

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

Інститут Електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавр
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Стужинського Владислава Вячеславовича
академічної групи 141-16ск-3
(шифр)
спеціальності 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”
(код і назва спеціальності)
спеціалізації¹
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
на тему Розрахунок мотор-колеса кар’єрного самоскида вантажопідйомністю 150 тонн

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Колб А.А.			
розділів:				
Технологічний	Колб А.А.			
Спеціальний	Колб А.А.			
Моделювання	Колб А.А.			
Охорона праці	Лутс І.О.			
Економічний	Дементьева Н. В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Казачковський М.М.			

Дніпро
2019

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
електропривода
(повна назва)

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

«_____» _____ 2019 року

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

студенту _____ Стужинський В.В. _____ академічної групи _____ 6.050702 _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ _____
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Розрахунок мотор-колеса кар'єрного самоскида вантажопідйомністю 150 тонн

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічний	Загальна характеристика мотор – колеса	13.05.2019
Спеціальний	Розрахунок мотор – колеса , вибір електродвигуна та перетворювача частоти	10.05.2019
Моделювання	Створення структурної схеми, створення математичної моделі приводу	15.05.2019
Охорона праці	Інженерно-технічні заходи з охорони праці, під час керування кар'єрного самоскида	25.05.2019
Економічний	Економічне обґрунтування прийнятих рішень	04.06.2019

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Колб А.А.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 15.04.19

Дата подання до екзаменаційної комісії 09.06.19

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Стужинський В.В.

(прізвище, ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	Error! Bookmark not defined.
1. Технологічна частина.....	6
1.1. Призначення, склад та технічна характеристика механізму.....	6
1.2. Технологія.....	12
1.3. Вимоги, що пред'являються до електроприводу.....	17
2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Літературний огляд	18
2.1. Визначення можливих варіантів та вибір раціональної системи електроприводу	24
2.2. Проектування функціональної схеми автоматизованого електроприводу	24
2.2. Попередній вибір двигуна.....	28
2.3. Розрахунок та побудування навантажувальної діаграми.....	28
2.4. Попередній вибір двигуна за потужністю	32
2.5. Вибір номінальної швидкості двигуна.....	33
2.6. Побудування навантажувальної діаграми.....	35
2.7. Перевірка даного двигуна на нагрів та перевантажувальну здатність	38
2.8. Вибір ПЧ	41
3. АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	46
3.1. Вибір системи керування.....	46
3.2. Побудова математичної моделі приводу	47
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	50
4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів.	51
4.2. Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	51
4.3. Пожежна безпека.....	54
5. ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	55

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	2 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ.....	56
5.1. Розрахунок капітальних затрат.....	57
5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат.....	59
5.2.1. Розрахунок амортизаційних відрахувань	59
5.2.2. Розрахунок амортизаційних відрахувань	59
5.2.3. Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	60
5.2.4. Визначення річних затрат на технічне обслуговування і поточний ремонт	62
5.3. Визначення річної економії від впровадження об`єкта проектування.....	63
5.4. Визначення та аналіз показників економічної ефективності.....	67
1.1. Висновок.....	68
1.2. Література	69

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	3 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Серед різноманіття засобів транспорту і механізації будівництва переважають самохідні пневмоколісні (безрейкові) транспортні засоби. Більшість пневмоколісних машин оснащена механічними і гидромеханическими трансмісіями. Механічні трансмісії мають малу масу, невисоку вартість, невеликі габаритні розміри, достатню надійність і значний к.п.д. Проте їм властиві наступні недоліки: недовикористання потужності джерела енергії через ступінчасту форму тягової характеристики; вплив трансмісії на компоновальну схему машини; значні експлуатаційні витрати внаслідок зношування деталей; складність конструкції трансмісій шарнірно-зчленованих машин; трудність і мала ефективність автоматизації управління трансмісіями і процесами роботи машин.

Із зростанням потужності ці недоліки посилюються. Тому потрібне створення пневмоколісних машин-електромобілів, обладнаних електричним приводом провідних коліс і автономною енергетичною установкою. Широке поширення отримали так звані мотор-колеса, що містять вбудовані в маточини тягові електродвигуни, редуктори і гальма аварійно-стоянок. Мотор-колеса поліфункціональні, оскільки вони виконують функції розподільних, перетворюючих, ходових і гальмівних пристроїв при використанні електродинамічного гальмування і придатні для різних машин. Тому трансмісії з мотор-колесами універсальні і мають наступні переваги:

- можливість передачі потужності до декількох тисяч кінських сил від одного або групи дизелів до необхідного числа рушіїв;
- безступінчата тягова характеристика близька до гіперболи в діапазоні регулювання швидкості 1: 20 при номінальній потужності;

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	4 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- можливість цілеспрямованого управління силовим потоком таким чином, що більше навантажені і такі, що знаходяться в кращих умовах по зчепленню рушії реалізують велику потужність і розвивають максимальне тягове зусилля;

- менші витрати на обслуговування в порівнянні з витратами при механічних і тим більше гидромеханических трансмісій;

- простота і ефективність автоматизації управління трансмісіями і процесів роботи машин.

Нині усі ці властивості в сукупності забезпечуються практично тільки електричними універсальними трансмісіями.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	5 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення, склад і технічна характеристика механізму

Дана установка є позашляховим самоскидом, оснащеним дизельним двигуном. Самоскид наводиться в рух за допомогою великого дизельного двигуна, сполученого з генератором і системою тягового приводу змінного струму. Самоскид оснащений шістьма колесами. Два передні колеса є керованими і неприводними. Чотири задні колеса згруповані попарно і є приводними. Кожна пара коліс наводиться в рух за допомогою асинхронного електродвигуна змінного струму і редуктора. Окремі інвертори забезпечують незалежне управління кожним заднім колісним мотором, що є необхідним унаслідок надзвичайно великої різниці в числі оборотів коліс при повороті на невеликій швидкості. Самоскид оснащений кузовом великого об'єму, що перевертається назад.

До складу самоскида входять (малюнок 1.1) : Чотиритактний дизельний двигун (2) з газотурбінним наддуванням і проміжним охолодженням наддувочного повітря, що перетворює теплову енергію палива, яка згорає в їх циліндрах, в механічну. Система очищення повітря - через триступінчаті фільтри з елементами сухого типу. Випуск газів, що відпрацювали, здійснюється через один вихлопний колектор в платформу з правого боку. Система мастила - циркуляційна, під тиском, з "мокрим" піддоном. Система охолодження - рідинна, з примусовою циркуляцією. Система пуску - пневмостартерна.

Тяговий генератор (1) є джерелом живлення електроенергією для тягових електродвигунів. Він жорстко закріплений з дизелем і встановлений на підмоторну раму. Ротор генератора сполучений з колінчастим валом через

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	6 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пружну пластинкову муфту. Тягові електродвигуни (11), разом з корпусом колісного редуктора встановлені на балці заднього моста (10), перетворюють електроенергію, що отримується від генератора, в механічну, і через колісні редуктори передають її на провідні колеса (9). Вал якоря електродвигуна одним кінцем сполучений з торсіонним валом провідної шестерні редуктора мотор-колеса, а до другого кінця (з боку колектора) кріпитися барабан гальмівного механізму гальмівної системи стоянки.

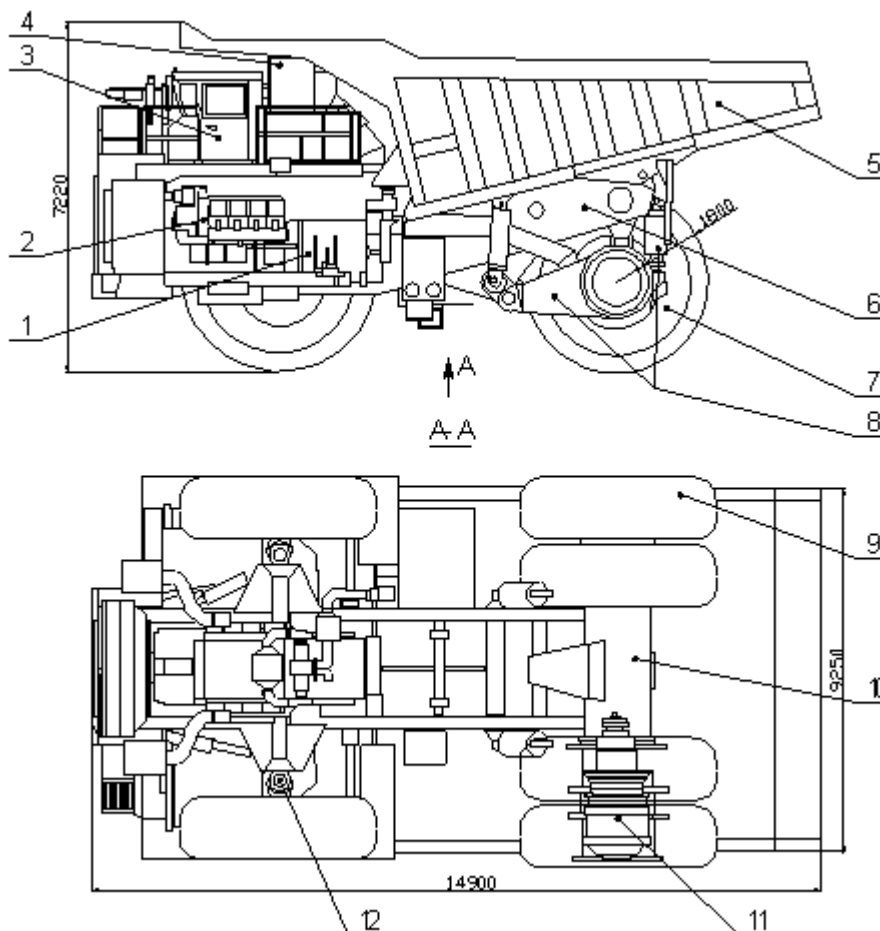


Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд самоскида

Електрошафа (4) містить апаратуру управління і регулювання. Кабіна самоскида (3) закріплена на шасі самоскида через гумові віброізолятори і обладнана підресорними сидінням водія і сидінням стажиста, отопителем кабіни з фільтром для очищення повітря, вентилятором, склоочисником і

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.19.25. .ПЗ				

стеклоомывателем вітрового скла, дзеркалами заднього виду і так далі. Кабіна повністю відповідає вимогам стандартів, що встановлюють рівні шуму, вібрації, концентрації шкідливих речовин і запиленої повітря, що забезпечує комфорт водія і знижує його стомлюваність. Платформа (5), ковшевого типу із захисним козирком над кабіною і обігрівом газами двигуна, що відпрацювали, призначена для перевезення скельних порід вугілля і інших матеріалів. Конструкція платформи надійно захищає кабіну, відсік двигуна і шини від ушкодження матеріалами, що прокидалися. Геометрія платформи, кут її перекидання і обігрів оберігають від небезпеки зависання матеріалу при розвантаженні.

Рама (6) сприймає ударне навантаження, зусилля на скручування і злам, крім того, вона є елементом, що несе, для усіх вузлів і агрегатів самоскида. Пружний зв'язок рами з мостами і колесами самоскида здійснює проста по конструкції і надійна в експлуатації підвіска (8,12). Підвіска пом'якшує поштовхи і удари при русі по нерівностях дороги і забезпечує високу плавність ходу. Бездискові колеса (9) надійно передають зусилля і моменти між мостами автомобіля і дорогою. Пневматичні шини з кар'єрним малюнком підвищують зчеплення колеса з дорогою, зменшують шум при русі і знижують питоме навантаження на поверхню дороги.

Кар'єрний самоскид БелАЗ- 75600, вантажопідйомністю 320 т. призначений для перевезення гірської маси і інших сипких вантажів на відкритих розробках родовищ корисних копалини по технологічних дорогах в різних кліматичних умовах експлуатації Усереднену схему технологічного процесу можна представити таким чином:

загрузка груза;

виїзд з кар'єру (забою) із швидкістю 30 км/год;

рух з вантажем із швидкістю 60 км/год;

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	8 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розвантаження вантажу;

рух без вантажу назад в кар'єр із швидкістю 65 км/год;

рух в кар'єрі до місця завантаження із швидкістю 30 км/год;

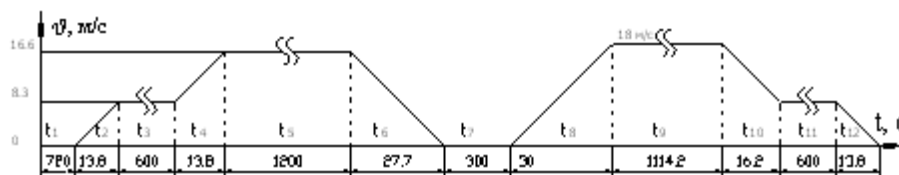


Рисунок 1.2 - Спрощена швидкісна діаграма роботи самоскида

Оператор розміщується в кабіні, обладнаній системою управління кліматом і розташованою над двигуном, і керує транспортним засобом таким чином, який певною мірою нагадує управління автомобілем з автоматичною трансмісією.

Важіль перемикання передач має наступні положення: Вперед, Нейтраль і Задній хід.

У нейтральному положенні момент, що крутить, на валу приводу відсутній, і оператор може збільшувати число оборотів двигуна за допомогою натиснення на педаль дроселя, що застосовно при роботі гідравлічного насоса і піднятті кузова.

У положенні "Вперед" або "Задній хід" при натисненні на педаль дроселя блок управління тяговим приводом (БУТП) інтерпретує положення педалі як команду на отримання певного моменту, що крутить, і регулює рівень моменту, що крутить, для створення необхідного тягового зусилля, прискорюючи транспортний засіб і підтримуючи необхідний рівень швидкості. Рух в режимі заднього ходу аналогічно руху вперед, за винятком

									9 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.19.25. .ПЗ				

того, що напрям моменту, що крутить, є зворотним, а активні обмеження швидкості і значення лінійної зміни моменту, що крутить, як правило, відрізняються. При натисненні на педаль гальма генерується електрична команда на створення гальмівного моменту і відповідно до цього відбувається уповільнення самоскида.

Третя педаль забезпечує операторові незалежне управління механічним (робітником) гальмом.

При експлуатації самоскида оператор повинен виконувати наступні дії:

- перевірити технічний стан системи і вузлів на вигляд;
- особливо уважно оглянути рульове управління, робочу і стоянку гальмівні системи;
- перевірити наявність палива в паливному баку і охолоджувальній рідині в системі охолодження;
- перевірити рівень масла;
- перевірити величину тиску в камерах коліс;
- якщо автомобіль знаходився довгий час без експлуатації, необхідно перевірити місткість заряду акумуляторів;
- не слід допускати стоянку на шинах автомобілів без вантажу більше 10 днів, навантажених, - більше двох днів. У разі тривалішої стоянки автомобіль поставити на підставки, повністю розвантаживши шини;
- у зимовий період експлуатації після тривалої стоянки самоскида на відкритому майданчику перші 15 - 20 хв рекомендується рухатися із швидкістю 10 - 15 км/год, щоб деталі трансмісії і ходової частини, особливо шини, нагрівалися повільно - це підвищить їх працездатність при зростанні навантажень;

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	10 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- на стоянках необхідно виймати ключ із замку-вимикача для виключення розрядки акумуляторних батарей.

При завантаженні автомобілів екскаваторами необхідно:

- автомобіль встановити так, щоб вантаження робилося збоку або ззаду; перенесення екскаваторного ковша над кабіною забороняється;

- автомобіль надійно загальмувати, а двигун залишити працювати на малих оборотах;

- ківш екскаватора повинен розкриватися на мінімально можливій висоті від днища платформи; вантаж повинен розташовуватися рівномірно по платформі;

- автомобіль під вантажем і від'їзжати від екскаватора після вантаження тільки з дозволяючого сигналу машиніста екскаватора.

Послідовність пуску самоскида:

- перевірити рівень палива у баку;
- перевірити рівень олії в системі мастила і при необхідності долити;
- включити вимикач "маси";
- вставити ключ в замок-вимикач;
- здійснити пуск дизеля;
- після пуску двигун треба прогріти спочатку на мінімальних, потім на середніх оборотах до температури охолоджувальної рідини 40-50С
- починати рух можна тільки після досягнення тиску повітря в пневматичному приводі робочої гальмівної системи більше 0,65 Мпа;

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	11 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- перед початком руху подати звуковий сигнал і плавно збільшуючи подання палива, розгальмувати самоскид. Самоскид почне рухатися.

Зупинка самоскида.

Для зупинки автомобіля потрібно:

- зменшити частоту обертання двигунів до мінімальної стійкої;
- загальмувати і зупинити самоскид робочою гальмівною системою;
- після зупинки самоскида загальмувати його гальмівною системою стоянки;
- відключити акумуляторні батареї від "маси" натисненням на кнопку вимикача, після чого вийняти ключ із замку-вимикача.

1.2 Технологія

Механічна частина електромеханічної системи включає усі пов'язані маси, що рухаються : двигуна, передатного пристрою і виконавчого механізму установки. До ротора двигуна при швидкості прикладений електромагнітний момент M , під дією якого механічна частина наводиться в рух і на робочому органі установки здійснюється передбачена технологією механічна робота.

Електромотор-колесо.

Електромотор-колесо кріпиться до картера заднього моста і включає тяговий електродвигун 2 (малюнок 1.3), редуктор 8, ступиці заднього колеса 4, гальмівні механізми робочої 3 і стоянкою 1 гальмівних систем і індукційний датчик обмеження швидкості. Гальмівні механізми електромотор-колес самоскидів БелАЗ- 75131/75132 (вантажопідйомності

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	12 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

понад 130 т) - дискові, робочі і стоянки гальмівні механізми встановлені на підшипниковому щиті або станині тягового електродвигуна.

Редуктор мотор-колеса - дворядний, диференціальний, з прямозубними шестернями встановлений на ступиці заднього колеса. Технічний стан редуктора визначається в процесі експлуатації зовнішнім оглядом, на слух (шумність роботи) і по мірі нагріву. Зовнішнім оглядом по течі олії можна виявити знос або ушкодження манжет, а також появу пір і тріщин в корпусі, кришці або ступиці. На слух можуть бути виявлені випадкові поломки або послаблення кріплення деталей. По мірі нагріву можна визначити порушення регулювання підшипників або зміну рівня олії в редукторі.

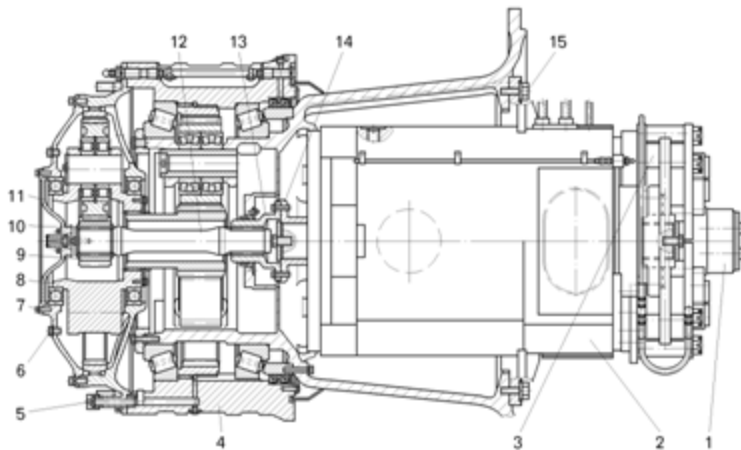


Рисунок 1.3 - Електромотор-колесо самоскида БелАЗ

- гальмівний механізм стоянки; 2 - тяговий електродвигун; 3 - робоча гальмівна система; 4 - ступиця заднього колеса; 5 - пробка зливного отвору; 6 - пробка заливного отвору; 7, 15 - болти; 8 - редуктор; 9 - сонячна шестерня першого ряду; 10 - стопорне кільце; 11 - кришка; 12 - торсіонний вал; 13 - фланець торсіонного валу; 14 - фланець тягового електродвигуна

Робочим органом самоскида є провідні колеса, які наводяться в рух за допомогою редуктора і двигуна. Безпосереднє уявлення про маси установки, що рухаються, і механічні зв'язки між ними дає кінематична схема

									13 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

електроприводу (ЕП). У цій схемі (мал. 1.4) використовується дворядний планетарний диференціальний редуктор з трьома сателітами на кожному ряду, встановлений в ступеці заднього колеса.

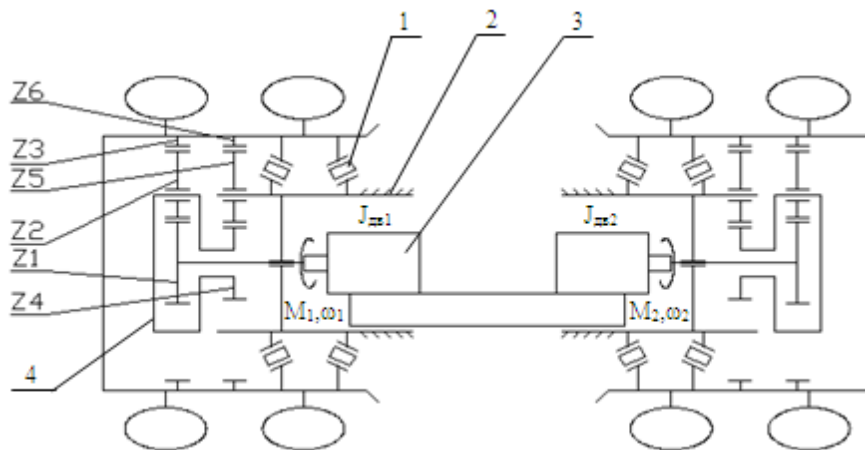


Рисунок 1.4 - Кінематична схема мотор-колеса

Z1 - сонячна шестерня 1-го ряду; Z2 - сателіт 1-го ряду; Z3 - шестерня коронна 1-го ряду; Z4 - сонячна шестерня 2-го ряду; Z5 - сателіт 2-го ряду; Z6 - шестерня коронна 2-го ряду; 1 - опорні підшипники; 2 - монтажний циліндр; 3 - електродвигун; 4 - водило.

Опорні підшипники 1 колеса встановлені на монтажному циліндрі 2, усередині якого розміщений електродвигун 3. Проміжок між корпусом електродвигуна і монтажним циліндром прийнятий мінімальним. Застосований асинхронний електродвигун з примусовим охолодженням.

Момент від електродвигуна по валу передається до сонячної шестерні першого ряду Z1. Тут потік потужності розділяється на дві складові. Одна частина потужності через сателіти першого ряду Z2 поступає на коронну шестерню Z3, а інша частина потужності через водило 4, передається сателітами другого ряду Z5 на коронну шестерню Z6. Коронні шестерні Z3, Z6 жорстко пов'язанні з маточиною мотор-колеса. Остання є зовнішньою опорою підшипників колеса.

									14 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Визначальний вплив на рух системи роблять найбільші маси і найменші жорсткості зв'язків. Тому одним з перших завдань проектування електроприводів є складання спрощених розрахункових схем механічної частини, що враховують можливість зневаги пружністю досить жорстких механічних зв'язків і наближеного обліку впливу малих мас, що рухаються.

Для складання розрахункової схеми механічної частини ЕП потрібне приведення усіх параметрів елементів кінематичного ланцюга до однієї розрахункової швидкості. Найчастіше використовується приведення їх до швидкості двигуна.

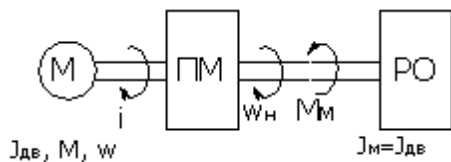


Рисунок 1.5 □ Кінематична схема електропривода

Двигун М служить для перетворення електричній енергії в механічну енергію.

Перетворювальний механізм ПМ здійснює передачу обертання від валу двигуна до валу робочого органу. За допомогою цього механізму відбувається пониження швидкості і відповідно підвищення моменту веденого валу, що обертає, в порівнянні з ведучим. Робочий орган РО перетворить підведену до нього механічну енергію в корисну роботу.

Нехтуючи впливом пружних зв'язків, представимо механічну частину простою розрахунковою схемою - жорсткою приведеною ланкою. В цьому випадку багатомасова механічна частина ЕП замінюється однією еквівалентною масою з моментом інерції J_{\square} на яку впливають електромагнітний момент двигуна M і сумарний приведений до валу двигуна момент навантаження M_c (рис. 1.6).

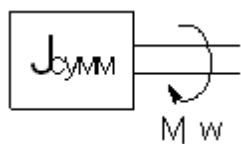


Рис.1.6 □ Одномасова модель ЕП

Вимоги що пред'являються до електроприводу

До автоматизованого електроприводу автосамоскида БелАЗ- 75600 пред'являються наступні вимоги:

- максимальна вантажопідйомність 320 000 кг;
- забезпечення режиму $P = \text{const}$, оскільки потужність, що віддається дизелем генератору постійна, то і енергія, споживана тяговим приводом має бути постійна;
- мінімальна швидкість, що розвивається самоскидом - $v_{\min} = 5 \text{ м/с}$, максимальна швидкість - $v_{\max} = 65 \text{ м/с}$. Діапазон регулювання - $D = \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = 12$;
- здатність подолання підйому з середніми подовжніми ухилами 5% з окремими ділянками до 8% протяжністю 1000 м і максимальними ухилами не більше 10% на довжині не більше 100 м;
- температура довкілля від $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (без випадання вологи);
- відносна вологість повітря до 98 %;
- розгін і гальмування повинні забезпечуватися з прискоренням, рівним $a = 0.2 \text{ м/с}^2$;
- між провідними колесами відстань 9250 мм, отже, система управління повинна забезпечувати різні швидкості обертання коліс при повороті самоскид

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	16 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Автоматизований електропривід

2.1 Літературний огляд на тему дипломного проекту

На пневмоколісних машинах застосовуються основні і допоміжні трансмісії. Перші забезпечують повний діапазон регулювання швидкості і тягового зусилля в руховому режимі, а другі - частковий діапазон регулювання в короткі проміжки часу. В якості основних застосовуються механічні, гидромеханические, гідродинамічні, гідрооб'ємні і електричні трансмісії.

Основним недоліком механічних трансмісій є ступінчаста зміна швидкості, здійснювана для використання повної потужності джерела енергії при зміні тягового зусилля, визначуваного опором руху машини. Окрім цього, при перемиканнях передач тягове зусилля зникає внаслідок розриву силового потоку в трансмісії.

Часткове усунення недоліків механічних трансмісій досягається установкою на вході коробки передач гидротрансформатора, а усередині неї - фрикційних муфт, що забезпечують перемикання передач під навантаженням. Проте гидромеханические трансмісії складніше, дорожче, важче і мають менший к.п.д., чим механічні трансмісії.

Гідрооб'ємні і електричні трансмісії вільні від недоліків механічних і гидромеханических трансмісій.

Трансмісія з нерегульованим гідродвигуном містить одно ланку, що перетворює енергію, - регульований насос з діапазоном регулювання 1: 4 при постійній потужності. У електротрансмісіях є два безступінчаті перетворювачі енергії - генератор і двигун, що дозволяє змінювати складові

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	17 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потужності відносно 1: 20 і ширше. Це є основною перевагою електричних трансмісій, яка у поєднанні з високою надійністю обумовлює їх практичне застосування.

Принципово можливі три різновиди електротрансмісій : трансмісії постійного, змінного і змінно-постійного струму.

Генератор постійного струму, як правило, використовується для живлення тягових двигунів постійного струму мотор-колес.

У дизель-електричному приводі нерідко застосовуються синхронні генератори, трифазна напруга яких перетворюється кремнієвими вентилями в постійне (точніше, пульсуюче) і подається до двигунів. Такий привід називається приводом змінно-постійного струму. Основною перевагою синхронних генераторів є відсутність колектора, внаслідок чого вони надійніші, ніж генератори постійного струму. Напівпровідникові випрямлячі мають високу міру надійності, особливо при виконанні їх з некерованих вентилів. Тому надійність приводу в цілому підвищується.

К.к.д. генераторів змінного струму дещо вищий, ніж постійного, і з урахуванням втрат у випрямлячі можна рахувати обидва приводи приблизно рівноцінними. Вартість синхронного генератора з випрямлячем більша, ніж генератора постійного струму, із-за високої вартості напівпровідникових вентилів, але вартість останніх досить знизилася за останній час.

Розміри і маса синхронного генератора залежать від його частоти обертання. При однакових частотах обертання генераторів змінного і постійного струму (наприклад, при з'єднанні їх з дизелем без редуктора, що підвищує) маса синхронного генератора менше маси генератора постійного струму на 15-25%, маса випрямляча складає приблизно 5-10% маси генератора, так що загальна маса дещо зменшується. Істотніший вииграш в розмірах і масі можна отримати, якщо застосувати редуктор, що підвищує, між дизелем і синхронним генератором.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	18 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З генератором змінного струму можуть бути реалізовані універсальні трансмісії: а) змінно-постійного струму, коли за генератором включається керований або частіше некерований випрямляч; б) змінного струму, коли від синхронного генератора через перетворювачі частоти (з ланкою постійного струму або безпосереднім зв'язком) живляться енергією асинхронні частотно-керовані короткозамкнуті двигуни мотор-колес; в) змінного струму з вентильними двигунами, які є швидкохідними синхронними машинами (обернені двигуни постійного струму), що живляться через інвертори, обладнані складними системами примусової і машинної комутації; г) змінного струму з двигунами, що мають фазні ротори, і їх статори обмотки включені послідовно; д) змінного струму з двигунами, що мають фазні ротори і керованими за схемою групового вентильного каскаду.

Трансмісії постійного струму є найбільш простими, оскільки двигуни живляться від генератора без проміжних силових перетворювачів і будь-які характеристики трансмісії виходять регулюванням магнітних потоків генератора і двигунів по ланцюгу збудження. Потужність, необхідна для збудження, складає 1,0-2,5% від номінальної потужності машин, тому регульовальні пристрої можуть бути малопотужними.

В той же час колекторно-щітковий вузол машин постійного струму є найбільш слабким місцем машини, і значна доля несправностей і ушкоджень в трансмісії викликана саме роботою цих вузлів. Це особливо важливо для пневмоколісних машин, призначених для роботи у внедорожних умовах, де підвищується небезпека попадання на колектор пилу, вологи, бруду, внаслідок чого різко знижується надійність роботи колектора. Безколекторні двигуни надійніші і менш чутливіші до вказаних умов роботи.

Основною трудностю при застосуванні безколекторних двигунів в транспортних засобах являється складність регулювання частоти обертання. У промисловому електроприводі асинхронні двигуни знайшли широке застосування тоді, коли не потрібно значну зміну частоти обертання або вона

									19 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.19.25. .ПЗ				

може змінюватися східцями. У останньому випадку застосовують двух- і трьохшвидкісні асинхронні двигуни з перемиканням полюсів. Для зміни частоти обертання в невеликих межах використовують асинхронні двигуни з фазним ротором, в ланцюг якого включають реостати, конденсатори або напівпровідникові пристрої. Застосовують також схеми з каскадним з'єднанням двох асинхронних двигунів. Частоту обертання асинхронних короткозамкнутих двигунів в невеликих межах змінюють включенням в ланцюг статора магнітних підсилювачів або напівпровідникових пристроїв. Усі ці способи застосовуються при постійній частоті живлячого струму і не забезпечують економічного регулювання частоти обертання в широких межах. У транспортних засобах двигуни постійно сполучені з великою масою, при чіпанні з місця вони повинні розвивати найбільший момент. Швидкості, якщо навіть виключити короткочасні пускові режими, змінюються в широких межах, особливо для машин підвищеної прохідності. Частота обертання двигунів може змінюватися тільки плавно і відносно повільно із-за великої маси транспортного засобу. Тому вказані вище способи її регулювання можуть бути використані в окремих окремих випадках, коли самохідна машина повинна працювати лише у вузькому діапазоні швидкостей.

У автономних транспортних засобах можна змінювати частоту живлячого струму асинхронних двигунів зміною частоти обертання теплового двигуна. Проте дизель і газотурбінна установка з блокованою тяговою турбіною допускають зміну частоти обертання лише у відносно невеликому діапазоні, при цьому з пониженням частоти обертання зменшується потужність. Отже, це можливо лише при багатоступінчастому перемиканні полюсів машин змінного струму, що ускладнює їх конструкцію і трансмісію в цілому. Більшою мірою цей спосіб може виявитися прийнятним при використанні газотурбінної установки з вільною тяговою турбіною, до. п. д. і потужність якої зберігаються відносно високими в межах

						20 Арк.
					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частот обертання 0,5-1,0 номінальною. Такий діапазон також недостатній і вимагає або додаткових перемикачів полюсів, хоча і при меншому числі перемикачів, або виконання двигунів з дуже високим ковзанням. Цей спосіб неприйнятний в тих випадках, де за умовами приводу робітників

Основним способом регулювання швидкості транспортних засобів з асинхронними двигунами є зміна частоти струму, що живить двигуни, незалежно від частоти струму генератора, приведеного тепловим двигуном. Для цього використовують перетворювачі частоти, в яких вихідну частоту струму можна змінювати незалежно від вхідної.

Трифазна напруга генератора підводиться до перетворювачів частоти ПЧ, які дуже різноманітні за схемою і принципами дії. Найчастіше вживані перетворювачі можна розділити на дві групи: перетворювачі з явно вираженою ланкою постійного струму (ПЧПТ) і перетворювачі з безпосереднім зв'язком вхідного і вихідного ланцюга, що коротко називаються безпосередніми перетворювачами (БПЧ). У ПЧПТ трифазна напруга генератора перетворюється випрямлячем в постійну напругу, яка подається на вхід інверторів, де перетворюється в трифазну напругу змінної частоти. До інверторів приєднані тягові двигуни. У БПЧ одні і ті ж тиристри по черзі працюють у випрямному і інверторному режимах. Управління тиристорами здійснюється як по вхідній частоті струму, що отримується від генератора, так і по вихідній частоті, яка задається системою управління.

При асинхронних тягових двигунах можливі три варіанти виконання перетворювачів частоти : 1) загальний перетворювач для усіх двигунів; 2) декілька перетворювачів приєднані до загальних шин, до яких паралельно приєднані усі двигуни; 3) кожен двигун сполучений з окремим перетворювачем.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	21 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для мотор-колесных машин перший і другий варіанти використати скрутно внаслідок істотної різниці в радіусі кочення, залежному від тиску усередині шини, вертикального навантаження на колесо, різниці опорів коченню різних коліс і т. п. Крім того, при повороті машини колеса різних бортів мають різні швидкості. Тому для прийняттого розподілу навантаження між двигунами необхідно або виконувати їх з дуже високим ковзанням, що збільшує розміри двигуна і знижує його до. п. д., або передбачати можливість зміни частоти живлячого струму кожного двигуна, для чого кожен двигун повинен управлятися від свого перетворювача. Пружна деформація шин зменшує нерівномірність розподілу навантаження. При використанні ПЧПТ випрямляч може бути як загальним для усіх або групи інверторів, так і індивідуальним для кожного. У приводі з синхронними двигунами інвертори в ПЧПТ або НПЧ повинні обов'язково виконуватися індивідуальними для кожного двигуна.

Одним з недоліків приводу змінного струму є складність перетворювачів частоти і системи управління приводом. Силова частина і система управління перетворювачем частоти містять безконтактні напівпровідникові елементи, кожен з яких є високонадійним. Проте завдяки великому числу елементів загальна вірогідність відмов в перетворювачі ще досить висока, і до теперішнього часу, як показують попередні розрахунки і результати дослідів, перетворювачі частоти по надійності поступаються генератору і двигунам. Тому розробки і дослідження по цих системах ведуться головним чином у напрямі підвищення надійності перетворювачів шляхом розробки досконаліших систем управління і створення таких умов роботи вентилів, при яких вірогідність відмов в роботі мінімальна.

К недостаткам приводов с преобразователями частоты следует также отнести искажения формы кривых силы тока и напряжения, вызываемые работой преобразователя, что увеличивает потери в генераторе и двигателях.

									22 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.19.25. .ПЗ				

2.2 Визначення можливих варіантів і вибір раціональної системи електроприводу

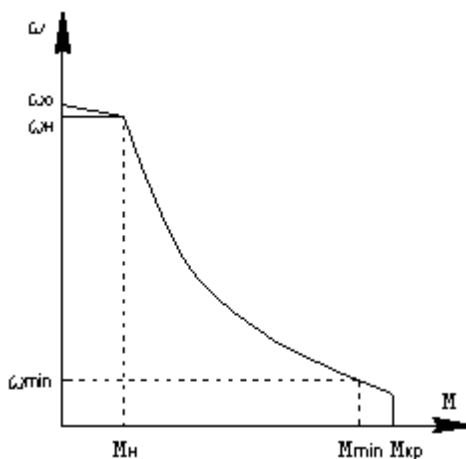
Можливі варіанти тягових приводів приведені в пункті 2.1 цього дипломного проекту. Резюмуючи викладене там, можна побачити, що в якості тягового двигуна в цій системі електроприводу може застосовуватися або двигун постійного струму, або асинхронний двигун або кроковий двигун.

Застосування двигуна постійного струму нераціональне із-за великих розмірів двигунів необхідної потужності, також із-за великих втрат і проблем з щітковим колектором.

Найбільш перспективним виглядає застосування асинхронних двигунів укупі з перетворювачем частоти, із-за легкості регулювання і хороших статичних і динамічних властивостей цієї системи.

2.3 Проектування функціональної схеми автоматизованого Електроприводу

Система електроприводу, що розробляється, повинна забезпечувати скалярне управління двома тяговими асинхронними двигунами у функції постійності потужності. Схемний, необхідна характеристика приведена на малюнку 2.1.



					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	23 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.1 - Необхідна характеристика електроприводу, $P=\text{const}$.

Для забезпечення необхідної характеристики проєктований електропривод повинен містити генератор, що обертається дизельним двигуном, некерований випрямляч і два перетворювачі частоти, по одному на кожен тяговий двигун. Система управління повинна враховувати режим роботи самоскида (рух вперед, задній хід, нейтраль, динамічне гальмування, режим холостого ходу системи приводу), споживану потужність, і швидкість транспортного засобу. Робоче число оборотів дизельного двигуна - 650 об/хв або 1800/1900 об/хв, що відповідає черговому режиму холостого ходу і режиму повного навантаження. Знижена швидкість обертання дизельного двигуна реалізується в тих випадках, коли самоскид переміщається без вантажу, тобто повну потужність не потрібно. При нижчому числі оборотів вихідна потужність генератора обмежена приблизно до 5% його номінальної потужності. Цього вистачає для забезпечення електроживлення допоміжного інвертора (для головного нагнітального вентилятора)

Вихід генератора живить 3-фазний діодний міст і заряджає конденсаторну батарею постійного струму U , розташовану в шафі управління, таку, що називається також "канал зв'язку постійного струму". Для забезпечення повного скалярного управління відповідним тяговим колісним двигуном кожен інвертор робить 3-фазну напругу зі зміною амплітудою і частотою. Енергія гальмування подається назад в канал зв'язку постійного струму і спрямовується гальмівними переривниками в грати гальмівних резисторів, де відбувається її розсіювання.

Блок управління тяговим приводом (БУТП) контролює і управляє системою тягового приводу в цілому, включаючи управління числом оборотів двигуна, вихідною напругою генератора, моментами двигунів, що крутять, струмами переривника, напругою в каналі зв'язку постійного

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	24 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струму, системою захисту від тієї, що пробуксувала і прослизання коліс і охолоджувальним вентилятором.

Для забезпечення необхідної характеристики постійності потужності застосовуємо зворотні зв'язки за швидкістю і струму тягових двигунів.

Функціональна схема електроприводу приведена на рисунку 2.2.

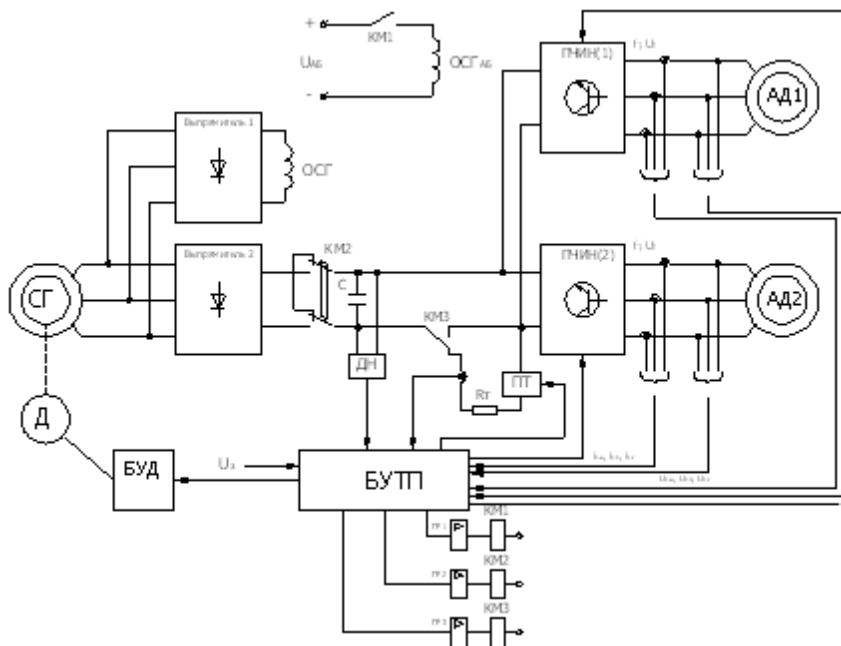


Рисунок 2.2 - Функціональна схема тягового електроприводу самоскида

У основі системи управління лежить мікроконтроллер, що дозволяє здійснювати управління тяговими електродвигунами у функції постійності потужності, а також реалізовувати захист від перенапружень і струмів, що перевищують номінальні значення. Для цього в системі є присутніми термодатчики, встановлені на кожному блоці інвертора, а також безпосередньо на тягових двигунах. У разі, якщо на контроллер поступає сигнал про перевищення допустимої температури нагріву цих елементів, контроллер видає команду на включення додаткової вентиляції, а у разі, якщо нагрів критичних елементів триває - контроллер приймає рішення про

примусове виключення системи приводу, із забезпеченням накладення механічного гальма.

Після вступу команди від оператора на запуск самоскида, контроллер дає команду блоку управління дизелем БУД на включення дизеля, а також підключає допоміжний ланцюг збудження ОСГАБ синхронного генератора СГ, за допомогою контактора КМ1 до акумуляторної батареї самоскида. При цьому генератор почне виробляти деяку напругу, яка через випрямляч 1 поступає на основну обмотку збудження генератора ОСГ. Одночасно через випрямляч 1 відбувається подання напруги на конденсатор З і на інвертори напруги. При вступі сигналу з датчика напруги ланки постійного струму ДН сигналу, про досягнення номінального значення напруги, мікроконтроллер відключає допоміжну обмотку збудження ОСГАБ і синхронний генератор переходить в режим роботи з самозбудженням, подаючи номінальне значення напруги на вхід випрямлячів.

Після цього самоскид готовий до початку роботи, і при вступі відповідного завдання необхідного моменту на колесах Уу, починає управляти перетворювачами частоти першого і другого асинхронного двигуна.

У системі реалізована можливість гальмування машини шляхом гасіння енергії руху на ґратах гальмівних резисторів. При натисненні на педаль динамічного гальмування інвертори миттєво інвертують руховий момент і посилають енергію, що витрачається на гальмування в канал зв'язку постійного струму, де вона розсіюється гальмівним переривником (ПТ). Струм в системі управління напругою двигуна вентилятора для охолодження ґрат гальмівних резисторів контролюється і повинен залишатися в межах заданого діапазону, інакше в системі реєструється виникнення несправності і відбувається включення системи захисту. Якщо індикатор свідчить про наявність подібній несправності, оператор повинен негайно застосувати динамічне гальмування, оскільки час, що відводиться в даному випадку на

										26 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.19.25. .ПЗ					

динамічне гальмування, обмежений. При перевищенні часу, що відводиться на динамічне гальмування, оператор повинен застосувати робоче гальмо для повної зупинки самоскида. Виходячи з міркувань безпеки.

Блок управління тяговим приводом (БУТП) управляє потоком енергії гальмування через грати гальмівних резисторів за допомогою модуляції робочих циклів переривника (відношення часу включеного стану до часу вимкненого стану).

Оскільки енергія, отримана в результаті гальмування від двигунів не може бути повернена в джерело, то випрямляч 2 відключається від перетворювача частоти контактором КМ2 і мікроконтроллер перемикає контактор КМ3. В цьому випадку електропривод переходить в режим гасіння енергії гальмування на гальмівних резисторах. При цьому контролюється величина напруги в каналі постійного струму, і, при перевищенні заданої величини напруги, БУТП включає гальмівний переривник ПТ з деякою заданою частотою.

Выбір електродвигуна

2.4 Розрахунок і побудова навантажувальної діаграми

Для вибору потужності двигуна методом еквівалентного моменту, необхідно побудувати діаграму навантаження механізму. Набуваємо значення прискорення, з яким відбувається розгін самоскида . Відповідно до технічного завдання самоскид в спрощеній швидкісній діаграмі має три швидкості руху, що встановилися :

$$v_1 = 8.3 \text{ м/с} / \eta;$$

$$v_2 = 16.6 \text{ м/с} / \eta;$$

$$v_3 = 18 \text{ м/с} / \eta.$$

Розіб'ємо цей графік на 11 відрізків, і розрахуємо значення інтервалів часу і сил, потрібних від вибраного двигуна, для забезпечення заданої швидкісної діаграми.

											27 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$t_1 = \frac{v_1}{a_{\tilde{n}\delta}} = \frac{8.3}{0.2} = 41.5 \tilde{n} ;$$

$$t_3 = \frac{v_2 - v_3}{a_{\tilde{n}\delta}} = \frac{16.6 - 8.3}{0.2} = 41.5 \tilde{n} ;$$

$$t_5 = \frac{v_2}{a_{\tilde{n}\delta}} = \frac{16.6}{0.2} = 83 \tilde{n} ;$$

$$t_7 = \frac{v_3}{a_{\tilde{n}\delta}} = \frac{18}{0.2} = 90 \tilde{n} ;$$

$$t_9 = \frac{v_3 - v_1}{a_{\tilde{n}\delta}} = \frac{18 - 8.3}{0.2} = 48.5 \tilde{n} ;$$

$$t_{11} = \frac{v_1}{a_{\tilde{n}\delta}} = \frac{8.3}{0.2} = 41.5 \tilde{n} .$$

Час циклу буде дорівнювати:

$$t_{\delta} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} = \\ = 41.5 + 600 + 41.5 + 1200 + 83 + 300 + 90 + 1107 + 48.5 + 600 + 41.5 = 3853 \text{ с.}$$

Сила, що діє на кожному інтервалі дорівнює:

$$F_i = F_{ст.і} + F_{дин.і}, \text{ де}$$

$F_{дин.і} = m_i a_i$ - динамічна сила на i -ом інтервалі часу, Н; m_i - переміщувана маса на i -ом інтервалі часу, кг; a_i - прискорення на i -ом інтервалі часу, м/с²; $F_{ст.і}$ - статична сила, що розвивається тяговим приводом.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	28 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На інтервалах часу $t_1 - t_5$ самоскид рухається з повним завантаженням - $M_{\bar{\omega}} = 560000 \text{ êã}$. Статична сила при пересуванні самоскида по прямій ділянці дороги з повним завантаженням дорівнює:

$$F_{\bar{n}, \bar{\omega}} = \frac{\dot{I}_{\bar{\omega}} \cdot g \cdot (\mu \cdot r + f)}{R_{\bar{e}}} = \frac{560000 \cdot 9.8 \cdot (0.025 \cdot 0.75 + 0.02)}{1.8} = 118.2 \text{ kÍ} \quad , \text{ де}$$

$r = 0.75 \text{ ì}$ - радіус ступиці ходового колеса; $\mu = 0.025$ - коефіцієнт тертя ковзання в підшипниках маточини (для підшипників кочення); $f = 0.02$ - коефіцієнт тертя кочення ходових коліс, приймаємо рух по асфальтованому шосе; $R_{\bar{e}}$ - радіус колеса. Приймаємо його рівним $R_{\bar{e}} = 1.8 \text{ ì}$.

Динамічна сила, що діє на механізм в діапазоні $t_1 - t_5$:

$$F_{\bar{a} \bar{e} \bar{i}, \bar{\omega}} = M_{\bar{\omega}} \cdot a_{\bar{n} \bar{\omega}} = 560000 \cdot 0.2 = 112 \text{ kÍ}$$

Статична сила при пересуванні самоскида по прямій ділянці дороги без вантажу рівна:

$$F_{\bar{n}} = \frac{\dot{I}_{\bar{\omega}} \cdot g \cdot (\mu \cdot r + f)}{R_{\bar{e}}} = \frac{240000 \cdot 9.8 \cdot (0.025 \cdot 0.75 + 0.02)}{1.8} = 50.67 \text{ kÍ} \quad , \text{ де}$$

$\dot{I}_{\bar{\omega}}$ - маса незавантаженого самоскида, $\dot{I}_{\bar{\omega}} = 240000 \text{ êã}$.

						29 Арк.
					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Динамічна сила, що діє на механізм в діапазоні $t_7 - t_{11}$:

$$F_{\ddot{a}\ddot{e}\ddot{i}} = M_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}} \cdot a_{\ddot{n}\ddot{o}} = 240000 \cdot 0.2 = 48 \text{ k}\acute{I}$$

Таким чином, ми можемо розрахувати сили на кожному інтервалі руху.

$$F_1 = F_{\ddot{n}\ddot{a}\ddot{o}} + F_{\ddot{a}\ddot{e}\ddot{i}\ddot{a}\ddot{o}} = 118.2 + 112 = 230.2 \text{ k}\acute{I} ;$$

$$F_2 = F_{\ddot{n}\ddot{a}\ddot{o}} = 118.2 \text{ k}\acute{I} ;$$

$$F_3 = F_{\ddot{n}\ddot{a}\ddot{o}} + F_{\ddot{a}\ddot{e}\ddot{i}\ddot{a}\ddot{o}} = 118.2 + 112 = 230.2 \text{ k}\acute{I} ;$$

$$F_4 = F_{\ddot{n}\ddot{a}\ddot{o}} = 118.2 \text{ k}\acute{I} ;$$

$$F_5 = F_{\ddot{n}\ddot{a}\ddot{o}} - F_{\ddot{a}\ddot{e}\ddot{i}\ddot{a}\ddot{o}} = 118.2 - 112 = 6.23 \text{ k}\acute{I} ;$$

$$F_6 = 0 ;$$

$$F_7 = F_{\ddot{n}} + F_{\ddot{a}\ddot{e}\ddot{i}} = 50.67 + 48 = 98.67 \text{ k}\acute{I} ;$$

$$F_8 = F_{\ddot{n}} = 50.67 \text{ k}\acute{I} ;$$

$$F_9 = F_{\ddot{n}} - F_{\ddot{a}\ddot{e}\ddot{i}} = 50.67 + 48 = 98.67 \text{ k}\acute{I} ;$$

$$F_{10} = F_{\ddot{n}} = 50.67 \text{ k}\acute{I} ;$$

$$F_{11} = F_{\ddot{n}} - F_{\ddot{a}\ddot{e}\ddot{i}} = 50.67 - 48 = 2.67 \text{ k}\acute{I} .$$

Механічна і діаграми навантажень представлені на рисунку 3.1.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	30 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

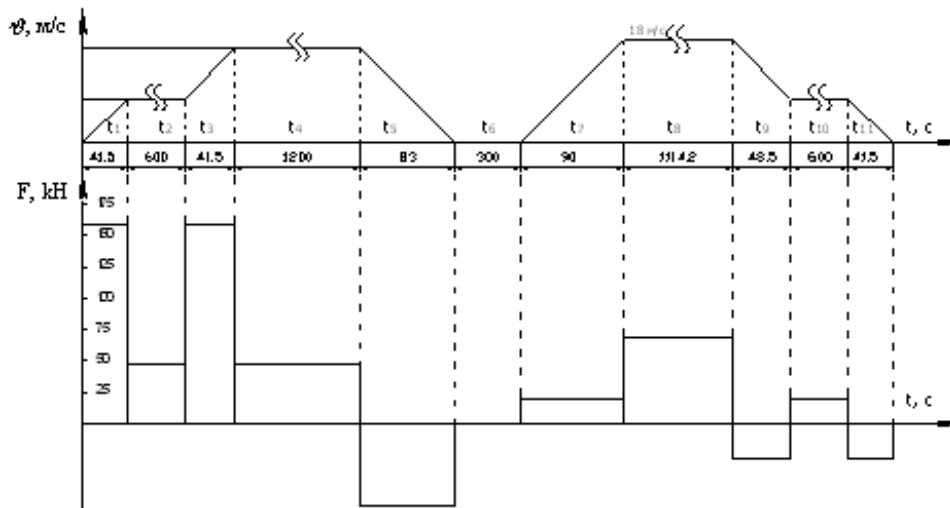


Рисунок 3.1 - Швидкісна і навантаження діаграми механізму

2.5 Попередній вибір двигуна за потужністю

Оскільки механізм працює в тривалому режимі зі змінним навантаженням, то по розрахованих силах, що діють на інтервалах часу, можна розрахувати еквівалентну силу:

$$F_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{11} F_i^2 t_i}{t_{\Sigma}}} = \sqrt{\frac{3.482 \cdot 10^{13}}{3853}} = 95.07 \text{ kN}$$

На підставі еквівалентної сили і номінальної лінійної швидкості розраховується еквівалентна потужність:

$$P_y = F_y \cdot v_{lin} = 95.07 \cdot 18 = 1711 \text{ Вт}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Оскільки в діаграмі навантаження невраховане значення моменту інерції ще не вибраного двигуна, тому розрахункова потужність визначається з коефіцієнтом запасу: $k_{зан} = 1.1 \dots 1.3$.

Приймаємо $k_{зан} = 1.3$. Тоді розрахункова потужність буде рівна:

$$P_{дан} = P_y \cdot k_{зан} = 1711 \cdot 1.3 = 2225 \text{ кВт}$$

2.6 Вибір номінальної швидкості двигуна

В якості тягових двигунів приймаємо до установки дв чотириполюсні трифазні асинхронні двигуни 1ТВ 2830 - 2ga012, потужністю 1250 кВт, виробництва компанії Siemens. Кожен двигун вбудований в мотор-колесо, що містить редуктор, з передатним числом . Також в мотор-колесо вбудований датчик швидкості, посилаючий сигнал про поточну швидкість обертання двигуна у блок управління тяговим приводом (БУТП).

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	32 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7 Побудова діаграми навантаження

Діаграма навантаження механізму є залежністю моментів від часу за цикл, швидкісна залежність кутової швидкості від часу за цикл. Момент на i -ом інтервалі часу розраховується по формулі:

$$M_i = M_{c,i} \pm M_{дин,i} , \text{ де}$$

$$M_{дин,i} = J_i \frac{d\omega}{dt} = J_i \varepsilon \quad - \text{динамічний момент;}$$

$$M_{c,i} = F_{cm,i} \cdot \rho \quad - \text{статичний момент на } i\text{-ом інтервалі;}$$

ρ - радіус приведення м/рад:

$$\rho = \frac{v_{\max}}{\omega_{iii}} = \frac{18}{154.9} = 0.116$$

Знак динамічного моменту залежить від напрямку прискорення.

Оскільки раніше набули значення середнього прискорення $a = 0.2 \text{ м/с}^2$, те можемо розрахувати значення кутового прискорення :

$$\varepsilon = \frac{a}{\rho} = \frac{0.2}{0.116} = 1.724 \frac{\delta\dot{\omega}}{\dot{n}^2}$$

Розрахуємо момент інерції порожнього і навантаженого самоскида, приведений до валу двигуна:

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	34 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$J_{i \text{ äö.ííð}} = \dot{I}_{\text{äö}} \cdot \rho^2 = 240000 \cdot 0.116^2 = 3229 \text{ ää} \cdot \dot{i}^2,$$

$$J_{i \text{ äö.äö}} = \dot{I}_{\text{äö}} \cdot \rho^2 = 560000 \cdot 0.116^2 = 7535 \text{ ää} \cdot \dot{i}^2.$$

Динамічні моменти механізму при русі в порожньому і завантаженому стані відповідно:

$$\dot{I}_{\text{äét.ííð}} = J_{i \text{ äö.ííð}} \cdot \varepsilon = 3229 \cdot 1.724 = 5567 \text{ Í} \cdot \dot{i},$$

$$\dot{I}_{\text{äét.äö}} = J_{i \text{ äö.äö}} \cdot \varepsilon = 7535 \cdot 1.724 = 12990 \text{ Í} \cdot \dot{i}.$$

Передатне число редуктора мотор-колеса розраховуємо з умови, що регулювання швидкості тягових двигунів відбувається до значення $\omega = 2 \cdot \omega_{iíí.ää} = 2 \cdot 155 = 310 \text{ ðää} / \text{ñ}.$

$$j = \frac{n_{iíí} \cdot 2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot R)}{V_3 \cdot 60} = \frac{1480 \cdot 2 \cdot (2 \cdot 3.14 \cdot 1.8)}{18 \cdot 60} = 30.98.$$

Набуваємо заокругленого значення $j = 31.$

Статичний момент порожнього самоскида механізму при роботі в двигуновому режимі:

$$\dot{I}_{c.ííð} = \frac{F_c \cdot R_e}{j \cdot \eta} = \frac{50.67 \cdot 1.8}{60 \cdot 0.9} = 2142 \text{ Í} \cdot \dot{i},$$

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	35 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Статичний момент навантаженого самоскида механізму при роботі в двигуновому режимі

$$\dot{I}_{c.\ddot{\omega}} = \frac{F_{c.\ddot{\omega}} \cdot R_e}{j \cdot \eta} = \frac{118.2 \cdot 1.8}{60 \cdot 0.9} = 3940 \text{ } \dot{I} \cdot \dot{i}$$

Моменти на валу двигуна на інтервалах часу, відповідно до спрощеної швидкісної діаграми:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{c.\ddot{\omega}} + \dot{I}_{\ddot{\omega}i.\ddot{\omega}} = \dot{I} \cdot \dot{i} ;$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{c.\ddot{\omega}} = \dot{I} \cdot \dot{i} ;$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_{c.\ddot{\omega}} + \dot{I}_{\ddot{\omega}i.\ddot{\omega}} = \dot{I} \cdot \dot{i} ;$$

$$\dot{I}_4 = \dot{I}_{c.\ddot{\omega}} = \dot{I} \cdot \dot{i} ; \dot{I}_5 = 0 ;$$

$$\dot{I}_6 = \dot{I}_{c.i\dot{i}\delta} + \dot{I}_{\ddot{\omega}i.i\dot{i}\delta} = \dot{I} \cdot \dot{i} ;$$

$$\dot{I}_7 = \dot{I}_{c.i\dot{i}\delta} = \dot{I} \cdot \dot{i} ; \dot{I}_8 = \dot{I}_{c.i\dot{i}\delta} = \dot{I} \cdot \dot{i} ;$$

$$\dot{I}_9 = \dot{I}_{c.i\dot{i}\delta} + \dot{I}_{\ddot{\omega}i.i\dot{i}\delta} = \dot{I} \cdot \dot{i} ;$$

$$\dot{I}_{10} = \dot{I}_{c.i\dot{i}\delta} = \dot{I} \cdot \dot{i} ; \dot{I}_{11} = \dot{I}_{c.i\dot{i}\delta} = \dot{I} \cdot \dot{i} .$$

Відповідно до розрахованих значень моментів побудуємо навантаження і швидкісна діаграми електроприводу – рисунок 3.2.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	36 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

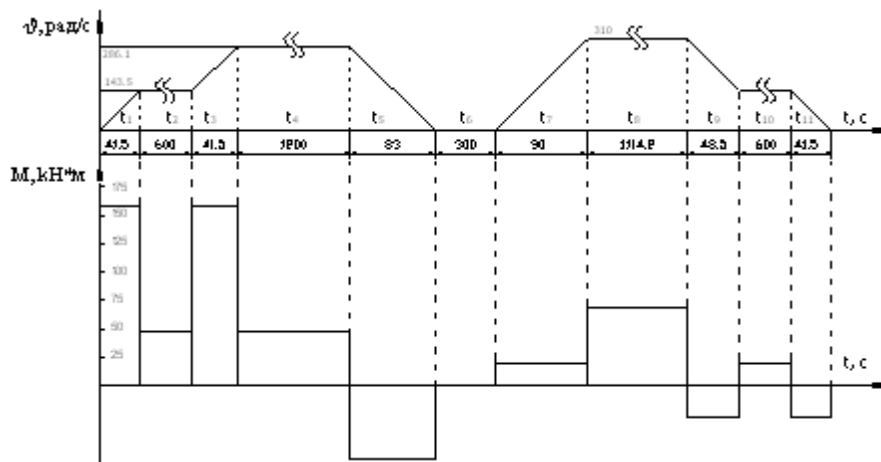


Рисунок 3.2 - Швидкісна і навантаження діаграми електроприводу

2.8 Перевірка вибраного двигуна на нагрів і перевантажувальну здатність

Побудована в розділі 3.4 діаграма навантаження дозволяє перевірити вибраний двигун по нагріву виходячи з того, що при зразковій постійності магнітного потоку середньоквадратичний момент відбиває середню температуру нагріву двигуна.

Для тривалого режиму роботи зі змінним навантаженням (ПВ=100%) можна знайти еквівалентний момент двигуна за час циклу з урахуванням погіршення умов охолодження:

$$\dot{i}_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 t_i}{\beta_{ox} \cdot \sum_{i=1}^n t_i}}, \text{ где}$$

β_{ox} - коефіцієнт охолодження двигуна на i - ом ділянці.

Для двигуна з примусовою вентиляцією приймаємо $\beta_{ox} = 1$:

ω_i - середня кутова швидкість на i - ом ділянці.

Таким чином можемо розрахувати еквівалентний момент:

$$\dot{I}_{\dot{y}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{22} M_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^{22} \beta_{ox,i} t_i}} = \sqrt{\frac{1.002 \cdot 10^{11}}{3.583 \cdot 10^3}} = 5.099 \cdot 10^3 \dot{I} \cdot i$$

Номинальний момент двигуна:

$$M_{i\dot{i}} = \frac{P_{i\dot{i}}}{\omega_{i\dot{i}}} = \frac{1250000}{155} = 8065 \dot{I} \cdot i$$

Оскільки виконується умова, те по нагріву двигун вибраний вірно.

Умова перевірки по перевантаженню: максимальний момент діаграми навантаження не повинен перевищувати максимального допустимого моменту двигуна :

$$M_{\max.\dot{on}} \leq M_{\max}$$

Максимальний момент, що розвивається двигуном безе перегрівання в тривалому режимі рівний:

$$M_{\max.\dot{i}\dot{i}} = \frac{M_{\dot{e}\dot{d}.\dot{a}\dot{a}}}{1.25} = \frac{1.616 \cdot 10^4}{1.25} = 1.293 \cdot 10^4 \dot{I} \cdot i$$

$$M_{\max} = 1.28 \cdot 10^4 \dot{I} \cdot i$$

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	38 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$M_{\max} = 1.28 \cdot 10^4 \leq M_{\max. \text{дв}} = 1.293 \cdot 10^4$ - умова виконується, отже, вибраний двигун підходить по перевантажувальній здатності.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	39
						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.9 Вибір ПЧ

В якості перетворювача вибраний ПЧ-АД з векторним управлінням. В якості тягового двигуна вибираємо асинхронний двигун, з параметрами вказаними в таблиці 3.1. Необхідну потужність вибираємо з параметрів початкової установки - 1250 кВт. Вибираємо двигун виробництва фірми Siemens 1TB 2830-2GA02.

Таблиця 3.1 - Параметри двигуна 1TB 2830-2GA02.

$P_{\text{ном}}$, кВт	n , об/ми н	$S_{\text{ном}}$, %	$\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos\phi_{\text{ном}}$	Маса, кг
1250	1480	1.3	96.4	0.9	3400

З точки зору енергетики основним параметром електроприводу є його потужність. Тому при виборі перетворювача частоти в першу чергу необхідно визначити вимоги до його здатності навантаження. Як правило, це питання вирішується таким чином: визначається номінальна потужність двигуна і вибирається перетворювач частоти на таку ж потужність. Таким чином, вибір перетворювача за паспортними даними асинхронного двигуна приведе до завищення вимог до потужності першого. Проте це лише трохи збільшить витрати на придбання перетворювача частоти і не спричинить ніяких тяжких наслідків. Зворотна ситуація складається при виборі перетворювача частоти для роботи приводу на підвищених швидкостях. Відомо, що при живленні від мережі з частотою 50 Гц швидкість холостого ходу для асинхронного двигуна з однією парою полюсів складає 3000 про/мін, але, наприклад, в текстильній промисловості потрібно більш високі швидкості електроприводів.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	40 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вирішення цієї проблеми з останнім часом досить часто стали застосовувати перетворювачі частоти, здатні працювати з частотами до 400 Гц. В цьому випадку, при виборі перетворювача описаним вище способом, станеться постійне спрацьовування захисту від перевантаження по струму. Річ у тому, що потужність перетворювача частоти визначається максимальним значенням струму, комутованого ключами інвертора. Отже, коректнішим параметром вибору перетворювача є не потужність, а струм двигуна, споживаний в необхідних режимах роботи.

На наступному етапі вибору перетворювача частоти необхідно визначити вимоги до його функціональних можливостей. По-перше, вимагається вибрати спосіб управління двигуном: скалярне або векторне управління. Як вже говорилося раніше, векторне управління доцільно вибрати у випадках, коли потрібна висока точність регулювання, підтримка моменту на валу двигуна при малих швидкостях обертання, т. е. для приводу верстатів, мішалок, транспортерів.

Важливим чинником, що визначає вибір перетворювача частоти, являється режим роботи електроприводу. З точки зору теорії машин, будь-який електродвигун як електромеханічний перетворювач енергії може працювати в чотирьох режимах роботи:

- двигуновий режим;
- генераторний режим;
- режим динамічного гальмування;
- режим гальмування противовключенням.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	41 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.3 - Напрями перетворення енергії в гальмівних режимах

У руховому режимі електрична енергія з мережі перетвориться в механічну і передається в навантаження, при цьому частина енергії розсіюється у вигляді втрат. У генераторному режимі роботи двигуна йде зворотнє перетворення: механічна енергія перетвориться в електричну енергію, яка передається назад в мережу. У режимі динамічного гальмування уся механічна енергія на валу двигуна розсіюється у вигляді тепла. І, нарешті, в режимі гальмування противоклучением і механічна, і електрична енергії перетворюються в теплову і розсіюються на поверхні двигуна.

Для асинхронного двигуна його режим роботи визначається значеннями і напрямками швидкостей обертання ротора і поля статора двигуна. Так, в руховому режимі ротор і поле статора обертаються в один бік, при цьому швидкість поля вища за швидкість ротора, в генераторному - швидкість ротора вища за швидкість поля. У режимі динамічного гальмування поле нерухоме при роторі, що обертається. А в режимі гальмування противоклучением поле статора і ротор обертаються один назустріч одному.

Більшість перетворювачів частоти здатна забезпечити тільки перший і останній з описаних вище режимів роботи двигуна. Проте гальмування противоклучением може застосовуватися тільки на дуже низьких швидкостях обертання, при дуже малих запасах кінетичної енергії в

робочому органі. Це пояснюється тим, що і механічна енергія робочого органу, і електрична енергія з мережі перетворюються в теплову енергію, яка має бути відведена від двигуна. Отже, якщо не застосовувати додаткових заходів, то двигун може перегрітися і вийти з ладу. Тому в перетворювачах частоти такого типу застосовується гальмування вибіганням, т. е. при необхідності останову двигун відключається від мережі і гальмується під дією сил тертя в робочому механізмі і, крім того, в механізмах пересування використовується механічне гальмо. Але у ряді випадків сили тертя не так великі, і час гальмування вибіганням може виявитися досить великим. Наприклад, цей варіант абсолютно не підходить для електроприводу верстата, де доводиться часто зупиняти механізм для заміни оброблюваної заготовлі. Час зупинки патрона може виявитися сумірним з часом обробки деталі, що у свою чергу приведе до зниження продуктивності праці. В цьому випадку доцільне використання перетворювача частоти, здатного забезпечувати режим динамічного гальмування. Нерухоме поле статора в цьому режимі створюється підключенням його обмоток до джерела постійного струму, тому цей режим часто називають режимом гальмування постійним струмом. З енергетичних діаграм видно, що, на відміну від гальмування противовключенням, в цьому режимі на двигуні розсіюється тільки механічна енергія робочого органу (втратами від протікання постійного струму в обмотках статора можна нехтувати). Очевидно, що інтенсивність гальмування у такому разі буде значно вища. Але найбільш ефективно відведення механічної енергії, а, отже, і інтенсивніше гальмування, може забезпечити генераторний режим роботи двигуна. В цьому випадку велика частина механічної енергії перетвориться в електричну і передається назад в мережу. Таке перетворення називається рекуперацією енергії. Проте слід пам'ятати, що у більшості сучасних перетворювачів частоти використовуються некеровані випрямлячі, які здатні перетворювати електричну енергію тільки. Отже, якщо не прийняти додаткових заходів, то генераторний режим роботи двигуна може привести до збільшення напруги

									43 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.19.25. .ПЗ				

на ланці постійного струму перетворювача і подальшого виходу його з ладу. Звичайно, існують перетворювачі частоти, здатні рекуперувати енергію. Такі перетворювачі дозволяють значно понизити втрати в електроприводі, працюючому в режимі частих пусків і остановов. Але через застосування керованих ключів у випрямлячі перетворювача значно збільшується його вартість. Альтернативою перетворювачу частоти з рекуперацією енергії являється включення в ланку постійного струму баластного опору. В цьому випадку відбувається контроль напруги в ланці постійного струму i , у разі перевищення допустимого значення цієї напруги, відбувається включення ґрат гальмівних резисторів, на яких i розсіюється енергія гальмування двигуна. Використання баластного опору не дозволяє підвищити енергозбереження, проте значно поліпшить динамічні характеристики електроприводу. А у випадках роботи двигуна в режимі частих пусків, зупинок, реверсів, при значних коливаннях моменту навантаження, як у випадку з тяговим приводом, використання баластного опору обов'язкове. Враховуючи наведені вище особливості, вибираємо частотний перетворювач 6se8018-1ba00 виробництва компанії Siemens, з наступними номінальними параметрами:

Вихідний струм - $I_{\hat{a}\hat{i}\hat{o}} = 315 \hat{A}$;

Вихідна потужність - $P_{\hat{a}\hat{i}\hat{o}} = 1.3 \hat{A}\hat{A}$;

Живлення від джерела змінної напруги 2200 В;

Виконання IP 54;

Номинальное напряжение - $U_{\hat{i}\hat{i}} = 3200 \hat{A}$.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	44 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Аналіз динаміки електропривода

3.1 Вибір системи керування.

Ця модель приводу містить у своєму складі випрямляч і дворівневий автономний інвертор напруги. Застосування активного випрямляча в цих схемах обумовлене його можливістю забезпечення значення вхідного коефіцієнта потужності, близького до одиниці, меншого, в порівнянні з діодним багатопульсним випрямлячем, коефіцієнта гармонік потоку, а також можливістю роботи в усіх чотирьох квадрантах механічної характеристики з автоматичною рекуперацією енергії в живлячу мережу (що дуже актуально для самоскида). Схема управління активним випрямлячем побудована за векторним принципом з орієнтацією по вектору напруги мережі. У цій схемі управління може бути реалізований один із способів формування напруги : PWM (Pulse Width Modulation), SVPWM (Space Vector Pulse Width Modulation), DTC (Direct Torque Control). Система формування напруги DTC виконана по алгоритму прямого управління моментом, має простішу процедуру налаштування, на відміну від систем PWM і SVPWM, і містить всього один Пі-регулятор швидкості. Спосіб формування напруги ґрунтований на табличному перемиканні ключів інвертора, при цьому ключі перемикаються, тільки коли розузгодження по поточосцепленню Ψ або моменту M досягне заданого значення. Структурна схема приводу з DTC представлена на рис. 1.

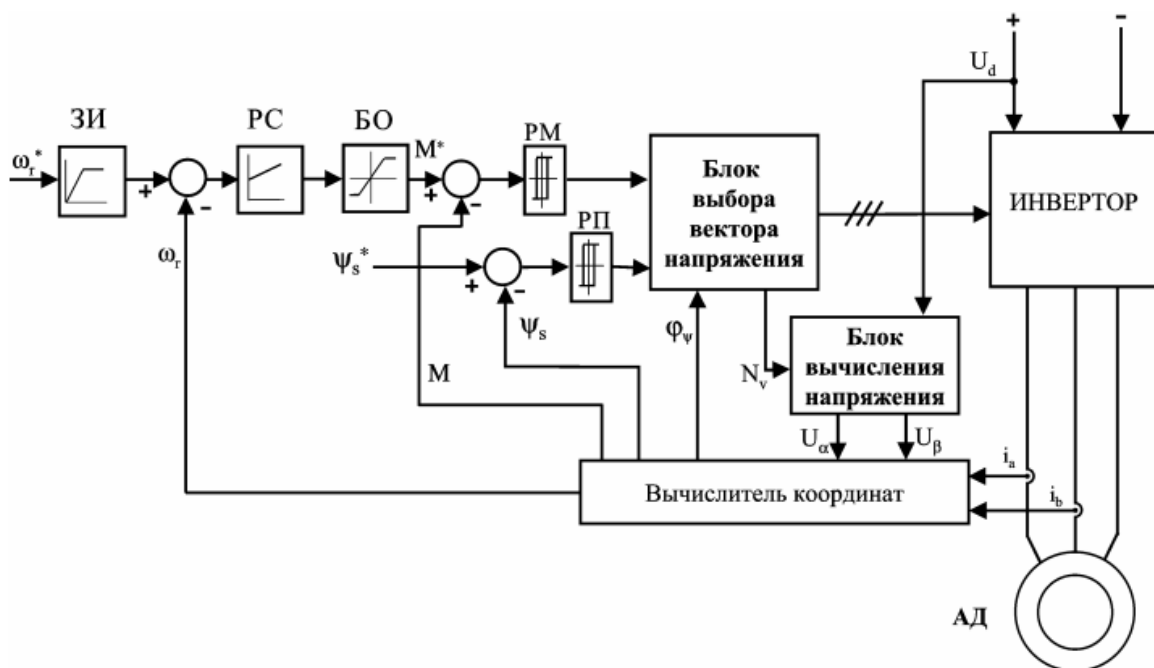


Рис. 1. Схема привода с DTC

Схема є двоконтурною, такою, що містить зовнішній контур регулювання швидкості і контур регулювання потокосцеплення статора і моменту. Для реалізації системи регулювання потрібна інформація про регульовані змінні. Завдання на кутову швидкість ω_r поступає на вхід задатчика інтенсивності (ЗИ), який визначає необхідний темп зміни швидкості задаючим сигналом. Задане значення порівнюється з вичисленим ω_r , а потім обробляється регулятором швидкості (РС). На виході РС після обліку обмежень у блоці обмеження (БО) формується завдання на електромагнітний момент M . Вичислені розузгодження по моменту і потокосцепленню поступають на релейні регулятори РМ і РП, що відповідають за бажану частоту перемикання ключів, і далі у блок вибору вектору напруги, де відбувається вибір оптимального значення з безлічі станів, яка видається у вигляді керування на силові ключі інвертора і формує задане значення вектора вихідної напруги.

3.2 Побудова математичної моделі приводу.

Для дослідження режимів роботи приводів в середовищі Simulink була побудована модель приводу DTC (мал. 2), а також модель системи управління DTC (мал. 3) На мал. 4, 5 приведені осцилограми в номінальному режимі і при різкому зростанні навантаження.

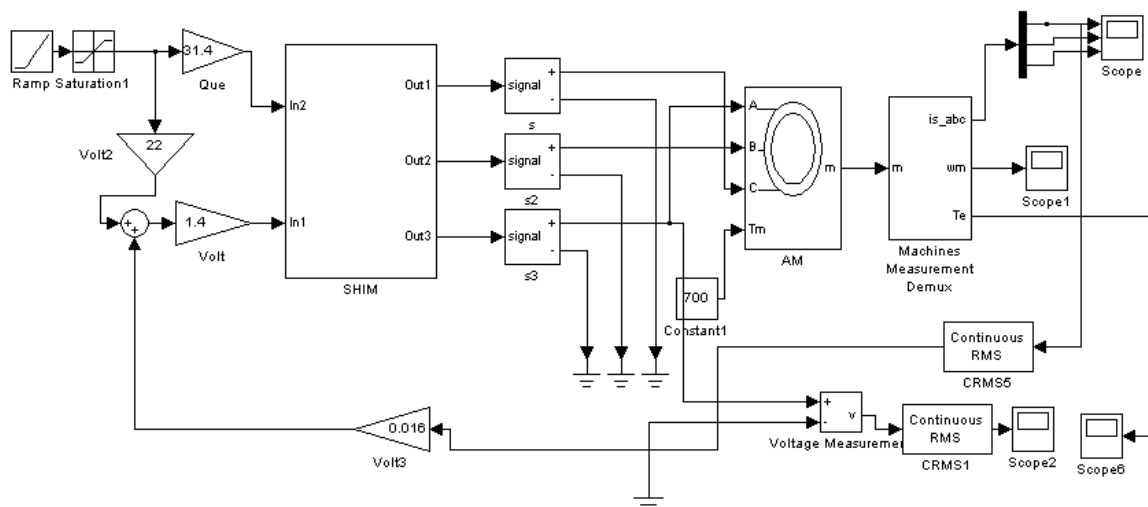
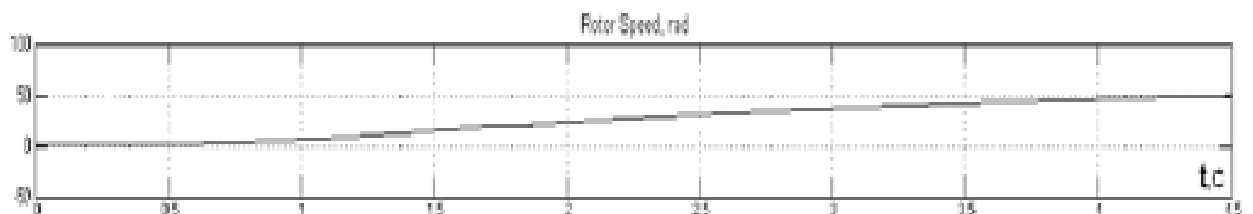


Рис. 2. Модель приводу DTC з асинхронним двигуном, виконана в середовищі Simulink

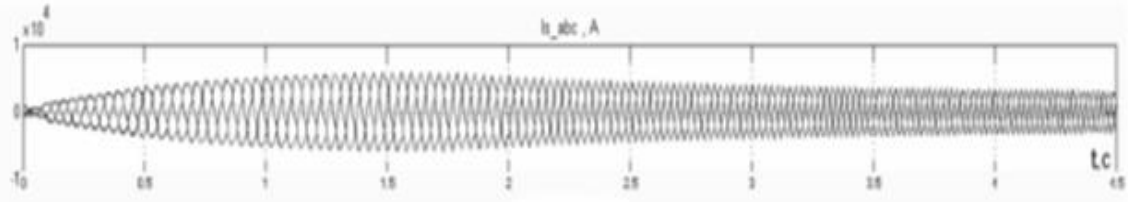
Найбільш важким режимом роботи двигуна є момент пуску під навантаженням моделювався саме такий режим. За допомогою елементу Signal Builder среды Simulink задавався момент опору, рівний перевищенню номінального моменту на 30 % з поступовим зниженням навантаження. Аналіз отриманих осцилограм (мал. 4, 5) показує, що система управління приводом справляється з навантаженням і успішно забезпечує важкі режими роботи гірських машин і обмеження динамічних моментів.

Рис. 3. Модель системи управління ДТС, зібрана в середовищі Simulink Для аналізу брався робочий проміжок часу, коли привід має максимальне навантаження. Осцилограми в такому режимі мають схожу форму, що вказує на можливість уніфікації у складі приводу системи управління двигуном (випрямляч, інвертор, система управління приводом) на самоскиді.

Діаграма швидкості ходу самосвала



Диаграммы тока привода самосвала



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.19.25. .ПЗ

ОХОРОНА ПРАЦІ

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	49
						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників проектowanego мотор – колеса.

1. Кліматичні умови. Електроустаткування експлуатується на відкритому повітрі слід також зважати на конденсацію вологи, яка може виникнути після тривалої зупинки.
2. Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони. Повітря вугільних і рудних кар'єрів містить велику кількість пилу, який може вплинути на роботу електроустаткування. Запиленість середовища, що оточує електроустаткування, коливається в досить широких межах залежно від характеристики породи, що розробляється, транспортних засобів, місця установки електроустаткування, пори року. Дослідження показали незначний вплив запиленості на теплопровідність і стан ізоляції електроустаткування. Проте може мати місце зниження рівня ізоляції і утворення мереж і устаткування. Конструкція електричних машин і комплектних пристроїв повинна забезпечувати захист від осідання пилу і утворення струмопровідних шарів.
3. Підвищений рівень статичної напруги;
4. Нервово-психічні перевантаження;
5. Підвищена температура робочої зони.

4.2 Інженерно-технічні і організаційні заходи по захисту від шкідливих чинників на робочому місці інженера-електрика

При електричному приводі, експлуатації електроустановок (електродвигунів, апаратів та ін.) можливі травми при проходженні струму через тіло людини у випадках дотику до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою, або до тих частин електроустаткування, які внаслідок ушкодження ізоляції знаходяться під напругою (електродвигуну, що має замикання на корпус, частинам механізму, приведеного таким електродвигуном), поблизу місця замикання на землю, дотику до електрично заряджених не ізольованих частин електроустаткування (кабелям, конденсаторам). Результат електротравми залежить від умов зовнішнього середовища і внутрішніх чинників організму.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	50 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До умов зовнішнього середовища відносяться параметри електричного ланцюга, в якому опинився потерпілий, місце зіткнення з струмопровідними частинами, тривалість дії електричного струму. Має значення також температура довкілля, з підвищенням якої число важких результатів збільшується. Внутрішніми чинниками, що посилюють результат поразки електричним струмом, являються стомлення, хворобливий стан, алкогольне сп'яніння, ненапрявлена увага. Струм силою 0,1 А прийнято вважати смертельно небезпечним для людини.

Усі електричні установки по своєму виконанню повинні відповідати діючим Правилам облаштування електроустановок (ПОЕ), а їх обслуговування - здійснюється на підставі Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕ) і Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів (ПТБ), які затверджені Держенергонадзором і обов'язкові для усіх міністерств і відомств. Усі знову споруджувані електроустановки споживачів, що реконструюються, слід виконувати відповідно до ПОЕ.

Діючими називаються електроустановки або їх ділянки, які знаходяться під напругою повністю або частково, або на які у будь-який момент часу може бути подана напруга включенням комутаційної апаратури або за рахунок електромагнітної індукції. По умови електробезпеки електричні установки діляться на електроустановки напругою до 1000 В включно і електроустановки, напругою вище 1000 В.

Дана установка - самоскид БелАЗ 75600 відноситься до установок з напругою вище 1000 В, оскільки в ланцюзі перетворювача є присутньою напруга величиною до 3600 В.

Усі заходи по техніці безпеки і охороні праці переслідують одну мету - зменшення або ліквідація травматизму і професійних захворювань. Проведення заходів по поліпшенню умов праці дає відчутний економічний ефект - підвищується продуктивність праці, знижуються витрати на відновлення втраченої працездатності.

Усі заходи з охорони праці проводяться з метою захисту учасників трудового процесу від дії небезпечних і шкідливих чинників, що характеризують умови його проведення.

До оперативного обслуговування електричної установки допускаються кваліфіковані фахівці, обслуговуючі електроустановки одноосібно і старші в

									51 Арк.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.ПД.19.25. .ПЗ					

зміні або бригаді, за якими закріплена ця електроустановка, а також особи, що знають оперативні схеми, посадові і експлуатаційні інструкції, особливості устаткування і минуле навчання і перевірку знань ПТБ і ПОЕ. Вони повинні мати групу по електробезпеці не нижче IV. Кваліфікований фахівець має бути ознайомлений з технологією установки, складання і експлуатації устаткування, а також із залученим ризиком.

Крім того, він повинен мати наступні кваліфікації:

- Пройшов навчання і має допуск до підключення і відключення живлення, розрядки, заземлення і маркіровки електричних ланцюгів і устаткування відповідно до прийнятих правил техніки безпеки;
- Пройшов навчання про належне звернення і використанню такого захисного оснащення, як гумові рукавички, каска, захисні окуляри або запобіжний щиток, захисний одяг і так далі відповідно до прийнятих правил техніки безпеки
- Пройшов навчання по наданню першої допомоги.

У робочому стані шафи інвертора закриваються спеціальним ключем, для виключення доступу до високовольтних частин приводу.

В ході нормальної експлуатації система вимикається при заглибці двигуна ключем запалення. Блок управління тягою (БКТП) знімає свідчення про втрату потужності з ключа запалення і виконує належну процедуру виключення системи за допомогою захисних ґрат і потім відключається (після закінчення 10 секунд після відключення запалення).

Проте персонал, працюючий в шафі або біля проводки, повинен виходити з того, що система приводу змінного струму все ще знаходиться під високою напругою, поки напруга в системі не буде заміряна щупом високої напруги, приєднаним до вольтметра. На самоскидах меншої вантажопідйомності при відкритті шаф інверторів встановлені там кінцеві вимикачі відключають силовий ланцюг, щоб уникнути поразки людини електричним струмом. На самоскиді, що розробляється, наявність кінцевих вимикачів не передбачена, і при роботі в шафах інвертора необхідно вивішувати застережливі плакати.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	52 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Правила пожежної безпеки

Щоб уникнути пожежі на самоскиді необхідно дотримуватися загальних правил пожежної безпеки в поводженні з горючими речовинами і виконувати вимоги, що викладаються нижче:

2.2. 1 Постійно слід перевіряти герметичність паливо і маслопроводів систем двигуна, рульового управління, перевертаючого механізму і гальмівних систем.

2.2. Самоскид постійно повинен очищатися від вогненебезпечних матеріалів: бризків паливно-мастильних матеріалів, вугільному пилю та ін.

2.2. Не можна відлучатися від самоскида при працюючому передпусковому підігрівачі двигуна.

2.2.4 Для гасіння пожежі самоскиди мають бути обладнані системою пожежогасінні і (або) укомплектовані вогнегасниками. Для гасіння пожежі використати комбіновану систему пожежогасінні, заздалегідь зупинивши двигун.

Забороняється використовувати лінію розчину для гасіння електроустаткування під напругою і розливів палива і олії.

Забороняється використати порошкову лінію, якщо в зоні, що захищається нею, знаходяться люди.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	53 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЕКОНОМІКО - ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	54 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Техніко-економічне обґрунтування при виборі цього типу приводу проводиться методом відносної техніко-економічної оцінки, експериментальним шляхом. Такий метод дозволяє вже на ранніх стадіях дослідження і розробок не лише давати оцінку тим або іншим технічним рішенням, але і вибрати краще, як в технічному, так і в економічному аспектах. При обмеженій інформації про різні типи приводів, можливих для застосування, на ранніх стадіях розробки, застосування методів визначення економічної ефективності і технічного рівня є складним завданням. Тут буде корисний відносно простий метод укрупненої оцінки для оцінки варіантів приводів на стадії технічного завдання. При оцінці ефективності в технічному і економічному плані, вибираємо найбільш суттєві аналізуючі показники приводу підйому на стадії їх виробництва і експлуатації, на ранніх стадіях розробки.

Вибір технічних і економічних показників обумовлений такими чинниками, як призначення, сфера застосування, умови експлуатації, технологія виготовлення, витрати на виготовлення, собівартість.

Таким чином, вибираємо наступні показники:

- габаритні розміри,
- характеристики маси,
- собівартість,
- експлуатаційні характеристики,
- ремонтпридатність.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	55 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1. Розрахунок капітальних затрат.

При визначенні величини проектних капіталовкладень ($K_{пр}$) скористаюся формулою:

$$K_{пр} = K_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{тзс} + Z_{м} + Z_{н} + Z_{пр} = 59177 + 900 + 700 = 60777$$

(4.1)

где $K_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right)$ – вартість придбання електроустаткування;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів, ед.;

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

$Z_{м}$ – витрати на монтажні роботи, грн;

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

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

Зведення капітальних витрат

№ п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Двигун Siemens 1TB 2830-2GA02.	1	57530	57530
2	ПЧ Siemens 6SE8018-1BA00	1	1647	1647
	ВСЕГО			59177

Ціна на устаткування двигуна від Джерела інформації:

www.elteh.com.ua, www.avigan.com.ua

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	56 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат (Зтзс) визначається виходячи з:

1. Відстані доставки устаткування від місця придбання до місця експлуатації;
2. Кількості, маси і габаритів устаткування;
3. Виду транспортних засобів;
- . Транспортних тарифів;
5. Розцінок на навантажувально-розвантажувальні роботи;
6. Витрат на складську обробку.

Вартість перевезення устаткування із Запоріжжя в Дніпропетровськ, входить у вартість електроустаткування

Витрати на монтажні (Зм) і на налагоджувальні роботи (Зн) можна визначити таким чином:

$$Z_{м(н)} = \sum (C_i \times a_i \times t_i) \times K_d \times K_{см} \times K_{пр} = ((2 + 2) \times (16 + 20.5) \times (20 + 10)) \times \\ \times 1.1 \times 1.4 \times 1 = 1053.08$$

(4.2)

де C_i – чисельність працівників 3 - го розряду, необхідних для виконання монтажних і налагоджувальних робіт, чол. a_i - часова тарифна ставка робочого 3 - го розряду, грн.

t_i – час, необхідний для виконання монтажних і налагоджувальних робіт, година.

K_d - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{см}$ – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи;

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	57 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{пр}$ - коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних і налагоджувальних робіт.

5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат.

5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань.

Поточні витрати на експлуатацію і обслуговування об'єкту проектування (проектний і базовий варіанти) за рік:

$$C_{пр} = C_a + C_з + C_c + C_T + C_э + C_{пр} =$$

$$10000 + 60000 + 35450 + 63150 + 160505 + 2584 = 135734 \text{ грн.} \quad (4.3)$$

$$C_{баз} = C_a + C_з + C_c + C_T + C_э + C_{пр} =$$

$$8000 + 100000 + 38000 + 10170 + 305503 + 3898 = 159268 \text{ грн.}$$

C_a - амортизаційні відрахування, грн;

$C_з$ - заробітня плата обслуговуючого персоналу, грн;

C_c - відрахування на соціальні заходи від заробітної плати, грн;

C_T - витрати на тех. обслуговування і поточний ремонт устаткування, грн;

$C_э$ - Вартість палива, споживаного установкою

$C_{пр}$ - інші експлуатаційні витрати, грн

5.2.2. Розрахунок амортизаційних відрахувань.

Амортизационные отчисления

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	58 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2

№	Найменування показників	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
1.	Проектний варіант	58463,08	20	11692,6
2.	Базовий варіант	40000	20	8000

5.2.3 Розрахунок річного фонду заробітної плати. Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу по проектному варіанту

Таблиця 4.3

№ п/п	Найменування професій працівників	Явочний штат в зміну, чел.	Часова тарифна ставка, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, год.	Разом, основна зарплата за тарифом
1.	Оператор-наладчик	1	21	1920	40320
3.	Слюсарь	2	15	960	14400
	РАЗОМ		-	-	54720

Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу по базовому варіанту

Таблиця 4.4

№ п/п	Найменування професій працівників	Явочний штат в змін, чол.	Годинна тарифна ставка, грн	Номінальний річний фонд робочого часу, год.	Разом, основна зарплата за тарифом, грн
3.	Слюсар	3	15	1920	86400
	Разом		-	-	86400

Загальна величина річного фонду заробітної плати складає:

$$C_{з\text{ пр}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 54720 + 2736 = 57456 \text{ грн}$$

(4.4)

$$C_{з\text{ баз}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 86400 + 4320 = 90720 \text{ грн}$$

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

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

5.2.4. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати по формулі:

$$\begin{aligned}
 Z_{m.p.проект} &= \sum_{i=1}^n \left(R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{TM} \right) = \\
 &\left(16.5 \cdot (1.2 \cdot 2 + 7 \cdot 1 + 15 \cdot 0.1) \cdot 3.1 \cdot 6 + \frac{5000 \cdot 5}{131400} \cdot 8640 \right) + \\
 &\left(20.5 \cdot (1.2 \cdot 4 + 7 \cdot 2 + 15 \cdot 0.2) \cdot 6.2 \cdot 20 + \frac{20000 \cdot 2}{70080} \cdot 8640 \right) = 65340, \text{ грн} \\
 &(4.5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{m.p.баз} &= \sum_{i=1}^n \left(R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{TM} \right) = \\
 &\left(16.5 \cdot (1.2 \cdot 2 + 7 \cdot 1 + 15 \cdot 0.1) \cdot 3.1 \cdot 10 + \frac{8000 \cdot 2}{105100} \cdot 8640 \right) + \\
 &\left(16.5 \cdot (1.2 \cdot 2 + 7 \cdot 1 + 15 \cdot 0.1) \cdot 3.1 \cdot 5 + \frac{3000 \cdot 2}{105100} \cdot 8640 \right) = 10170, \text{ грн}
 \end{aligned}$$

де n - число засобів автоматики, що підлягають ремонту;

R_i - часова ставка робітників, що виконують ремонт, грн;

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

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

										61 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

R_{Σ} - сумарна категорія складності ремонту залежно від виду електроустаткування:

S_i - вартість однотипних замінюваних елементів, грн.;

Π_i - кількість однотипних замінюваних елементів;

T_i - середній термін служби деталей цього типу, год.;

T_{ϕ} - число годин роботи апаратури за рік, год.

5.3. Визначення річної економії від впровадження об'єкту проектування.

Повна річна економія від впровадження варіанту визначається з урахуванням експлуатаційних витрат по цьому об'єкту:

$$\mathcal{E} = C_{\text{баз}} - C_{\text{пр}} = 456671 - 320573 = 136098 \text{ грн.}$$

5.4. Визначення і аналіз показників економічної ефективності.

Коефіцієнт ефективності (доходності) капітальних витрат E_p показує, скільки гривень додаткового прибутку (економії) приносить одна гривна капітальних витрат:

$$E_p = \mathcal{E} / K = 136098 / 60777 = 2.2, \text{ долі од.}, \quad (4.8)$$

де \mathcal{E} – загальна річна економія від впровадження об'єкту проектування, грн.;

K – капітальні витрати по варіанту, що викликали економію, грн.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	62 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термін окупності капітальних витрат T_p показує, за скільки років вони окупляться за рахунок загальної економії від впровадження варіанту:

$$T_p = K/\Delta = 60777 / 135098 = 0,44 \text{ років} \quad (4.9)$$

Проект (проектний варіант) капітальних вкладень визнається доцільним, оскільки:

$$E_p > E_k; \quad (4.10)$$

$$2.2 > E_k.$$

Варіант визнається економічно доцільним, оскільки розрахунковий коефіцієнт ефективності перевищує величину банківської кредитної ставки:

$$E_p > (N_{кр} + N_{инф})/100, \quad (4.11)$$

$$2.2 > (19 + 12)/100 = 0,31$$

где $N_{кр}$ – банківська кредитна ставка, %;

$N_{инф}$ – річний рівень інфляції, %.

Варіант визнається економічно доцільним, оскільки розрахунковий коефіцієнт ефективності перевищує річний рівень доходності базового варіанту:

$$E_p > (N_{деп} - N_{инф})(1 - N_{пр}/100)/100, \quad (4.12)$$

$$2.2 > (23 - 12)(1 - 19/100)/100 = 0.0162$$

где $N_{деп}$ – годовая депозитная ставка, %;

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	63 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$N_{\text{инф}}$ – годовий уровень инфляции, %;

$N_{\text{пр}}$ – ставка налога на прибыль, %.

Нормативне значення коефіцієнта ефективності можна визначити також виходячи з прийнятної для підприємства індивідуальної норми доходності:

$$E_n = 1/T_{\text{ож}} = 1/5 = 0,2, \quad (4.13)$$

де $T_{\text{ож}}$ – очікуваний, прийнятний для підприємства термін окупності капітальних вкладень, років.

При цьому варіант визнається економічно доцільним за умови

$$E_p > 1/T_{\text{ож}} \quad (4.14)$$

$$2.2 > 0,2$$

З порівнюваних варіантів вибирається той, який забезпечує найбільше значення E_p . Доцільніше вибрати проектний варіант, розрахунковий термін окупності капітальних витрат T_p якого складає:

$$T_p = 0,5 \text{ років.}$$

Порівняльна оцінка техніко-економічних показників

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	64 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	ефективності					
5	Розрахунковий термін окупності капітальних вкладень	років	0,44			

Таблиця 4.5

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	66 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Цей проект, полягав в модернізації схеми керування асинхронного двигуна. У цьому проекті були виконані такі розділи.

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

Автоматизований електропривод. Вибираємо двигун, виконуємо синтез системи регулювання, розрахунок коефіцієнтів для моделювання і моделювання електроприводу.

Охорона праці. Де зроблена класифікація небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Розглянуті інженерно-технічні і організаційні заходи по захисту від шкідливих чинників на робочому місці інженера-електрика. Методи пожежної профілактики.

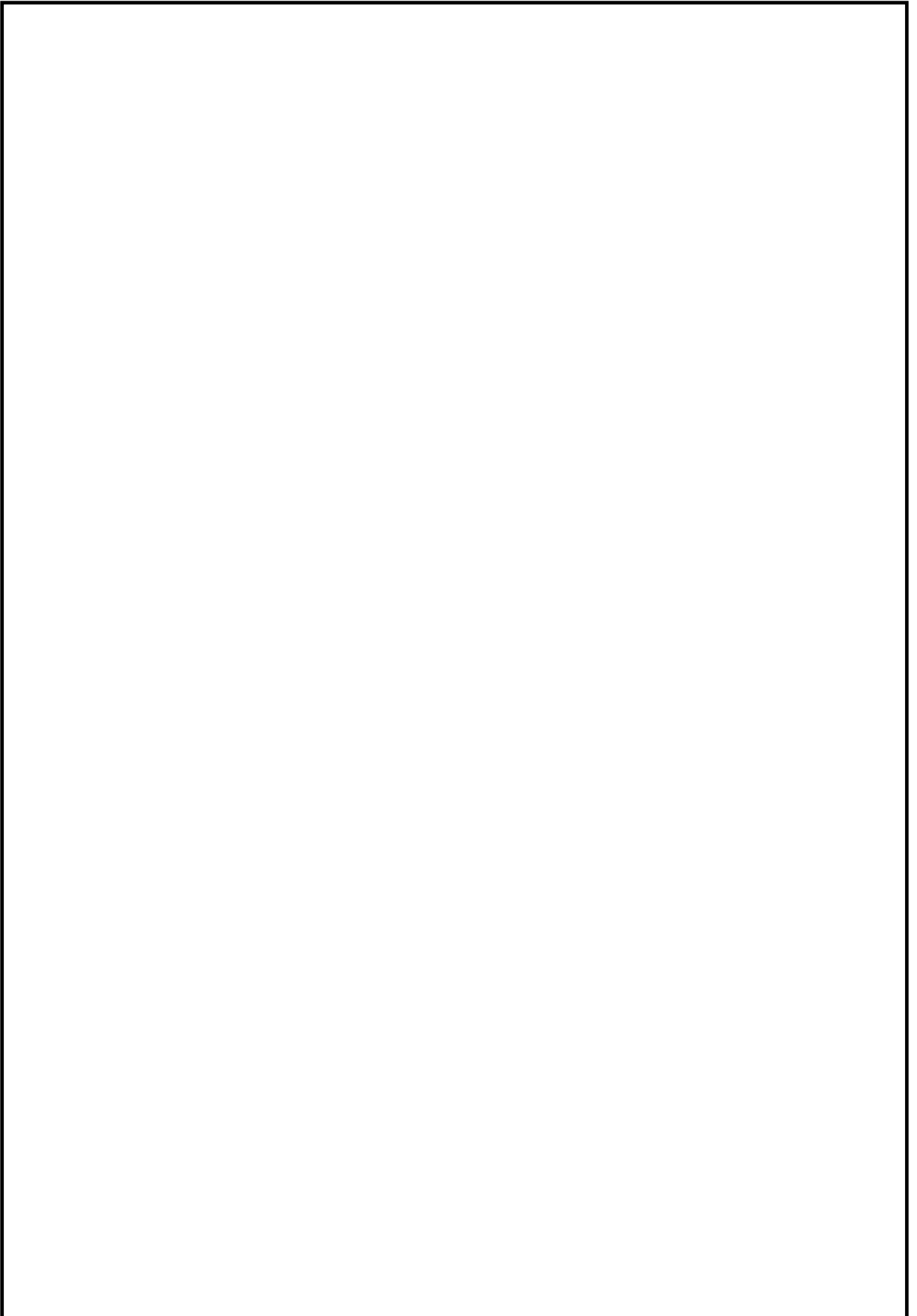
Техніко-економічне обґрунтування. Був зроблений розрахунок капітальних витрат на придбання і установку нового устаткування. Розрахунок експлуатаційних витрат, відрахувань амортизацію. Визначили річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт. Розрахунок вартості спожитої електроенергії. І визначення річної економії від впровадження об'єкту проектування. Визначили показники економічної ефективності, які показали що проект окупиться протягом п'яти років.

					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	67 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

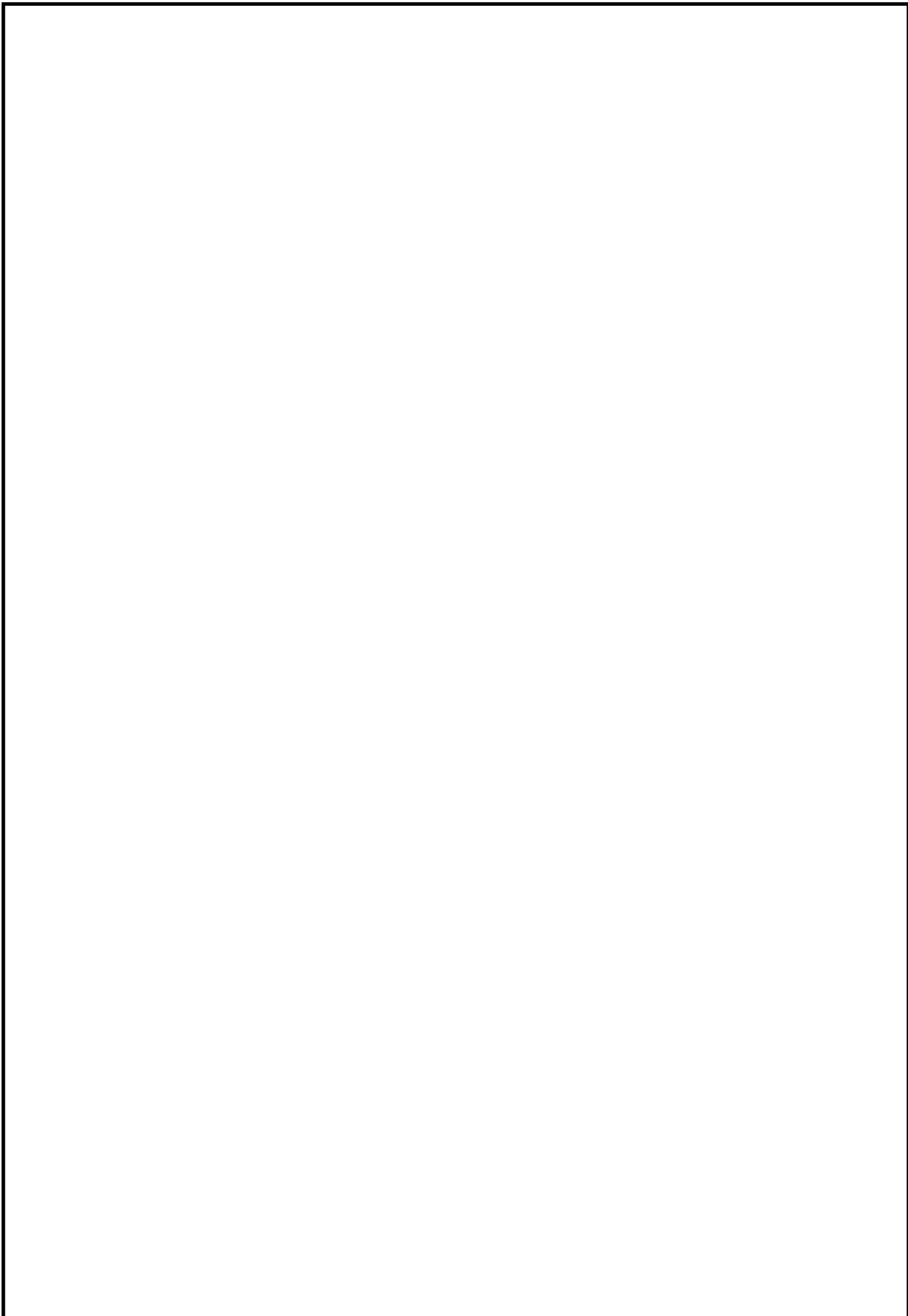
Використовувана література

1. Исмагилов К.В. «Автоматизированный электропривод машин и установок карьеров». Методичні вказівки.
2. Н.Н. Чулков, А.И. Чулиев: «Расчет приводов карьерных машин».1979 г.
3. М.В. Мартынов, Н.Г. Переслегин: «Автоматизированный электропривод в горной промышленности». 1977г.
4. Ефремов И.С., Пролыгин А.П., Андреев Ю.М., Миндлин А.Б. Теория и расчет тягового привода электромобилей: Учеб. Пособие для вузов по спец. «Городской электрический транспорт» и «Электрическая тяга и автоматизация тяговых устройств»/ Под ред. И.С. Ефремова. – М.: Высш. Школа, 1984. – 383 с., ил.
5. Козярук А.Е., Рудаков В.В. Прямое управление моментом в электроприводе переменного тока машин и механизмов горного производства. – СПб.: СПГГИ(ТУ), 2008. – 100 с.
6. Дробкин Б.Э., Козярук А.Е., Емельянов А.П., Свириденко А.О. Высокодинамичные энергоэффективные электроприводы горных машин // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 4. – С. 34–39.
7. Мережа інтернет

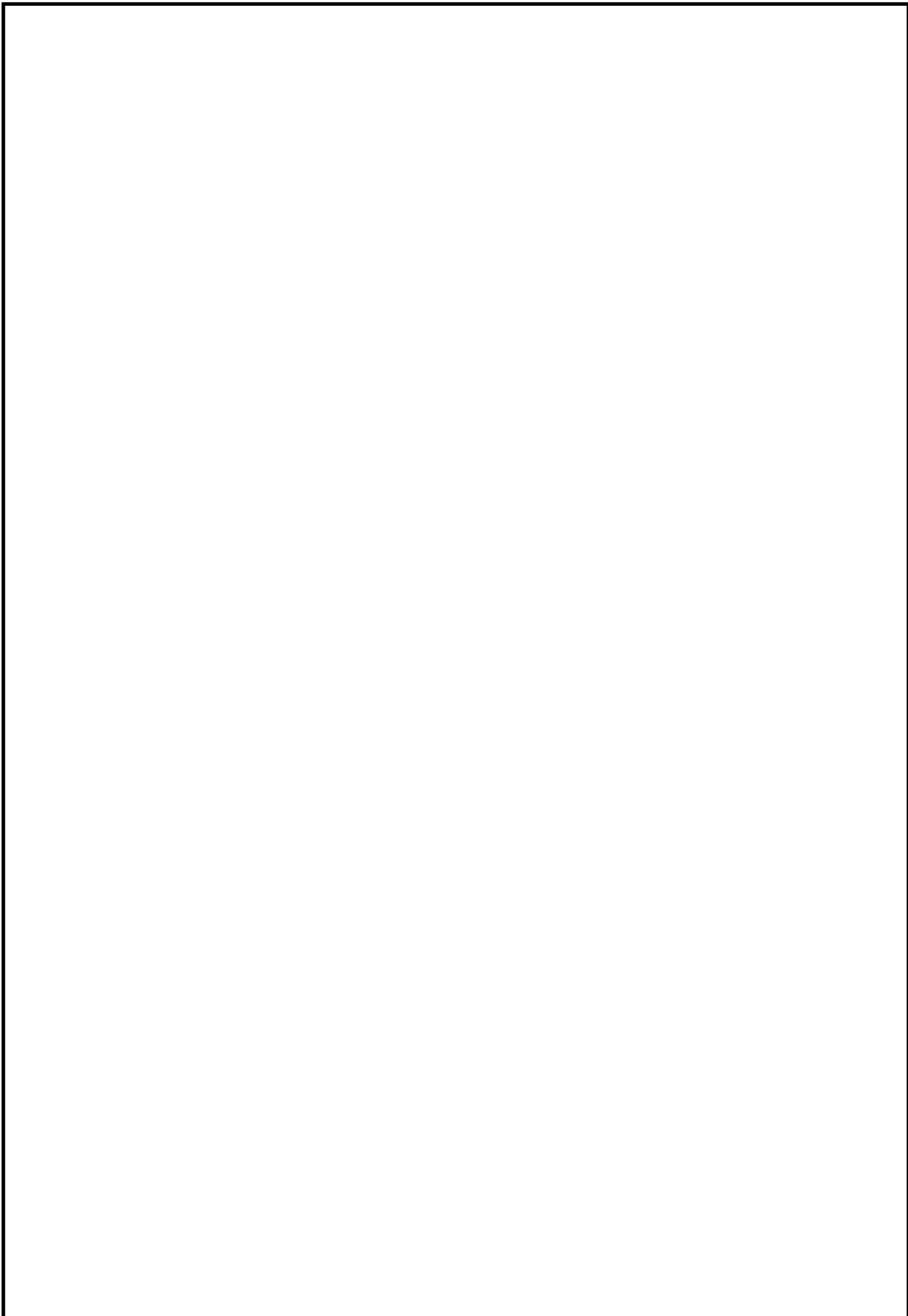
					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	68 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



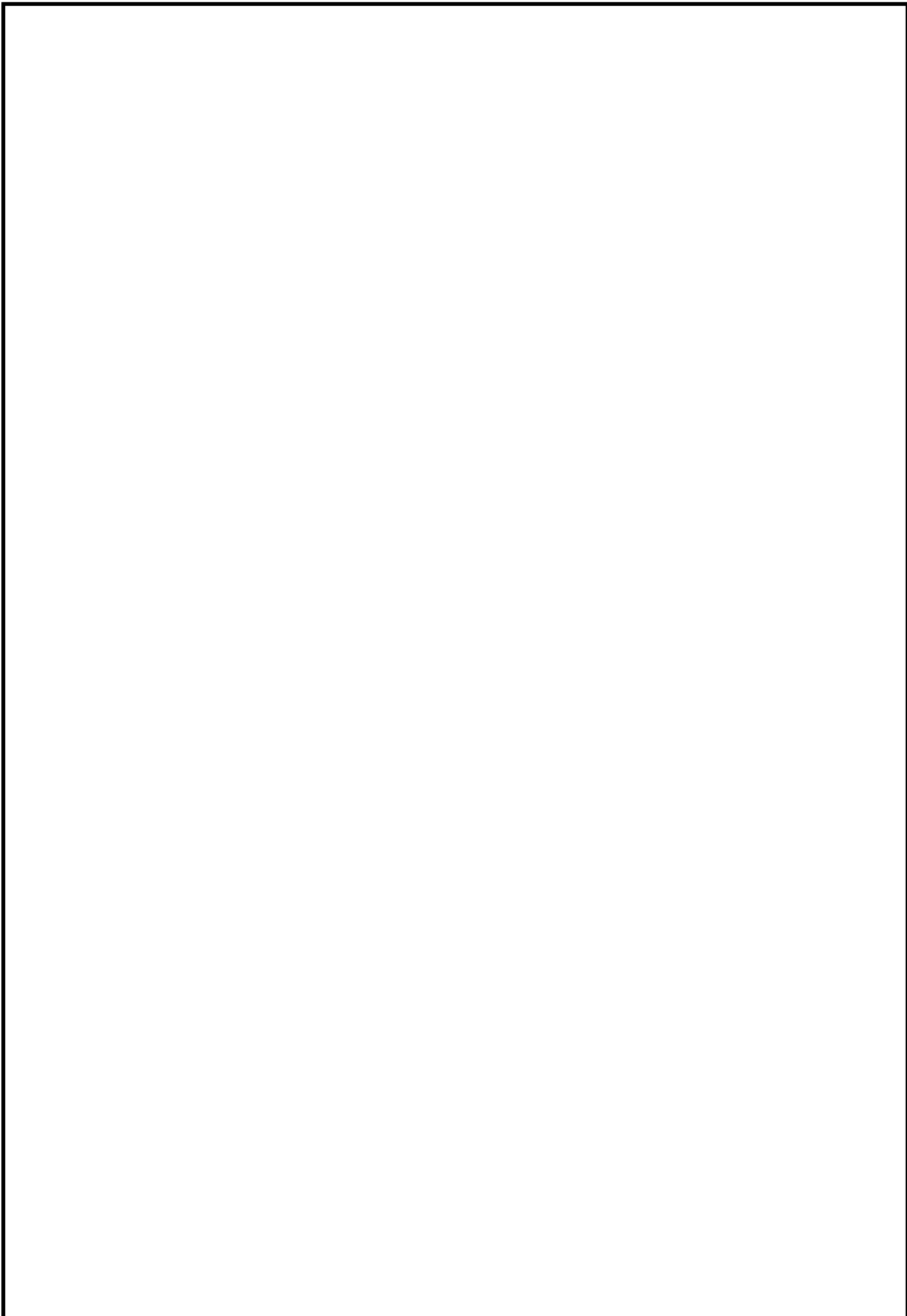
					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	69
						Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	70 Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	71 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ЕП.ПД.19.25. .ПЗ	72 Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		