

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

Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний факультет

(факультет)

Кафедра електропривода

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студента Прокопенко Владислава Олександровича

(ПІБ)

академічної групи 141-17ск-3

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ Електропривод

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Модернізація електропривода шахтної підйомної установки МПБ-6,3×2,8×2,8

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Балахонцев О.В.			
розділів: 1,2,3.	Балахонцев О.В.			
4.	Столбченко О.В.			
5.	Тимошенко Л.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер				

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
електропривода
(повна назва)

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

«_____» _____ 20 20_ року

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

Студенту Прокопенко В. О. _____ академічної групи _____ 141-17ск-3 _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____

спеціалізації¹ Електропривод _____
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____
(офіційна назва)

на тему Модернізація електропривода шахтної підйомної установки МПБ-6,3×2,8×2,8
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
1	Технологічна частина	15.03-29.03
2	Автоматизований електропривод	2.04-20.04
3	Дослідження динаміки електропривода	1.05-10.05
4	Охорона праці	06.05.-17.05
5	Техніко-економічне обґрунтування	18.05-10.06

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

Дата видачі 15 жовтня 2019

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____ Прокопенко В. О.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 35 стор., 10 рис., 15 табл., 9 джерел.

Мета роботи: Опрацювати базові поняття, їх значимість та довести ефективність модернізації шахтної установки

У даній роботі наведені загальні відомості про шахту, виконаний аналіз сучасного стану електроприводу шахтних установок, проаналізовані шляхи їх вдосконалення.

Виконано вибір електромеханічного обладнання, електроприводу, електропостачання, опрацьовані питання автоматизації, технічного обслуговування і ремонту шахти.

Опрацьовані питання безпеки життєдіяльності, дано техніко-економічне обґрунтування нового варіанту електроприводу шахти.

ШАХТНА УСТАНОВКА, ЕЛЕКТРОПРИВІД, ПІДЙОМНІ УСТАНОВКИ

ABTRACT

The explanatory note: 35 pages., 10 figures., 15 tables., 9 references.

Project goal: to work out the basic concepts, their significance and prove the effectiveness of modernization of the mine

This paper presents general information about the mine, analyzes the current state of the electric drive of mine installations, analyzes ways to improve them.

The choice of electromechanical equipment, electric drive, power supply is made, the issues of automation, maintenance and repair of the mine are worked out.

Issues of life safety have been worked out, feasibility study of a new version of the mine's electric drive has been given.

MINE INSTALLATION, ELECTRIC DRIVE, LIFTING INSTALLATIONS

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1. Опис механізму.....	8
1.2. Вимоги до механізму.....	11
РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД.....	12
2.1. Обґрунтування типу приводу.....	12
2.2. Вибір електродвигуна.....	13
2.3. Вибір та опис типу перетворювача.....	15
2.4. Схема електричних підключень.....	16
2.5 Розрахунок та опис САР.....	18
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ.....	20
3.1. Модель електроприводу.....	20
3.2. Дослідження ПП та оптимізація САР.....	22
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	26
4.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів.....	26
4.2. Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	27
4.3. Пожежна профілактика.....	28
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	30
5.1. Розрахунок капітальних витрат.....	31
5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат.....	34
ВИСНОВКИ.....	41
ЛІТЕРАТУРА.....	42

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

З усього гірничо-шахтного устаткування підйомні установки займають особливе місце, оскільки є основним видом транспорту, що зв'язує підземні виробки шахти з поверхнею.

Шахтні підйомні установки призначені для видачі на поверхню корисної копалини, швидкого і безпечного спуску і підйому з шахти людей, транспортування кріпильного обладнання, гірничо-шахтного обладнання та матеріалів. За допомогою підйомної установки виробляють також огляд і ремонт кріплення стовбура шахти.

На великих сучасних шахтах завжди є дві - три діючі підйомні установки, при цьому кожна з них виконує свої особливі функції (видачу руди, спуск-підйом людей, видачу породи), а не є резервом іншої. Це надає великого значення підйомним установкам у всьому комплексі електромеханічного устаткування шахт і пред'являє до них особливі вимоги щодо надійності та безпеки роботи. Від надійної, безперебійної та продуктивної роботи шахтного підйому залежить ритмічна робота всієї шахти в цілому.

Електропривод підйомних установок споживає до 40% (іноді до 50%) всієї електроенергії, що витрачається шахтою. Підйомні машини встановлюються на весь термін експлуатації шахти.

Підйомні установки розділяються:

- За призначенням: на головні або вантажні (для транспортування руди), допоміжні або вантажні людські (для транспортування породи, матеріалів і устаткування, а також спуску і підйому людей); людські (тільки для спуску і підйому людей);

- За типом стовбура шахти: на вертикальні і похилі;

- За типом органів навивки підйомних канатів: на машини з постійним радіусом навивки (з циліндричними барабанами або ведучим шківом тертя) і циліндроконічні. Сучасні шахтні підйомні машини є найбільш потужними з

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

усього стаціонарного обладнання на шахті. Електропривод підйомних установок споживає до 40% всієї електроенергії, яка витрачається шахтою. Швидкість руху підйомних посудин у стволі досягає 15-20 м/сек. Оскільки така швидкість розвивається на коротких відстанях (рівних довжині шахтного стовбура), підйомні машини повинні мати надійне управління і гальмівні та пристрої, які безвідмовно діють.

Основним і найскладнішим елементом скіпової ПУ є підйомна машина, яка знаходиться в машинному відділенні і за допомогою підйомного каната виконує підйом скіпа по стволу шахти на поверхню, де руда розвантажується в бункер збагачувальної фабрики. Підйомний канат проходить через шків, що знаходиться на копрі. Під землею скіп завантажується з вагонного перекидача через мірний ящик.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Опис механізму

Підйомні установки шахт - найбільш складні і відповідальні об'єкти в загальному технологічному ланцюзі транспортування корисних копалин з шахти на поверхню. Їх складність обумовлена тим, що електрична схема підйомної машини повинна виконувати безліч контрольних і захисних функцій і забезпечувати автоматичне керування потужним приводом постійного або змінного струму при значному, змінному за рівнем навантаженні для підтримки з великою точністю заданої швидкості руху посудини на всіх ділянках руху.

В даний час рівень автоматизації шахтних підйомних установок залишається досить низьким, внаслідок чого знижується якість контролю параметрів і оперативності спрацьовування захистів від неприпустимих режимів роботи, знижується надійність їх роботи, а також ефективність самого технологічного процесу в цілому.

У зв'язку з особливою технологічної важливістю шахтних підйомних установок у шахтному виробництві, великими розмірами збитку від аварій, а також високим рівнем вимог до безпеки підйому людей для управління і контролю такими установками допустимо застосування лише автоматизованих систем, які передбачають обов'язкову участь людини. У міру вдосконалення систем автоматизації шахтних підйомних установок обсяг функцій, виконуваних людиною, неухильно зменшувався, і в даний час за ним залишилися функції, що важко піддаються автоматизації або більш надійно виконуються людиною в штатній і особливо в нештатній ситуації, а також функції загального контролю ситуації та прийняття екстрених заходів.

Найбільша кількість автоматизованих підйомних установок має в якості підйомної посудини скіпи (перекидні або з донним розвантаженням), що визначається двома причинами: напруженим режимом роботи таких установок і відносною простотою алгоритму управління. На рисунку 1.1

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

представлена схема скіпової підйомної установки.

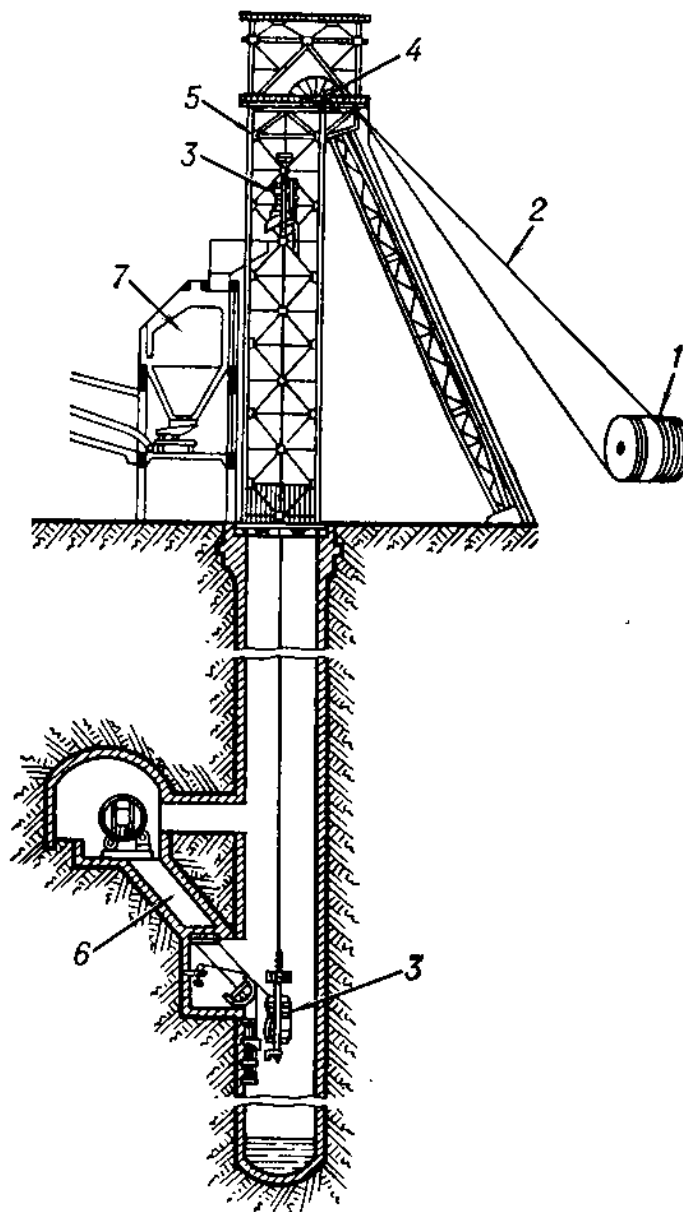


Рисунок 1.1. Схема скіпової підйомної установки: 1- підйомна машина, 2 – підйомні канати, 3 – скіпи, 4 – напружувачі шківів, 5 – копер, 6 – завантажувальний пристрій, 7 – бункер.

Вихідні параметри для розробки системи керування вказані в таблиці 1.1.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Вихідні параметри системи керування

Найменування величини	Значення
Кратність моменту інерції механізму	2,5
Діапазон регулювання швидкості	20
Кратність струму стопоріння	2,0
Статична похибка керування швидкості, %	4
Статична помилка керування положення, %	2
Допустиме прискорення, рад/с ²	0,2
Необхідність реверса	+
Напруга живлення, кВ	6
Сила, кН	160
Лінійна швидкість руху скіпа м/с	16
Коефіцієнт запасу	1,10
ККД	0,80
Кількість двигунів	2
Вантажопідйомність скіпа, т	50

Кінематична схема механізму зображена на рисунку 1.2.

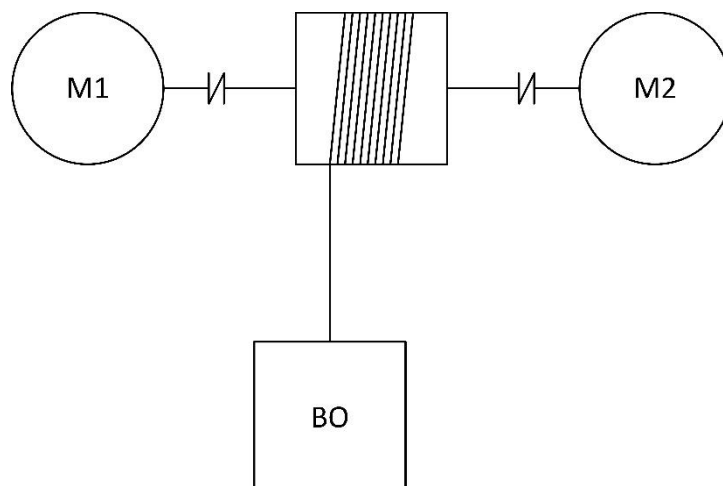


Рисунок 1.2 - Кінематична схема

1.2. Вимоги до механізму

Вимоги до електроприводу визначаються режимами роботи та керування підйомної установки.

Електропривод повинен забезпечити:

1) Роботу в рушійному та гальмівному режимах при зміні величини та знаку навантаження.

2) Зміну напрямку обертання двигуна із стану спокою при попередньому стопорінні машини гальмом.

На деяких підйомних установках при використанні регулювання положення скіпа на рівні загрузки – розгрузки реверс проходить багаторазово в процесі підтримання скіпа на заданому рівні.

3) Регулювання швидкості в заданому діапазоні, виходячи з максимальної швидкості 12 м/с і нормованої швидкості ревізії 0,3 м/с.

4) Виконання розрахованої діаграми швидкості руху з заданою точністю незалежно від величини і знаку навантаження, підтримання номінальної швидкості з помилкою не більше 0,5-1,0 %.

5) Обмеження динамічних навантажень в елементах підйомної установки, щоб в системі автоматичного регулювання електропривода постійного струму також обмежувалась швидкість ривка, що дозволить забезпечити оптимальні динамічні режими роботи установки.

6) Можливість виконання ручного, дистанційного та автоматичного керування скіповими підйомними установками.

7) Максимальну експлуатаційну надійність та безпечність роботи підйомної установки, використання електричних машин і комплектних пристроїв, виконаних по спеціальним технічним вимогам, забезпечення СПУ пристроями контролю швидкості.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД

2.1. Обґрунтування типу приводу

Вибір роду струму і типу електроприводу цілеспрямовано виконувати на основі розгляду і порівняння технічно-економічних показників ряду варіантів, що задовольняють технічним потребам даної робочої машини, а також з огляду на максимальну економічність.

Вибір роду струму згідно «Правил устрою електроустановок» необхідно почати з двигунів змінного струму, але враховуючи що для даного електроприводу важливими фактами є великий пусковий момент, а також плавність регулювання частоти обертання вибирається двигун постійного струму, так як він має широкий діапазон регулювання і відносну простоту здійснення цього регулювання, а також його пусковий момент значно більший за пусковий момент асинхронних двигунів.

Електропривод постійного струму є необхідним для виконання таких завдань, як рекуперація енергії та точне регулювання та підтримання швидкості. Даний тип електроприводу забезпечую високу стабільність і майже виключає можливість перевантаження. Електропривод постійного струму має свої плюси та мінуси, наприклад при високій динаміці використання він більш вигідний, так як за рахунок меншої маси ротора та висоти осі обертання він має менший момент інерції ротора, але в той же час він менш захищений в умовах підвищеної запиленості.

Вибір системи електроприводу ведеться виходячи з можливості прямого живлення від мережі чи необхідності використання індивідуального перетворювач, їх переваг та недоліків. Для двигунів постійного струму найчастіше використовують системи Г-Д (генератор – двигун) та систему ТП-Д (тиристорний перетворювач – двигун).

В системі Г-Д асинхронний чи синхронний двигун безперервно обертає генератор постійного струму, що в свою чергу живить двигун постійного струму.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

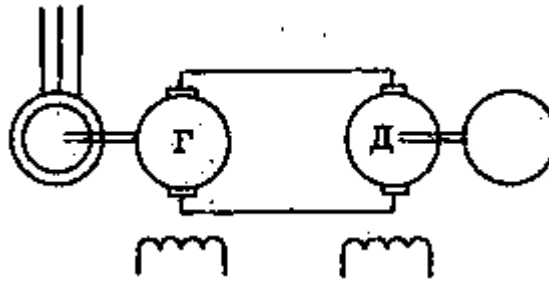


Рисунок 2.1 Система Г-Д

Систему Г-Д використовують в двигунах, робота яких зв'язана з частими пусками, гальмуваннями та реверсами. Також система Г-Д забезпечує можливість використання рекуперативного гальмування.

Недоліками системи є відносно низький коефіцієнт корисної дії, висока вартість та великі габарити.

В системі ТП-Д живлення двигуна постійного струму відбувається за рахунок електроенергії, що перетворюється в тиристорах, з'єднаних в тиристорний міст.

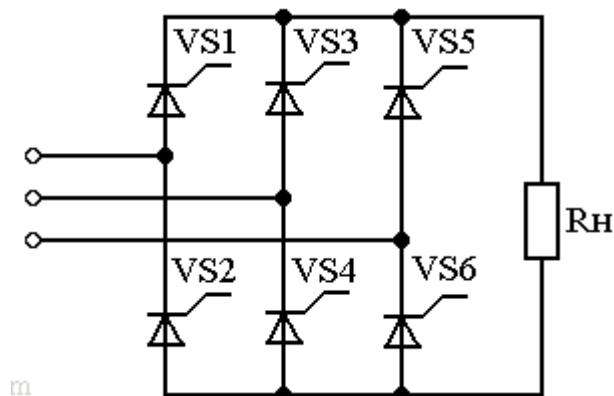


Рисунок 2.2 Система ТП-Д

Система ТП-Д має ті ж переваги, що й система Г-Д, але виключає основні недоліки, такі як великі габарити та низький КПД (до 99%), в першу чергу за рахунок відсутності обертового перетворювача енергії.

2.2. Вибір електродвигуна

Використовуючи вихідні дані та режиму роботи скіпової підйомної установки розраховуємо потужність електродвигуна:

$$P_{\text{ДВ}} \geq k_3 \cdot \frac{F \cdot V}{\eta_{\text{м}} \cdot 2} = 1,1 \cdot \frac{160 \cdot 10^3 \cdot 16}{0,8 \cdot 2} = 1,76 \cdot 10^6 \text{Вт} \quad (2.1)$$

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Вибираю двигун П2-26/41-2,25, параметри якого вказані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Параметри двигуна

Назва параметрів	Позначення	Значення
Потужність двигуна, МВт	$P_{дв}$	2
Напруга двигуна, В	$U_{дв}$	750
Струм двигуна, А	$I_{дв}$	2980
Частота обертання двигуна, об/хв	$n_{дв}$	40
ККД двигуна	$\eta_{дв}$	0.895
Момент інерції двигуна, кг · м ²	$J_{дв}$	11400
Кількість паралельних витків обмотки статора	a	2
Кількість пар полюсів обмотки статора	$2p$	120
Кутова швидкість двигуна, рад/с	$\omega_{дв}$	4.188

Потужність генератора постійного струму визначається з формули:

$$P_{ген} \geq \frac{P_{дв}}{\eta_{дв}} = \frac{2 \cdot 10^6}{0,895} = 2,235 \cdot 10^6 \text{ Вт} \quad (2.2)$$

Вибираю генератор П2-26/41-2,25, параметри якого вказані в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Параметри генератора

Назва параметрів	Позначення	Значення
Потужність генератора, МВт	$P_{ген}$	2,5
Напруга генератора, В	$U_{ген}$	930
Струм генератора, А	$I_{ген}$	
Частота обертання генератора, об/хв	$n_{ген}$	50
ККД генератора	$\eta_{ген}$	0.913
Момент інерції генератора, кг · м ²	$J_{ген}$	12300
Кількість паралельних витків обмотки	a	2

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ

Арк.

14

статора		
Кількість пар полюсів обмотки статора	$2p$	120
Кутова швидкість генератора, рад/с	$\omega_{ген}$	5,235

Потужність приводного двигуна генератор визначається з формули:

$$P_{прдв} \geq \frac{P_{ген}}{\eta_{ген}} = \frac{2,5 \cdot 10^6}{0,913} = 2,738 \cdot 10^6 \text{ Вт} \quad (2.3)$$

В якості приводного двигуна вибираю асинхронний двигун АТД4.

Технічні дані асинхронного двигуна вказані в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Технічні дані асинхронного двигуна АТД4.

Назва параметрів	Значення
Номінальна потужність, кВт	3150
Номінальна напруга, В	6000
Номінальне ковзання, %	1.3
Синхронна швидкість, об/хв	1000
Номінальний ККД, %	97.2
Момент інерції, кг · м ²	145
$\cos\varphi$	0.9
μ_n	0.9

2.3. Вибір та опис типу перетворювача

Вибір тиристорного перетворювача для живлення обмотки збудження генератора здійснюється за умови:

$$\begin{aligned} U_{тз} &\geq 2 \cdot U_{зген} \\ I_{тз} &\geq 2 \cdot I_{зген} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Подвоєння напруги і струму тиристорного перетворювача для живлення обмотки збудження генератора здійснюється з метою форсування процесів збудження, через що тривалість перехідних процесів суттєво зменшується.

Вибираю тиристорний перетворювач типу Sinoreg 6RM70, параметри якого вказані в таблиці 2.4.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Таблиця 2.4 - Технічні параметри тиристорного збуджувача

Назва параметрів	Значення
Напруга живлення, В	6000
Вихідна напруга, В	896
Вихідний струм, А	6530
Напруга збудження, В	220
Струм збудження, А	100

2.4. Схема електричних підключень

Вибір датчика швидкості здійснюється на основі тахогенераторів з постійними магнітами або незалежним збудження виходячи з номінальної швидкості двигуна:

$$\omega_{тг} \geq \omega_{дв} \quad (2.5)$$

Обираю тахогенератор постійного струму ПТ-42. Параметри тахогенератора вказані в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Технічні параметри тахогенератора

Назва параметрів	Значення
Номінальна частота обертання, об/хв	100
Струм, А	0,1
Струм збудження, А	1,0
Габаритні розміри, мм	545x293
Маса, кг	122,5
Вихідна напруга, В	230
Напруга збудження, В	55

Вибір датчика струму здійснюється виходячи с рівності:

$$I_{дс} \geq I_{дв} \quad (2.6)$$

Обираю датчик струму, представлений у вигляді шунта ШСМ-0,075/3000. Технічні параметри шунта вказані в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Технічні дані шунта ШСМ-0,075/3000

Назва параметрів	Значення
Номінальний струм вимірювання, А	3000
Вихідна напруга шунта, мВ	75
Номінальний опір шунта, мОм	25

Вибір датчика напруги виконується виходячи з рівності:

$$U_{дн} \geq U_{дв} \quad (2.7)$$

Обираю датчик напруги LV100/SP83. Технічні дані датчика вказані в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Технічні дані датчика напруги LV100/SP83

Назва параметрів	Значення
Номінальне значення вимірюваної напруги, В	100...2500
Номінальний струм, мА	10

Принципова схема розроблюється на основі функціональної схеми, вибраних датчиків та інших елементів для роботи схеми.

Принципова схема зображена на рисунку 2.3.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

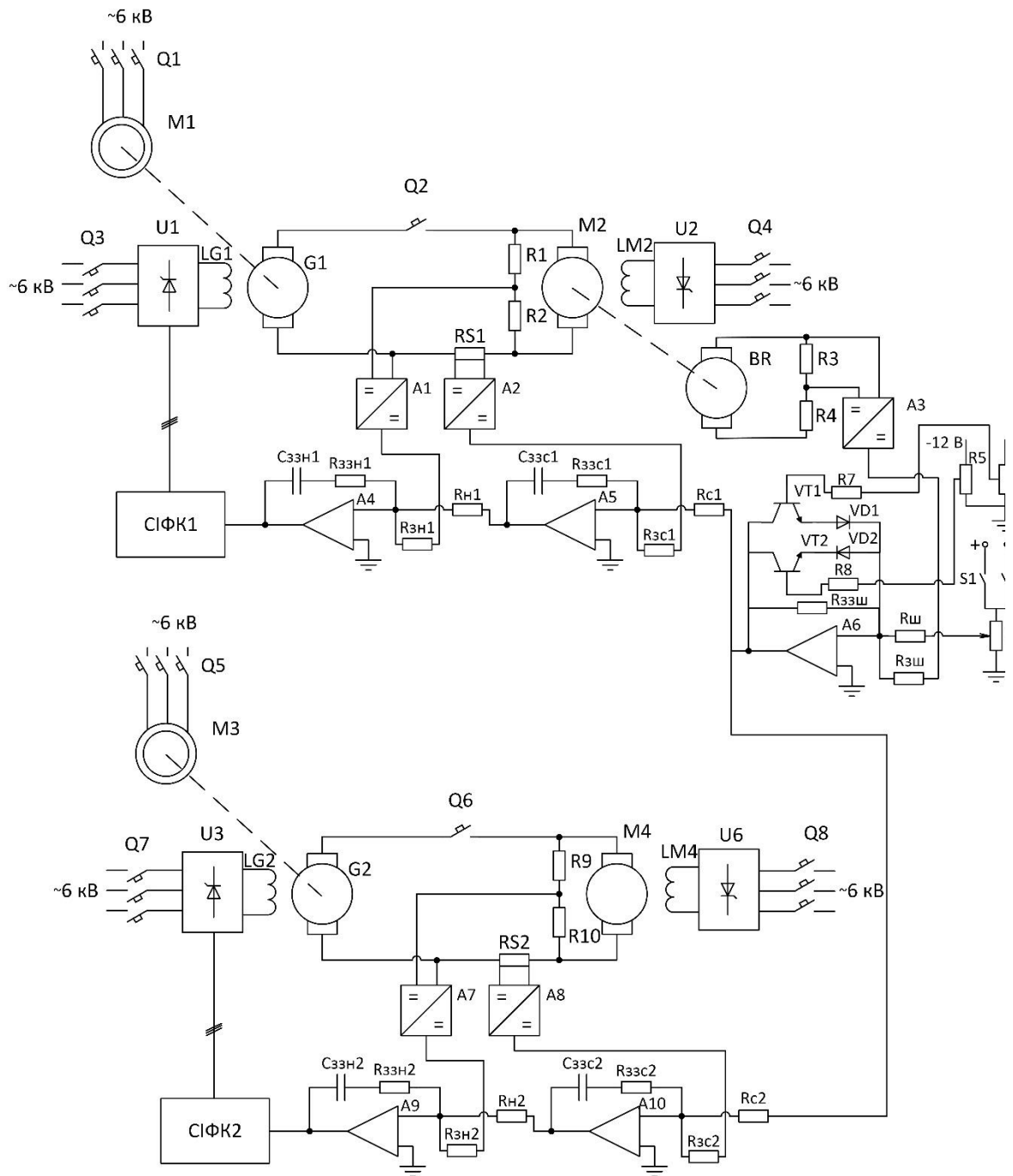


Рисунок 2.3. Принципова електрична схема скіпової підйомної установки

2.5 Розрахунок та опис САР

На підставі аналізу технічних вимог до електроприводу механізму необхідним є встановлення регуляторів напруги, струму та швидкості, при цьому регулятори напруги та струму будуть налаштовуватися на модульний

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

оптимум, для мінімізації швидкості перехідних процесів у внутрішніх зворотніх зв'язках за рахунок меншої постійної часу цих регуляторів, а контур швидкості буде розрахований на модульний оптимум, з подальшою перевіркою величини статизму системи по швидкості.

Розраховуємо статизм:

$$\delta = \frac{\Delta\omega}{\omega_{min}} \cdot 100\% = \frac{\Delta\omega \cdot D}{\omega_H} \cdot 100\% = \frac{\frac{R_e \cdot 2 \cdot T_c}{T_m \cdot k\Phi} \cdot I_c \cdot D}{\frac{U_{зш}}{k_{дш}}} \cdot 100\% = \quad (2.8)$$

$$= 7,228 \%$$

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ

3.1. Модель електроприводу

Виконаємо моделювання динамічних режимів системи керування електроприводом у середовищі MATLAB на основі структурної схеми зображеної на рисунку 3.1.

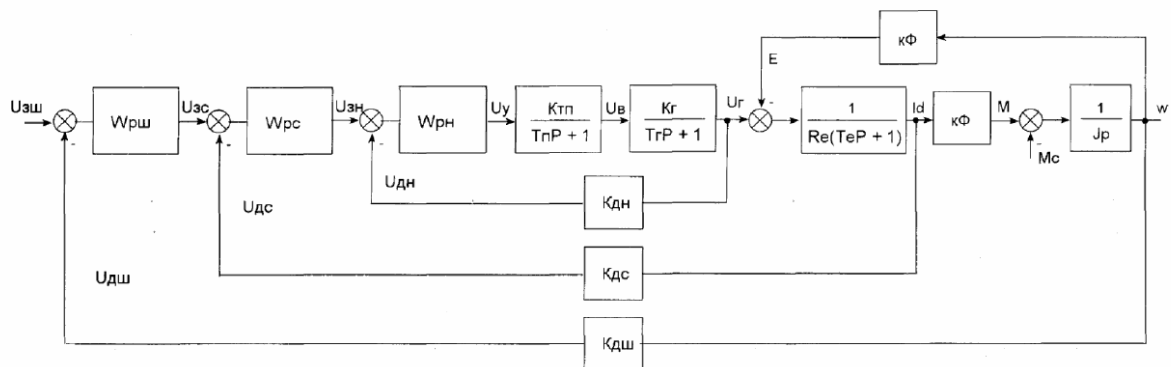


Рисунок 3.1 - Структурна схема електроприводу за системою Г-Д

Схема моделі трьохконтурної системи регулювання (напруги, струму та швидкості) зображена на рисунку 3.2.

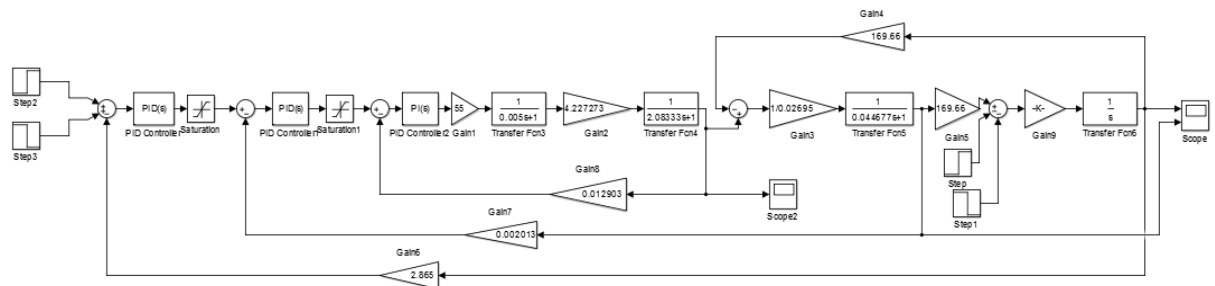


Рисунок 3.2 - Схема трьохконтурної системи регулювання

На рисунку 3.3 зображені графіки перехідних процесів по швидкості та струму.

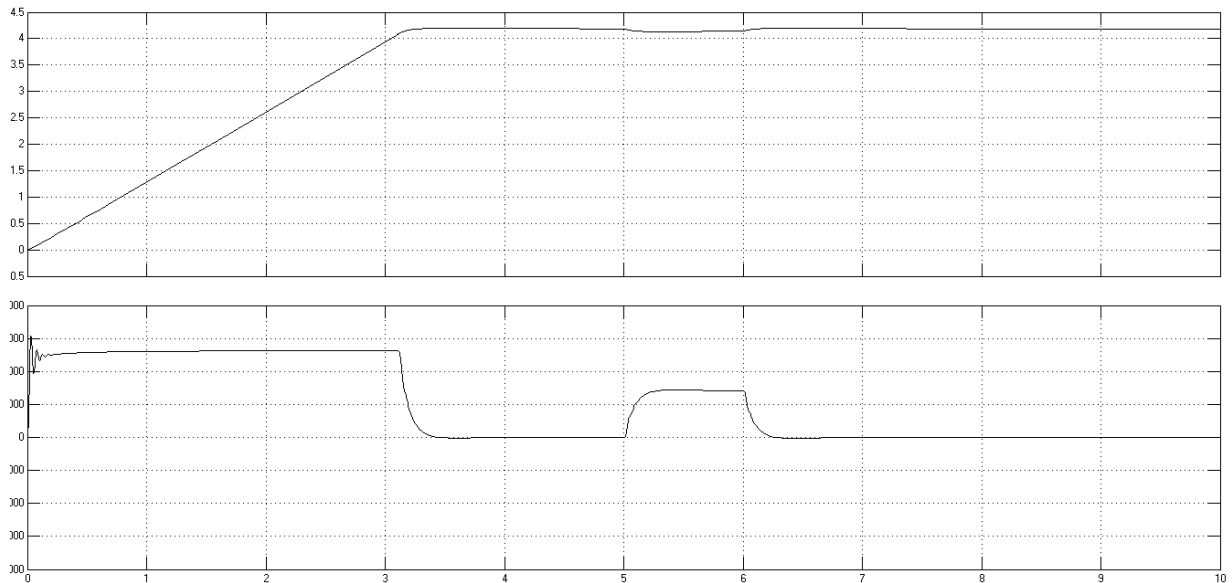


Рисунок 3.3 - Графіки перехідних процесів по швидкості та струму

З цього графіку видно, що час розгону до номінальної швидкості становить 3,2 секунди, при цьому перехідний процес по струму буде мати коливальний характер. Перехідний процес по струму під час пуску двигуна зображений на рисунку 3.4.

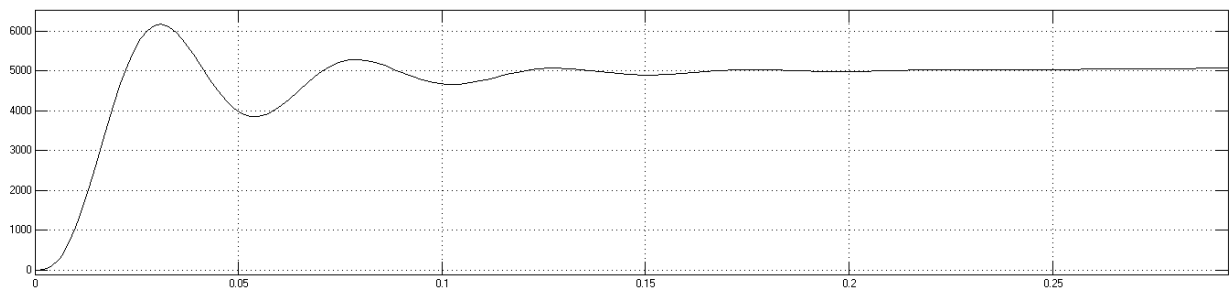


Рисунок 3.4 - Перехідний процес по струму під час пуску двигуна

З рисунку 3.4 видно, що тривалість перехідного процесу по струму під час пуску двигуна складає 0,15 секунди.

Перерегулювання по струму:

$$\sigma = \frac{I_{max} - I_{\Pi}}{I_{\Pi}} \cdot 100\% = \frac{6160 - 5235}{5235} \cdot 100\% = 17,2\% \quad (3.1)$$

При подачі номінального навантаження перехідні процеси по швидкості та струму матимуть вигляд зображений на рисунку 3.5.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

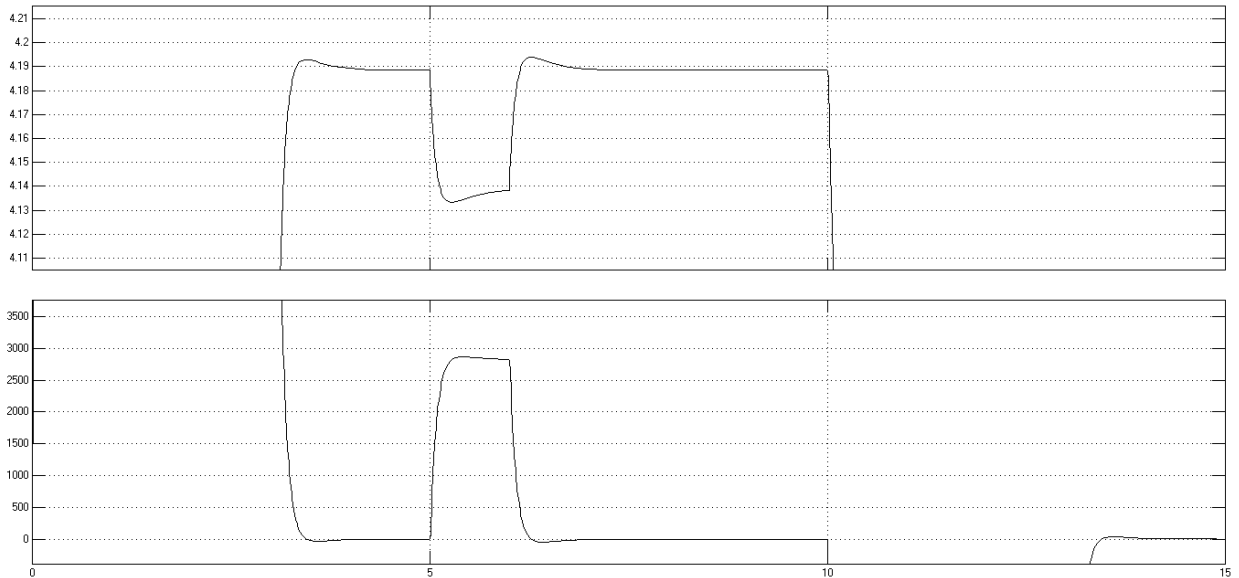


Рисунок 3.5 - Перехідні процеси по швидкості та струму при подачі номінального навантаження

Статизм швидкості при подачі номінального навантаження:

$$\delta = \frac{\Delta\omega}{\omega_H} \cdot 100\% = \frac{0,06}{4,19} \cdot 100\% = 1,43\% \quad (3.2)$$

При подачі номінального навантаження на двигун струм збільшується до номінальної величини.

Під час гальмування перехідний процес по струму матиме той же вигляд, що й під час розгону, але з протилежним знаком.

3.2. Дослідження ПП та оптимізація САР

Перелік елементів, що використовуються в даній схемі вказаний в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Перелік елементів

Поз. позначення	Найменування	Кількість	Прим.
A1-A3, A7, A8	Підсилювач постійного струму	5	

A4-A6, A9, A10	Операційний підсилювач К553 УД1А	5	
BR	Тахогенератор ПТ-42	1	
Сззн1, Сззн2, Сззс1, Сззс2	Конденсатор К50-35 5мкФ	4	
G1, G2	Генератор П2-26/41-2,25 2,5 МВт	2	
M1, M3	Двигун АТД4 3,15 МВт	2	
M2, M4	Двигун П2-26/41-2,25 2 МВт	2	
Q1, Q3-Q5, Q7, Q8	Автоматичний трифазний вимикач ВМП-10	6	
Q2, Q6	Автоматичний вимикач ВАТ42	2	
R1, R9	Резистор ПЕВТ – 30 – 6,2 кОм ±10%	2	
R2, R3, R10	Резистор ПЕВТ– 30 - 100 Ом ±10%	2	
R4	Резистор МЛТ - 0,5 - 2 кОм ±10%	2	
R5, R6	Резистор МЛТ - 0,5 - 10 кОм ±10%	2	
R7, R8	Резистор МЛТ - 0,5 - 220 Ом ±10%	2	
RS1, RS2	Шунт ШСМ – 0,075/3000	2	
Rз	Резистор МЛТ - 0,5 - 10 кОм ±10%	1	
Rззн1, Rззн2	Резистор МЛТ - 0,5 - 420 кОм ±10%	2	
Rззс1, Rззс2	Резистор МЛТ - 0,5 - 9 кОм ±10%	2	
Rззш	Резистор МЛТ - 0,5 - 700 кОм ±10%	1	
Rн1, Rн2, Rзн1, Rзн2	Резистор МЛТ - 0,5 - 6 кОм ±10%	4	
Rс1, Rс2, Rзс1, Rзс2	Резистор МЛТ - 0,5 - 8,2 кОм ±10%	4	
Rш, Rзш	Резистор МЛТ - 0,5 - 5 кОм ±10%	2	
S1, S2	Пристрій комутації КЕ-031	2	
VD1, VD2	Діод КД209Б	2	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ

Арк.

23

VT1, VT2	Транзистор КТ315Г	2	
U1 – U4	Тиристорний збуджувач Sinoreg 6RM70	4	
СІФК1, СІФК2	Система імпульсно-фазного керування	2	

Приводний асинхронний двигун М1, що живиться від мережі трифазного струму, напругою 6 кВ, приводить в обертання генератор постійного струму G, який в свою чергу наводить ЕРС в ланцюзі живлення статора двигуна М2 підйомної установки, після підключення до живлення тиристорного збуджувача U1 генератора, а також замикання вимикача SA1. Після подачі напруги на тиристорний збуджувач U2 двигуна, двигун М2 починає обертатись. Регулювання швидкості обертання двигуна М2 виконується системою керування електроприводу, за рахунок регулювання струму збудження генератора G. Система керування включає в себе внутрішній контур регулювання напруги, а також 2 зовнішні контури регулювання струму та швидкості. Контур керування швидкістю представлений у вигляді тахогенератора BR та П-регулятора швидкості. Вихідний сигнал з контуру швидкості є вхідним для контуру струму. Контур керування струмом представлений у вигляді шунта RS1 та ІІІ-регулятора струму. Вихідний сигнал з зовнішнього контуру керування струмом є вхідним сигналом для внутрішнього контуру регулювання напругою, що в свою чергу створює вхідний сигнал для системи імпульсно-фазного керування СІФК тиристорного збуджувача генератора G. Контур керування напруги складається з подільника напруги та ІІІ-регулятора.

Максимальний захист приводного двигуна генератора виконується масляним вимикачем Q1. Захист від обриву обмоток збудження генератора G1 та двигуна М2 виконується автоматичними вимикачами Q3 та Q4 відповідно.

Вимикач Q2 виконує захист двигуна постійного струму М2 від струмів КЗ та обриву живлення від генератора G1.

									ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
										24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Живлення та керування другого двигуна виконується таким же чином, що й першого, але контур керування швидкості один на два двигуни.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів

Шкідливі виробничі фактори - це несприятливі фактори трудового процесу або умов навколишнього середовища, які можуть зробити шкідливий вплив на здоров'я і працездатність людини. Тривала дія на людину шкідливого виробничого фактора призводить до захворювання.

Шкідливий виробничий фактор може стати небезпечним в залежності від рівня і тривалості впливу на людину.

У рудничних умовах, згідно з ПУЕ, застосовують мережі з ізольованою нейтраллю, що обумовлює деякі особливості при аналізі безпеки ураження струмом.

Небезпечним виробничим фактором називаються такий виробничий фактор, вплив якого на робочий персонал в певних умовах призводить до травми або до іншого раптового погіршення здоров'я.

В даному об'єкті є ряд небезпечних факторів:

- обертові частини двигунів;
- можливість ураження електричним струмом;
- пожежа;

Шкідливими виробничими факторами є також такі чинники, впливу яких на робочий персонал за певних умов веде до зниження працездатності і захворювань.

На даному об'єкті є ряд шкідливих для людини факторів:

- наявність обертювих і рухомих машин і механізмів;
- конвеєрного господарства;
- негабаритних місць;
- використанням вантажопідіймальних механізмів і кранів;
- безперервністю технологічного процесу;

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- високою в літній час і низькою в зимовий температури на робочих місцях;
- недостатнє освітлення в темний час доби.

4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

За способом захисту людини від ураження електричним струмом КТУ відносяться до електричних Класу 01 по ГОСТ 12.2.007.1-75.

Відповідно до ГОСТ 12.2.007.11-75 двері шаф управління, що відкривають доступ до струмоведучих частин, забезпечені замками.

Щоб уникнути випадкового дотику до струмоведучих частин всі двері шаф управління при поданій напрузі повинні бути огорожені. У схемі захисту КТУ передбачена дверна блокування, що унеможлиблює подачу напруги в силовий ланцюг при відкритих дверях шаф.

Всі елементи КТУ повинні бути надійно заземлені на місці монтажу. Захисне заземлення всередині шаф виконується по радіальної схемою щодо розташувань в шафі шини заземлення.

До обслуговування КТУ повинен допускатися тільки персонал, що пройшов спеціальний інструктаж. Поряд з цією інструкцією обслуговуючий персонал повинен в частині вимог безпеки керуватися наступними документами:

- правил улаштування електроустановок;
- правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів;
- інструкціями з техніки безпеки, що діють з підприємства, яке експлуатує КТУ.

Будь-які комутаційні операції: підключення, перемикання, установка перемичок, виїмка і установка силових блоків, субблоків, осередків управління - повинні проводитися при знятій напрузі.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Всі види ремонтів КТУ повинні проводитися за допомогою зняття напруги з оформленням наряду на проведення робіт.

Накладення персональних заземлень обов'язково з усіх боків, звідки може бути подана напруга до місця роботи.

Мережа живлення власних потреб КТУ відключається і включається у міру потреби.

Огляд КТУ, якщо його допоміжні ланцюги знаходяться під напругою, слід проводити, стоячи на діелектричному килимку, але торкаючись корпусів одночасно двома руками і користуюся інструментом з ізольованими рукоятками і діелектричними рукавичками.

Роботи по наладці і випробуванню КТУ з включеною силовою частиною організовуються і проводяться як роботи без зняття напруги з установки.

Роботи без зняття напруги з установками виробляються за нарядом відповідно до вимог ПТБ. Відповідальний керівник робіт, який має кваліфікаційну групу не нижче V, безпосередньої участі в роботі не бере, а лише здійснює керівництво роботою і контролює правильність зібраних схем і виконуваних безпосередніми виконавцями операцій.

Електротехнічні приміщення, в яких розташовані КТУ, повинні бути обладнані вуглекислотними вогнегасниками переносного або стаціонарного типу.

4.3 Пожежна профілактика

Пожежна небезпека електроустановок обумовлена наявністю в вживаному електрообладнанні горючих ізоляційних матеріалів. Горючої є ізоляція обмоток електричних машин, трансформаторів, різних електромагнітів (контактори реле, контрольно-вимірювальні прилади), а так само електронагрівальні прилади. В силових трансформаторних з масленим охолодженням є можливість межвиткового К.З, в результаті якого в витку

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

виникає настільки великий струм, що ізоляція швидко розкладається з виділенням горючих газів. Для гасіння пожежі широко застосовуються різні хімічні засоби, що викидаються в осередок пожежі за допомогою вогнегасників.

Наприклад: вуглекислотні вогнегасники типів ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8 та інші, призначені для гасіння загоряння різних матеріалів і електроустановок. Згідно ПУЕ при здачі в експлуатацію в КТПН повинні бути забезпечені протипожежними засобами та інвентарем.

Тому встановлюється в приміщенні РУ-0,4 кВ пожежний інвентар в який входить:

- ручні вуглекислотні вогнегасники ОУ-2, ОУ-5
- ящик з піском 3м3 - 1шт
- азбест 2 х 1,5м-1шт
- відро - 2 шт
- лопата - 2шт

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Вступ

У даному дипломному проекті було прийнято рішення про розробку макету механізму відкриття воріт за допомогою мікро-електропривода лінійного переміщення на платформі Arduino.

Необхідність вирішення розглянутої в дипломному проекті проблеми полягає у впровадженні системи автоматизації замість релейно-контакторної системи керування, яка є менш доцільною, тому що:

- собівартість виготовлення макету за допомогою релейно-контакторної системи є більшою ніж за допомогою системи автоматизації
- надійність релейно-контакторної системи керування є нижчою тому що часто можливі випадки виходу зі строю одного або деяких елементів релейно-контакторної системи.
- впровадження системи автоматизації дозволяє зменшити допустимий рівень знань людини, яка виготовляє макет.

Впровадження системи автоматизації дозволяє :

- автоматизувати механізм
- підвищити надійність роботи системи та устаткування

Розглянутий метод керування двигуном постійного струму у системі зворотнього зв'язку за ЕРС дає ряд переваг, таких як:

- плавний пуск і зупинку мікромотору
- якісні перехідні процеси без великих коливань в системі керування

Для обґрунтування та конкретизації економічної доцільності пропонованого в дипломному проекті обладнання необхідно вирішити наступні завдання:

1. Розрахунок капітальних витрат
2. Розрахунок експлуатаційних витрат

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконання економічної частини дипломної роботи передбачено планом навчального процесу підготовки студентів освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр" спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

5.1 Розрахунок капітальних витрат

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

Капітальні інвестиції з реалізації проектного технічного рішення включають:

- витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;
- витрати, пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;
- витрати, пов'язані з виконанням монтажно-налагоджувальних робіт;
- витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення. При визначенні величини проектних капіталовкладень ($K_{пр}$) можна скористатися формулою:

$$K_{пр} = K_{об} (\Sigma C_i) + Z_{тзс} + Z_m + Z_n + Z_{пр} ,$$

(5.1)

де $K_{об} (\Sigma C_i)$ – вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i - го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

к - кількість необхідних комплектуючих елементів;

Зтзс – транспортно-заготівельні і складські витрати;

Зм – витрати на монтажні роботи;

Зн - витрати на налагоджувальні роботи;

Зпр – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Таблиця 5.1

Зведення капітальних витрат

№ з/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	К-ть	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
1	Костюм	14	250	3500
2	Чоботи	14	43	602
3	Каска	14	28	392
4	Аптечка	2	90	180
5	Світильник	14	75	1050
6	Рукавички діелектричні	6	30	180
7	Електродвигун 4А80В2У3	1	9225	9225
8	Перетворювач частотний Тріол АТ 04005	1	13650	13650
9	Електродвигун П32-С1	1	4600	4600
10	Привід ПМУ7М-3	1	4500	4500
11	Автоматичний вимикач	4	18000	72000
12	Пускач	12	23000	276000
13	Освітлення	1	18000	18000
14	Автоматика	1	30000	30000
15	Контактор	2	18000	36000
17	ВСЬОГО			469 879

Витрати на монтажні (З_м) і на налагоджувальні роботи (З_н) можна визначити наступним чином:

$$Z_m = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_d \cdot K_{см} \cdot K_{пр} \quad (5.2)$$

де Ч – чисельність працівників III розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.; Ч = 3.

a₃ – годинна тарифна ставка працівника III розряду, грн.;

a₃ = 59,6 грн станом на 05.2020

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

t = 24 годин

K_д – коефіцієнт, що враховує розмір доплат; K_д = 1.0.

K_{см} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок; K_{см} = 1.22

K_{пр} – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт. K_{пр} = 1.0.

$$Z_m = ((3 \cdot 59,6 \cdot 24) \cdot 1,0 \cdot 1,22 \cdot 1,0) = 5235 \text{ грн}$$

Витрати на налагоджувальні роботи визначаються наступним чином:

$$Z_n = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_d \cdot K_{см} \cdot K_{пр} \quad (5.3)$$

де, Ч - чисельність електрослюсарів III розряду, необхідних для виконання налагоджувальних робіт, 2 чол

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

a - годинна тарифна ставка електрослюсарів III розряду. 48,7 грн станом на 05.2020

t - час, необхідний для виконання налагоджувальних робіт, годин

$$Z_n = ((2 \cdot 48,7 \cdot 24) \cdot 1,0 \cdot 1,22 \cdot 1,0 = 2852 \text{ грн}$$

Розрахунок проектних капіталовкладень:

$$K_{пр} = 5235 + 2852 + 469879 + 0 = 477966 \text{ грн}$$

5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

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

До основних статей експлуатаційних витрат електротехнічного устаткування відносяться:

- амортизаційні відрахування (Ca);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (Cз);
- єдиний соціальний внесок (Cс);
- витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж (Ст);
- вартість електроенергії, що буде споживана об'єктом проектування або витрат електроенергії (Cэ);
- інші експлуатаційні витрати (Cпр).

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_T + C_9 + C_{\text{пр}} \quad (5.4)$$

5.2.1. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання.

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод амортизації, при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів. Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості:

$$\Phi_a = \Phi_{\text{п}} - \text{Л},$$

(5.5)

де $\Phi_{\text{п}}$ – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

Л – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Норма амортизації при малоцінному обладнанні(до 6000 грн) складає 50% на початку експлуатації, та 50% у кінці експлуатації.

$$AO = \frac{\Phi_{п} \cdot Na}{100} = \frac{477966 \cdot 50}{100} = 238983 \text{ грн}$$

5.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється за категоріями персоналу (робітники, КСС), відповідно до їхньої чисельності, режиму роботи, за погодинними тарифними ставками, посадовими окладами, формами і системами оплати праці і преміювання, що застосовують на підприємстві.

Основна заробітна плата працівників – це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки). Вона визначається тарифними ставками і відрядними розцінками, посадовими окладами для спеціалістів, службовців і керівників.

При визначенні основної заробітної плати робітників (за відрядною або погодинною формами оплати) необхідно знати погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду та розрахувати номінальний річний фонд робочого часу робітника.

Номінальний річний фонд робочого часу одного робітника F_H визначається відповідно до режиму його роботи (кількістю робочих днів і тривалістю зміни):

$$F_H = (D_k - D_{св} - D_{вих}) \cdot T_{зм} , \text{ годин,} \quad (5.7)$$

де D_k , $D_{св}$, $D_{вих}$ – кількість календарних, святкових і вихідних днів у році відповідно;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, годин.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок номінального річного фонду робочого часу повинний бути наведений у пояснювальній записці.

При розрахунку заробітної плати інженерно-технічного персоналу слід враховувати, що вона визначається, виходячи з місячного посадового окладу.

Результати розрахунку основної заробітної плати обслуговуючого персоналу представляються у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 Розрахунок річного фонду основної заробітної плати обслуговуючого персоналу

Професія робочих, посада, розряд	К-ть по списку	Тариф, оклад	Обсяг за місяць	Пряма ЗП, грн	Доплати, грн				Всього, грн	З ЄСВ, 22%, грн
					За роботу в нічний час	За керівництво бригадою	За ходіння до роботи	Премія		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ел. Слюсарі:										
розряд: V	5	24	150	18000	2700	720	2700	3600	27720	33819
IV	3	21	150	9450	1417		1417	1417	13702	16716
Машиніст	5	24	150	18000	2700		2700	2700	26100	31842
Мех. ділянка	1			4975				747	5721	6980
Всього	14								73244	89357
Всього за рік									878928	1 072 284

Додаткова заробітна плата – це винагорода за працю понад встановлених норм, за особливі умови праці. До додаткової заробітної плати належать премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій за діючими на підприємстві преміальними системами, доплати і

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ					Арк.
										37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством (за роботу в нічний і вечірній час, у важких і шкідливих умовах, за багатозмінний режим роботи, за керівництво бригадою незвільненим бригадирам, за навчання учнів тощо).

5.2.3. Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок визначається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плат.

Станом на 02.2020 ЄСВ складає 22% від заробітної плати (інформація від Мінфін станом на 02.2020). Дані зведені в табл. 5.4.

5.2.4. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

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

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

$$Z_{т.р.} = \sum \left(Ri \cdot ti \cdot mi \cdot Rei + \frac{Si \cdot \Pi i}{Ti} \cdot T\Phi \right) \quad (5.6)$$

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

ti – трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю залежно від виду ремонту год./ од. : капітального - 15;

mi – число ремонтів за рік, $mi = 0,1$.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Rei – сумарна категорія складності ремонту в залежності від виду електрообладнання: 10;

Si - вартість однотипних замінних елементів, грн.;

П – кількість однотипних замінних елементів;

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

Tф – число годин роботи апаратури на рік, год.

$$Z_{т.р.} = 59,6 \cdot 15 \cdot 0,1 \cdot 10 + \frac{1475 \cdot 3}{100} \cdot 185 = 9080 \text{ грн}$$

5.2.5. Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності, річного фонду робочого часу об'єкта проектування та втрат електроенергії за формулою:

$$C_3 = W_p \cdot C_e, \text{ грн.}, \quad (5.10)$$

де W_p – кількість спожитої за рік електроенергії, кВт • год. 3750 кВт/год.

C_e – тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн. / кВт • год, 1,53 грн. / кВт • год.

$$C_3 = 3750 \cdot 2,28 = 8550 \text{ грн}$$

5.2.6. Визначення інших витрат

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

$$C_{ін} = 1072284 \cdot 4\% = 42892 \text{ грн}$$

$$C = 238983 + 1072284 + 9080 + 8550 + 42892 = 1371789 \text{ грн}$$

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3. Висновок

У розрахунках економічної частини дипломного проекту було визначено значення капітальних витрат необхідних для створення макету, які склали 477966 грн, експлуатаційних витрат, які склали 1371789 грн.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В даній роботі розглянута характеристика об'єкту автоматизації – скіпової підйомної установки. Були вибрані асинхронний приводний двигун, генератор та двигун постійного струму. Розглянуті швидкісні та механічні, а також економічні характеристики розімкненої системи.

Вибрана схема автоматичного керування підйомним двигуном. Розглянуто двигун постійного струму, як об'єкт автоматичного керування. Розглянуті перехідні процеси розімкненої системи.

У розділі «Техніко-економічне обґрунтування» встановлено, що:

- капітальні витрати становлять 6394000 грн.;
- експлуатаційні витрати – 31402447 грн;
- витрати на оплату праці – 1109203 грн;

Для керування підйомною установкою була створена замкнена система підпорядкованого регулювання, що забезпечує необхідну точність керування. Виконаний розрахунок параметрів контуру регулювання напруги, струму та швидкості. Розроблена принципова схема підйомної установки. Розглянуті перехідні процеси розімкненої системи.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. О. М. Сінчук, Ю. Г. Осадчук, Ю. Б. Філіпп, М. М. Максимов. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Системи керування електроприводами» - Кривий Ріг: КТУ, 2014.
2. Справочник по автоматизированному электроприводу. Под ред. Елисеева В.А. и Шинянского А.В. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Калашников Ю.Т., Католиков В.Е. и др. «Электрооборудование шахтных подъемных машин» - М.: Недра, 1986.
4. Стороженко М. А. «Аппаратура управления и контроля рудничными подъёмными установками» – М.: «Недра», 1980.
5. Правицкий Н.К. «Рудничные подъемные установки» – Харьков, 1956.
6. Герман-Галкин С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: Корона-Век, 2008.
7. Терехов В. М., Осипов О. И. Система управления электроприводов: учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Издат. центр «Академия», 2005.
8. Методичні вказівки до виконання розділу „Охорона праці“ в дипломних проектах (роботах) бакалаврів інституту електроенергетики / В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. – Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2012. – 8 с.
9. Методичні вказівки до виконання економічної частини кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, Н.В. Дементьєва – Дніпро: НТУ «ДП», 2019. – 14с.

					ЕП.ПД.20.14.ВС.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		