0,92	0,92
8 266,10	8 986,10	360 090,33	2 597,35	2 837,72	2 610,35	2 837,72	2 858,40	3 110,67	5 146,00	1,75	0,92	0,92	0,92	0,92
9 358,45	10 098,45	370 188,77	2 947,30	3 178,98	2 955,30	3 188,98	3 255,85	3 530,48	5 783,00	1,75	0,93	0,93	0,93	0,92
9 841,36	10 601,36	380 790,14	3 102,80	3 335,80	3 107,80	3 347,80	3 430,76	3 717,76	6 071,00	1,75	0,93	0,93	0,93	0,92
8 066,40	8 846,40	389 636,54	2 533,28	2 776,60	2 547,28	2 793,60	2 785,83	3 076,20	5 066,00	1,75	0,91	0,91	0,91	0,91
8 622,66	9 422,66	399 059,19	2 712,94	2 965,58	2 722,94	2 975,58	2 986,77	3 281,50	5 396,00	1,75	0,92	0,91	0,92	0,91
8 124,19	8 944,19	408 003,38	2 561,53	2 808,48	2 565,53	2 824,48	2 797,12	3 111,23	5 122,00	1,75	0,91	0,91	0,91	0,90
9 639,12	10 479,12	418 482,50	3 036,93	3 290,20	3 043,93	3 290,20	3 358,26	3 679,73	6 001,00	1,75	0,92	0,92	0,92	0,91
8 626,47	9 506,47	427 988,98	2 717,15	2 993,04	2 724,15	3 002,04	2 985,17	3 311,39	5 444,00	1,75	0,91	0,91	0,91	0,91

Продовження таблиці 3.4

Глиноподібна порода															
14 376,00	15 216,00	441 577,43	4 531,79	4 789,05	4 539,79	4 805,05	5 104,42	5 421,89	5 726,00	2,37	0,94	0,95	0,94	0,94	0,94
15 405,00	16 280,00	453 537,93	4 846,74	5 131,05	4 864,74	5 141,05	5 493,53	5 807,89	5 040,00	2,37	0,95	0,94	0,95	0,95	0,95
14 379,00	15 289,00	467 097,91	4 533,74	4 808,11	4 540,74	4 828,11	5 104,53	5 452,79	5 714,00	2,37	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
15 362,00	16 307,00	479 976,81	4 850,16	5 145,58	4 851,16	5 149,58	5 460,68	5 811,84	5 427,00	2,37	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
14 652,00	15 639,00	493 202,18	4 616,95	4 930,42	4 626,95	4 936,42	5 208,11	5 565,16	5 573,00	2,37	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
15 288,00	16 305,00	507 277,12	4 814,79	5 146,32	4 827,79	5 148,32	5 445,42	5 808,37	5 931,00	2,37	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
14 777,00	15 827,00	521 570,39	4 659,42	4 981,00	4 666,42	4 998,00	5 251,16	5 648,00	6 023,00	2,37	0,93	0,94	0,93	0,93	0,93
14 046,00	15 131,00	533 666,16	4 430,58	4 773,21	4 435,58	4 778,21	4 979,84	5 379,58	5 097,00	2,37	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
15 020,00	16 140,00	547 954,68	4 743,16	5 096,84	4 743,16	5 096,84	5 333,68	5 746,32	6 021,00	2,37	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92
14 242,00	15 397,00	561 035,29	4 495,47	4 853,21	4 497,47	4 862,21	5 049,05	5 481,58	5 512,00	2,37	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
15 046,00	16 236,00	575 679,78	4 749,37	5 110,16	4 751,37	5 127,16	5 345,26	5 798,68	6 171,00	2,37	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92
14 956,00	16 181,00	589 431,98	4 708,95	5 098,79	4 722,95	5 109,79	5 324,11	5 772,42	5 795,00	2,37	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
14 647,00	15 907,00	601 670,14	4 610,37	5 019,26	4 625,37	5 023,26	5 211,26	5 664,47	5 157,00	2,37	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
15 071,00	16 366,00	615 718,98	4 759,26	5 166,21	4 759,26	5 168,21	5 352,47	5 831,58	5 920,00	2,37	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
14 039,00	15 369,00	629 525,76	4 428,37	4 834,37	4 433,37	4 833,37	4 977,26	5 481,26	5 818,00	2,37	0,91	0,92	0,91	0,91	0,91
14 834,00	16 199,00	642 708,41	4 678,42	5 106,47	4 684,42	5 115,47	5 271,16	5 777,05	5 555,00	2,37	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91
14 726,00	16 126,00	655 240,83	4 648,32	5 090,42	4 650,32	5 092,42	5 227,37	5 743,16	5 281,00	2,37	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
14 000,00	15 435,00	667 334,22	4 418,05	4 862,21	4 421,05	4 874,21	4 960,89	5 498,58	5 096,00	2,37	0,91	0,91	0,91	0,91	0,90
13 972,00	15 442,00	681 164,74	4 406,21	4 861,42	4 412,21	4 876,42	4 953,58	5 504,16	5 828,00	2,37	0,91	0,90	0,91	0,90	0,90
13 646,00	15 186,00	695 310,88	4 309,26	4 783,58	4 309,26	4 795,58	4 827,47	5 406,84	5 961,00	2,37	0,90	0,90	0,90	0,90	0,89
Піскоподібна порода															
18 752,00	19 712,00	710 793,88	5 867,68	6 175,84	5 921,68	6 224,84	6 722,63	7 111,32	5 161,00	3,00	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
19 451,00	20 451,00	727 560,88	6 138,42	6 454,21	6 142,42	6 458,21	6 970,16	7 338,58	5 589,00	3,00	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
18 727,00	19 767,00	744 162,88	5 906,79	6 238,21	5 913,79	6 242,21	6 706,42	7 086,58	5 534,00	3,00	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
19 188,00	20 268,00	762 495,88	6 043,37	6 396,42	6 059,37	6 400,42	6 885,26	7 271,16	6 111,00	3,00	0,95	0,94	0,95	0,95	0,95
19 431,00	20 551,00	779 790,88	6 133,11	6 484,79	6 136,11	6 489,79	6 961,79	7 376,42	5 765,00	3,00	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94
19 258,00	20 418,00	795 831,88	6 064,47	6 434,79	6 081,47	6 447,79	6 912,05	7 335,42	5 347,00	3,00	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
19 442,00	20 642,00	812 097,88	6 123,58	6 506,53	6 139,58	6 518,53	6 978,84	7 416,95	5 422,00	3,00	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
18 694,00	19 934,00	829 929,88	5 883,37	6 285,95	5 903,37	6 294,95	6 707,26	7 153,11	5 944,00	3,00	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
19 250,00	20 530,00	848 310,88	6 075,95	6 479,16	6 078,95	6 483,16	6 895,11	7 367,68	5 727,00	3,00	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93
19 243,00	20 563,00	865 494,88	6 062,74	6 479,58	6 076,74	6 493,58	6 903,53	7 389,84	5 786,00	3,00	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93
19 303,00	20 663,00	882 852,88	6 090,68	6 517,16	6 095,68	6 525,16	6 916,63	7 420,68	5 786,00	3,00	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
18 686,00	20 086,00	900 072,88	5 899,84	6 324,95	5 900,84	6 342,95	6 685,32	7 218,11	5 740,00	3,00	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
19 138,00	20 578,00	916 560,88	6 038,58	6 495,32	6 043,58	6 498,32	6 855,84	7 384,37	5 496,00	3,00	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
17 968,00	19 448,00	931 956,88	5 664,11	6 141,47	5 674,11	6 141,47	6 429,79	6 965,05	5 132,00	3,00	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
18 708,00	20 228,00	949 398,88	5 901,79	6 376,79	5 907,79	6 387,79	6 698,42	7 263,42	5 814,00	3,00	0,92	0,93	0,92	0,92	0,92
19 009,00	20 569,00	964 494,88	5 983,84	6 491,47	6 002,84	6 495,47	6 822,32	7 382,05	5 032,00	3,00	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
18 154,00	19 754,00	982 233,88	5 727,84	6 236,11	5 732,84	6 238,11	6 493,32	7 079,79	5 913,00	3,00	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
18 857,00	20 497,00	997 668,88	5 945,84	6 452,74	5 954,84	6 472,74	6 756,32	7 371,53	5 145,00	3,00	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
18 972,00	20 652,00	1 015 008,88	5 972,16	6 521,68	5 991,16	6 521,68	6 808,68	7 408,63	5 780,00	3,00	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
17 793,00	19 553,00	1 031 379,88	5 612,84	6 160,63	5 618,84	6 174,63	6 361,32	7 017,74	5 457,00	3,00	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91

Проаналізуємо таблицю 3.4 ми спостерігаємо як при зміні коефіцієнта питомого споживання за добу, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ відносно певної розрахункової соживаної енергії з таблиці 3.2 для кожного із випадків. Бачимо що при збільшені коефіцієнт питомого електроспоживання, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{тис. м}^3$ збільшується пропорційно споживання енергії, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{доб}$. Виведем графік для всіх видів породи продуктивності відносно коефіцієнта корисної дії загального лічильника рисунок 3.2-3.5.

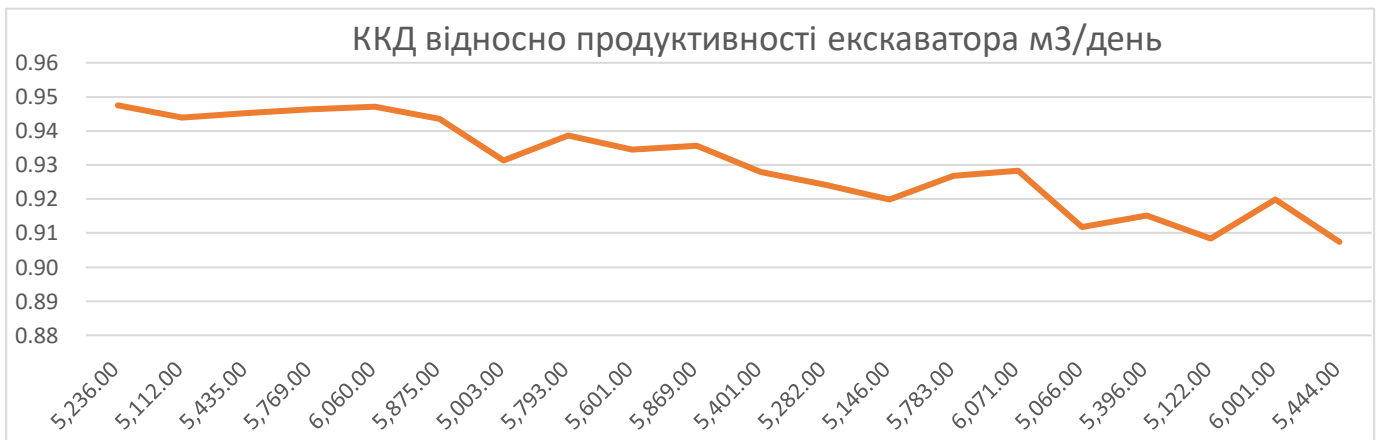


Рисунок 3.3 – ККД відносно фактичної продуктивності екскаватора $\text{м}^3/\text{день}$ для гранітоподібної породи

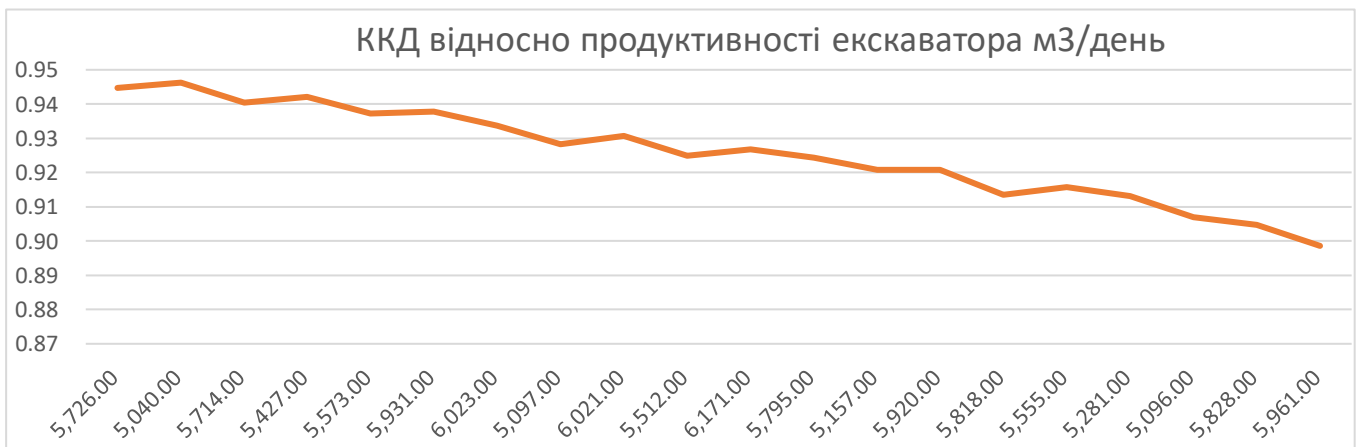


Рисунок 3.4 – ККД відносно фактичної продуктивності екскаватора $\text{м}^3/\text{день}$ для глиноподібної породи

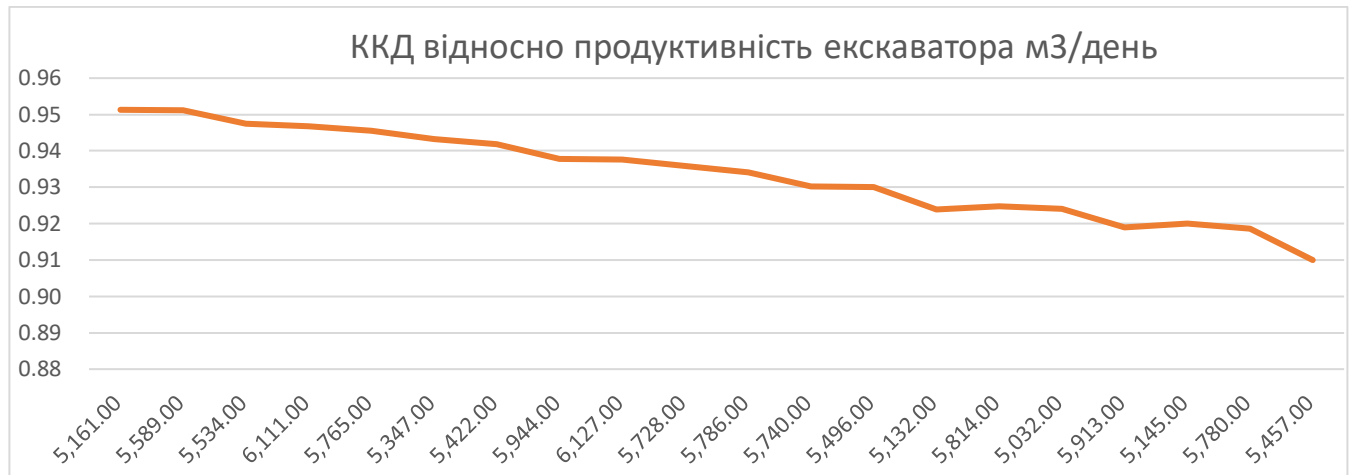


Рисунок 3.5 – ККД відносно фактичної продуктивності екскаватора $\text{м}^3/\text{день}$ для піскоподібної породи

Проаналізувавши графіки ми можемо побачити закономірність, що з тривалою роботою електропривода зменшується його значення ККД. За допомогою цих графіків ми бачимо відношення фактичного до розрахункового значення ККД кожного електроприводу і це дає нам можливість дослідити ефективність ремонтно-планово попереджувальних робіт та запропонувати покращений варіант прогнозування ремонтних робіт. Прогнозування ремонтних робіт електроприводу має забезпечити зменшення кількості годин витрачених на ремонтні роботи що в цілкому вплине на ефективність самого екскаватору зменшить кількість простоїв. Щоб підтвердити дане дослідження проведемо моделювання в наступному розділі.

4 ПЕРЕВІРКА РОБОТОЗДАТНОСТІ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Електродвигуни з'явилися досить давно, але великий інтерес до них виник тоді, коли вони стали являти собою альтернативу двигунам внутрішнього згорання. Особливо цікавою є характеристика коефіцієнта корисної дії (ККД) електродвигуна, яка є однією з головних його характеристик [11].

Кожна система має свій коефіцієнт корисної дії, який характеризує ефективність її роботи в цілому. Цей параметр показує наскільки добре система чи пристрій перетворює енергію. В загальному ККД системи визначається за формулою:

$$\eta = \frac{A_k}{A_z} 100\%, \quad (4.1)$$

де A_k - корисна робота, яку виконує система, Дж;

A_z - затрачена робота, Дж.

Для електричних систем ККД можна визначити за формулою:

$$\eta = \frac{S_k}{S_z} 100\%, \quad (4.2)$$

де S_k - корисна робота, яку виконує система, ВА;

S_z - затрачена робота, ВА.

4.1 Комп'ютерне моделювання роботи екскаватора

Проводемо розрахунок електроприводу для подальшого моделювання.

Наведемо розрахунок генератора постійного струму, записуємо такі вхідні данні до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вхідні данні генератора постійного струму

Назва	Позначення	Значення
Номінальна потужність	P _n	1000000 Вт
Номінальний струм якоря генератора	I _n	1100 А
Номінальна напруга генератора	U _n	900 В
Номінальна швидкість обертання	n _n	1000 об/хв
Опір обмотки якоря	R _a	0,00825 Ом
Опір додаткових полюсів	R _d	0,00185 Ом
Опір компенсаційної обмотки	R _{ko}	0,00465 Ом
Опір обмотки збудження	R _f	2,38 Ом
Напруга збудження	U _f	110 В
Струм збудження	I _f	28 А
Магнітний потік	k _f	0,1006 Вб
Момент інерції	J _g	60 кг·м ²
Кількість головних полюсів	p	4
Номінальний ККД	η _n	94,9 %
Коефіцієнт компенсаційної обмотки	k	0,22

Кутова швидкість обертання двигуна:

$$\omega_n = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot n_n = 104,72 \text{ (рад/с)}. \quad (4.3)$$

Індуктивність обмотки якоря визначається відповідно до формули:

$$L_a = k \cdot \frac{U_n}{I_n} \cdot \frac{1}{p \cdot \omega_n} = 0,0004297 \text{ (Гн)}. \quad (4.4)$$

Сумарний опір визначається:

$$R_{\text{sum}} = R_a + R_d + R_{ko} = 0,015 \text{ (Ом)}. \quad (4.5)$$

Коефіцієнт пропорційності:

$$KF_n = kf \cdot p = 0,402. \quad (4.6)$$

Номінальний момент двигуна:

$$M_n = KF_n \cdot I_n = 442,64 \text{ (Н·м)}. \quad (4.7)$$

Допустиме перевантажувальне значення струму:

$$I_{\text{dop}} = 2,5 \cdot I_n = 2750 \text{ (А)}. \quad (4.8)$$

Допустимий опір:

$$R_p = \frac{U_n}{I_{\text{dop}}} = 0,327 \text{ (Ом)}. \quad (4.9)$$

Сталу часу обмотки збудження визначаємо за формулою:

$$T_f = \sqrt{\frac{P_n}{n_n \cdot (2 \cdot p)^2}} = 3,953 \text{ (с)}. \quad (4.10)$$

Електромагнітна стала часу якінного кола:

$$T_e = \frac{L_a}{R_{\text{sum}}} = 0,029 \text{ (с)}. \quad (4.11)$$

Наведемо розрахунок двигуна постійного струму, записуємо такі вхідні данні до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вхідні данні двигуна постійного струму

Назва	Позначення	Значення
Номінальна потужність	P_n	450000 Вт
Номінальний струм якоря генератора	I_n	1090 А
Номінальна напруга генератора	U_n	440 В
Номінальна швидкість обертання	n_n	1100 об/хв
Опір обмотки якоря	R_a	0,0055 Ом
Опір додаткових полюсів	R_d	0,0013 Ом
Опір компенсаційної обмотки	R_{ko}	0,00443 Ом
Напруга збудження	U_f	110 В
Струм збудження	I_f	22,1 А
Момент інерції	J_g	30 кг·м ²
Кількість головних полюсів	p	4
Номінальний ККД	η_n	94,9 %
Коефіцієнт компенсаційної обмотки	k	0,22

Кутова швидкість обертання двигуна:

$$\omega_n = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot n_n = 115,192 \text{ (рад / с)}. \quad (4.12)$$

Індуктивність обмотки якоря визначається відповідно до формули:

$$L_a = k \cdot \frac{U_n}{I_n} \cdot \frac{1}{p \cdot \omega_n} = 0,0001927 \text{ (Гн)}. \quad (4.13)$$

Сумарний опір визначається:

$$R_{\text{sum}} = R_a + R_d + R_{ko} = 0,011 \text{ (Ом)}. \quad (4.14)$$

Коефіцієнт пропорційності:

$$KF_n = \frac{U_n - I_n \cdot R_{\text{sum}}}{\omega_n} = 3,713. \quad (4.15)$$

Номінальний момент двигуна:

$$M_n = KF_n \cdot I_n = 4048 \text{ (Н·м)}. \quad (4.16)$$

Допустиме перевантажувальне значення струму:

$$I_{\text{dop}} = 2,5 \cdot I_n = 2725 \text{ (А)}. \quad (4.17)$$

Допустимий опір:

$$R_p = \frac{U_n}{I_{\text{dop}}} = 0,161 \text{ (Ом)}. \quad (4.18)$$

Сталу часу обмотки збудження визначаємо за формулою:

$$T_f = \sqrt{\frac{P_n}{n_n \cdot (2 \cdot p)^2}} = 2,528 \text{ (с)}. \quad (4.19)$$

Електромагнітна стала часу якірного кола:

$$T_e = \frac{L_a}{R_{\text{sum}}} = 0,017 \text{ (с)}. \quad (4.20)$$

Проведемо моделювання в системі Scilab.

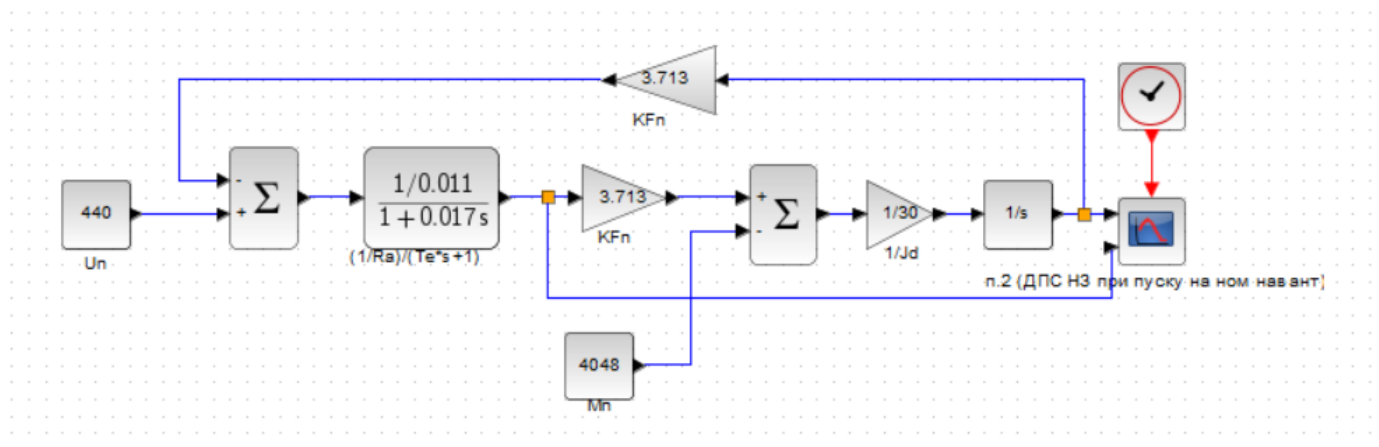


Рисунок 4.1 – Схема моделювання двигуна постійного струму

Верхній графік на рисунку 4.1 та 4.2 це швидкість, а нижній це струм.

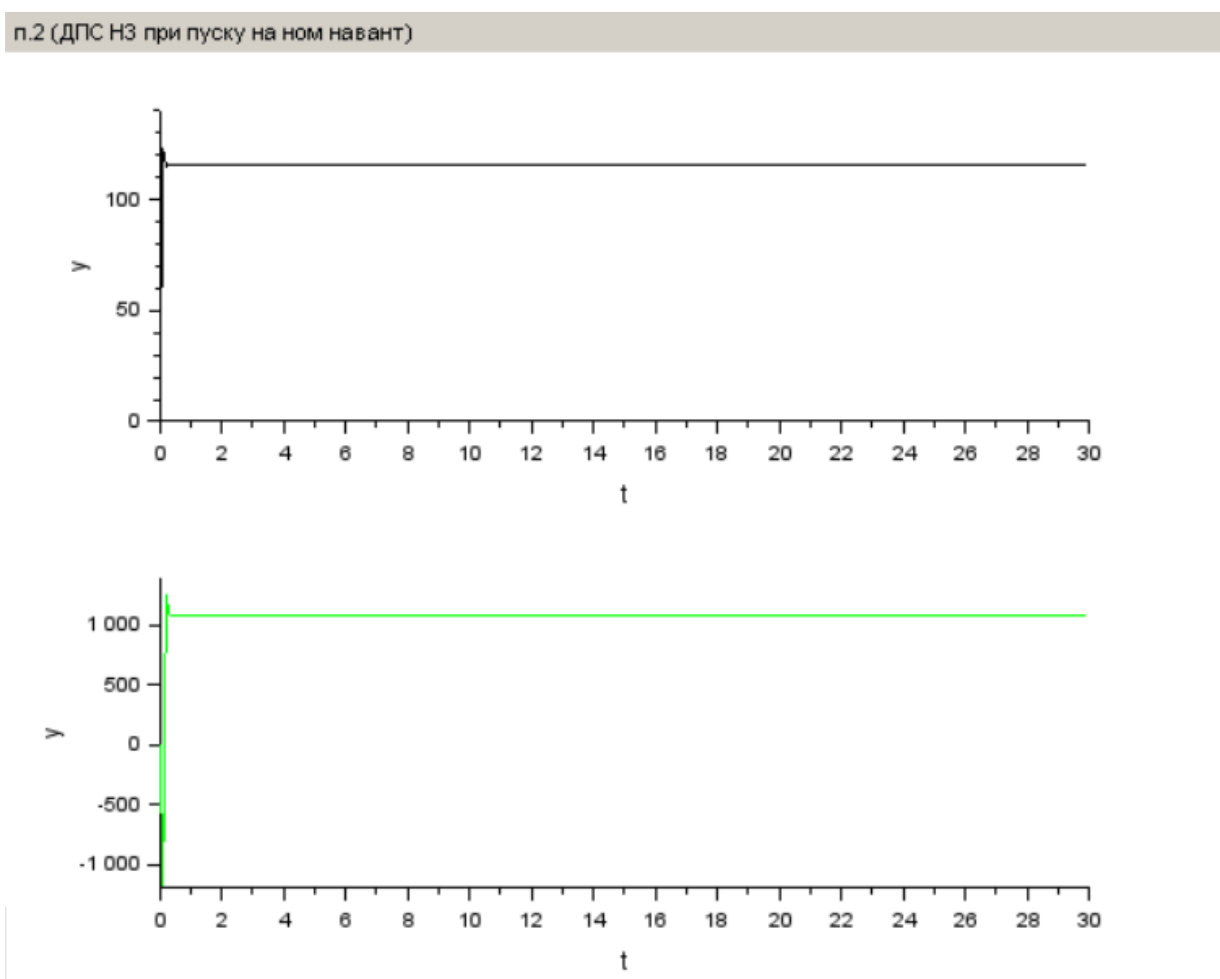


Рисунок 4.2 – Графіки моделювання двигуна постійного струму

На рисунку 4.2 позначено: а – потужність; б – момент.

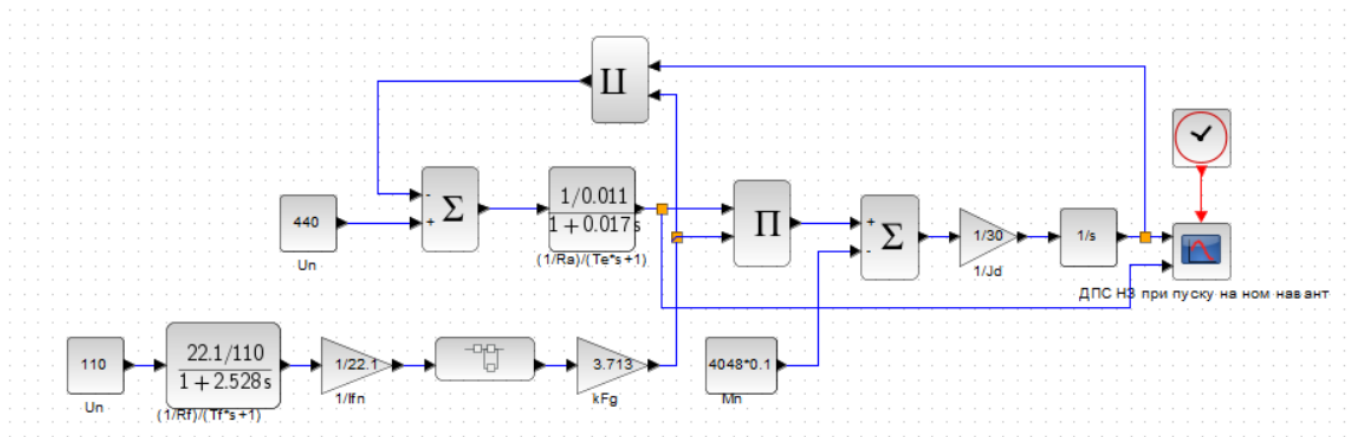


Рисунок 4.3 – Схема моделювання двигун постійного струму з обмоткою збудження

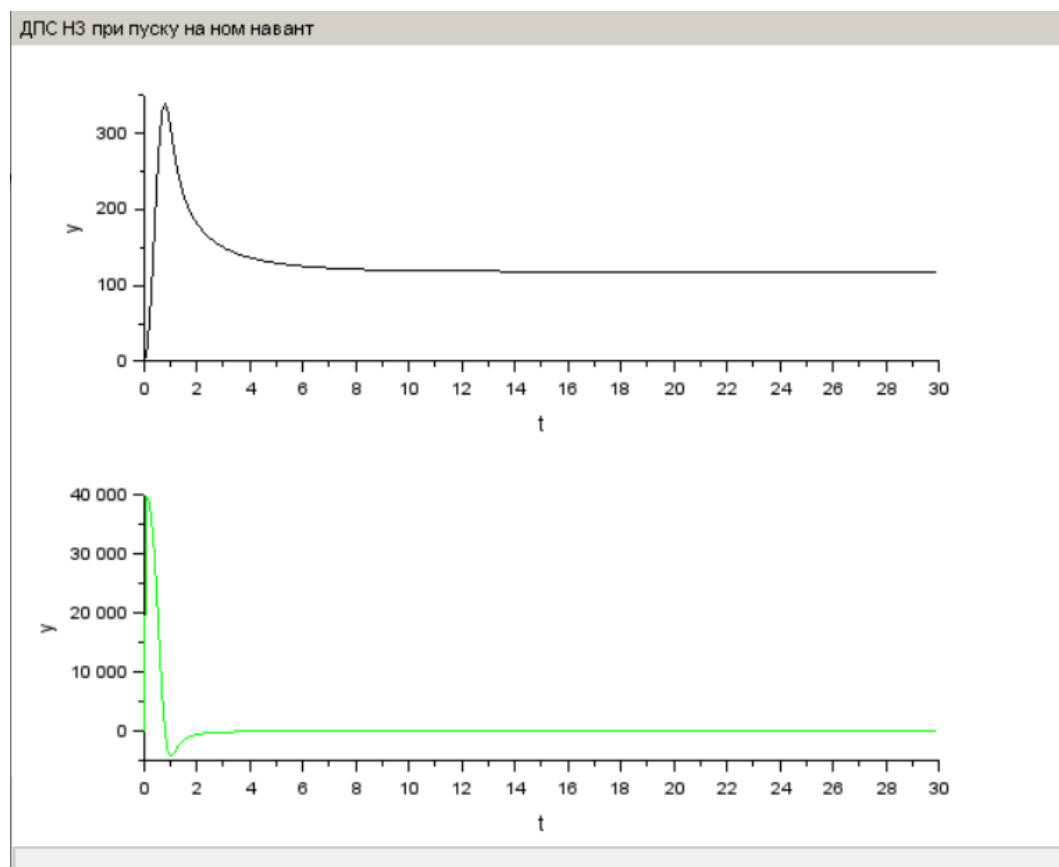


Рисунок 4.4 – Графіки моделювання двигун постійного струму з обмоткою збудження

З даної моделі отримали коефіцієнт корисної дії екскаватора що при довготривалій роботі він буде погіршувати надалі запишемо ці умови. В залежності яке буде навантаження екскаватора і режим роботи буде змінюватися ККД [10].

Знайдемо механічну потужність двигуна на рисунку 4.5 представимо її модель.

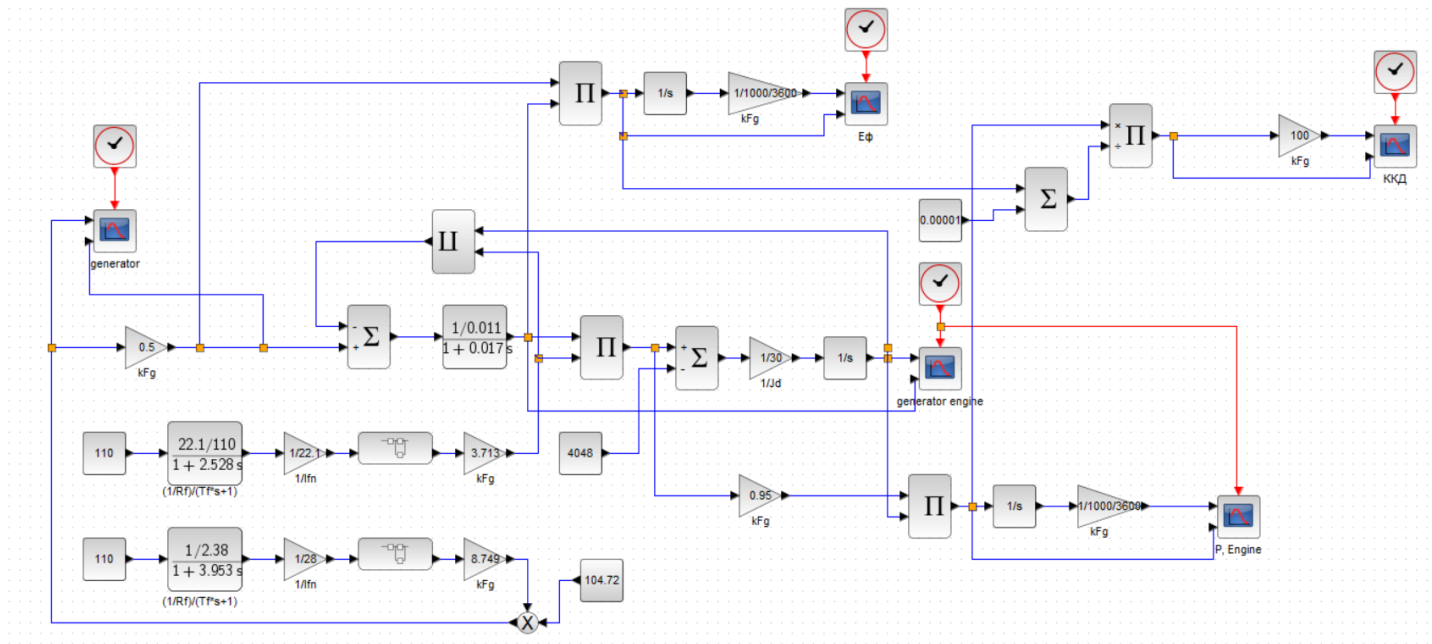


Рисунок 4.5 – Схема моделювання системи генератор-двигун постійного струму

Виведемо графік генератора постійного струму спожитої потужності за одну годину на рисунку 4.6.

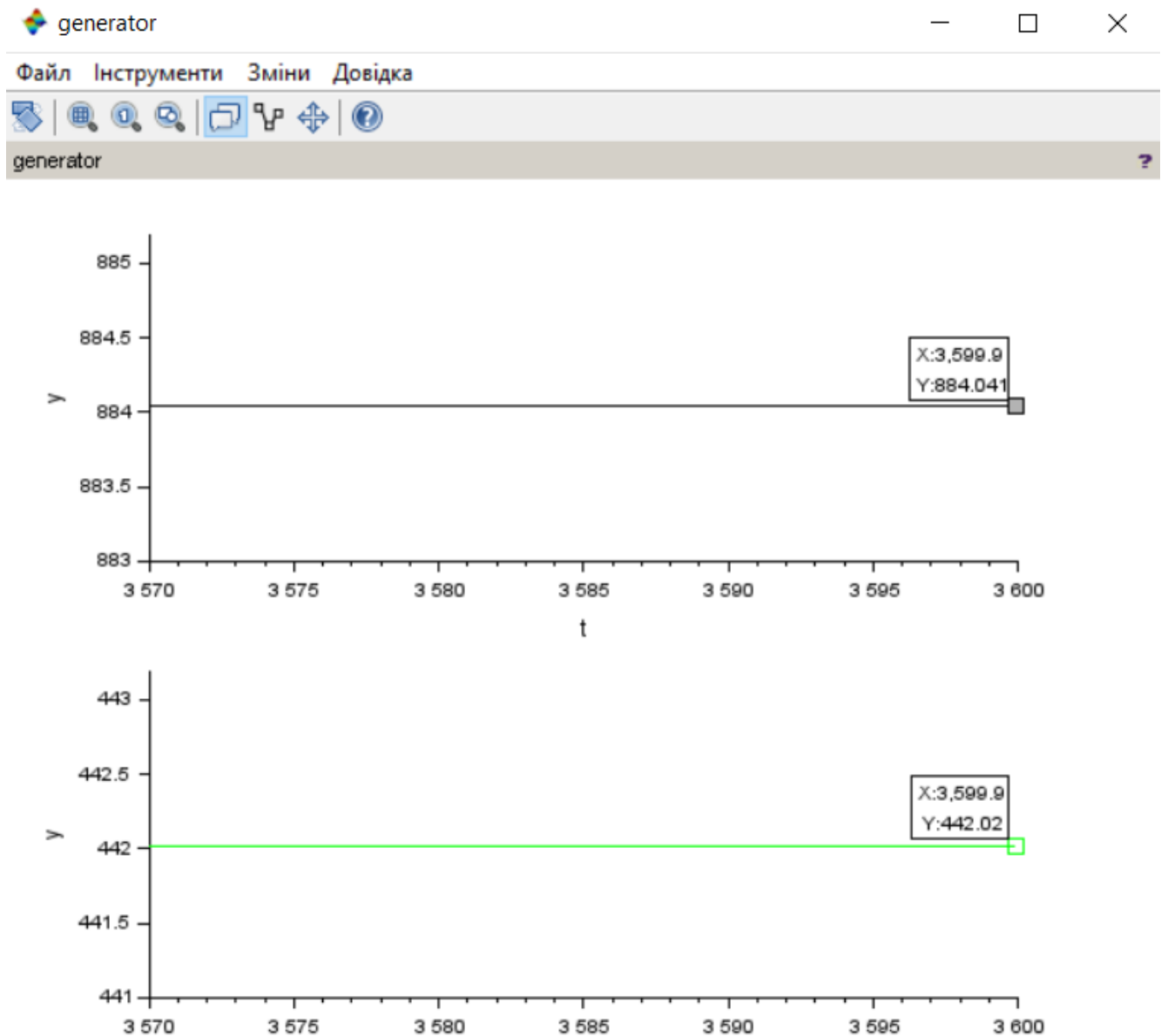


Рисунок 4.6 – Графіки блоку генератор з потужністю

Покажемо графік блоку generator engine на рисунку 4.7 та покажемо механічну потужність за одну годину на рисунку 4.8.

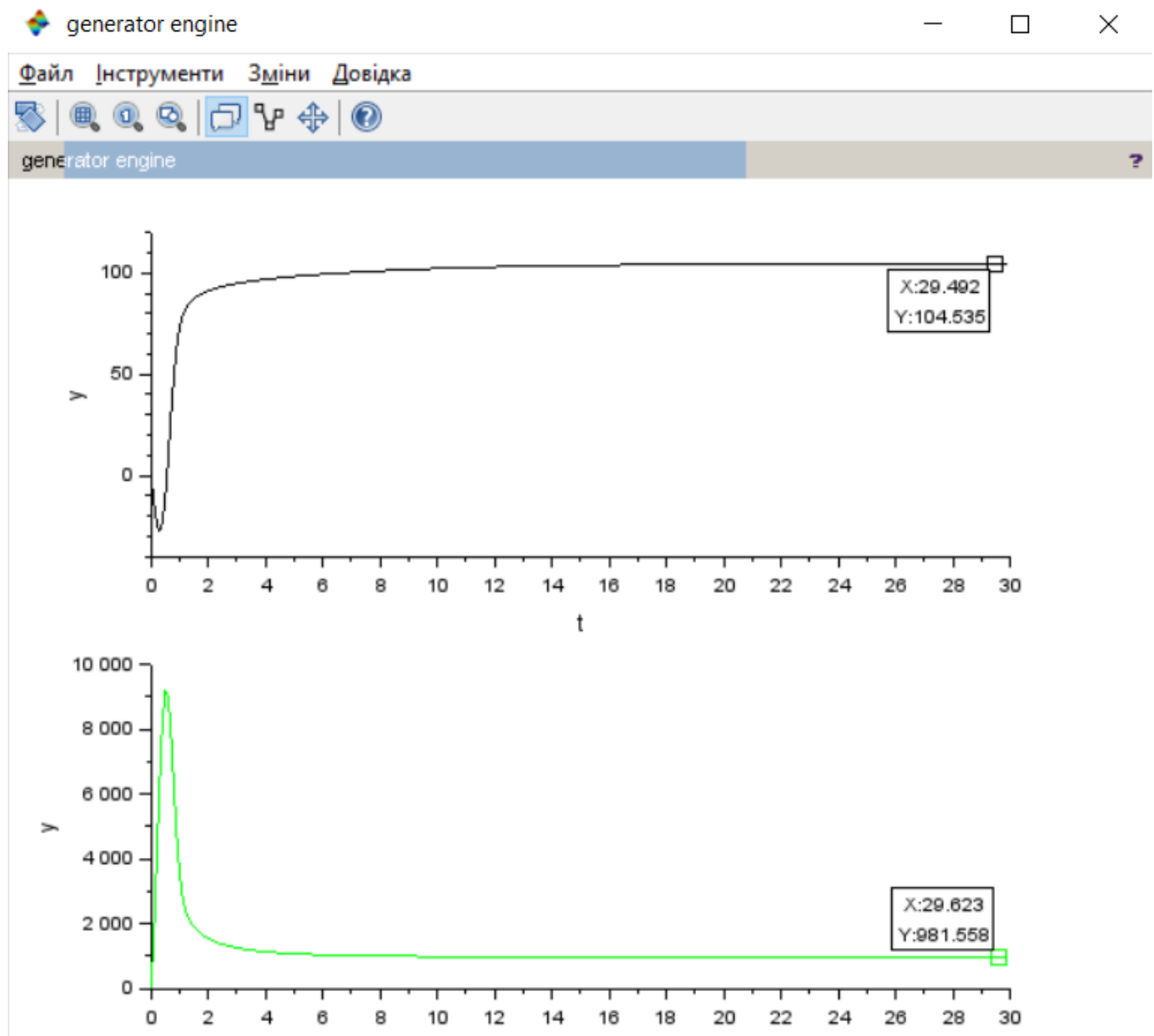


Рисунок 4.7 – Графіки блоку generator engine з кутова швидкість обертання двигуна та струмом

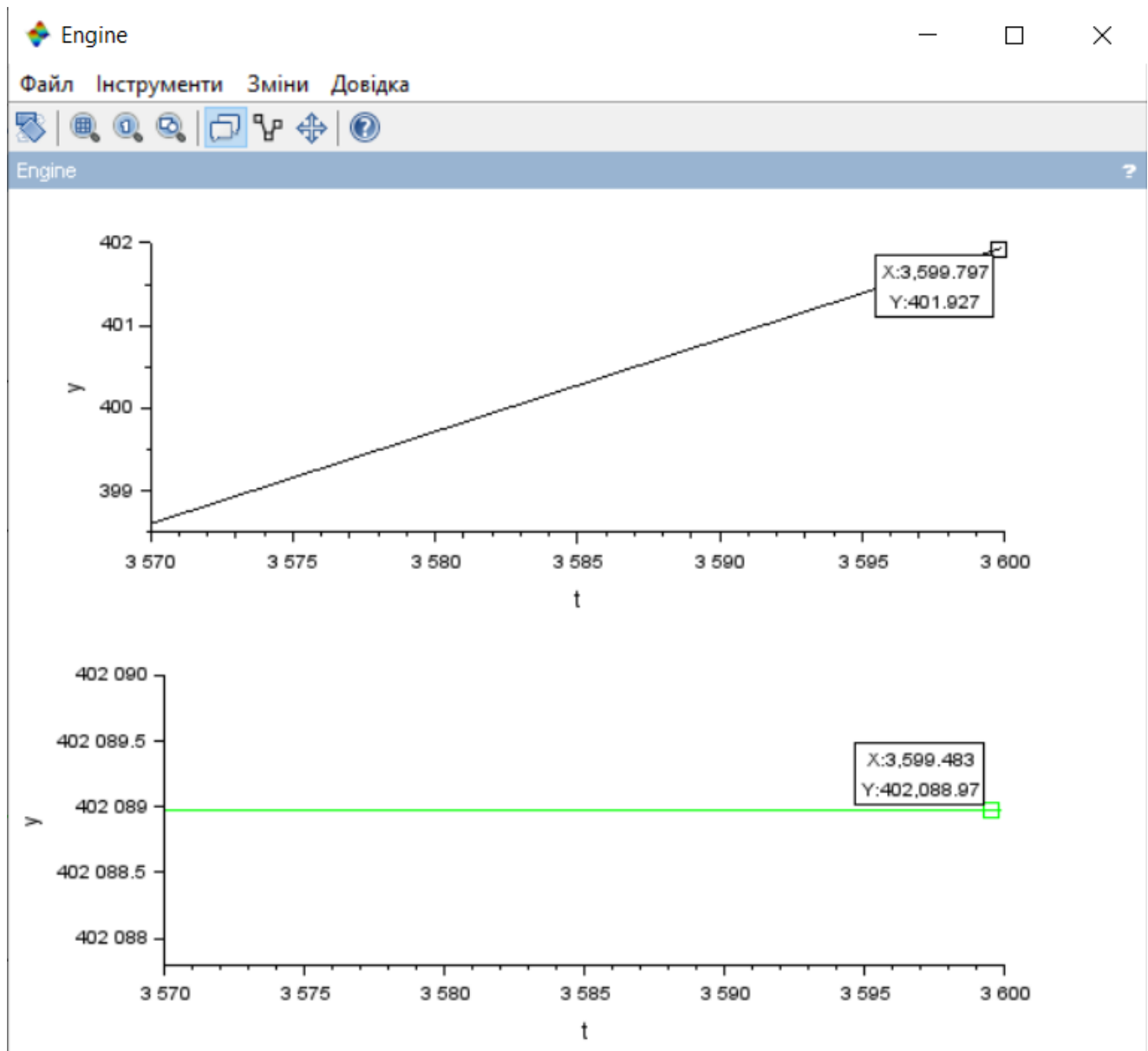


Рисунок 4.8 – Графіки блоку engine показує механічну потужність за одну годину

Знайшовши механічну потужність двигуна можна знайти електричну потужність E_f це лічильник покажемо її на рисунку 4.9 [11].

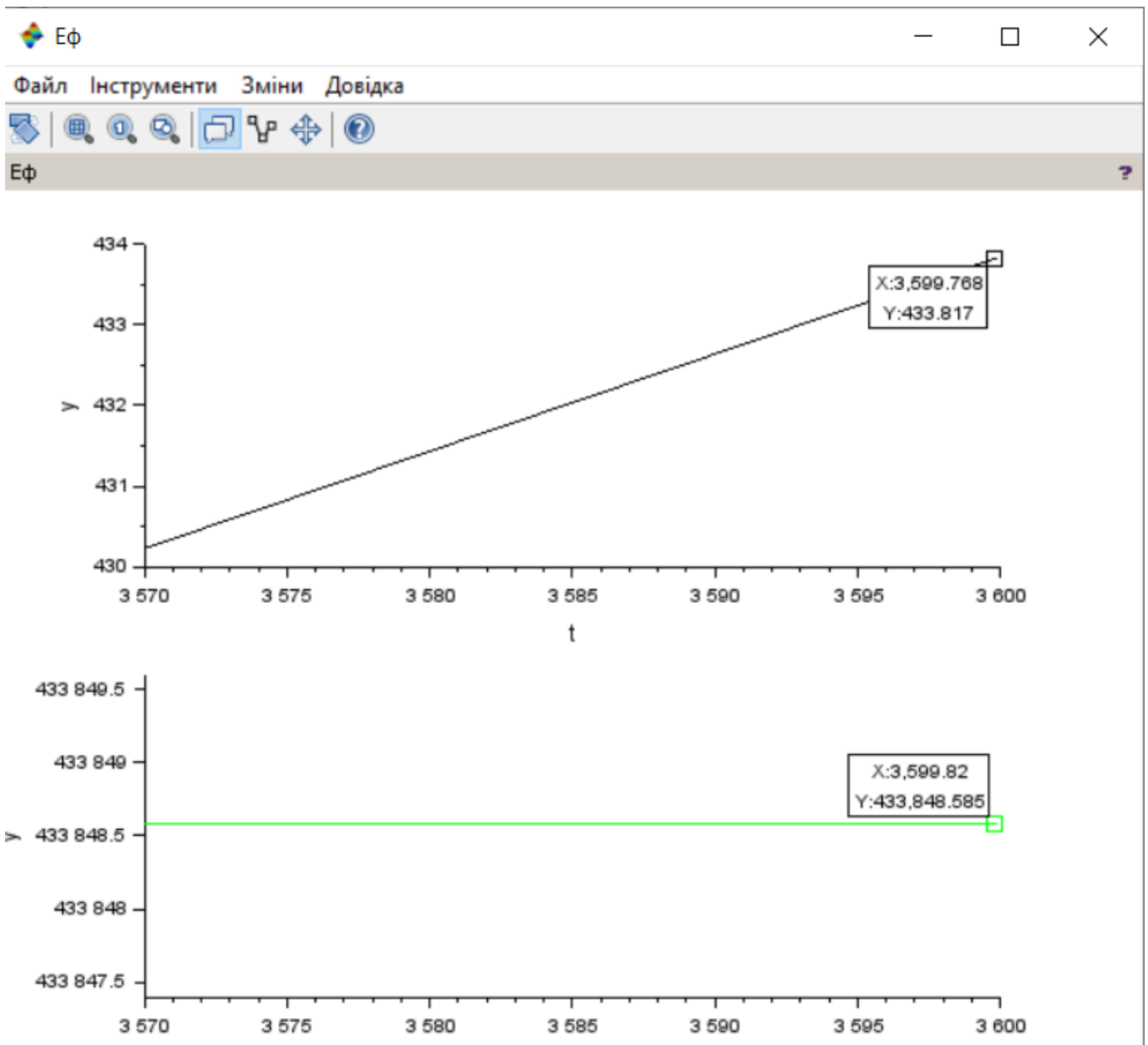


Рисунок 4.9 – Графіки блоку Еф показує електричну потужність за одну годину

Покажемо графік загального ККД системи на рисунку 4.10.

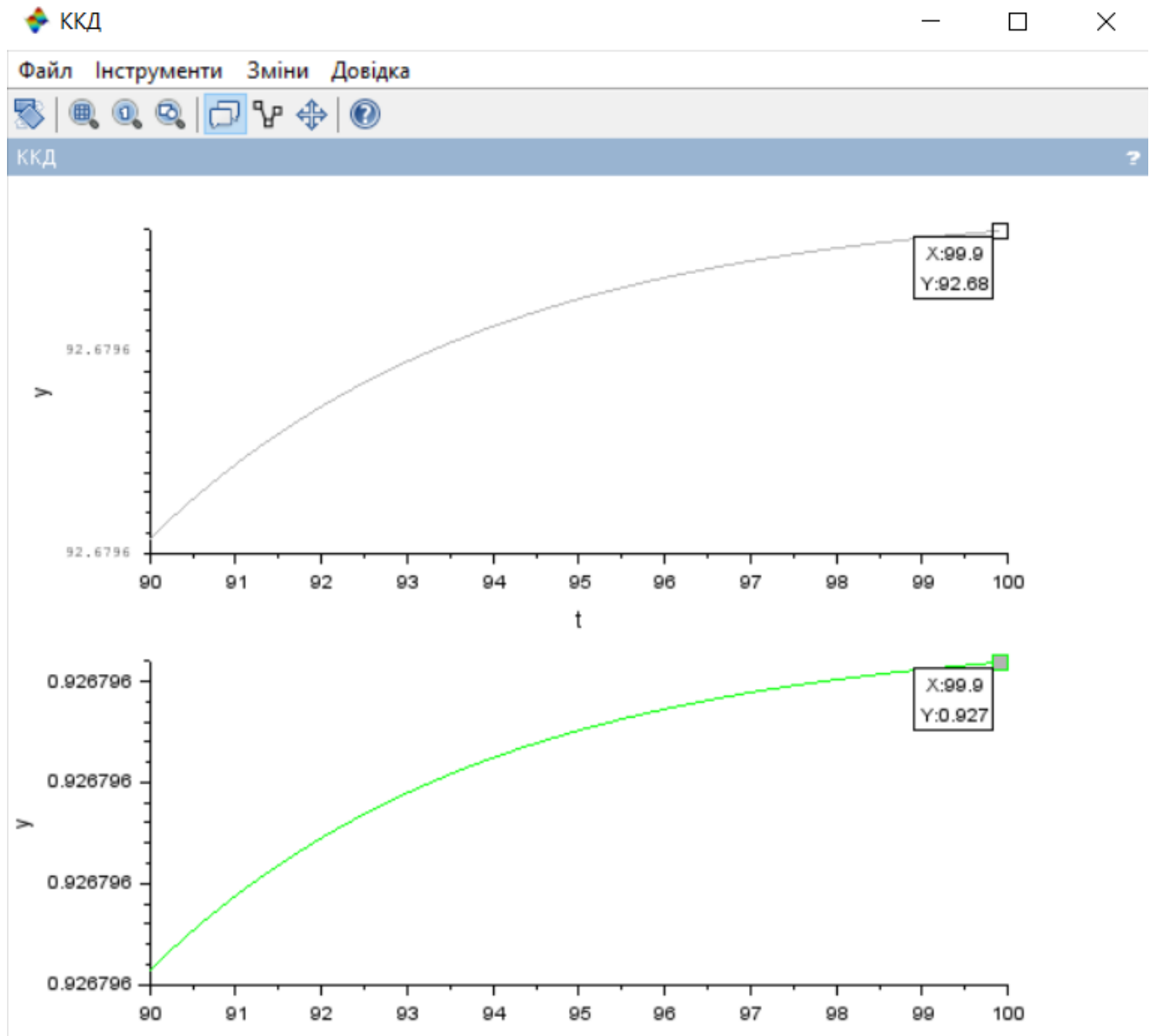


Рисунок 4.10 – Графіки блоку ККД показує коефіцієнт корисної дії в одиницях та відсотках

З графіків видно що коефіцієнт корисної дії залежить від нашого навантаження.

Проведемо моделювання з різними навантаженнями.

Покажемо графік блоку generator engine на рисунку 4.11 та покажемо механічну потужність за одну годину при різних навантаженнях на рисунку 4.12.

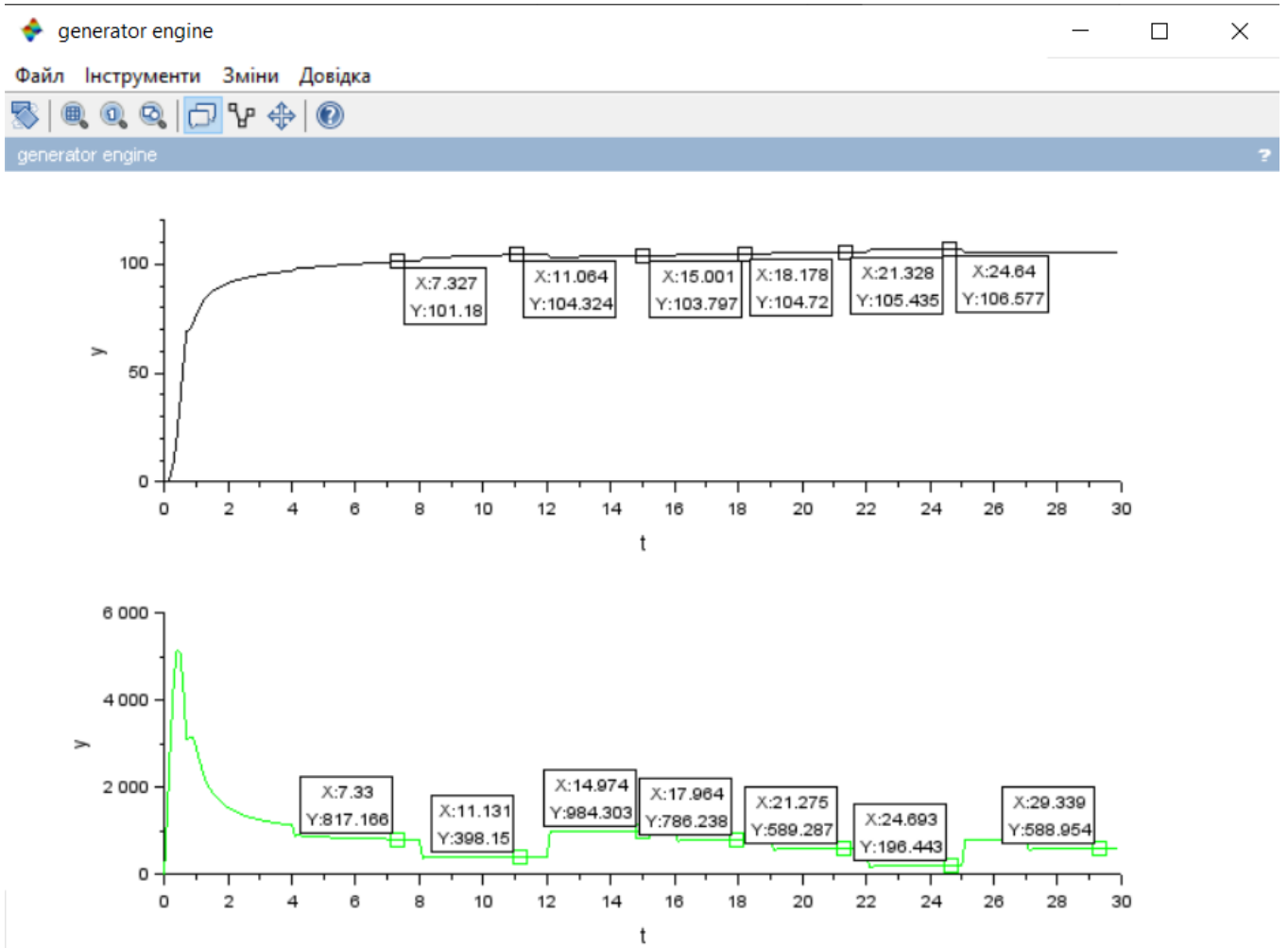


Рисунок 4.11 – Графіки блоку generator engine з кутова швидкість обертання двигуна та струмом із різними навантаженнями

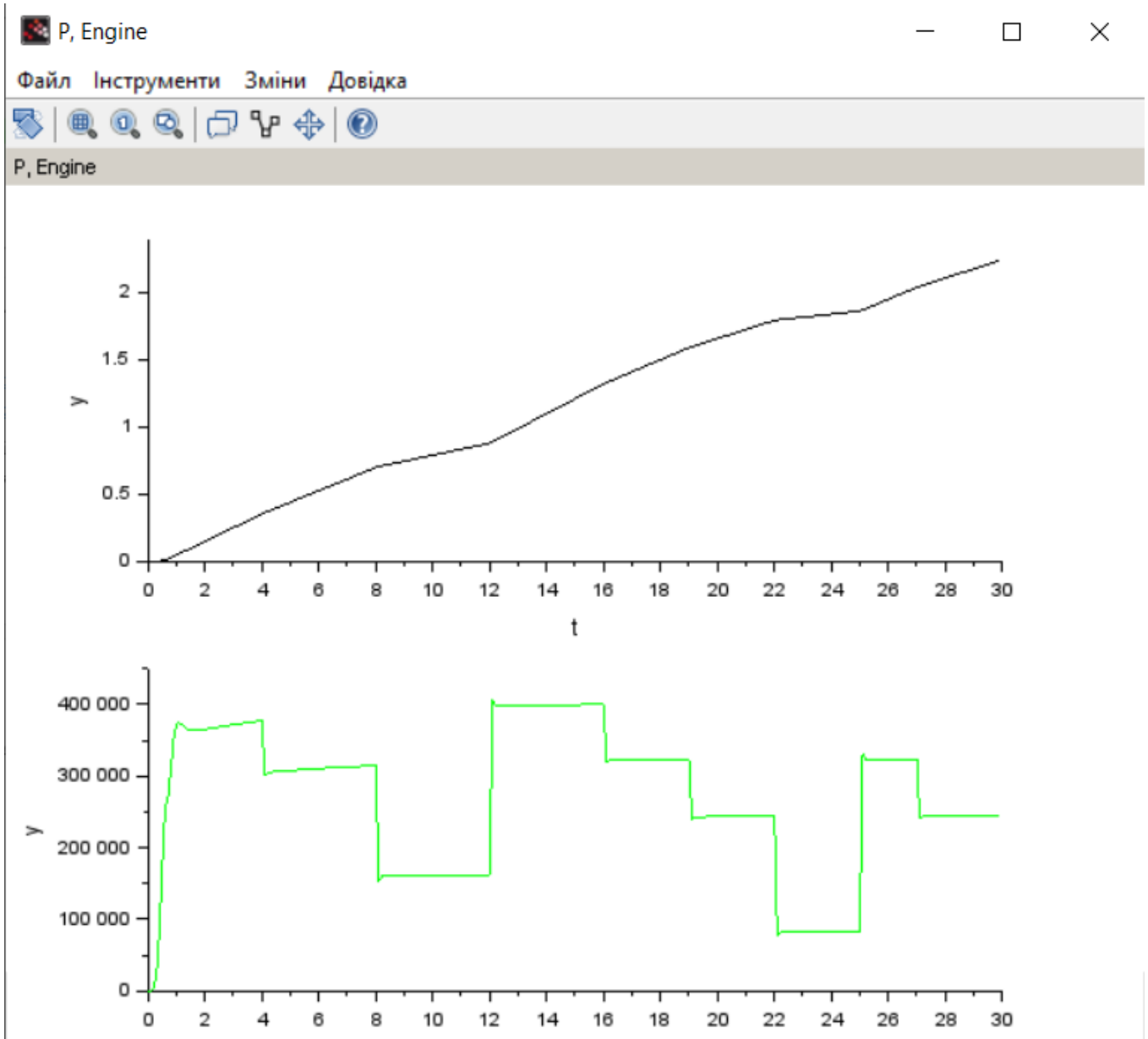


Рисунок 4.12 – Графіки блоку engine показує механічну потужність за одну годину із різними навантаженнями

Знайшовши механічну потужність двигуна можна знайти електричну потужність E_f при різних навантаженнях на рисунку 4.13.

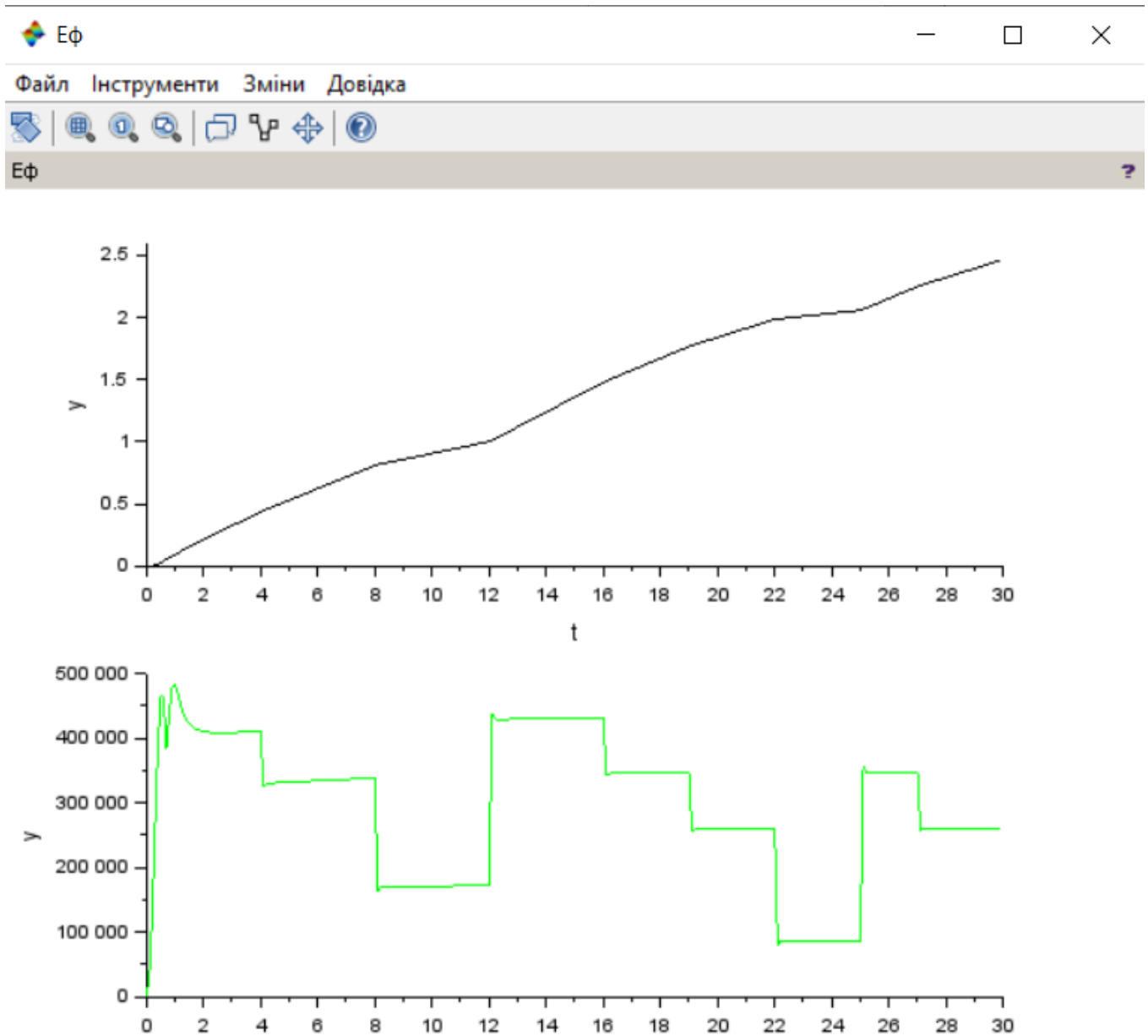


Рисунок 4.13 – Графіки блоку Еф показує електричну потужність за одну годину із різними навантаженнями

Покажемо графік загального ККД при різних навантаженнях системи на рисунку 4.14.

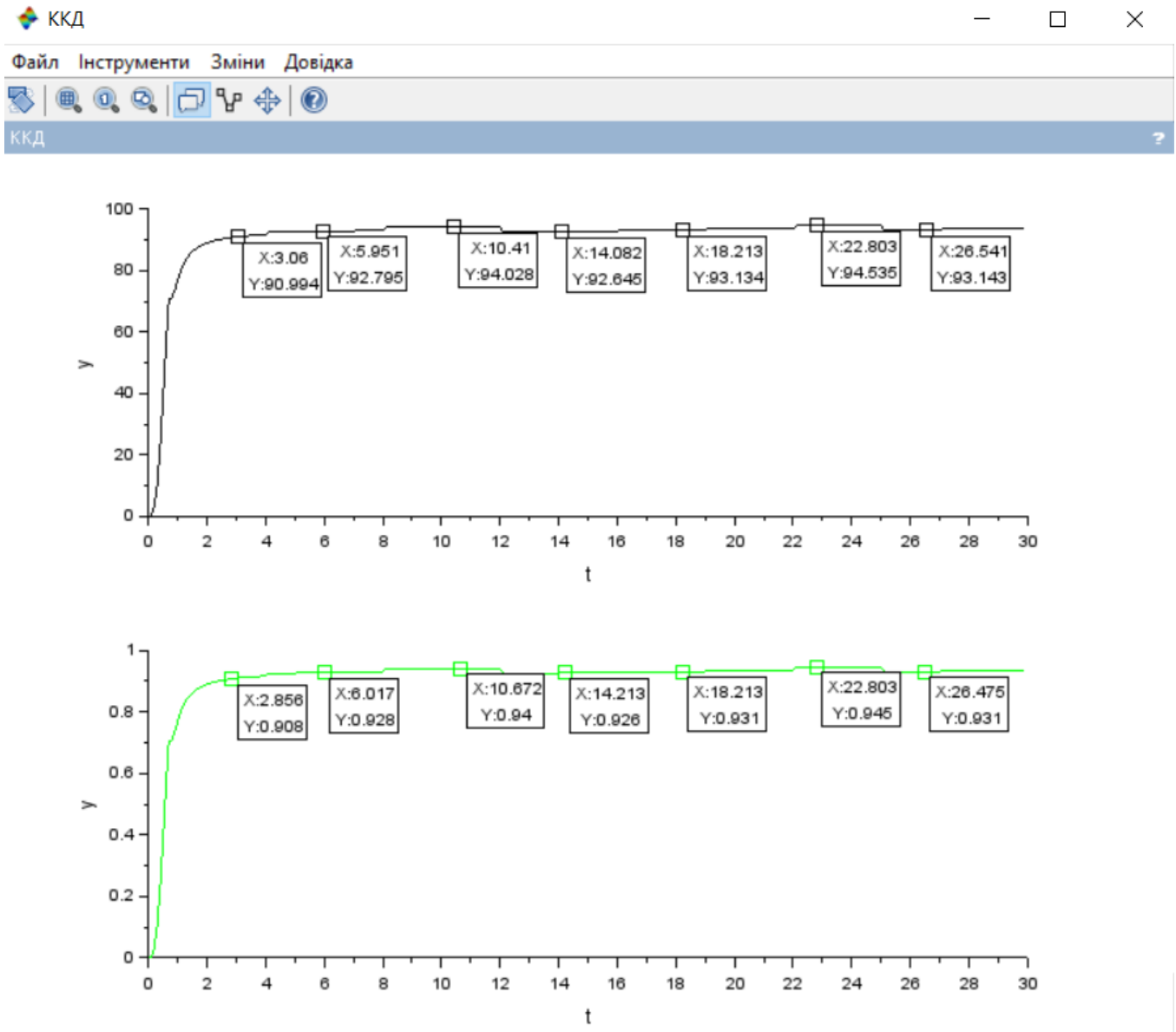


Рисунок 4.14 – Графіки блоку ККД показує коефіцієнт корисної дії в одиницях та відсотках із різними навантаженнями

З графіків видно що коефіцієнт корисної дії залежить від нашого змінного навантаження.

4.2 Алгоритм роботи системи діагностування екскаватора

Вводимо показник енерго ефективності електроприводів екскаватора рисунок 4.15.

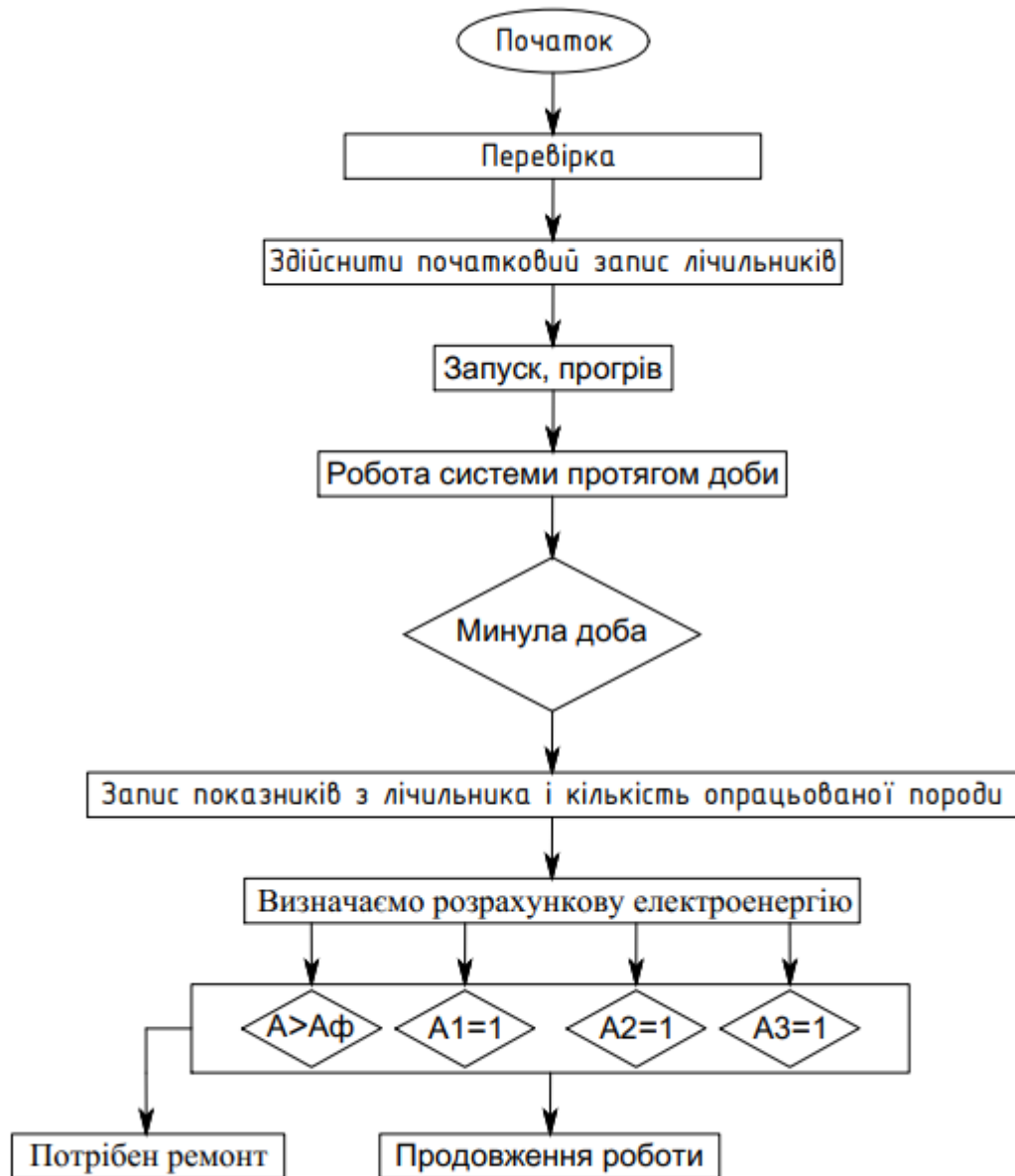


Рисунок 4.15 – Структурна схема алгоритму роботи

Якщо $AVA1VA2VA3 \rightarrow$ робочий режим, інакше аварія.

Зробимо перевірку розрахункового значення ККД. Якщо хоч би один із коефіцієнтів корисної дії менший за значення $\eta_{\min} = 0,8$ то можна ще працювати але бажано готуватися до ремонту. Якщо мінімальне значення опускається до $\eta_{\text{ремонт}} = 0,7$ то вже потрібен ремонт, якщо менше за $\eta_{\text{аварія}} = 0,7$ то це аварія.

Підставим три значення ККД з таблиці 3.5 для лічильника двигуна підйому в рівняння ККД. Отримаємо систему трьох рівнянь:

$$\begin{cases} \eta_{\text{аварія}} \leq \eta_{\text{ремонт}} \leq \eta_{\text{мін}} \leq 84 \leq 100, \\ \eta_{\text{аварія}} \leq \eta_{\text{ремонт}} \leq \eta_{\text{мін}} \leq 91 \leq 100, \\ \eta_{\text{аварія}} \leq \eta_{\text{ремонт}} \leq \eta_{\text{мін}} \leq 89 \leq 100. \end{cases} \quad (4.21)$$

З даної системи видно що в нас все гаразд і система працює в нас робочий режим.

Приведемо систему трьох рівнянь коли нам потрібен негайний ремонт:

$$\begin{cases} \eta_{\text{аварія}} \leq \eta_{\text{ремонт}} \leq \eta_{\text{мін}} \leq 89 \leq 100, \\ \eta_{\text{аварія}} \leq \eta_{\text{ремонт}} \leq \eta_{\text{мін}} \leq 93 \leq 100, \\ \eta_{\text{аварія}} \leq 75 \leq 80 \leq \eta \leq 100. \end{cases} \quad (4.22)$$

З даної системи видно що в нас одне значення менше за 80% і система працюватиме але потрібен ремонт.

Приведемо систему рівнянь коли в нас поломка:

$$\begin{cases} \eta_{\text{аварія}} \leq \eta_{\text{ремонт}} \leq \eta_{\text{мін}} \leq 92 \leq 100, \\ \eta_{\text{аварія}} \leq \eta_{\text{ремонт}} \leq \eta_{\text{мін}} \leq 88 \leq 100, \\ 65 \leq 70 \leq 80 \leq \eta \leq 100. \end{cases} \quad (4.23)$$

З даної системи видно що в нас одне значення менше за 70% і система не працюватиме потрібен негайний ремонт в нас режим поломки, якщо буде нижче 60% це електродвигун йде в рознос.

Покажемо граничні ККД рисунок 4.16 використовуючи рисунок 3.2.

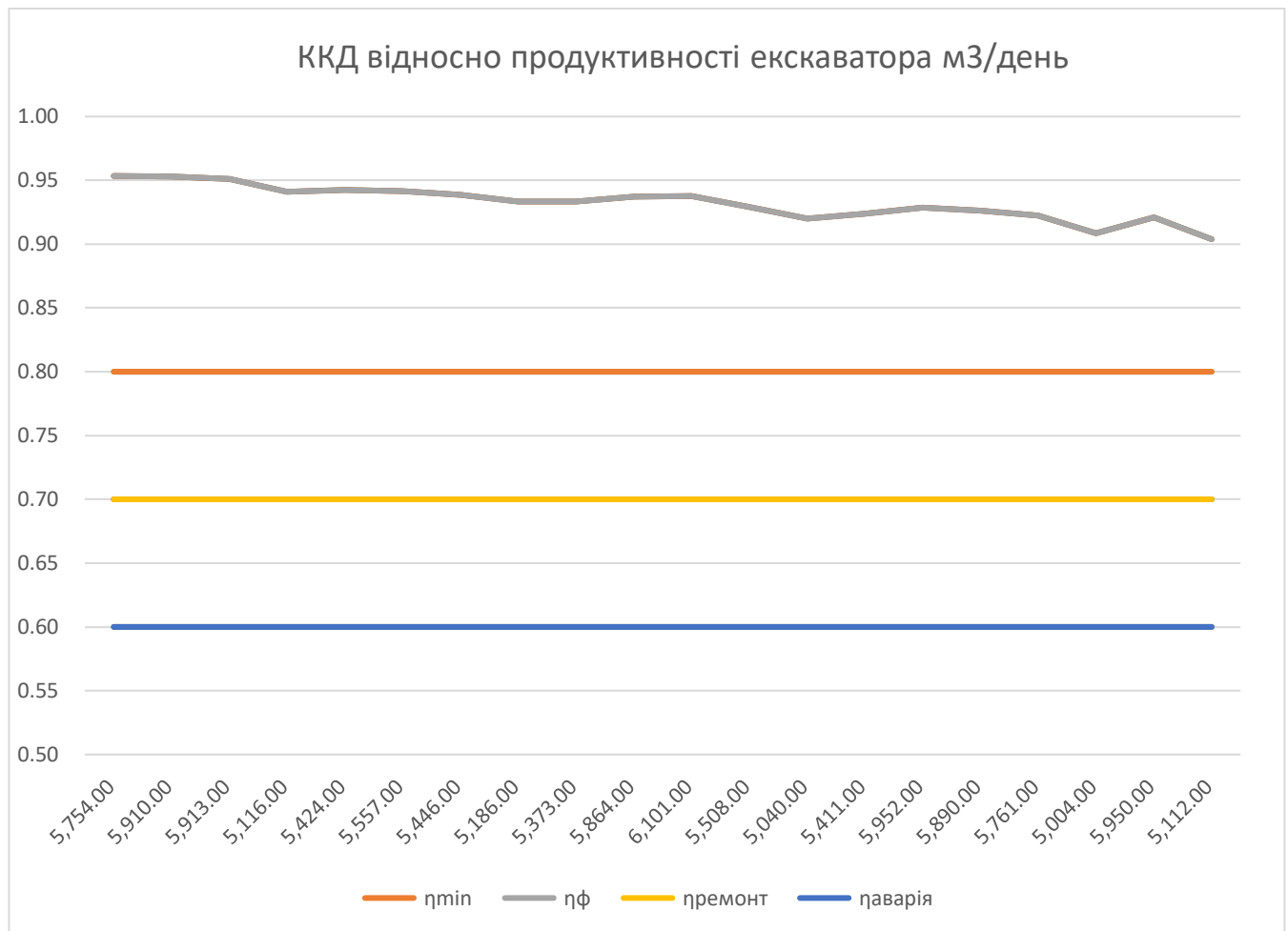


Рисунок 4.16 – Граничні ККД з графіком ККД відносно фактичної продуктивності екскаватора $\text{м}^3/\text{день}$ для плаstopодібної породи

Звідси видно що ККД ще не опустилося до мінімальної відмітки, тому система електроприводів може працювати в стандартному режимі. В цілому навантаження впливає на термін служби двигунів, та допомагає нам в майбутньому спрогнозувати ремонтні роботи, тому проаналізувавши графіки та моделювання ми пересвідчилися в тому що запропонований метод прогнозування є в цілкому робочий та ефективний.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Для обліку електроенергії обираємо аналізатор мережі постійного струму DATAKOM DKM-250 DC рисунок 5.1.

До основних переваг системи електропривода з моніторингом спожитої електроенергії можна віднести: економія електроенергії; покращення автоматизації технологічного процесу за рахунок використання аналізатора мережі; підвищення ефективності та надійності системи керування ЕП; збільшення строків служби технологічного обладнання; зниження витрат на планово-попереджувальні і ремонтні роботи [5].

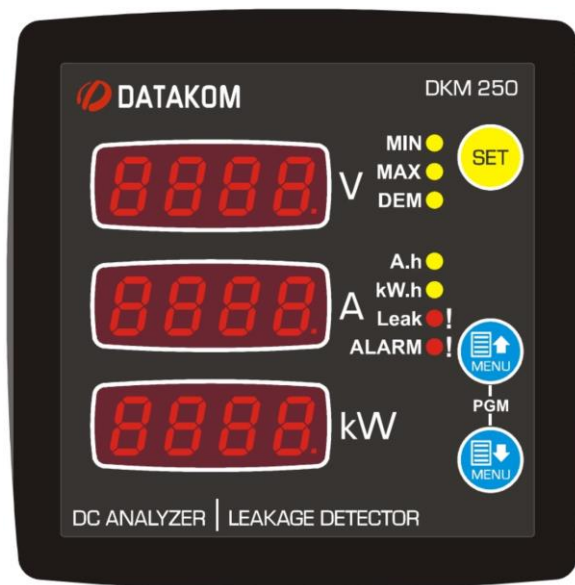


Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд аналізатор мережі постійного струму DATAKOM DKM-250 DC

Розглянемо схему підключення аналізатор мережі постійного струму на рисунку 5.2. На схемі видно що для роботи аналізатора нам потрібен шунт постійного струму.

DKM-250 – це точний прилад, призначений для вимірювання, відображення та дистанційного моніторингу витоків на землю та різних параметрів постійного струму в розподільній коробці постійного струму. Пристрій оснащений 32-

розрядним мікроконтролером ARM. Пристрій живиться від вимірювального входу постійної напруги. Робочий діапазон від 19 до 150 В постійного струму.

Струмний вхід блоку ізольований від решти ланцюга і має різні варіанти схеми:

- Зовнішній струмний шунт (стандарт)
- Внутрішній струмний шунт
- Вхід датчика Холла
- Аналоговий вхід 4-20 мА

Пристрій має 2 цифрових входи та 2 релейних виходи, обидва з яких програмуються для необхідних функцій.

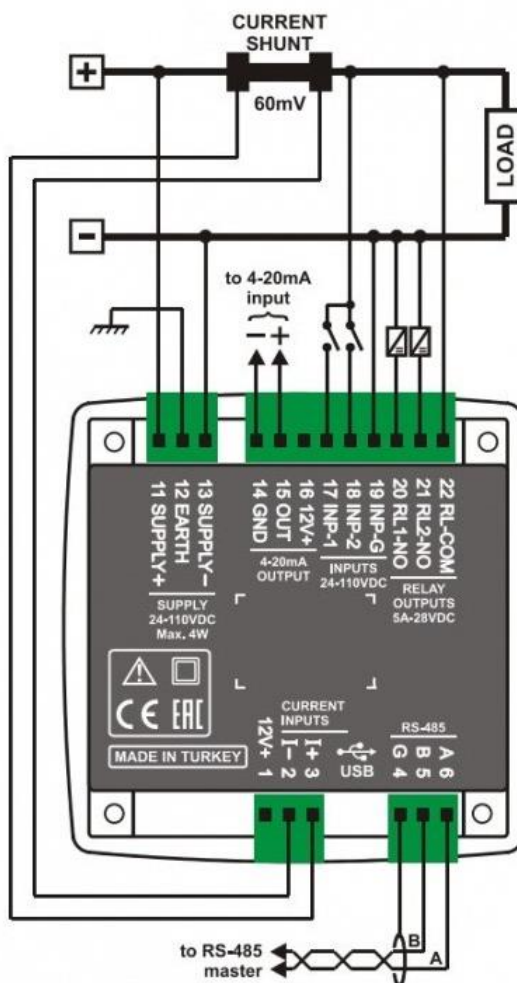


Рисунок 5.2 – Схема підключення аналізатор мережі постійного струму DATAKOM DKM-250 DC

Завдяки ізольованому порту RS-485 Modbus RTU пристрій не має проблем із різницею потенціалів землі, а дані безпечно передаються до систем автоматизації та моніторингу. Параметри програми можуть бути завантажені в пристрій через порт RS485.

Пристрій може виводити будь-яке вимірюване значення як аналоговий сигнал через порт 4-20 мА. Цей вихід дозволяє легко підключатися до систем PLC.

Особливості:

- Показує витік на землю у %
- Різні параметри введення струму
- 2 програмованих релейних виходу
- 2 програмованих цифрових входи
- Програмований аналоговий вихід 4-20 мА
- Записи попиту, мінімального та максимального
- Повністю ізольований послідовний порт RS-485
- Зв'язок MODBUS-RTU
- Двонаправлене вимірювання струму та потужності
- Двонаправлений лічильник енергії кВт-год
- Двонаправлений лічильник А-h
- Лічильник годин роботи
- Програмування на передній панелі
- Широкий діапазон робочих температур
- Герметична передня панель (IP65 з прокладкою)
- Система з двох частин

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 19-150 В постійного струму
- Споживана потужність: < 4 Вт
- Входи для вимірювання напруги:

0-70 В Вхідна чутливість: 0,02 В

70-150 В Вхідна чутливість: 0,40 В

- Вхід для вимірювання струму:
- Діапазон вимірювань: -100 до +100 мВ.
- Точність: % 0,2
- Ізоляція: 1000 В змінного струму, 1 хвилина
- Варіант внутрішнього струмового шунта:
- Діапазон вимірювань: 0-15А
- Аналоговий вихід: 0-20 мА
- Точність аналогового виходу: 16 біт
- Діапазон цифрового входу: від 19 до 150 В постійного струму
- Релейні виходи: 5 А при 28 В постійного струму

Послідовний порт:

- Тип сигналу: RS-485
- Протокол: Modbus RTU
- Швидкість передачі даних: 2400-38400 бод
- Ізоляція: 1000 В змінного струму, 1 хвилина
- Робоча темп. Діапазон: -20°C...+70°C (-4°F...158°F)
- Макс. Відносна вологість: % 95 без конденсації
- Ступінь захисту: IP 65 (передня панель, з прокладкою)
- IP 30 (задня панель)
- Корпус: вогнестійкий, високотемпературний ABS/PC, сумісний з ROHS

(UL94-V0)

- Монтаж: врізний монтаж із задніми кронштейнами
- Розміри: 102x102x53 мм (ШxВxГ)
- Розмір панелі: 92x92 мм
- Вага: 200 гр
- Директиви ЄС:
- 2014/35/EC (LVD)

- 2014/30/ЕС (ЕМС)
- Довідкові стандарти:
- EN 61010 (безпека)
- EN 61326 (ЕМС)

Шунт додається до системи для вимірювання потоку струму. Це потрібно для моніторингу системи або для розрахунку рівня споживання електроенергії.

Шунт – це резистивний елемент. Коли через нього проходить струм, на ньому виникає невелике падіння напруги. Якщо струм малий, то напруга буде низькою, а якщо великий, то напруга буде вищою. Якщо потік струму змінити на протилежний, падіння напруги змінить полярність. Напруга шунта є показником величини струму і напрямку струму. Ця інформація може бути використана, щоб дізнатися, скільки струму протікає в системі або для розрахунку стану споживання пристрою [6].

Обираємо шунт 75ШСМ 1000А для нашої системи з номінальним струмом 1000 А і напругою 75 мВ, клас точності 0,5 рисунок 5.3. Це означає, що якщо через шунт проходить струм 1000 А, то на ньому буде падіння напруги 75 мВ ($= 0,075 \text{ В}$).



Рисунок 5.3 – Зовнішній вигляд шунта 75ШСМ 1000А

Шунт повинен бути розрахований на максимальний постійний струм, який буде надходити до об'єднаних споживачів в системі.

Шунт, як правило, розташовується в негативному кабелі. Негативний кабель вибирається тому, що він безпечніший.

Шунт повинен бути останнім елементом перед аналізатор мережі постійного струму. Всі споживачі постійного струму і джерела постійного струму повинні бути підключені після шунта.

Шунти також можуть бути розміщені в інших місцях системи, наприклад: для вимірювання споживача постійного струму або джерела постійного струму. Ці шунти зазвичай підключаються до вимірювача струму. Неправильне розміщення шунта може потенційно спричинити проблему в системі, залежно від того, як він підключений.

5.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення включають в себе всі одноразові витрати: відпускну ціну нової техніки, затрати на її транспортування, монтаж і наладку, затрати на демонтаж старого обладнання тощо.

Розрахуємо витрати на придбання та монтаж електрообладнання для кожної з систем електропривода. Результати розрахунків зведемо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Витрати на придбання та монтаж електрообладнання для базового та нового варіантів

Обладнання	Вартість системи електропривода, грн	
	Базовий варіант	Новий варіант
Приводні двигуни (вказіть параметри двигуна)	5200000	5200000
Силові перетворювачі	—	—

Продовження таблиці 5.1.

Релейно-контакторні системи керування	7280000	7290000
Мікропроцесорні системи керування	—	—
Апарати захисту, аналізатори, монтажна оснастка тощо	—	46000
Всього	12480000	12536000
Витрати на транспортування (10%)	1248000	1253600
Монтажні та нал. роботи (10%)	1248000	1253600
Всього капітальні вкладення К	14976000	15043200

Капітальні вкладення

— для базового варіанту:

$$K_{\phi} = 14976000 \text{ (грн);} \quad (5.1)$$

— для нового варіанту:

$$K_{\pi} = 15043200 \text{ (грн).} \quad (5.2)$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати включають витрати на забезпечення нормального функціонування певного технічного рішення в період його експлуатації в розрахунку на рік.

Витрати на експлуатацію включають в себе витрати на обслуговування і ремонт, амортизаційні відрахування, вартість споживаної електроенергії, вартість витрат електроенергії та інші.

5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річні амортизаційні відрахування по першому та другому варіантах (при нормі амортизаційних відрахувань 10 %):

$$C_a = 0,1 \cdot K ; \quad (5.3)$$

$$C_{a\delta} = 0,1 \cdot 14976000 \approx 1497600 \text{ (грн/рік)};$$

$$C_{an} = 0,1 \cdot 15043200 = 1504320 \text{ (грн/рік)}.$$

5.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу

Згідно ПУЕ обслуговувати установки понад 1000 В може робітник, у якого розряд не нижче четвертого, група допуску по електробезпеці не нижче третьої.

Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

$$C_z = C_{zo} + C_{zd} , \quad (5.4)$$

де C_{zo} – основна заробітна плата по тарифу, грн/рік;

C_{zd} – додаткова заробітна плата, грн/рік.

Основна заробітна плата по тарифу:

$$C_{zo} = N \cdot T_1 \cdot K \cdot \Phi_{ef} \cdot K_c \cdot \beta , \quad (5.5)$$

де N – кількість робітників, що обслуговують установку ($N = 2$ чел);

T_1 – годинна тарифна ставка робітника 2-го розряду ($T_1 = 113$ грн/год);

K – тарифний коефіцієнт ($K_6 = 1,36$; $K_n = 1,54$);

Φ_{ef} – ефективний фонд часу обслуговування (згідно техніко-економічного обґрунтування $\Phi_{ef} = 360 \text{ днів} \cdot 0,5 \text{ год} = 180 \text{ год/рік}$);

K_c – коефіцієнт співвідношень, встановлений генеральною угодою між профспілками і урядом ($K_c = 1$);

β – частка часу, який витрачає робітник на обслуговування установки в загальному часі своєї роботи ($\beta = 1$ для базового варіанту, $\beta = 0,85$ для нового варіанту).

Основна заробітна плата для базового та нового варіантів відповідно становить:

$$C_{зо\beta} = 2 \cdot 113 \cdot 1,36 \cdot 180 \cdot 1 \cdot 1 = 55324,8 \text{ (грн/рік)};$$

$$C_{зо\eta} = 2 \cdot 113 \cdot 1,54 \cdot 180 \cdot 1 \cdot 0,85 = 53250,12 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткова заробітна плата $C_{зд}$ становить 10% від основної заробітної плати:

$$C_{зд} = 0,1 \cdot C_{зо}. \quad (5.6)$$

Додаткова заробітна плата для базового та нового варіантів відповідно становить:

$$C_{зд\beta} = 0,1 \cdot 55324,8 \approx 5532,48 \text{ (грн/рік)};$$

$$C_{зд\eta} = 0,1 \cdot 53250,12 \approx 5325,012 \text{ (грн/рік)}.$$

Таблиця 5.2 – Розрахунок заробітної плати

Показник	Базовий варіант	Новий варіант
Основна заробітна плата $C_{зо}$, грн/рік	55324,8	53250,12
Додаткова заробітна плата $C_{зд}$, грн/рік	5532,48	5325,012
Всього C_z , грн/рік	60857,28	58575,132

5.2.3 Розрахунок витрат на силову енергію

Витрати на споживану електроенергію визначаються для кожного елемента по кожному варіанту за формулою:

$$C_e = \frac{P}{\eta} \cdot \Phi \cdot K_z \cdot B, \quad (5.7)$$

де P – установлена потужність ($P = 1000$ кВт);

η – ККД;

Φ – дійсний фонд часу роботи електропривода за рік (згідно техніко-економічного обґрунтування $\Phi = 5280$ год/рік);

K_3 – коефіцієнт завантаження (використання за потужністю) (приймаємо $K_3 = 0,8$);

B – вартість електроенергії (відповідно до тарифів на електроенергію ПАТ АК «Житомиробленерго» $B = 8,27$ грн/кВт·год).

Коефіцієнт корисної дії для обох варіантів обчислений як добуток коефіцієнтів корисної дії двигуна і генератора. Для першого варіанту коефіцієнт корисної дії буде дорівнювати 94,9 %, для другого – 97 %.

Витрати на електроенергію по двох варіантах складуть:

$$C_{eб} = \frac{1000}{0,949} \cdot 5280 \cdot 0,8 \cdot 8,27 = 36809778,71443 \text{ (грн/рік)};$$

$$C_{en} = \frac{1000}{0,97} \cdot 5280 \cdot 0,8 \cdot 8,27 = 36012865,97938 \text{ (грн/рік)}.$$

5.2.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання

Поточний ремонт електроустаткування здійснюється на місці встановлення з його відключенням і зупинкою силами змінного ремонтного персоналу. Витрати на проведення ремонтних робіт включають витрати на комплектуючі і запасні частини та інші елементи $C_{м пр}$, які підлягають заміні та витрати на оплату праці персоналу $C_{з пр}$, який проводить ремонтні роботи:

$$C_{пр} = C_{з пр} + C_{м пр} . \quad (5.8)$$

Витрати на оплату праці ремонтного персоналу,

$$C_{з пр} = T_1 \cdot K \cdot \Phi_{рем} , \quad (5.9)$$

де $\Phi_{рем}$ – трудомісткість ремонтних робіт, год/рік.

Вважаємо, що ремонтні роботи проводить електромонтер шостого розряду. З врахуванням того, що нам відома трудомісткість робіт:

$$C_{зпрб} = 113 \cdot 1,97 \cdot 352 = 78358,72 \text{ (грн/рік)};$$

$$C_{зпрн} = 113 \cdot 1,97 \cdot 266 = 59214,26 \text{ (грн/рік)}.$$

Витрати на матеріали, комплектуючі та запасні частини для поточного ремонту приймають рівними 15% витрат на основну заробітну плату:

$$C_{мпр} = 0,15 \cdot C_{зпр}; \quad (5.10)$$

– для базового варіанту:

$$C_{мпрб} = 0,15 \cdot 78358,72 = 11753,808 \text{ (грн/рік)};$$

– для нового варіанту:

$$C_{мпрн} = 0,15 \cdot 59214,26 = 8882,139 \text{ (грн/рік)}.$$

Згідно формули (5.8) всього витрати на поточний ремонт складають:

$$C_{прб} = 78358,72 + 11753,808 = 90112,528 \text{ (грн/рік)};$$

$$C_{прн} = 59214,26 + 8882,139 = 68096,399 \text{ (грн/рік)}.$$

5.2.5 Інші витрати

Розмір інших витрат приймається рівним 5% від загальної суми попередніх витрати:

$$C_{ін} = 0,05 \cdot (C_a + C_з + C_e + C_{пр}); \quad (5.11)$$

$$C_{інб} = 0,05 \cdot (1497600 + 60857,28 + 36809778,71 + 90112,53) = 1922917,426 \text{ (грн/рік)};$$

$$C_{інн} = 0,05 \cdot (1504320 + 58575,13 + 36012865,98 + 68096,4) = 1882192,8755 \text{ (грн/рік)}.$$

Розрахунок загальної суми експлуатаційних витрат наведено у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Експлуатаційні витрати, грн/рік

Найменування витрат	Базовий варіант	Новий варіант
Амортизаційні відрахування C_a	1497600	1504320
Заробітна плата C_z обслуговуючого персоналу	60857,28	58575,13
Витрати на електроенергію C_e	36809778,71	36012865,98
Витрати на поточний ремонт $C_{пр}$	90112,53	68096,4
Інші витрати $C_{ін}$	1922917,43	1882192,88
Всього експлуатаційні витрати C	40381265,95	39526050,39

Оскільки розраховується ефективність нової системи після модернізації, то необхідно порівняти експлуатаційні витрати використовуючи відносні показники.

Для порівняння експлуатаційних витрат розрахуємо показник відносної економії витрат:

$$Л_c = \frac{C_{\delta} - C_n}{C_{\delta}} \cdot 100\%; \quad (5.12)$$

$$Л_c = \frac{40381265,95 - 39526050,39}{40381265,95} \cdot 100\% = 2,12\%.$$

Отже, впровадження нової системи ЕП є економічно виправданим, оскільки при цьому показник відносної економії витрат становить 2,12 %.

5.2.6 Визначення економічної ефективності проекту

За критерій економічної ефективності нового технічного рішення приймаємо термін окупності капітальних вкладень T_o та коефіцієнт економічної ефективності E_{ef} .

Визначимо термін окупності капітальних вкладень:

$$T_o = \frac{\Delta K}{\Delta C}; \quad (5.13)$$

$$T_o = \frac{15043200 - 14976000}{40381265,95 - 39526050,39} = 0,078 \text{ (роки)}.$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E_{ef} = \frac{1}{T_o}; \quad (5.14)$$

$$E_{ef} = \frac{1}{0,078} = 12,82.$$

Річний економічний ефект:

$$EE = E_{нд} \cdot (\Delta K) + (\Delta C), \quad (5.15)$$

де $E_{нд}$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності ($E_{нд} = 0,2$),

$$EE = 0,2 \cdot (15043200 - 14976000) + (40381265,95 - 39526050,39) = 184483,112 \text{ (грн)}.$$

З результатів виконаних розрахунків можна зробити висновок, що модернізація даної системи автоматизованого електропривода є економічно виправданою. При цьому досягається економія річних експлуатаційних витрат на рівні 2,12%. Це, перш за все, пояснюється тим, що нова система значно зменшує витрати на обслуговування та ремонт. Це підтверджує правильність вибору варіанту модернізації та економічну доцільність впровадження даного технічного рішення. Річний економічний ефект становить 184483,112 грн.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Вимоги безпеки під час роботи одноківшевих екскаваторів

Під час переміщення екскаватора по горизонтальному шляху або на підйом його ведуча вісь повинна бути ззаду, а при спусках зі схилу - спереду. Ківш необхідно опорожнити і утримувати не вище ніж 1 м від ґрунту, а стрілу установити по ходу екскаватора.

Під час руху крокуючого екскаватора ківш необхідно спорожнити, а стрілу установити в бік, протилежний напрямку руху екскаватора.

Під час руху екскаватора на підйом або під час спусків необхідно вживати заходів, які запобігають самовільному сковзанню по нахилу.

Перегін гірничих машин необхідно здійснювати тільки за письмовим розпорядженням посадової особи, на яку покладено здійснення контролю за безпечним виконанням робіт, та за наявності затвердженого проекту організації робіт.

Перегін екскаватора необхідно здійснювати за сигналами помічника машиніста або спеціально призначеного працівника. При цьому повинна бути постійна видимість між ним та машиністом екскаватора. Для крокуючих екскаваторів допускається передача сигналів від помічника машиніста до машиніста через третього члена бригади.

Дозволяється перегін екскаватора за допомогою спеціальних перегінних дизельелектричних станцій.

Екскаватори необхідно розташовувати на уступі кар'єру або відвалу на твердій вирівняній основі зі схилом, що не перевищує допустимий технічним паспортом екскаватора. В усіх випадках відстань між бортом уступу, відвалу або транспортними посудинами і контрвантажем екскаватора повинна бути не менше

ніж 1 м. Під час роботи екскаватора з місткістю ковша менше ніж 5 куб.м його кабіна повинна бути розташована з боку, протилежного від уступу.

Не дозволяється робота екскаватора під козирками і шматками гірничої маси, що нависають [13].

Козирки і шматки гірничої маси можна ліквідувати за допомогою гідромонітора або екскаватора, обладнаного допоміжним пристроєм. Конструкція пристрою та інструкція щодо його застосування повинні бути узгоджені із заводом - виробником екскаватора.

Під час навантаження екскаваторами в засоби залізничного транспорту та розвантаження їх на екскаваторних відвалах і складах машиністи екскаваторів повинні подавати сигнали відповідно до інструкції руху поїздів, що діє на гірничому підприємстві.

Таблицю сигналів необхідно вивісити на кузові екскаватора на видному місці і ознайомити з нею працівників екскаваторних та локомотивних бригад, водіїв автосамоскидів.

Під час навантаження екскаваторами в залізничні вагони та розвантаження їх на екскаваторних відвалах поїздова бригада повинна виконувати тільки сигнали машиніста екскаватора.

Не дозволяється під час роботи екскаватора перебування працівників (включаючи обслуговуючий персонал) у зоні дії ковша.

Під час роботи екскаваторів-драглайнів небезпечну зону з урахуванням закиду ковша необхідно огородити попереджувальним знаком "Небезпечна зона", який встановлюється на під'їзних коліях до екскаватора.

Канати, які застосовують на екскаваторах, повинні відповідати паспорту екскаватора. Підйомні та тягові канати потрібно періодично оглядати. Стрілові канати повинні бути оглянуті не менше одного разу на тиждень працівником, на якого покладено ці обов'язки, при цьому кількість розірваних дротин на довжині

кроку звивки не повинна перевищувати 15% від їх загальної кількості в канаті. Кінці обірваних дротин, що стирчать, необхідно обрізати.

Результати огляду канатів, а також відомості про їх заміну із зазначенням дати установки і типу нового встановленого каната записуються в агрегатний журнал екскаватора.

У разі загрози обвалення або зсуву уступу під час роботи екскаватора або виявлення зарядів вибухових матеріалів, що не вибухнули, роботу екскаватора необхідно припинити і відвести його в безпечне місце.

Для виведення екскаватора з вибою необхідно завжди мати вільний прохід.

Під час роботи екскаватора на ґрунтах, які не витримують тиску гусениць, необхідно вживати спеціальних заходів, що забезпечують стійке положення екскаватора.

Навантаження екскаваторами типу драглайн в залізничні думпкери або інші ємності допускається за умови вживання заходів, що забезпечують безпечні методи роботи, і за наявності захисту у разі дотику ковша до контактного проводу тягової мережі.

У тих випадках, коли драглайн працює спарено з іншими екскаваторами або в комплексі із землерийними машинами інших типів при безтранспортній системі розкривних робіт, найкоротша відстань між ними повинна бути не меншою за суму найбільших радіусів їх дії, збільшену на 0,3 величини радіуса дії більшого екскаватора.

У разі необхідності допускається проведення робіт на більш близькій відстані за розробленим на підприємстві паспортом безпечного проведення робіт.

На екскаваторах необхідно мати паспорти завантаження автосамоскидів та вагонівсамоскидів.

6.2 Вимоги безпеки щодо обслуговування і ремонту обладнання та механізмів

Ремонт гірничих, транспортних, будівельно-дорожніх машин і промислових пристроїв необхідно проводити відповідно до графіка планово-попереджувальних ремонтів.

Не дозволяється проводити ремонтно-монтажні роботи безпосередньо біля уступів, відкритих рухомих частин механічних установок, а також поблизу електричних проводів і обладнання, які перебувають під напругою, якщо вони не огорожені [14].

До обслуговування і ремонту електрообладнання допускаються працівники, які мають відповідну групу з електробезпеки згідно з Правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затвердженими наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 09.01.98 № 4, зареєстрованими в Міністерстві юстиції України 10.02.98 за № 93/2533 (далі - НПАОП 40.1-1.21-98).

Ремонт і заміну частин механізмів можна проводити тільки після повної зупинки машини, блокування пускових апаратів, що приводять у рух механізми, на яких проводяться ремонтні роботи.

Під час виконання ремонтних робіт допускається подача електроенергії згідно із спеціальним проектом організації робіт.

Ремонти, пов'язані з відновлюванням або заміною несучих металоконструкцій устаткування, необхідно узгоджувати із заводом-виробником і виконувати під керівництвом посадової особи, в обов'язки якої покладено здійснення контролю за безпечним виконанням робіт.

На всі види ремонтів основного технологічного устаткування необхідно обов'язково складати інструкції (технологічні карти, настанови, проекти організації робіт), якими визначаються порядок і послідовність робіт, необхідні пристрої та

інструменти, що забезпечують їх безпечність, з урахуванням вимог інструкцій з експлуатації заводу-виробника і місцевих умов їх застосування.

Ремонт екскаваторів і бурових верстатів дозволяється проводити на робочих майданчиках уступів. При цьому зазначені механізми повинні бути розташовані поза зоною можливого обвалення. Майданчики повинні бути спланованими та мати під'їзні шляхи.

Усі працівники, які в процесі експлуатації або ремонту здійснюють стропування вантажів, повинні пройти навчання з охорони праці згідно з НПАОП 0.00-4.12-05 і мати посвідчення стропальника.

6.3 Вимоги до заземлення електроустаткування

Металеві частини електроустановок, які не перебувають під напругою, але можуть у разі пошкоджень ізоляції опинитися під нею, повинні бути заземлені, зокрема:

- корпуси електричних екскаваторів, бурових верстатів, насосів, конвеєрів, електросвердел та інших машин, станини і кожухи електричних машин, трансформаторів, вимикачів та інше електрообладнання і апарати;
- приводи електричної апаратури;
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;
- каркаси щитів керування та розподільних щитів;
- металеві та залізобетонні конструкції, кожухи стаціонарних і пересувних трансформаторних підстанцій, розподільних пристроїв і пунктів підключення;
- металеві корпуси кабельних муфт, металеві оболонки кабелів і дротів, сталеві труби електропроводок;
- металеві та залізобетонні опори і конструкції ЛЕП;
- корпуси прожекторів і освітлювальної арматури;

- бар'єри, металеві ґратчасті та суцільні огороження частин обладнання, які перебувають під напругою, металеві ферми, балки, площадки та інші металеві частини, що можуть опинитися під напругою.

Заземленню не підлягають:

- арматура підвісних ізоляторів і штирі опорних ізоляторів, кронштейни і освітлювальна арматура в разі установки їх на дерев'яних опорах ЛЕП і на дерев'яних конструкціях відкритих підстанцій, якщо цього не вимагають умов захисту від атмосферних перенапруг;
- устаткування, встановлене на заземлених металевих конструкціях. При цьому на опорних поверхнях повинні бути передбачені зачищені і незафарбовані місця для забезпечення електричного контакту;
- корпуси електровимірювальних приладів, реле, встановлених на щитах, шафах, а також стінах камер розподільних пристроїв;
- кабельні конструкції, по яких прокладено кабелі будь-якої напруги з металевими оболонками, заземленими з обох кінців лінії;
- рейкові колії на ділянках, які виходять за територію електростанцій, підстанцій, розподільних пристроїв.

Заземлення працюючих у кар'єрі стаціонарних і пересувних електроустановок напругою до 1000 В і вище повинно бути загальним, крім електроустановок електричної тяги і нетягового електроустаткування, яке перебуває у зоні можливого виникнення коротких замикань на його металеві частини від контактних проводів.

Заземлення нетягового електроустаткування здійснюється відповідно до вимог розробленої на підприємстві технологічної інструкції.

Загальну мережу заземлення стаціонарних і пересувних машин і механізмів необхідно виконувати шляхом безперервного електричного з'єднання між собою заземлюючих провідників (тросів) і заземлюючих жил гнучких кабелів.

При циклічно-потоківій технології заземлюючі пристрої для електроустановок з ізолюваною і глухо заземленою нейтраллю, що знаходяться в

кар'єрі та поза кар'єром, корпуси устаткування яких можуть мати електричний зв'язок через металоконструкції, інженерні мережі та оболонки кабелів, повинні бути виконані окремо.

До складу загального заземлюючого пристрою кар'єру повинні бути включені центральний заземлювач, магістралі заземлення, заземлюючі провідники та місцеве заземлення. Опір загального заземлюючого пристрою повинен не перевищувати 4 Ом.

Допускається робота пересувних комплектних трансформаторних підстанцій, пересувних пунктів підключення без місцевих заземлень за наявності додаткового заземлення (аналогічно центральному заземлювачу), підключеного до магістралі заземлення таким чином, щоб при виході з ладу будь-якого елемента центрального заземлювача або магістралі заземлення опір заземлення в будь-якій точці заземлюючої мережі не перевищував 4 Ом.

На кар'єрах не менше одного разу на місяць необхідно проводити зовнішній огляд всієї заземлюючої мережі, а також вимірювання опору загального заземлюючого пристрою.

Усі підключення заземлюючих провідників до корпусів машин, електроустаткування та апаратів, а також до заземлювачів необхідно проводити зварюванням або надійним болтовим з'єднанням.

Перед включенням заново встановленого або переміщеного на інше місце електроустаткування обов'язково необхідно вимірювати опір його заземлюючих пристроїв.

Після проведення підривних робіт необхідно проводити огляд заземлюючої мережі в зоні вибуху.

6.3 Нагляд і контроль за електроустаткуванням

Огляд, технічне обслуговування і ремонт електротехнічного обладнання виконуються за письмовим нарядом на виконання робіт.

Огляд комплектних трансформаторних підстанцій без відключення від мережі напругою вище 1000 В та пунктів підключення необхідно виконувати:

- щозмінно - операторами підключених механізмів і машин або спеціально уповноваженими працівниками, а також після кожного переміщення та проведення вибухових робіт. У разі живлення від трансформаторної підстанції декількох споживачів огляд здійснюється працівниками, призначеними посадовою особою, відповідальною за експлуатацію електрообладнання, в підпорядкуванні якої перебуває ця трансформаторна підстанція;
- щомісячно - персоналом під керівництвом посадової особи, відповідальної за енергопостачання ділянки;
- комплектних трансформаторних підстанцій (вибірково) - не менше ніж один раз на півроку, а пунктів підключення (вибірково) - щомісячно посадовою особою, на яку покладено зазначені обов'язки.

Огляд стану пересувних ліній електропостачання необхідно виконувати:

- щозмінно та після проведення вибухових робіт - працівниками, які здійснюють керівництво гірничими роботами на ділянці протягом зміни;
- кожного тижня - посадовими особами, відповідальними за енергопостачання, і керівниками гірничих робіт ділянки в межах цих ділянок;
- щомісячно (вибірково) - посадовою особою, на яку покладено зазначені обов'язки, або її заступником;
- позачергово - за розпорядженням посадової особи, на яку покладено зазначені обов'язки, а також під час голольоду, сильного вітру (більше ніж 15 м/с), у разі відключення ліній від дії захисту, після проведення вибухових робіт та після грози.

Огляд кабелів живлення пересувних електрообладнання і машин необхідно виконувати:

- операторами підключених механізмів і машин споживачів із записом результатів огляду в оперативний журнал - щозмінно, а також після кожного переміщення електрообладнання і машин та після проведення вибухових робіт;
- електротехнічним персоналом під керівництвом посадової особи, відповідальної за електропостачання дільниці, із записом результатів огляду в оперативний журнал персоналу, який здійснює енергозабезпечення гірничого підприємства, - щомісячно.

Перевірку апаратури захисту від витоків струму на відповідність паспортним даним і загального часу відключення від мережі необхідно виконувати один раз на півроку на місці встановлення [14].

Огляд і контроль мережі захисного заземлення здійснюється:

- операторами підключеного електрообладнання і машин - щозмінно, а також після проведення вибухових робіт та переміщення електрообладнання і машин. При цьому перевіряється надійність контактів заземлення корпусів і відсутність пошкодження заземлюючого проводу;
- персоналом дільниці, яка обслуговує електротехнічне обладнання, - щомісячно. При цьому проводиться огляд всієї мережі заземлення і вимірюється величина опору заземлення.

6.4 Вимоги до освітлення

Для мереж освітлення в кар'єрі, а також світильників на пересувних машинах, механізмах і агрегатах необхідно застосовувати електричну систему з ізолюваною нейтраллю та лінійною напругою не вище ніж 220 В.

У разі застосування спеціальних видів освітлення допускається напруга вище ніж 220 В.

Для живлення ручних переносних ламп необхідно застосовувати лінійну напругу не вище ніж 36 В змінного струму і 48 В постійного струму. Під час застосування тепловозної тяги допускається використання для цього постійного струму напругою до 75 В.

Усі місця проведення робіт у кар'єрах необхідно освітлювати відповідно до норм їх освітленості згідно з додатком 3.

Для освітлення відвалів і автошляхів поза межами кар'єру у разі живлення від окремих трансформаторних підстанцій дозволяється користуватися мережею із заземленою нейтраллю на напругу 380/220 В.

На стаціонарних і пересувних опорах контактної мережі постійного струму напругою до 1650 В включно можна виконувати підвіску проводів електричного освітлення та світильників вище контактного проводу на протилежному від нього боці опори. Ізолятори освітлювальної мережі повинні бути на напругу 1650 В.

Відстань від контактного проводу до проводів освітлення по вертикалі повинна бути не менше ніж 1,5 м. Відстань від контактного проводу до опори при боковій підвісці повинна бути не менше ніж 1 м.

Заміну ламп і світильників, розташованих на дерев'яних опорах нижче освітлювальних проводів, необхідно проводити при знятій з контактного проводу напрузі. Ремонт освітлювальної мережі (заміну кріюків, штирів та ізоляторів, перетяжку проводів) необхідно проводити при знятій напрузі як з контактної, так і з освітлювальної мережі.

Працівники, яких направляють на роботу в умовах недостатнього освітлення і в нічний час, повинні мати індивідуальні переносні світильники [12-14].

6.5 Пожежна безпека

Кожний керівник гірничого підприємства або уповноважена ним особа зобов'язані забезпечити пожежну безпеку на підприємстві відповідно до Кодексу цивільного захисту України.

{Пункт 1 розділу XIII із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства соціальної політики № 2009 від 21.12.2017}

На всіх гірничих підприємствах, що експлуатуються, будуються або знаходяться на реконструкції, необхідно здійснювати протипожежні заходи, що запобігають виникненню пожеж, а у разі їх виникнення забезпечують локалізацію та ліквідацію пожеж на початковій стадії, відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30 грудня 2014 року № 1417, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 05 березня 2015 року за № 252/26697;

{Пункт 2 розділу XIII із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства соціальної політики № 2009 від 21.12.2017}

Працівники під час прийняття на роботу та щороку за місцем роботи проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях відповідно до Кодексу цивільного захисту України.

{Пункт 3 розділу XIII в редакції Наказу Міністерства соціальної політики № 2009 від 21.12.2017}

Для запобігання випадкам забруднення атмосфери кар'єрів газами у разі займання горючих копалин, які розробляються, необхідно систематично вживати профілактичних протипожежних заходів, а якщо виникла пожежа - негайних заходів з її ліквідації.

Під час виникнення пожежі усі роботи на ділянках гірничого підприємства, атмосфера яких забруднена продуктами горіння, необхідно припинити, за винятком робіт, пов'язаних з ліквідацією пожежі.

ВИСНОВКИ

У магістерській дипломній роботі проведено дослідження та аналіз ефективності роботи електропривода насосного агрегату з метою досягнення максимального коефіцієнта корисної дії.

Використовували стастичні дані продуктивності та енергоспоживання з листопада 2021 року по серпень 2024 року. Так як під час війни на підприємстві є певні труднощі зі збутом сировини та проблеми з подачею електроенергії були вимушені зупинки виробництва що ми й побачи в подальших графіках але це не вплинуло на загальну достовірність даних. Провели подальший розрахунок для конкретного кар'єру.

За допомогою комп'ютерного моделювання та було встановлено, що найменше споживання енергії досягається при виходу екскаватору з ремонту.

Звідси видно що ККД ще не опустилося до мінімальної відмітки, тому система електроприводів може працювати в стандартному режимі. В цілому навантаження впливає на термін служби двигунів, та допомагає нам в майбутньому спрогнозувати ремонтні роботи, тому проаналізувавши графіки та моделювання ми пересвідчилися в тому що запропонований метод прогнозування є в цілком робочий та ефективний.

У роботі знайдено питоме споживання електроенергії для екскаватора типу ЕШ-10/70 Потужністю 1425 кВА, що становить - $Q_{EIII.min} = Q_{min} = 1,119344595 \text{ (кВт} \cdot \text{м}^3 \text{)}$. Причому, виявлено, що це питоме споживання залежить від типу породи, тому запропоновано поділити питоме споживання на чотири категорії: піскоподібна порода - 1,119344595, глиноподібна пород - 1,74622973, гранітоподібна порода - 2,373114865, пластоподібна порода – 3.

У процесі аналізу статистичних даних отримано, що ККД екскаватора зменшується з часом роботи. Графіки планових попереджувальних ремонтів передбачають виведення екскаватора у капітальний ремонт кожні 5 місяців, тому

запропоновано граничні значення ККД, при яких екскаватор треба виводити у ремонт. Ці граничні значення для всього екскаватора становлять: 60-80% і окремо для його основних приводів: 60-80%.

Простий одного екскаватора потужністю 1425 кВА призводить до недовипуску 6900 м³/добу породи. Якщо взяти вартість 1м.куб. породи - 57,97 грн, то будуть збитки, що дорівнюють 392270 грн, а це колосальні затрати, тому виводити екскаватор у ремонт треба обгрунтовано і не потрібно цього робити, якщо його ефективність задовільна.

У роботі розроблено схему реалізації технічної системи діагностування, яка дозволяє оцінювати реальне споживання електроенергії основними електроприводами екскаватора. Для цього необхідно використати трансформатор струму і напруги 6кВ, лічильник змінного струму, шунт постійного струму 75ШСМ на 1000 А (4шт) та аналізатор мережі постійного струму DATAKOM DKM-250 DC (4шт).

Запропоновано комп'ютерну модель електроприводів екскаватора, яка дозволяє оцінити його параметри енергоспоживання без прив'язки до конкретного екскаватора і без необхідності проведення експерименту. Це дозволяє оцінити рівень ефективності роботи, а відповідно і рентабельності розробок, ще до моменту початку розробок. Крім того, дана модель дозволяє оцінити енергоспоживання екскаватора без встановлення лічильників; дозволяє визначити загальне споживання електроенергії тощо.

З результатів розрахунків техніко-економічного обгрунтування можна зробити висновок, що модернізація даної системи автоматизованого електропривода є економічно виправданою. При цьому досягається економія річних експлуатаційних витрат на рівні 2,12%. Це, перш за все, пояснюється тим, що нова система значно зменшує витрати на обслуговування та ремонт. Це підтверджує правильність вибору варіанту модернізації та економічну доцільність впровадження даного технічного рішення. Річний економічний ефект становить 184483,112 грн.

В роботі використовувалися математичні програми ППП “Matlab”, Microsoft Excel та «Mathcad». Графічні матеріали виконувалися в середовищі AutoCAD.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сайт Електронного архіву наукових та освітніх матеріалів КПІ ім. Ігоря Сікорського. Бакалаврська дипломна робота Єзгорова Д. В. Електромеханічне обладнання та автоматизація насосної станції подачі води. НТУ КПІ, 2019 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28167/1/Ezgor_bakalavr.docx.

2. Зеркалов Д. В. Енергозбереження в Україні: монографія [Текст] / Д.В. Зеркалов. – К.: Основа, 2012. – 147 с.

3. Мошноріз М. М. Метод та засоби оптимізації роботи електроприводів насосної станції водопостачання. Монографія [Текст] / В. В. Грабко, М. М. Мошноріз. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 138 с.

4. Мошноріз М. М., Грибовський О. А. «СПОСІБ ОПОСЕРЕДКОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КО-РИСНОЇ ДІЇ НАСОСНОГО АГРЕГАТА В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ». Матеріали конференції «LII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2024)». Секція комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів [Електронний ресурс]. Прийнято 19 березня 2024 року. ВНТУ, Факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінниця. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/17659>.

5. Сайт компанії «DATAKOM Україна». Головна / Вимірювальні прилади та аналізатори / Аналізатори мережі / DATAKOM DKM-250 DC Аналізатор мережі постійного струму, 96x96mm, RS-485 / [Електронний ресурс]. Режим доступу:

https://www.datakom.kiev.ua/catalog/vimiryuvalni_priladi_ta_analizatori/analizatori_merezhi/datakom_dkm_250_dc_analizator_merezhi_postiynogo_strumu_96x96mm_rs_485/?srsltid=AfmBOooZ9wdAC78Vv8rQSSrc3S8B8jFL2N-xFqSHmxWGkHsYyvMB_a6F

6. Сайт компанії «АС ЕНЕРГІЯ». Головна / Продукція / Прибори щитові / Шунти 75ШСМ / 75ШСМ 1000А / [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://asenergi.com/catalog/pribory-schitovye/shunty-75shsm/shunt-75mv-1000a.html#more>

7. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. СОУ-Н МПП 73.020-078-1-2007. [Електронний ресурс]. Укладачі: С. Бальчев; О. Біленко; А. Воробйов; В. Галімуллін; М. Голярчук, 2007. – 40 с. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=66948

8. Інженерне обладнання будинків і споруд. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення [Електронний ресурс]. Укладачі: Ю. Громадський – керівник розробки; М. Белов – відповідальний виконавець; М. Громадський. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25887

9. Інженерне обладнання будинків і споруд. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення [Електронний ресурс]. Укладачі: Ю. Громадський – керівник розробки; М. Белов – відповідальний виконавець; М. Громадський. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25887

10. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Д.Й.Родькін, Сисюк Г.Ю., Садовой О.В.– Кременчук, 2001. – 410 с.

11. Синхронні машини. [Електронний ресурс]. <http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/326/570.html>

12. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01>.

13. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу охорона праці в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей. – Вінниця 2003. –46 с. управління моментом синхронного двигателя с постоянными магнитами. Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 4.

14. ДСТУБ В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

Додаток А

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КЕМСК

К.Т.Н., доц.

Микола МОШНОРИЗ

“ 10 ” 09 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську дипломну роботу

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЕКСКАВАТОРА ГІРНИЧОВИДОБУВНОГО КАР'ЄРУ

08-24.МКР.004.00.000 ТЗ

Керівник роботи

К.Т.Н. доц. Микола МОШНОРИЗ

“ 10 ” 09 2024 р.

Виконавець: ст. гр. ЕПА-23м

Олександр ГРИБОВСЬКИЙ

“ 10 ” 09 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки «Підвищення ефективності роботи електродвигунів екскаватора гірничовидобувного кар'єру».

Скорочене найменування розробки – «Ефективності роботи екскаватора».

Замовник – кафедра Комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів Вінницького національного технічного університету.

2 Підстави для розробки

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

3 Призначення розробки і галузь використання

Продуктивність екскаватора – $6900,449 \text{ м}^3/\text{добу}$. Норма витрати електричної енергії відносно кількості породи. Прогнозування ремонтних робіт. Кількість екскаваторів – 1 шт.

4 Вимоги до розробки

Екскаватор повинен забезпечити менше простоїв і підтримання постійного режиму роботи.

5 Комплектація розробки

Розглянута частина електродвигунів складається з головного синхронного двигуна та 3 генераторів, двигунів підйому, підтягування, повороту і кроку та кола керування.

6 Технічні характеристики

Потужність – 1250 кВт; частота обертання головного синхронного двигуна – 1000 об/хв; спосіб регулювання двигуна – релейний. Розганяється синхронний

двигун за допомогою пристрою плавного розгону або як асинхронний за рахунок короткозамкнутої обмотки в роторі.

7 Джерела розробки

Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. СОУ-Н МПП 73.020-078-1-2007. [Електронний ресурс]. Укладачі: С. Бальчев; О. Біленко; А. Воробйов; В. Галімуллін; М. Голярчук, 2007. – 40 с. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=66948

Інженерне обладнання будинків і споруд. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення [Електронний ресурс]. Укладачі: Ю. Громадський – керівник розробки; М. Белов – відповідальний виконавець; М. Громадський. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25887

8 Елементна база

Двигун, апаратура керування і захисту, провідники, кабелі і т.п. виробництва України чи країн близького зарубіжжя. Лічильники, шунти, ТС і ТН 6кВ.

9 Конструктивне виконання

Електропривод виготовляється окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки у пило-вологозахищеному виконанні. Обладнання, яке встановлюється як надбудова над існуючими системами.

10 Показники технологічності

Обладнання виконується на сучасній елементній базі. Його монтаж, заземлення, струмопровід повинні відповідати правилам улаштування електроустановок.

11 Стадії і етапи розробки

Стадії і етапи розробки	Термін виконання
Основна частина пояснювальної записки	
Графічна частина	

12 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками відповідної кваліфікації. Технічний огляд пристрою здійснюється мінімум один раз на добу. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

13 Живлення електропривода

Живлення електропривода повинно бути виконане трифазною напругою 6 кВ та 0,38 кВ.

Додаток Б

Розрахунок для моделювання генератору

$$\begin{aligned}
 U_n &:= 900 & P_n &:= 1000000 & \eta_n &:= 0.949 & n_n &:= 1000 & R_a &:= 0.00825 & J_g &:= 60 \\
 I_n &:= 1100 & k &:= 0.22 & p &:= 4 & R_d &:= 0.00185 & R_{ko} &:= 0.00465 & R_f &:= 2.38 & U_f &:= 110 \\
 & & & & & & & & & & I_f &:= 28 & k_{f1} &:= 0.1006
 \end{aligned}$$

$$\omega_n := \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot n_n = 104.72$$

$$L_a := k \cdot \frac{U_n}{I_n} \cdot \frac{1}{p \cdot \omega_n} = 4.297 \times 10^{-4}$$

$$R_{sum} := R_a + R_d + R_{ko} = 0.015$$

$$K_{Fn} := \frac{U_n + I_n \cdot R_{sum}}{\omega_n} = 8.749$$

$$K_{Fn} := k_{f1} \cdot p = 0.402$$

$$M_n := K_{Fn} \cdot I_n = 442.64$$

$$I_{dop} := 2.5 \cdot I_n = 2.75 \times 10^3$$

$$R_p := \frac{U_n}{I_{dop}} = 0.327$$

$$T_f := \sqrt{\frac{P_n}{n_n \cdot (2 \cdot p)^2}} = 3.953$$

$$I_{fn} := I_f$$

$$T_e := \frac{L_a}{R_{sum}} = 0.029$$

Рисунок Б1 – Розрахунок генератору

$$\begin{aligned}
 \underline{U_n} &:= 440 & \underline{P_n} &:= 450000 & \underline{\eta_n} &:= 0.949 & \underline{n_n} &:= 1100 & \underline{R_a} &:= 0.0055 & \underline{J_g} &:= 30 \\
 \underline{I_n} &:= 1090 & \underline{k} &:= 0.22 & \underline{p} &:= 4 & \underline{R_d} &:= 0.0013 & \underline{R_{ko}} &:= 0.00443 & \underline{U_f} &:= 110 \\
 & & & & & & & & & & \underline{I_f} &:= 22.1
 \end{aligned}$$

$$\underline{\omega_n} := \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot n_n = 115.192$$

$$\underline{L_a} := k \cdot \frac{\underline{U_n}}{\underline{I_n}} \cdot \frac{1}{p \cdot \omega_n} = 1.927 \times 10^{-4}$$

$$\underline{R_{sum}} := \underline{R_a} + \underline{R_d} + \underline{R_{ko}} = 0.011$$

$$\underline{K_{Fn}} := \frac{\underline{U_n} - \underline{I_n} \cdot \underline{R_{sum}}}{\omega_n} = 3.713$$

$$\underline{M_n} := \underline{K_{Fn}} \cdot \underline{I_n} = 4.048 \times 10^3$$

$$\underline{I_{dop}} := 2.5 \cdot \underline{I_n} = 2.725 \times 10^3$$

$$\underline{R_p} := \frac{\underline{U_n}}{\underline{I_{dop}}} = 0.161$$

$$\underline{T_f} := \sqrt{\frac{\underline{P_n}}{n_n \cdot (2 \cdot p)^2}} = 2.528$$

$$\underline{I_{fn}} := \underline{I_f}$$

$$\underline{R_p} := \frac{\underline{U_n}}{\underline{I_{dop}}} = 0.161$$

$$\underline{T_e} := \frac{\underline{L_a}}{\underline{R_{sum}}} = 0.017$$

$$\underline{R_{sum}} := \underline{R_{sum}} \cdot 2 = 0.022$$

$$\underline{T_e} := \frac{2 \underline{L_a}}{\underline{R_{sum}}} = 0.017$$

+

Рисунок Б2 – Розрахунок двигуна

Додаток В

(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ
ЕКСКАВАТОРА ГІРНИЧОВИДОБУВНОГО КАР'ЄРУ**

Актуальність роботи

В останні роки зростає зацікавленість в ефективному та екологічному управлінні, оскільки технологічні системи характеризуються великим споживанням невідновлюваної енергії. Значну частину загального споживання електричної енергії займають електроприводи. Останнім часом енергоефективність цих систем набуває все більшого значення. В даний час велика увага приділяється зниженню втрат електричної енергії на базі розробки більш точних методів визначення втрат енергії у всіх елементах систем електропостачання а також електроприводу.

Спостерігається значне перевищення реальних втрат електроенергії при зношенні електропривода порівняно з нормативним. Це зумовлено тим, що при експлуатації технічних систем технічний стан її елементів погіршується через знос та старіння внаслідок впливу факторів середовища (кліматичних, механічних, режимних, електромагнітних та ін.), що у багатьох випадках не тільки знижує їхню надійність, але викликає додаткові втрати електричної енергії.

Недостатня точність традиційних методів обліку втрат дає можливість розробити власну систему для покращення ефективності електроприводу шляхом визначення пошкоджених та зно-шених електроприводів на гірничо видобувному екскаваторі.

Мета, предмет та об'єкт дослідження

Завдання дослідження

Метою роботи є підвищення ефективності роботи електроприводів екскаватора гірничо видобувного кар'єру.

Об'єктом дослідження є оцінки рівня ефективності енергоспоживання екскаватора гірничовидобувного кар'єру.

Предметом дослідження є статистичні дані про обсяги виробництва та енергоспоживання екскаватора, математичні залежності основних технічних параметрів системи та комп'ютерна модель електроприводів екскаватора.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі завдання:

1. Зібрати статистичну інформацію про обсяги виробництва та енергоспоживання екскаватора.
2. Розрахувати необхідні технічні параметри екскаватора.
3. Розробити підхід до визначення питомого енергоспоживання екскаватора та основних його електроприводів.
4. Розробити підхід до оцінки ефективності роботи екскаватора та основних його електроприводів.
5. Розробити математичну та комп'ютерну модель основних електроприводів екскаватора та перевірити працездатність запропонованих підходів.
6. Розробити алгоритм роботи системи технічної діагностики основних електроприводів екскаватора.

Опис роботи схеми керування синхронним двигуном (ЦД) екскаватора ЕШ-10/70

Обертання генераторів головних приводів здійснюється високовольтним синхронним електричним двигуном. Статорна обмотка синхронного двигуна підключається до 6000 Вольт за допомогою вакуумного вимикача на повну напругу мережі.

Обмотка ротора наглухо підключена до синхронного збудника двигуна.

Після запуску допоміжного агрегату, що складається з збудника синхронного двигуна ВС та генератора власних потреб ГСН, включається автомат А2 (2А), що подає напругу постійного струму 110В на схему керування пуском ЦД

Після натискання кнопки «Пуск» у кабіні машиніста отримує живлення електромагніт ЕВ включення вакуумного вимикача високовольтного осередку, включається вакуумний вимикач і статор синхронного двигуна подається напруга 6000 Вольт.

Розганяється синхронний двигун за допомогою пристрою плавного розгону або як асинхронний за рахунок короткозамкнутої обмотки в роторі. Після включення вакуумного вимикача з витримкою часу 8-16, реле РВ відпадає, включаючи контактор М, який подає напругу на обмотку збудження ОВВС збудника ВС.

Поступове наростання напруги на збуднику ВС, що визначається величиною сумарної постійної часу збудника, забезпечує плавне входження двигуна в синхронізм. При відпаданні реле РВ розриває виття контакт у ланцюзі котушки реле РБ, і реле РБ з витримкою 1,5-2 з відключається, здійснюючи надалі захист двигуна від роботи без збудження.

Допускається три прямі запуски двигуна поспіль з інтервалом 5 хвилин. Середня кількість пусків двигуна під час експлуатації – не більше 10 разів на добу.

Величина струму збудження ротора синхронного двигуна встановлюється за допомогою регулятора збудження 2ШР (ШР2) та амперметра АС. Контроль струму статора двигуна здійснюється через трансформатори струму 1ТТа та 1ТТс за амперметром А.

Сигнальна лампочка із зеленим ковпачком Л2 сигналізує про вимкнене становище масляного вимикача, а лампочка із червоним ковпачком ЛК сигналізує про включене положення.

У схемі керування синхронним двигуном передбачений вузол струмового захисту, який здійснює максимальний захист та виключає можливість роботи в асинхронному режимі.

Схема управління не дозволяє роботу ЦД при відключених магнітних підсилювачах головних приводів (закриваючий контакт реле напруги РН1 в ланцюзі котушки реле РН і розкриваючий контакт РН1 в ланцюзі відключає електромагніта ЕО), а також при відсутності збудження ЦД (закриваються контакти М і РОП котушки РНО).

Вмикання та вимикання вакуумного вимикача здійснюється дистанційно, кнопками управління, встановленими на пульті управління.

Контроль наявності порушення синхронного двигуна здійснюється за допомогою реле РОПС.

Продуктивність кар'єру, річний обсяг робіт

Виконуємо перевірочний розрахунок експлуатаційної продуктивності крокуючого екскаватора ЕШ-10/70 на його відповідність проектної продуктивності:

$$Q = \frac{E_K \times K_H \times T_{3M} \times N_{3M} \times \eta \times T_{РІК}}{K_P \times T_{Ц}} (м^3 / рік),$$

де Q – продуктивність ЕШ-10/70, $м^3/рік$;
 $E_K = 10$ – ємність ковша ЕШ-10/70, $м^3$;
 $K_H = 0,98$ – коефіцієнт наповнення ковша екскаватора;
 $T_{3M} = 12$ – тривалість зміни, час;
 $N_{3M} = 2$ – кількість змін на добу;
 $\eta = 0,79$ – коефіцієнт використання екскаватора у часі;
 $T_{РІК} = 353$ – кількість робочих діб на рік;
 $K_P = 1,25$ – коефіцієнт розпушування породи у ковші;
 $T_{Ц} = 75$ – час робочого циклу екскаватора, с

$$Q = \frac{10 \times 0,98 \times 12 \times 2 \times 0,79 \times 353 \times 3600}{1,25 \times 75} = 2518664 (м^3 / рік).$$

Результати розрахунку свідчать про те, що за своєю розрахунковою продуктивністю, розкривний екскаватор ЕШ-10/70 цілком відповідає, з резервом, необхідній проектній продуктивності і забезпечить виконання планових показників з підготовки розкритих площ рудного тіла.

За години роботи гірничого видобного підприємства певною мірою ведеться облік споживаної електроенергії а також прораховується майбутнє споживання саме кар'єром. Беремо статистичні дані з листопада 2021 року по серпень 2024 року та записуємо їх до таблиці 1. Так як під час війни на підприємстві є певні труднощі зі збутом сировини та проблеми з подачею електроенергії були вимушені зупинки виробництва що ми й побачи в подальших графіках але це не вплине на загальну достовірність даних. Проведемо подальший розрахунок для нашого кар'єру.

З таблиці 1 ми можемо визначити мінімальне питоме електроспоживання, $кВт \cdot год / міл. м^3$ $Q_{min} = 1,119344595$ та максимальне питоме електроспоживання, $кВт \cdot год / міл. м^3$ $Q_{max} = 3$.

Таблиця 1 – Дані з підприємства.

Кар'єр	Енергія, кВт*год	Продуктивність, тис.м3(ЕКСК1+ЕКСК2+гід ротранспорт+переробка)	Питоме споживання, кВт*год/міл.м3	Транспорт, кВт*год
Лис.21	2804718	373	2,777479893	1036000
Гру.21	3235122	378	2,740740741	1036000
Січ.22	2801000	490	1,26122449	618000
Лют.22	2892629	482	1,282157676	618000
Бер.22	2840000	337	1,898382789	639755
Кві.22	2715000	296	2,091216216	619000
Тра.22	2970300	498	1,379467871	686975
Чер.22	2030995	296	1,119344595	331326
Лип.22	1744734	200	0	0
Сер.22	1744734	383	0	0
Вер.22	2953610	383	1,82767624	700000
Жов.22	1842000	192	1,880208333	361000
Лис.22	1822000	184	1,913043478	352000
Гру.22	2325000	187	3	561000
Січ.23	0	0	0	0
Лют.23	0	0	0	0
Бер.23	0	0	0	0
Кві.23	0	0	0	0
Тра.23	0	0	0	0
Чер.23	0	0	0	0
Лип.23	0	0	0	0
Сер.23	0	0	0	0
Вер.23	0	0	0	0
Жов.23	0	0	0	0
Лис.23	0	0	0	0
Гру.23	0	0	0	0
Січ.24	0	0	0	0
Лют.24	0	0	0	0
Бер.24	0	0	0	0
Кві.24	0	0	0	0
Тра.24	0	0	0	0
Чер.24	0	0	0	0
Лип.24	1621000	419	1,23627685	518000
Сер.24	2325000	495	1,133333333	561000

Таблиця 2 – Розрахункові данні лічильників з мінімальним питомим споживанням.

	день	тиждень	місяць	рік
Лічильник загальний, кВт*год	7724	54067,86449	231719,4192	2780633,031
Лічильник двигуна підйому, кВт*год	2439	17074,06247	73174,55344	878094,6413
Лічильник двигуна підтягування, кВт*год	2439	17074,06247	73174,55344	878094,6413
Лічильник двигуна повороту, та кроку кВт*год	2846	19919,73955	85370,31235	1024443,748



Рисунок 1 – Графік продуктивності по кар'єру



Рисунок 2 – Графік електроспоживання по транспорту



Рисунок 3 – Графік питомого електроспоживання за транспортом

Система електроприводів з обліком електроенергії та їх аналізом

Проведемо модернізацію структурної схеми головних електроприводів з метою обліку електроенергії яка в подальшому дає змогу визначати ефективність електроприводів та прогнозування виводу в ремонт електроприводів рисунок 4.

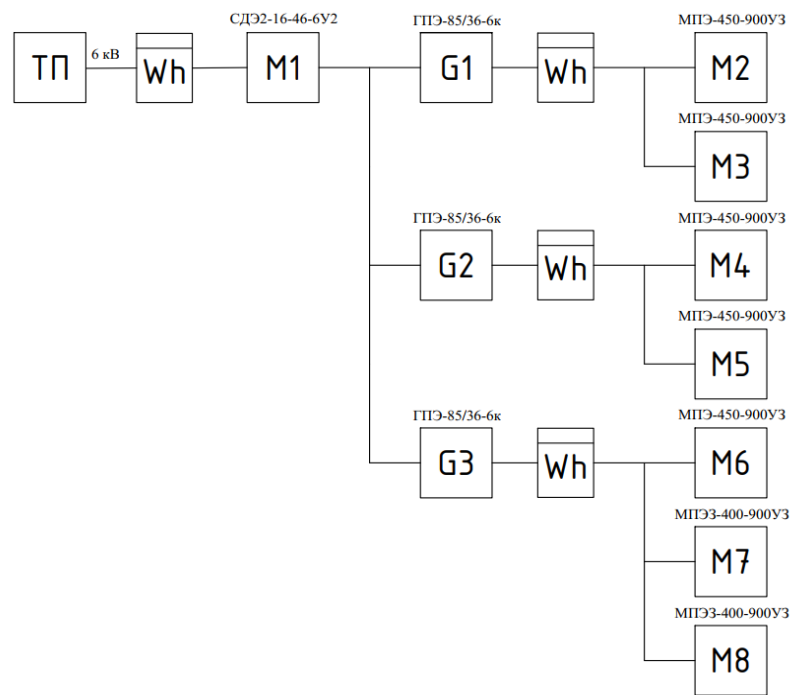


Рисунок 4 – Структурна схема головних електроприводів екскаватора ЕШ-10/70 з розміщенням лічильників

Введемо поправочні коефіцієнти $K_{\text{попр}}$ який впливає на роботу електроприводів в цілому. Поправочний коефіцієнт $K_{\text{попр}}$ розраховується із мінімального та максимального питомого електроспоживання розпишемо його для різної породи в таблиці 3.

Таблиця 3 – Споживана електроенергія з коефіцієнтом використання середнім річним за рік

Продуктивність екскаватора $\text{м}^3/\text{добу}$	6900,449315	6900,449315	6900,449315	6900,449315
Коефіцієнт питомого електроспоживання, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{тис. м}^3$	1,119344595	1,74622973	2,373114865	3
Споживання енергії, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{доб}$	7723,980641	12049,76974	16375,55884	20701,34795
Коефіцієнт використання середній річний за рік	0,297794551	0,464573376	0,631352202	0,798131028

Проведемо розрахунок електричної енергії $E_{\text{ф}}$, $E_{\text{фл1}}$, $E_{\text{фл2}}$, $E_{\text{фл3}}$.
Визначаємо коефіцієнт корисної дії електричної енергії з даних лічильників:

$$\eta_{\text{ф0.1}} = \frac{E_{\text{ф1}}}{E_{\text{р1}}},$$

де $E_{\text{р1}}$ – це табличне значення з коефіцієнтом питомого електроспоживання;
 $E_{\text{ф1}}$ – це фактична електроенергія.

Виведом графік для всіх видів породи продуктивності відносно коефіцієнта корисної дії загального лічильника рисунок 5-8. Бачимо що при збільшенні коефіцієнт питомого електроспоживання, кВт·год/тис. збільшується пропорційно споживання енергії, кВт·год/доб. Виведом графік для всіх видів породи продуктивності відносно коефіцієнта корисної дії загального лічильника рисунок 5-8.



Рисунок 5 – ККД відносно фактичної продуктивності екскаватора м^3 /день для плаstopодібної породи



Рисунок 6 – ККД відносно фактичної продуктивності екскаватора м^3 /день для гранітоподібної породи



Рисунок 7 – ККД відносно фактичної продуктивності екскаватора м^3 /день для глиноподібної породи



Рисунок 8 – ККД відносно фактичної продуктивності екскаватора м^3 /день для піскоподібної породи

Проаналізувавши графіки ми можемо побачити закономірність, що з тривалою роботою електропривода зменшується його значення ККД. За допомогою цих графіків ми бачимо відношення фактичного до розрахункового значення ККД кожного електроприводу і це дає нам можливість дослідити ефективність ремонтно-планово попереджувальних робіт та запропонувати покращений варіант прогнозування ремонтних робіт. Прогнозування ремонтних робіт електроприводу має забезпечити зменшення кількості годин витрачених на ремонтні роботи що в цілкому вплине на ефективність самого екскаватору зменшить кількість простоїв. Щоб підтвердити дане дослідження проведемо моделювання в наступному розділі.

Комп'ютерне моделювання роботи екскаватора

Таблиця 4 – Вхідні данні генератора постійного струму

Назва	Позначення	Значення
Номінальна потужність	P_n	1000000 Вт
Номінальний струм якоря генератора	I_n	1100 А
Номінальна напруга генератора	U_n	900 В
Номінальна швидкість обертання	n_n	1000 об/хв
Опір обмотки якоря	R_a	0,00825 Ом
Опір додаткових полюсів	R_d	0,00185 Ом
Опір компенсаційної обмотки	R_{ko}	0,00465 Ом
Опір обмотки збудження	R_f	2,38 Ом
Напруга збудження	U_f	110 В
Струм збудження	I_f	28 А
Магнітний потік	k_f	0,1006 Вб
Момент інерції	J_g	60 кг·м ²
Кількість головних полюсів	p	4
Номінальний ККД	η_n	94,9 %
Коефіцієнт компенсаційної обмотки	k	0,22

Таблиця 5 – Вхідні данні двигуна постійного струму

Назва	Позначення	Значення
Номінальна потужність	P_n	450000 Вт
Номінальний струм якоря генератора	I_n	1090 А
Номінальна напруга генератора	U_n	440 В
Номінальна швидкість обертання	n_n	1100 об/хв
Опір обмотки якоря	R_a	0,0055 Ом
Опір додаткових полюсів	R_d	0,0013 Ом
Опір компенсаційної обмотки	R_{ko}	0,00443 Ом
Напруга збудження	U_f	110 В
Струм збудження	I_f	22,1 А
Момент інерції	J_g	30 кг·м ²
Кількість головних полюсів	p	4
Номінальний ККД	η_n	94,9 %
Коефіцієнт компенсаційної обмотки	k	0,22

Проводимо розрахунок електроприводу для подальшого моделювання.

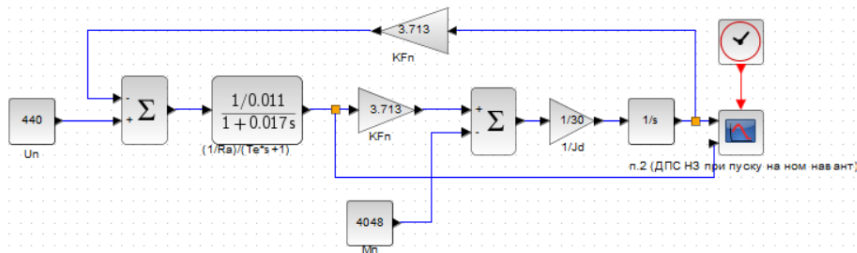


Рисунок 9 – Схема моделювання двигуна постійного струму

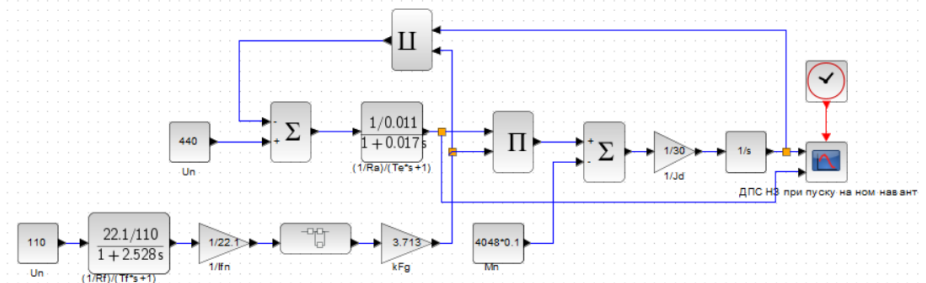


Рисунок 10 – Схема моделювання двигун постійного струму з обмоткою збудження струму

Виведемо графіки моделювання двигуна постійного струму.

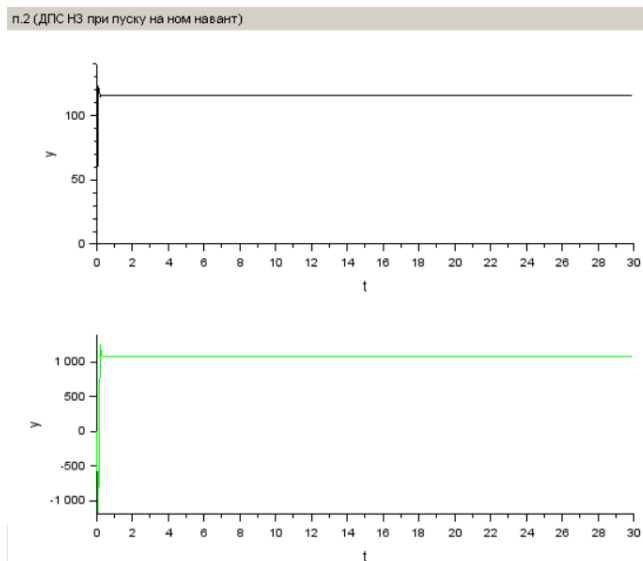


Рисунок 11 – Графіки моделювання двигуна постійного струму

Виведемо графіки моделювання двигуна постійного струму з обмоткою збудження струму.

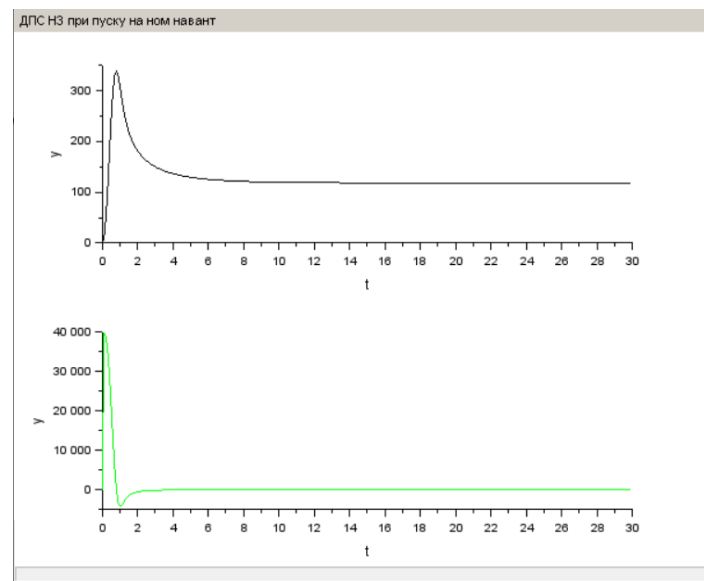


Рисунок 12 – Графіки моделювання двигуна постійного струму з обмоткою збудження струму

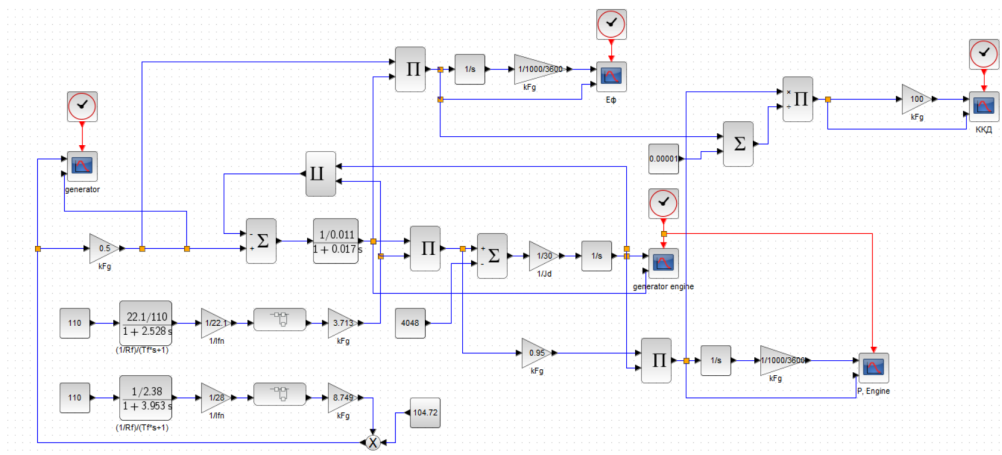


Рисунок 13 – Схема моделювання системи генератор-двигун постійного струму

Верхній графік на рисунках 11 та 12 це швидкість, а нижній струм.

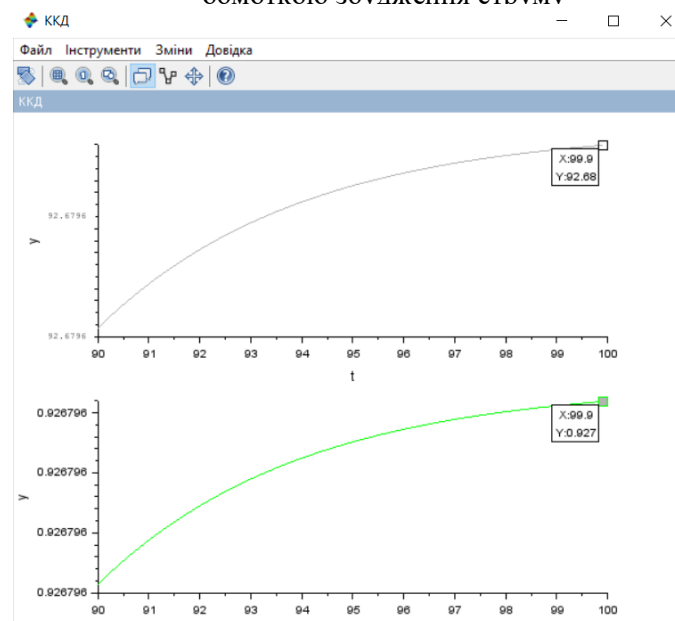


Рисунок 14 – Графіки блоку ККД показує коефіцієнт корисної дії в одиницях та відсотках

Проведемо моделювання з різними навантаженнями.

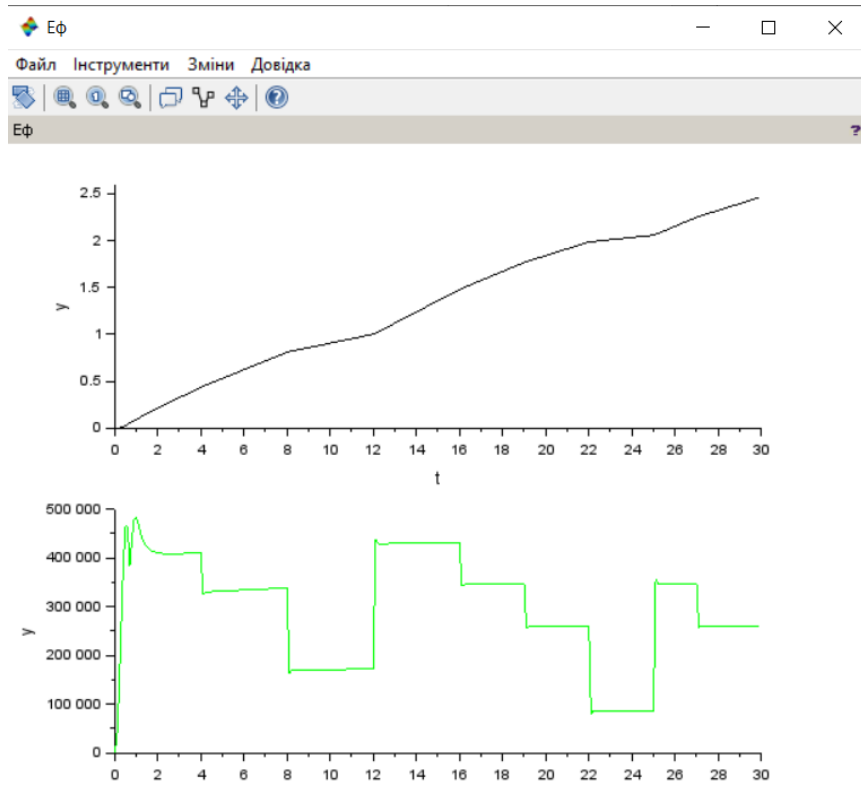


Рисунок 15 – Графіки блоку Еф показує електричну потужність за одну годину із різними навантаженнями

З даної моделі отримали коефіцієнт корисної дії екскаватора що при довготривалій роботі він буде погіршувати надалі запишемо ці умови. В залежності яке буде навантаження екскаватора і режим роботи буде змінюватися ККД.

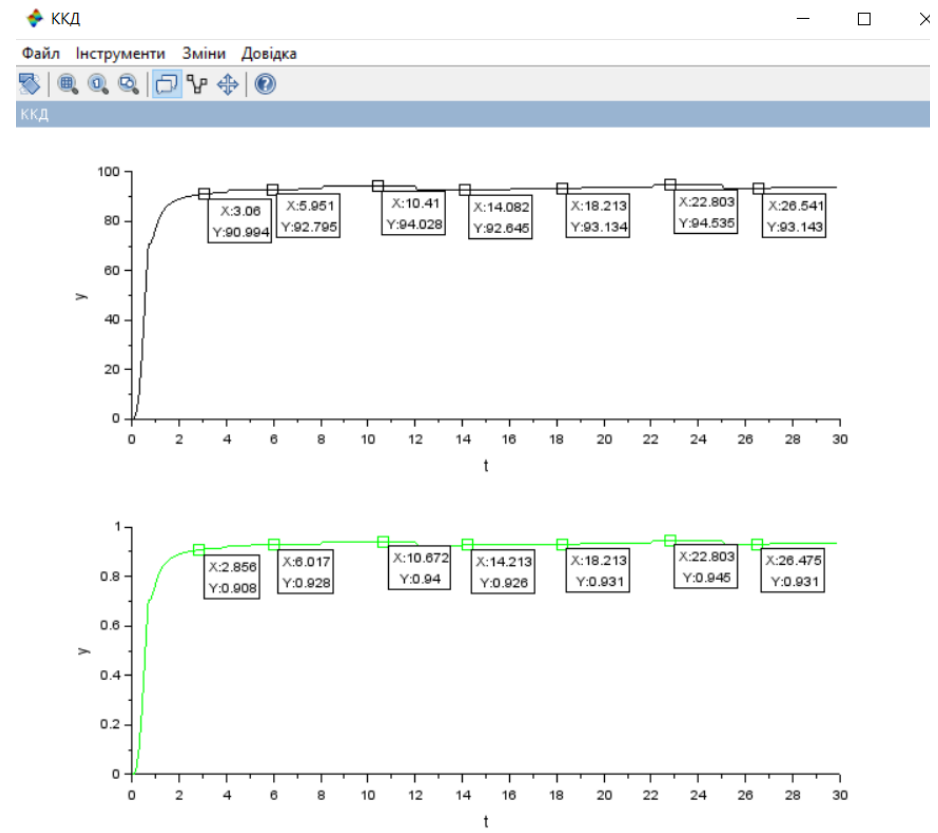
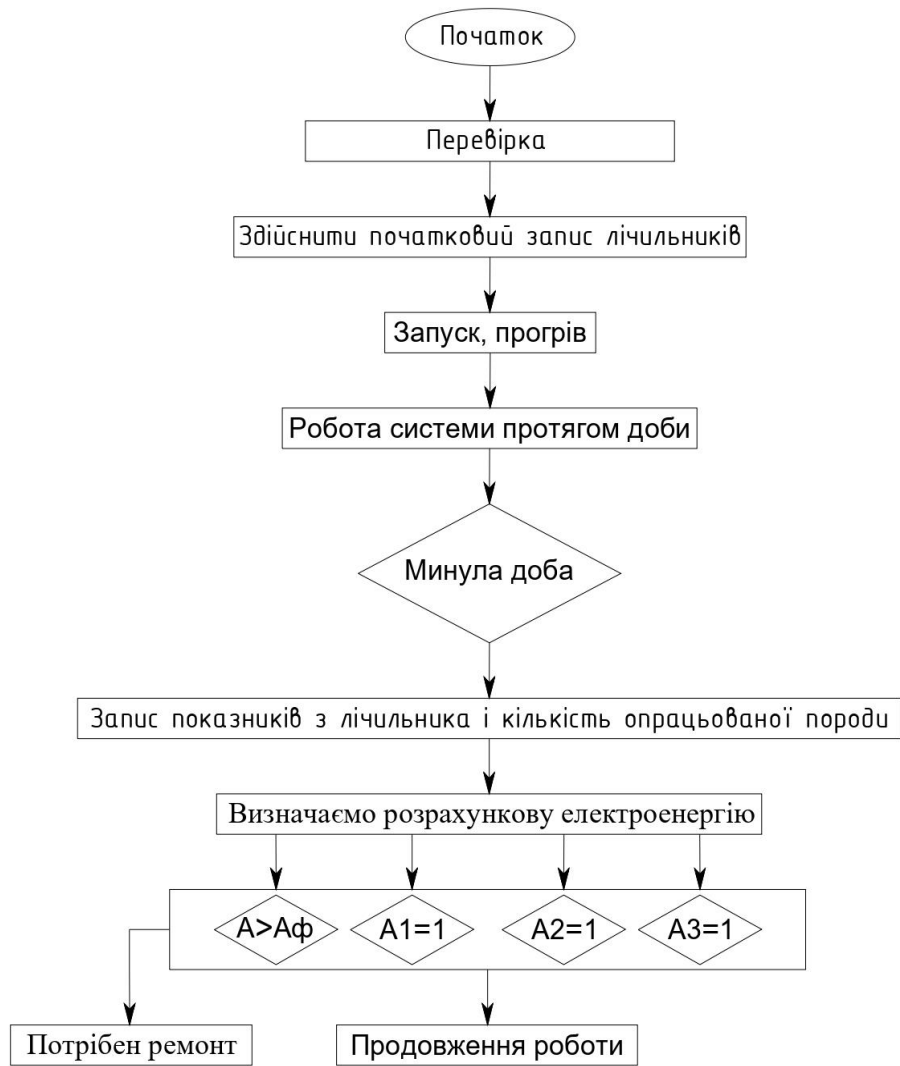


Рисунок 16 – Графіки блоку ККД показує коефіцієнт корисної дії в одиницях та відсотках із різними навантаженнями



Погоджено:				
Зам. інв. №				
Підпис і дата				
Інв. №оригіналу				

							08-24.МКР.004.00.000Е1			
							Підвищення ефективності роботи електроприводів екскаватора гірничовидобувного кар'єру			
							Структурна схема алгоритму роботи	Стадія	Аркуш	Аркушів
Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підпис	Дата					
Розробив	Грибовський О.А.									
Перевірив	Мошноріз М.М.									
Н.Контроль								ВНТУ		
Затвердив								Група ЕПА-23м		

Алгоритм роботи системи діагностування

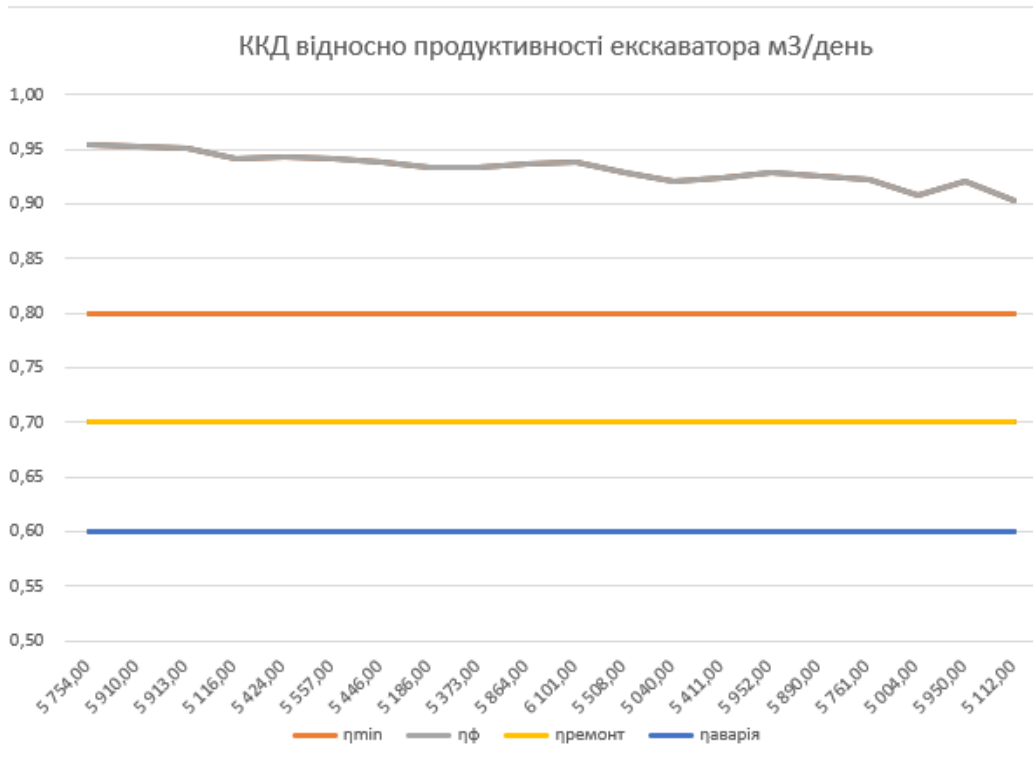
Якщо AVA1VA2VA3 → робочий режим, інакше аварія.

Підставим три значення ККД для лічильника двигуна підйому в рівняння ККД. Приведемо систему рівнянь коли в нас поломка:

$$\begin{cases} \eta_{\text{аварія}} \leq \eta_{\text{ремонт}} \leq \eta_{\text{мін}} \leq 92 \leq 100, \\ \eta_{\text{аварія}} \leq \eta_{\text{ремонт}} \leq \eta_{\text{мін}} \leq 88 \leq 100, \\ 65 \leq 70 \leq 80 \leq \eta \leq 100. \end{cases}$$

З даної системи видно що в нас одне значення менше за 70% і система не працюватиме потрібен негайний ремонт в нас режим поломки, якщо буде нижче 60% це електродвигун йде в рознос. Якщо з системи видно що в нас одне значення менше за 80% але не менше за 70% система працюватиме але потрібен ремонт.

Покажемо граничні ККД рисунок 17 використовуючи рисунок 6.



Звідси видно що ККД ще не опустилося до мінімальної відмітки, тому система електроприводів може працювати в стандартному режимі. В цілому навантаження впливає на термін служби двигунів, та допомагає нам в майбутньому спрогнозувати ремонтні роботи, тому проаналізувавши графіки та моделювання ми пересвідчилися в тому що запропонований метод прогнозування є в цілому робочий та ефективний.

Рисунок 17 – Граничні ККД з графіком ККД відносно фактичної продуктивності екскаватора м³/день для плаstopодібної породи

Висновки

У магістерській дипломній роботі проведено дослідження та аналіз ефективності роботи електропривода насосного агрегату з метою досягнення максимального коефіцієнта корисної дії.

Використовували стастичні дані продуктивності та енергоспоживання з листопада 2021 року по серпень 2024 року. Так як під час війни на підприємстві є певні труднощі зі збутом сировини та проблеми з подачею електроенергії були вимушені зупинки виробництва що ми й побачи в подальших графіках але це не вплинуло на загальну достовірність даних. Провели подальший розрахунок для конкретного кар'єру.

За допомогою комп'ютерного моделювання та було встановлено, що найменше споживання енергії досягається при виходу екскаватору з ремонту.

Звідси видно що ККД ще не опустилося до мінімальної відмітки, тому система електроприводів може працювати в стандартному режимі. В цілому навантаження впливає на термін служби двигунів, та допомагає нам в майбутньому спрогнозувати ремонтні роботи, тому проаналізувавши графіки та моделювання ми пересвідчилися в тому що запропонований метод прогнозування є в цілкому робочий та ефективний.

У роботі знайдено питоме споживання електроенергії для екскаватора типу ЕШ-10/70 Потужністю 1425 кВА, що становить - $Q_{\text{ЕШ.min}} = Q_{\text{min}} = 1,119344595 \text{ (кВт}\cdot\text{м}^3)$. Причому, виявлено, що це питоме споживання залежить від типу породи, тому запропоновано поділити питоме споживання на чотири категорії: піскоподібна порода - 1,119344595, глиноподібна пород - 1,74622973, гранітоподібна порода - 2,373114865, пластоподібна порода – 3.

У процесі аналізу статистичних даних отримано, що ККД екскаватора зменшується з часом роботи. Графіки планових попереджувальних ремонтів передбачають виведення екскаватора у капітальний ремонт кожні 5

місяців, тому запропоновано граничні значення ККД, при яких екскаватор треба виводити у ремонт. Ці граничні значення для всього екскаватора становлять: 60-80% і окремо для його основних приводів: 60-80%.

Простий одного екскаватора потужністю 1425 кВА призводить до недовипуску 6900 м^3 /добу породи. Якщо взяти вартість 1м.куб. породи - 57,97 грн, то будуть збитки, що дорівнюють 392270 грн, а це колосальні затрати, тому виводити екскаватор у ремонт треба обгрунтовано і не потрібно цього робити, якщо його ефективність задовільна.

У роботі розроблено схему реалізації технічної системи діагностування, яка дозволяє оцінювати реальне споживання електроенергії основними електроприводами екскаватора. Для цього необхідно використати трансформатор струму і напруги 6кВ, лічильник змінного струму, шунт постійного струму 75ШСМ на 1000 А (4шт) та аналізатор мережі постійного струму DATAKOM DKM-250 DC (4шт).

Запропоновано комп'ютерну модель електроприводів екскаватора, яка дозволяє оцінити його параметри енергоспоживання без прив'язки до конкретного екскаватора і без необхідності проведення експерименту. Це дозволяє оцінити рівень ефективності роботи, а відповідно і рентабельності розробок, ще до моменту початку розробок. Крім того, дана модель дозволяє оцінити енергоспоживання екскаватора без встановлення лічильників; дозволяє визначити загальне споживання електроенергії тощо.

З результатів розрахунків техніко-економічного обгрунтування можна зробити висновок, що модернізація даної системи автоматизованого електропривода є економічно виправданою. При цьому досягається економія річних експлуатаційних витрат на рівні 2,12%. Це, перш за все, пояснюється тим, що нова система значно зменшує витрати на обслуговування та ремонт. Це підтверджує правильність вибору варіанту модернізації та економічну доцільність впровадження даного технічного рішення. Річний економічний ефект становить 184483,112 грн.

В роботі використовувалися математичні програми ППП “Matlab”, Microsoft Excel та «Mathcad». Графічні матеріали виконувалися в середовищі AutoCAD.

Публікації за темою роботи

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Отримав подальший розвиток підхід до визначення питомого енергоспоживання електроприводів екскаватора гірничо видобувного кар'єру, який на відміну від відомих, ґрунтується на статистичних даних про реальне споживання енергії екскаватором та його продуктивність, що дозволить прогнозувати кількість електроенергії для розробки певного об'єму гірничої породи.

2. Отримав подальший розвиток підхід до визначення та оцінки ефективності роботи основних електроприводів екскаватора гірничовидобувного кар'єру, який на відміну від відомих, враховує значення коефіцієнта корисної дії усіх його електроприводів, що дозволить передбачити виникнення несправності та підвищити надійність роботи системи в цілому.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

1. Запропоновано спосіб оцінки рівня енергоспоживання екскаватора гірничовидобувного кар'єру з врахуванням щільності породи, що на відміну від відомих способів, дозволяє підвищити достовірність оцінки рівня енергоспоживання.

2. Запропоновано спосіб градування рівня енергоефективності екскаватора гірничовидобувного кар'єру, який на відміну від відомих, дозволяє оцінити динаміку зміни ефективності роботи основних приводів і формувати сигнал аварії у момент наближення рівня ефективності до критично низького значення, що дозволить підвищити надійність роботи системи.

3. Розроблено алгоритм роботи систем діагностування екскаватора гірничовидобувного кар'єру, який, на відміну від відомих, слідкує за рівнем ефективності роботи основних електроприводів екскаватора, що дозволяє підвищити надійність роботи екскаватора за рахунок завчасного виведення обладнання у ремонт.

Апробація результатів роботи. Результати роботи обговорювалися на таких науково-технічних конференціях:

1. Олександр Анатолійович Грибовський, Світлана Степанівна Никипорець.

INCREASING THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF EMERGENCY AUTOMATICS IN THE REGION. URL:

<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/836/1459/2733-1>.

2. Мошноріз М. М., Грибовський О. А. (2024). Комплексний показник енергетичної ефективності електропривода постійного струму / Electrical and Power Engineering and Electromechanics (EPEE 2024). Odesa, Ukraine, May 15, 2024: proceedings. Odesa Military Academy, 2024. С. 43-44. DOI 10.6084/m9.figshare.25858477. URL:

https://figshare.com/articles/conference_contribution/_i_Electrical_and_Power_Engineering_and_Electromechanics_i_i_EPEE_2024_i_Odesa_Ukraine_May_15_2024_proceedings_Odesa_Military_Academy_2024_57_p_/25858477.

Фрагменти роботи опубліковані та апробовані на наступних конференціях та наукових заходах:

1. Мошноріз М. М., Грибовський О. А. «СПОСІБ ОПОСЕРЕДКОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ НАСОСНОГО АГРЕГАТА В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ». Матеріали конференції «ЛІІ Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2023)». Секція комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів [Електронний ресурс]. Прийнято 19 березня 2023 року. ВНТУ, Факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінниця. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2023/paper/view/17659>.

2. Міжнародний конкурс студентських наукових робіт (лист Міністерства освіти і науки України № 7/374-22 від 13.12.2022) під патронатом Національної комісії України у справах Юнеско (лист № 413/19-194/087-83620 від 19.10.2022). Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. 2022/2023 навчальні роки. Дипломом I ступеня. Грибовський Олександр Анатолійович, студент факультету електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Вінницького національного технічного університету. Тема: ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТУ. Керівник: Микола Мошноріз, к.т.н, доц., доцент кафедри "Комп'ютеризовані електромеханічні системи і комплекси" Вінницького національного технічного університету.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: «Підвищення ефективності роботи електродвигунів екскаватора гірничовидобувного кар'єру»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕМ, гр. ЕПА-23м

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

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність	88 %
Загальна схожість	12 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

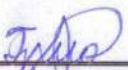
☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор

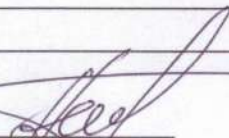

(підпис)

Грибовський О.А.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Паянок О. А.

(прізвище, ініціали)

Експерт

(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Підвищення ефективності роботи електродвигунів екскаватора

Галузь: Гірничовидобувна промисловість

Тип роботи: Написання структурної схеми роботи

Виконавець: Грибовський О.А. ЕПА-23м

Науковий керівник: Мошноріз М.М.

(Підпис, підпис)

Підсумок звіту надійності Тесту

Оригінальність	82 %
Загальна складність	12 %

Аналіз звіту надійності (виділити потреби)

1. Записаний, включений у роботу, оформлений логічно і не містить помилок.

2. Виявлено у роботі записані не мають помилок, але їх наявність свідчить про певні помилки щодо повноти роботи і висвітлення самостійності її виконання. Роботу виконано на задоволення.

3. Виявлено у роботі записані з висвітленням і мають певні помилки, але в цілому виконано на задоволення. Роботу виконано на задоволення.

Зауваження: Написано (написано) з певним змістом, який був використаний для роботи (написано).

(Підпис)

Грибовський О.А.
(Підпис, підпис)

Опис призначення роботи

					08-24.МКР.004.00.000				
					Підвищення ефективності роботи електроприводів екскаватора гірничовидобувного кар'єру	Літера	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		у			
Розробив		Грибовський О.А.		19.11.24					
Перевірив		Мошноріз М.М.		12.11.24					
Т.Контр.									
						Аркуш	Аркушів		
Рецензент		Мошноріз М.М.		07.12.24	Структурна схема алгоритму роботи	ВНТУ Група ЕПА-23м			
Н.Контр.		Мошноріз М.М.		19.11.24					
Затверд.		Мошноріз М.М.		19.11.24					