

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки
(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри АТ
В.В. Поцєпаєв

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 2020 р.

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Розробка системи автоматичного керування скіповим підйомником в
рівноприскореному русі

Виконав : студент 4 курсу, групи АКТзп-17
(шифр групи)

спеціальності

151 Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Казимир А.С.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник доцент, к.ф-м. н., доц. Лєсіна Є.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент

(підпис)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки
(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації

(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____
(дата)

з оцінкою _____
секретар ДЕК _____
(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Розробка системи автоматичного керування скіповим підйомником в
рівноприскореному русі

Виконав студент групи АКТзп-17 _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище) А.С. Казимир

Керівник _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище) Є.В. Лесіна

Зав. каф. автоматики та телекомунікацій _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище) В.В.Поцепаєв

Консультанти _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище) В.В.Поцепаєв

(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Нормоконтролер _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище) асистент. Д.О.Жуковська

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації
електроінженерії та радіоелектроніки

Кафедра автоматика та телекомунікації

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____/ В.В.Поцєпаєв
“ ____ ” ____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Казимиру Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматичного керування скіповим
підйомником в рівноприскореному русі

керівник роботи: доцент, к.ф-м. н., доц. Є.В. Лесіна

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

затверджені наказом від “ ____ ” 2020 року №

2. Строк подання студентом роботи

3. Вихідні дані до роботи: НДРС, практика

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

- 1) Аналіз скіпового підйомника як об'єкта керування.
- 2) Обґрунтування напрямку автоматизації.
- 3) Розробка алгоритму, структурної та принципової схеми системи автоматичного керування скіповим підйомником.
- 4) Заходи з охорони праці.
- 5) Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Поцєпаєв В.В., зав. каф.		
	Жовтобрух С.А., ст.. викл.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз об'єкта	05.05.2020	
2	Огляд існуючих рішень	08.05.2020	
3	Розробка функціональної схеми	11.05.2020	
4	Вибір технічних засобів	16.05.2020	
5	Отримання математичної моделі	21.05.2020	
6	Синтез регулятора	26.05.2020	
7	Моделювання системи	02.06.2020	
8	Охорона праці	09.06.2020	
9	Оформлення	12.06.2020	

Студент _____ Казимир А.С.

Керівник _____ Лесіна Є.В.

Лист зауважень

Посада П.І.Б.	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Казимир Андрій Сергійович «Розробка системи автоматичного керування скіповим підйомником в рівноприскореному русі» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2020.

Пояснювальна записка: 54 сторінки, 15 рисунків, 3 таблиці, 15 посилань.

Об'єкт розробки - система автоматичного керування скіповим підйомником.

Мета роботи - розробка системи автоматичного керування скіповим підйомником, що забезпечує рівномірне прискорення на заданій ділянці руху.

Методи й засоби розробки: методи системного аналізу та декомпозиції, теорії автоматичного керування, комп'ютерного моделювання, аналізу результатів модельного експерименту.

В роботі були розглянуті і проаналізовані варіанти реалізації скіпового підйому на різних підприємствах, обрані методи виміру фізичних величин та обрані типи засобів вимірювальної техніки, максимально відповідні вимогам до системи скіпового підйому.

Отримана система є оптимальною для існуючого устаткування серед тих, що зараз експлуатуються, а також задовольняє поставленим до бакалаврської роботи вимогам.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ, СКІПОВИЙ ПІДЙОМНИК, ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ, РЕГУЛЯТОР

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	11
1.1 Аналіз технологічної схеми процесу.....	11
1.2 Аналіз САК як об'єкта керування з точки зору матеріальних потоків.....	15
1.3 Аналіз існуючих рішень задач автоматизації технологічним процесом підйому.....	16
1.4 Мета і задачі роботи.....	19
Висновки до розділу 1.....	20
2 ПРОЕКТУВАННЯ САК.....	21
2.1 Обґрунтування прийнятого напрямку розв'язання завдання роботи.....	21
2.2 Вибір технічних засобів системи керування.....	23
2.2.1 Вибір датчика тиску.....	23
2.2.2 Вибір блоку керування.....	24
2.3 Функціональна схема технічних засобів системи автоматичного керування.....	24
Висновки до розділу 2.....	24
3 ТЕОРЕТИЧНИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	
3.1 Розробка математичної моделі САК.....	25
3.2 Розробка структурної схеми САК.....	37
3.3 Синтез алгоритмів керування.....	39
3.4 Моделювання системи керування та аналіз показників якості регулювання.....	41
Висновки до розділу 3.....	41
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	42
4.1 Аналіз умов праці	42
4.2 Заходи щодо поліпшення умов праці.....	43

4.2.1 Мікроклімат робочого місця.....	44
4.2.2 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для приміщення, в якому використовуються зорові роботи високої точності.....	46
4.2.3 Розрахунок заземлення загального контуру заземлення будівлі, який повинен бути виведений через розетку на кожне робоче місце з ПК.....	48
4.3 Пожежна безпека.....	49
Висновки до розділу 4.....	51
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53

ВСТУП

Автоматизація – системний підхід в виключенні участі людини в виконанні складних функцій керування технологічними і організаційними процесами в різних галузях виробничої діяльності. Це в повній мірі стосується підйомно-транспортних машин, котрі є найважливішим обладнанням для механізації робіт у всіх галузях господарства - промисловості, будівництві, транспорті та сільськогосподарському виробництві. Вони застосовуються для переміщення людей на коротких трасах у вертикальному, горизонтальному й похилому напрямку. Відповідно до функцій виконуваними підйомно-транспортними машинами, їх класифікують на вантажопідіймальні, що транспортують і вантажно-розвантажувальні.

Вантажопідйомні машини призначені для переміщення окремих штучних вантажів великої маси за довільної просторової траси, що включає вертикальні, похилі і горизонтальні ділянки, циклічним методом, при якому періоди роботи перемежуються з періодами пауз. Вони можуть виконувати і монтажні операції, пов'язані з підйомом і точною установкою монтованих елементів і устаткування, а також підтриманням їх на вазі до закріплення в проектному положенні.

Необхідність повної автоматизації особливо актуальна в гірничий галузі, де більшість виробничих процесів важкі та небезпечні. З всього гірничо-шахтного обладнання підйомні установки займають особливе місце, оскільки є основним видом транспорту, який пов'язує підземні виробітки з поверхневим комплексом шахти. Шахтні підйомні установки призначені для видачі на поверхню вугілля, яке добувається, і отриманою при проході гірничих виробіток породи, швидкого і безпечного спуску и підйому людей, транспортування кріпильного лісу, обладнання й матеріалів.

Шахтний скіповий підйом в основному режимі працює під управлінням системи автоматичного керування, яка забезпечує виконання складних алгоритмів переміщення скіпа в усіх технологічних режимах, надійність та

безпеку всіх ланок технологічного процесу завантаження, розвантаження та транспортування вантажів.

Основою системи автоматичного керування скіповою підйомною установкою є автоматизований електричний привід, який реалізує всі необхідні операції спуску та підйому в заданих режимах, що визначаються тахограмами руху.

Сучасні автоматизовані електроприводи скіпових підйомних установок обладнуються двома видами приводів, якими є привід з двигуном постійного струму та асинхронний керований привід. Останній є набагато дешевшим, надійнішим, а тому найбільш перспективним ніж привід з двигуном постійного струму. Тому робота, присвячена розробці системи автоматичного керування скіпового підйому на основі асинхронного керованого приводу, є актуальною.

1 АНАЛІЗ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

1.1 Аналіз технологічної схеми процесу

Головною спорудою підйомної скіпової установки є скіповий стовбур, де переміщуються скіпи, виконуючи процес транспортування вантажів та видобутого вугілля.

На рис. 1.1 наведено головну підйомну установку вертикального стовбура. Підйомна установка складається з підйомної машини 1, копра 2, копрових шківів 3, підйомних канатів 4 і підйомних посудин (скіпів) 5. До комплексу підйому входить обладнання стовбура, приймальних майданчиків та бункерів в пристовбуровому дворі в шахті та на її на поверхні.

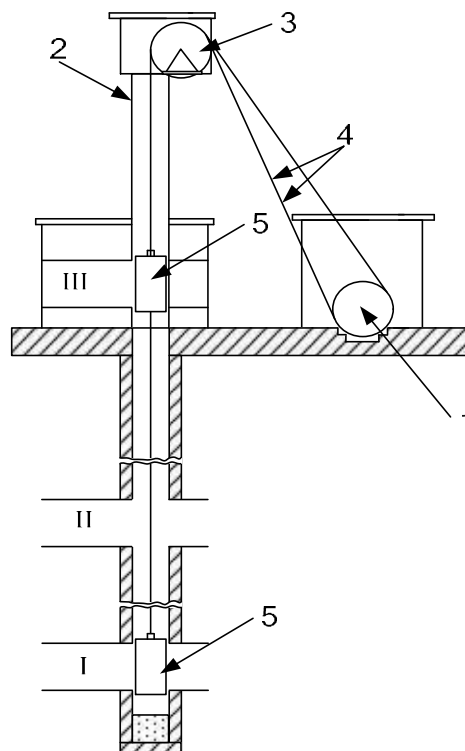


Рисунок 1.1 – Головна підйомна установка

Шахтний вантажний підйом характеризується циклічним режимом

роботи з досить широким діапазоном зміни кінцевого навантаження по циклах. Цей діапазон для скіпових підйомних установок лежить у межах від 80 (легкий вантаж) до 120% (важкий) розрахункового значення вантажу. У цілому ж діапазон кінцевого навантаження скіпового підйому коливається в межах від 0 до 120% розрахункового (“нормального”) вантажу, тому що на практиці досить часто мають місце випадки перегону порожніх скіпів. У випадку клітьового підйому зміна кінцевого навантаження по циклах лежить у межах $\pm 100\%$.

В основу побудови циклу підйому покладена розрахункова тахограма, що виконується автоматичним регулятором чи машиністом (з визначеним ступенем точності). Вид і кількість періодів розрахункової тахограми визначаються технологічними властивостями підйому.

На рисунку 1.2 показана стандартна шестиперіодна розрахункова тахограма, яка широко застосовувана в умовах автоматизованого скіпового підйому. На рисунку 1.2 позначено: t_1 – вихід скіпа із розвантажувальних кривих; t_2 – рівномірноприскорений рух; t_3 – рівномірний рух з постійною швидкістю; t_4 – рівномірне зниження швидкості; t_5 – дотягування; t_6 – стопоріння підйомної машини (зупинка скіпа).

Початок руху скіпа із крайнього положення в загальному випадку зв'язано з наступними технологічними особливостями:

- скіп під завантаженням знаходиться на посадковому пристрої. У цьому випадку виключена можливість “зворотного ходу” підйомної машини і включення двигуна може бути зроблено при розгальмованому стані машини;
- скіп під завантаженням висить на канаті. У цьому випадку включення двигуна може бути зроблено тільки з випередженням щодо розгальмовування підйомної машини.



Рисунок 1.2 - Шестиперіодна розрахункова тахограма підйому

Початковий електромагнітний момент, що має підйомний двигун, повинний виключати можливість “зворотного ходу” підйомної машини незалежно від величини завантаження скіпа.

В обох випадках необхідний плавний розгін підйомної машини.

У період t_1 прискореного руху, система повинна мати швидкість, що не перевищує $0,5 \dots 1,0$ м/с, щоб забезпечити нормальний вихід порожнього скіпа з розвантажувальних кривих.

У період t_2 прискореного руху, необхідно забезпечити збільшення швидкості підйому від $1,5$ м/с до максимального значення з прискоренням, що не перевищує $1,1$ м/с².

У період рівномірного ходу t_3 швидкість руху скіпа повинна мати максимальне розрахункове значення (якщо немає обмежень). Відхилення фактичного значення швидкості від розрахункової величини повинне бути не більш відхилення, обумовленого жорсткістю природної характеристики двигуна.

У період уповільнення t_4 необхідно забезпечити зниження швидкості від максимального значення до $0,5 \pm 0,1$ м/с при уповільненні, що не перевищує $1,0 - 1,1$ м/с².

У період уповільнення, відхилення фактичного значення швидкості від заданої величини може приймати як негативні, так і позитивні значення, тобто дійсна швидкість може бути відповідно вище чи нижче заданої. При цьому режим уповільнення може бути гальмовим, руховим або нейтральним в

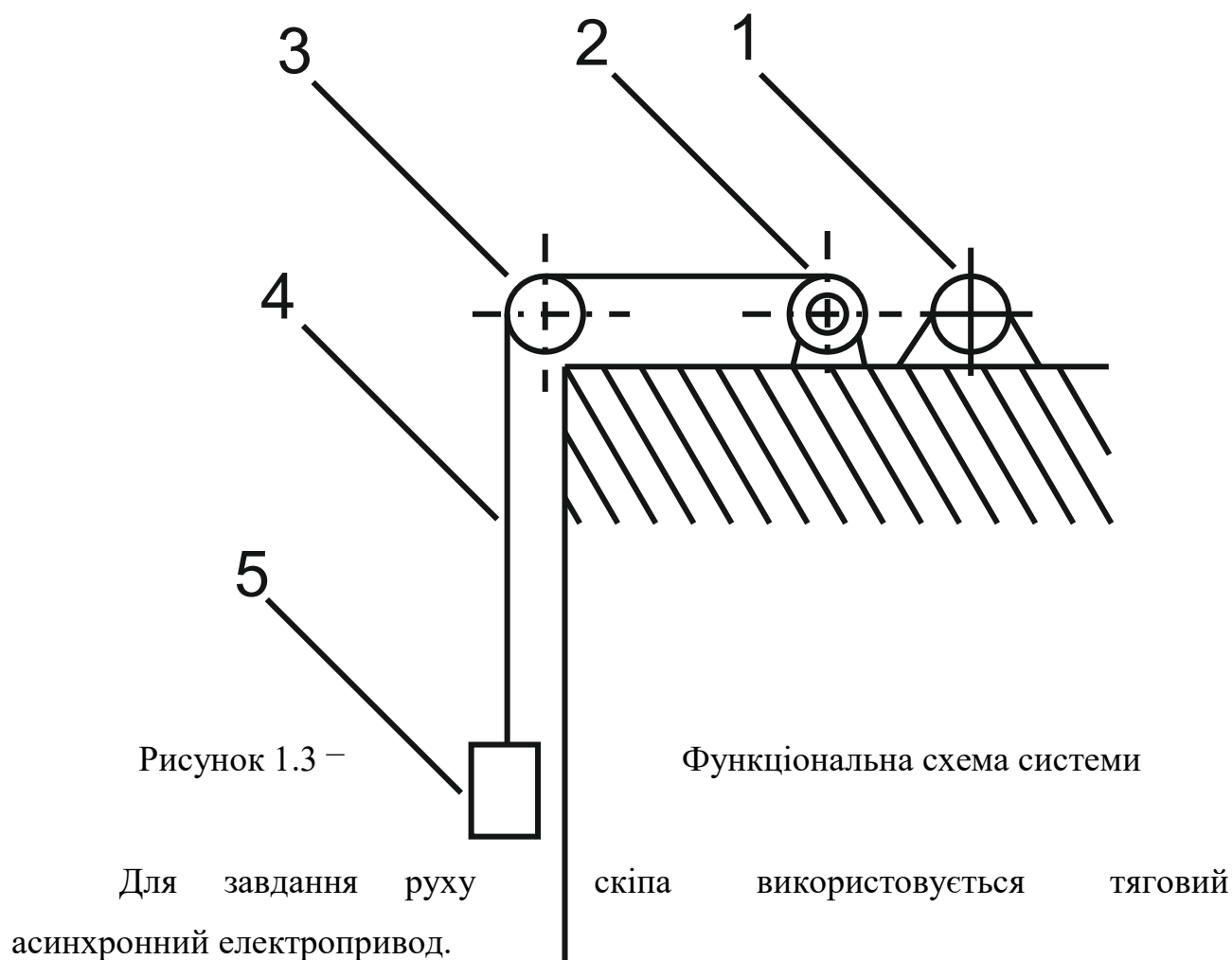
залежності від величини заданого уповільнення. У гальмовому режимі уповільнення регулятор підйомної машини повинний виконувати задану програму з точністю, що виключає спрацьовування захисних пристроїв від перевищення швидкості.

У період рівномірного руху t_5 система повинна мати знижену швидкість руху $0,5 \pm 0,1$ м/с, щоб вхід і рух скіпа в розвантажувальних кривих були плавними, а також для забезпечення точної зупинки.

У період зупинки t_6 скіп повинен бути зупинений під розвантаження в заданій точці шляху з точністю ± 20 см.

Основними характеристиками прямолінійного руху є пройдений шлях, швидкість і прискорення. Вони пов'язані між собою простими диференціальними або інтегральними залежностями: якщо миттєве значення шляху є x , значення миттєвої швидкості $v = dx/dt$, а значення прискорення - $a = d^2x/dt^2$. Завдяки таким залежностям вирази для всіх параметрів руху можуть бути отримані, якщо відомий хоча б один з них. Прийmemo, що основним параметром руху є швидкість, а шлях і прискорення можуть бути визначені на її основі. У даній роботі об'єктом обраний скіп, для якого задається швидкість руху за асинхронного електроприводу. Принцип роботи системи полягає в наступному (рис. 1.3).

Електродвигун 1 через редуктор задає обертання лебідки 2 з кутовою швидкістю ω . За допомогою троса 4 через ролик 3 задається рух скіпу 5. В даній роботі розглядатиметься ділянка рівноприскореного руху скіпу.



1.2. Аналіз САК як об'єкта керування з точки зору матеріальних потоків

Представлення матеріальних потоків, що мають місце в системі, наведене на рис.1.4. Цільовим параметром є швидкість пересування скіпу.

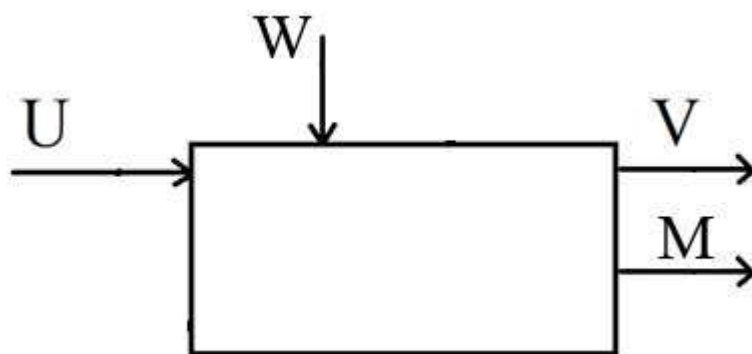


Рисунок 1.4 – Структурна схема матеріальних потоків

U – напруга керування.

W – маса скіпу.

V – швидкість руху скіпа.

M – момент навантаження.

Основний регульованою величиною є швидкість пересування скіпу. Керуючою величиною є струм статора і напруга керування. На параметр швидкості істотно впливає маса вантажу і час, заданий тахограмою. Звідси виникає завдання підтримки швидкості в заданій величині шляхом регулювання струму і напруги.

1.3 Аналіз існуючих рішень задач автоматизації технологічного процесу підйому

Для здійснення можливості регулювання моменту і швидкості в сучасних асинхронних електроприводах використовуються наступні методи керування:

- векторне;
- скалярне.

Найбільше поширення отримали асинхронні електроприводи із скалярним керуванням. Його використовують в приводах компресорів, вентиляторів, насосів і інших механізмів в яких необхідно утримувати на певному рівні момент або швидкість обертання вала електродвигуна (застосовується датчик швидкості), або якогось технологічного параметра (наприклад, тиск в трубопроводі, с застосуванням відповідного датчика).

Принцип дії скалярного керування асинхронним двигуном – амплітуда і частота живильної напруги змінюється за законом $U/f^n = const$, де $n \geq 1$. Те, як буде виглядати ця залежність в конкретному випадку, залежить від вимог, що пред'являє навантаження електроприводу. Як правило, в якості незалежного впливу виступає частота, а напруга при певній частоті визначається видом механічної характеристики, а також значеннями критичного і пускового

моментів. Завдяки скалярному управлінню забезпечується постійна перевантажувальна здатність асинхронного двигуна, незалежна від частоти напруги, і все ж при доволі низьких частотах може відбутися значне зниження моменту, що розвиває двигун. Максимальне значення діапазону скалярного керування, при якому можливе здійснення регулювання значення швидкості обертання ротора електродвигуна, без втрати моменту опору не перевищує 1:10.

Скалярне керування асинхронним двигуном доволі просто реалізується, але все ж є два значних недоліки. По-перше, якщо на валу не встановлений датчик швидкості, то неможливо здійснити регулювання значення швидкості обертання вала, тому що вона залежить від навантаження, яке діє на електропривод. Установка датчика швидкості вирішує цю проблему, але ще одним значним недоліком залишається відсутність можливості регулювання значення моменту на валу двигуна. Можна встановити датчик моменту, але вартість таких датчиків, як правило, перевищує вартість самого електропривода. Причому, навіть якщо встановити датчик керування моментом, то процес керування цим моментом виявиться неймовірно інерційним. Ще одно «але» - скалярне керування асинхронним двигуном характеризується тим, що неможливо здійснення одночасного регулювання швидкості і моменту, тому приходить здійснювати регулювання тої величини, яка в даний момент часу найбільш важлива в силу умов технологічного процесу.

Щоб усунути недоліки, які має скалярне керування двигуном, було запропоновано застосування векторного керування.

Система керування сучасних електроприводів з векторним методом керування містить в собі математичну модель двигуна, що дозволяє розрахувати швидкість обертання і момент вала. Причому в якості необхідних датчиків встановлюються лише датчики стуму фаз статора двигуна.

На сьогоднішній день сформувалися наступні системи векторного керування асинхронним двигуном:

Бездатчикові – на валу двигуна відсутній датчик швидкості,

Системи, що мають зворотній зв'язок по швидкості.

Переваги векторного метода керування асинхронним двигуном:

Високий рівень точності при регулюванні швидкості обертання вала, навіть при відсутності датчика швидкості,

Якщо встановлений датчик швидкості, номінального значення моменту на валу можна досягти навіть при нульовій швидкості

Швидке реагування на зміну навантаження.

Незважаючи на всі ці переваги, метод векторного керування має і свої недоліки – складність розрахунків, для роботи необхідно знання параметрів двигуна. Крім іншого коливання значення швидкості при постійному навантаженні значно більші, ніж при скалярному методі керування.

Також за способом керування розрізняють:

Реостатний — зміна частоти обертання асинхронного двигуна с фазним ротором шляхом зміни опору реостата в цепі ротора, крім того це збільшує пусковий момент и підвищує критичне ковзання;

Частотний — зміна частоти обертання асинхронного двигуна шляхом зміни частоти струму в живлячій мережі, що тягне за собою зміну частоти обертання поля статора. Застосовується увімкнення двигуна через частотний перетворювач;

Переключенням обмоток із схеми «зірка» на схему «трикутник» в процесі пуску двигуна, що дає зниження пускових струмів в обмотках приблизно в три рази, але в той же час знижується і момент;

Імпульсний — подачею напруги живлення спеціального виду (наприклад, пілкоподібного);

Введення додаткової ЕРС згідно або протинаправлено с частотою ковзання у вторинне коло;

Зміною числа пар полюсів, якщо таке перемикання передбачено конструктивно;

Зміною амплітуди живлячої напруги, коли змінюється тільки амплітуда (або діюче значення) управляючої напруги. Тоді вектори напруг керування і збудження залишаються перпендикулярними;

Фазне керування характерно тим, що зміна частоти обертання ротора досягається шляхом зміни зсуву фаз між векторами напруг збудження і керування

1.4 Мета та задачі роботи

Задача автоматизації скіпового підйомника полягає у впровадженні сучасних засобів автоматизації, здатних ефективно управляти технологічним процесом.

Виходячи з цього, сформулюємо мету роботи як розробку САК, що задовольняє вимогам технологічного процесу підйому.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Проаналізувати технологічний процес підйому вантажу.
2. Провести огляд існуючих САК. Розробити функціональну схему автоматизації.
3. Одержати математичну модель розглянутого об'єкта керування. Провести моделювання розробленої системи.
4. Розробити заходи з охорони праці на об'єкті.

Висновки до розділу 1

1. Описаний принцип роботи системи скіпового підйому, розглянута схема матеріальних потоків і існуюче рішення задачі автоматизації. Дане рішення не є задовільним, головним чином тому, що в умовах даної задачі потрібно регулювати як швидкість, так і момент електроприводу.

2 ПРОЕКТУВАННЯ САК СКІПОВИМ ПІДЙОМОМ

2.1 Обґрунтування прийнятого напрямку розв'язання завдання роботи

Розробка системи автоматичного керування швидкості скіпа передбачає отримання інформації про параметри, які характеризують і впливають на режими роботи об'єкта.

Для того щоб забезпечити ефективне керування об'єктом необхідно:

- вимірювати швидкість обертання валу двигуна;
- порівнювати отримані данні з установами.

Контур керування компенсує відхилення швидкості відносно поверхні через котру рухається платформа і забезпечує задану точність та швидкість регулювання.

Конкретні прилади та засоби автоматизації будемо підбирати виходячи з таких міркувань:

- для контролю і регулювання однакових параметрів технологічного процесу необхідно застосовувати однотипні засоби автоматизації, що випускаються серійно;
- при автоматизації складних технологічних процесів необхідно використовувати обчислювальні й керуючі машини;
- клас точності приладів повинен відповідати технологічним вимогам;

Реалізація системи автоматичного керування, досягнення поставленої мети можлива різними способами, але ми виберемо той, який передбачає використання промислового контролера. Застосування в проєктованій САК промислового контролера дозволить здійснювати:

- збір і зберігання великих масивів інформації, що знімаються з датчиків;
- діагностування відмов і автоматичне відновлення працездатності;
- видачу необхідної інформації на засоби індикації.

При виборі сімейства контролерів в першу чергу необхідно враховувати їх надійність в промислових умовах експлуатації, ширину спектру взаємоузгоджених програмно-апаратних засобів, високу якість виготовлення. Використання таких контролерів дозволяє швидко виконати проект за рахунок того, що весь програмний інструментарій поставляється разом з модулями. Також, у таких контролерах є можливість власноруч задати необхідний спектр функцій для САК шляхом написання власної програми. Програми керування записуються в пам'ять контролера і виробляють управляючі дії для виконавчих органів системи.

Обраний напрям вирішення завдання виводить нас до наступних вимог користувача:

- Стійку роботу автоматичних регуляторів (відсутність автоколивань) і обмежену частоту їх включення , яка при постійному навантаженні не повинна спрацьовувати більше сто раз на секунду ;

- При різкому збільшенні допустимого обсягу маси платформи , зупинити роботу двигуна. Ця функція розглядається як аварійна ;

- На інтерфейсі користувача повинен бути передбачений візуальний контроль за швидкістю руху платформ;

- Можливість зміни заданої швидкості або прискорення;

- Аварійна звукова та світлова сигналізація при неприпустимому зміні маси платформи ;

- Система повинна забезпечити надійний контроль і керування при постійному режимі роботи ;

- Блоково - модульна реалізація пристроїв автоматики ;

- Ремонтопридатність ;

- Екологічна безпека;

- Пило - волого захист датчиків САК .

2.2 Вибір технічних засобів системи керування

Вибираючи датчик, потрібно, перш за все, правильно визначити пріоритети за такими критеріями:

- діапазон і точність;
- лінійність;
- швидкість вимірювального процесу;
- умови застосування і клас захисту;
- надійність;
- габаритні розміри.

2.2.1 Вибір датчика виміру швидкості

Вимір швидкості можна здійснити різними способами, але найпростіший- використання датчику на ефекті Холла. Датчик повинен мати наступні характеристики:

- Робоча напруга: 3.8V-30V
- Робочий струм: 10mA-40mA
- Монтаж: винтовий
- Робоча температура: -20+85 C
- Напруга живлення: 5/9/12/15/24

2.2.2 Вибір блоку керування

Блок керування повинен складатися з декількох компонентів:

Приймач. Для прийому сигналу від користувача.

Мікроконтролер. Для керування системою з завданими параметрами (наприклад частотою опитування та необхідною кількістю аналогових та дискретних входів/виходів.

2.2 Розробка функціональної схеми САК

Згідно з ГОСТ 21.404-85 складемо функціональну схему автоматизації керуванням системи «платформа з приводом».

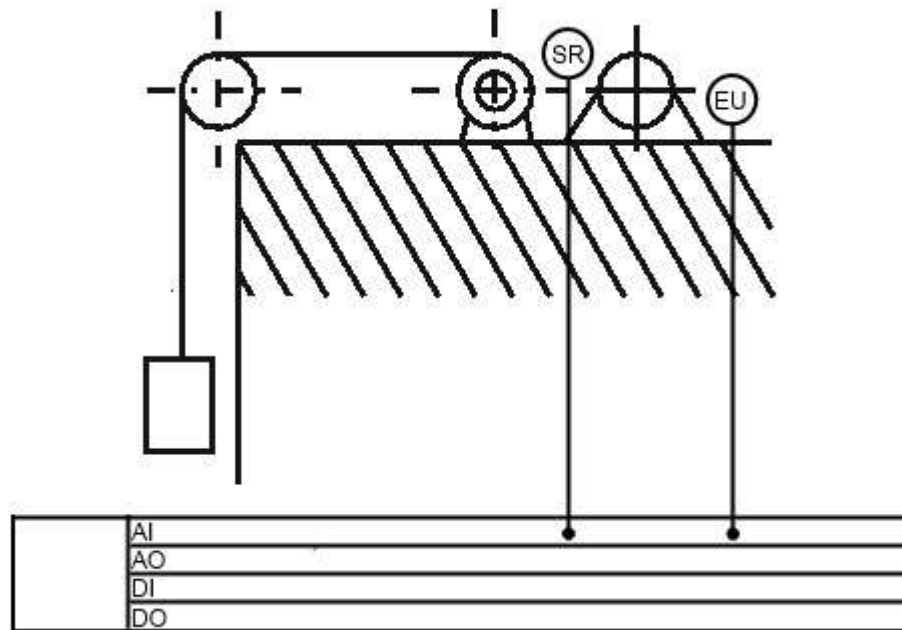


Рисунок 2.1– Функціональна схема САК скіповим підйомом

3 ТЕОРЕТИЧНИЙ СИНТЕЗ САК

3.1 Розробка математичної моделі САК

Система складається з наступних компонентів:

- скіп;
- електропривод.

Для отримання загальної математичної моделі системи необхідно отримати моделі всіх її складових.

3.1 Математична модель скіпа

Окремо розглянемо скіп (рис. 3.1) і запишемо рівняння, які описують його рух. Скіп підвішений на канаті і може рухатися тільки в одному напрямках – вгору. Розглянемо сили, що діють на скіп.

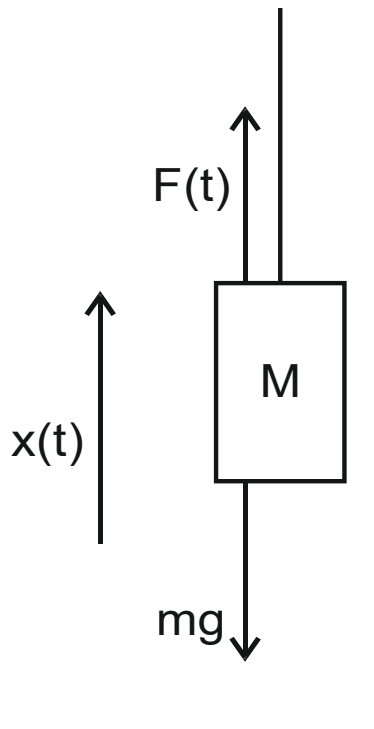


Рисунок 3.1 – Сили, що діють на скіп

де M – маса скіпу, кг; $F(t)$ – сила, що діє на скіп(керуючий вплив), Н; mg – сила тяжіння, Н, $x(t)$ - потокова координата платформи, м.

Систему можна описати наступними рівняннями:

По осі x :

$$m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = F(t) - mg \quad (3.1)$$

Що еквівалентно:

$$\frac{d^2 x(t)}{dt^2} = \frac{F(t)}{m} - g \quad (3.2)$$

Ці рівняння повністю описують динаміку руху скіпа.

3.2 Математична модель електроприводу

Узагальнена асинхронна машина (АМ) містить трьохфазну обмотку на роторі и статорі. Обмотки підключені к симетричним джерелам напруги. Математичний опис такої машини базується на відомих законах. рівняння рівноваги ЕРС на обмотках статора и ротора базується на другому законі Кірхгофа. Для статора:

$$\left. \begin{aligned} u_A &= R_A i_A + \frac{d\psi_A}{dt}, \\ u_B &= R_B i_B + \frac{d\psi_B}{dt}, \\ u_C &= R_C i_C + \frac{d\psi_C}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

Для ротора:

$$\left. \begin{aligned} u_a &= R_a i_a + \frac{d\psi_a}{dt}, \\ u_b &= R_b i_b + \frac{d\psi_b}{dt}, \\ u_c &= R_c i_c + \frac{d\psi_c}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

В рівняннях (3.3) і (3.4) фігурують миттєві напруги, струми і потокозчеплення статора і ротора, а також активні опори обмоток. Зазвичай обмотки виконуються симетричними, тому $R_A=R_B=R_C=R_s$ – активний опір статорної обмотки, $R_a=R_b=R_c=R_r$ – активний опір роторної обмотки.

Другим використовуваним законом є закон Ампера, який пов'язує потокозчеплення обмоток із струмами, що протікають по обмотках.

Для статора:

$$\left. \begin{aligned} \psi_A &= L_{AA}i_A + L_{AB}i_B + L_{AC}i_C + L_{Aa}i_a + L_{Ab}i_b + L_{Ac}i_c, \\ \psi_B &= L_{BA}i_A + L_{BB}i_B + L_{BC}i_C + L_{Ba}i_a + L_{Bb}i_b + L_{Bc}i_c, \\ \psi_C &= L_{CA}i_A + L_{CB}i_B + L_{CC}i_C + L_{Ca}i_a + L_{Cb}i_b + L_{Cc}i_c. \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

Для ротора:

$$\left. \begin{aligned} \psi_a &= L_{aA}i_A + L_{aB}i_B + L_{aC}i_C + L_{aa}i_a + L_{ab}i_b + L_{ac}i_c, \\ \psi_b &= L_{bA}i_A + L_{bB}i_B + L_{bC}i_C + L_{ba}i_a + L_{bb}i_b + L_{bc}i_c, \\ \psi_c &= L_{cA}i_A + L_{cB}i_B + L_{cC}i_C + L_{ca}i_a + L_{cb}i_b + L_{cc}i_c. \end{aligned} \right\} \quad (3.6)$$

Тоді симетричні рівняння для визначення потокозчеплень показують, що потокозчеплення кожної обмотки залежить від струмів у всіх обмотках; ці залежності проявляються через взаємоіндукцію. В рівняннях (3.5) и (3.6) L_{AA} , L_{BB} , L_{CC} , L_{aa} , L_{bb} , L_{cc} , є власними індуктивностями відповідних обмоток, всі інші – взаємоіндуктивностями між відповідними обмотками.

Третім законом, що лежить в основі аналізу, є другий закон Ньютона – закон рівноваги моментів на валу машини:

$$J \frac{d\vec{\omega}_m}{dt} = \vec{M} - \vec{M}_c, \quad (3.7)$$

де J (кг·м²) — момент інерції на валу машини, що враховує інерційність як самої машини, так и приведеної до валу інерційності робочого механізму і редуктора,

ω_m (рад / с) - кутова швидкість вала машини,

$\vec{M}_c$ (Н·м) - момент робочого механізму, приведений до валу двигуна.

Нарешті, четвертим і останнім законом, що лежить в основі аналізу машини, є закон, сформульований Ленцем, як правило лівої руки. цей закон пов'язує векторні величини моменту, потокозчеплення и струму:

$$\vec{M} = k(\vec{\psi} \times \vec{i}). \quad (3.8)$$

В кінцевому виді рівняння узагальненої асинхронної машини мають вид:

$$\left. \begin{aligned} \vec{u}_S &= R_S \vec{i}_S + \frac{d\vec{\psi}_S}{dt} + j\omega_k \vec{\psi}_S, \\ \vec{u}_R &= R_R \vec{i}_R + \frac{d\vec{\psi}_R}{dt} + j(\omega_k - p\omega_m) \vec{\psi}_R, \\ \vec{\psi}_S &= L_S \vec{i}_S + L_m \vec{i}_R, \\ \vec{\psi}_R &= L_m \vec{i}_S + L_R \vec{i}_R, \\ M &= \frac{3}{2} p \cdot k \cdot \text{Mod}(\vec{\psi}_i \times \vec{i}_k), \\ J \frac{d\omega_m}{dt} &= M - M_C. \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

В нерухомій комплексній системі координат ($\omega_k = 0$) дійсна вісь позначається через α , а уявна через β . Просторові вектори в цьому випадку розкладаються по осях: $\vec{u}_S = u_{S\alpha} + ju_{S\beta}$, $\vec{i}_S = i_{S\alpha} + ji_{S\beta}$, $\vec{\psi}_R = \psi_{R\alpha} + j\psi_{R\beta}$. Підставивши ці значення в рівняння (3.9) и прирівнявши окремо дійсні і уявні частини , отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} u_{S\alpha} &= ri_{S\alpha} + L_S \frac{di_{S\alpha}}{dt} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\alpha} - k_R p \omega_m \psi_{R\beta}, \\ u_{S\beta} &= ri_{S\beta} + L_S \frac{di_{S\beta}}{dt} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\beta} + k_R p \omega_m \psi_{R\alpha}, \\ 0 &= -k_R R_R i_{S\alpha} + \frac{1}{T_R} \psi_{R\alpha} + \frac{d\psi_{R\alpha}}{dt} + p \omega_m \psi_{R\beta}, \\ 0 &= -k_R R_R i_{S\beta} + \frac{1}{T_R} \psi_{R\beta} + \frac{d\psi_{R\beta}}{dt} - p \omega_m \psi_{R\alpha}, \\ M &= \frac{3}{2} p \cdot k_R (\psi_{R\alpha} i_{S\beta} - \psi_{R\beta} i_{S\alpha}), \\ J \frac{d\omega_m}{dt} &= M - M_{\tilde{N}}. \end{aligned} \right\} \quad (3.10)$$

де $r = R_S + \frac{L_m^2}{L_R^2} R_R$, $L_S = L_S - \frac{L_m^2}{L_R^2}$, $k_R = \frac{L_m}{L_R}$, $T_R = \frac{L_R}{R_R}$ - коефіцієнти.

Система рівнянь (3.10) в операторній формі прийме вид:

$$\left. \begin{aligned} u_{S\alpha} &= r(1 + T_S s) i_{S\alpha} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\alpha} - k_R p \omega_m \psi_{R\beta}, \\ u_{S\beta} &= r(1 + T_S s) i_{S\beta} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\beta} + k_R p \omega_m \psi_{R\alpha}, \\ 0 &= -k_R R_R i_{S\alpha} + \frac{1}{T_R} (1 + T_R s) \psi_{R\alpha} + p \omega_m \psi_{R\beta}, \\ 0 &= -k_R R_R i_{S\beta} + \frac{1}{T_R} (1 + T_R s) \psi_{R\beta} - p \omega_m \psi_{R\alpha}, \\ M &= \frac{3}{2} p \cdot k_R (\psi_{R\alpha} i_{S\beta} - \psi_{R\beta} i_{S\alpha}), \\ J \omega_m s &= M - M_C. \end{aligned} \right\} \quad (3.11)$$

Для створення моделі, з системи рівнянь (3.4) виражаються струми і потокозчеплення і система рівнянь прийме вид:

$$\left. \begin{aligned}
 i_{S\alpha} &= (u_{S\alpha} + \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\alpha} + k_R p \omega_m \psi_{R\beta}) \frac{1}{r(1 + T_S s)}, \\
 i_{S\beta} &= (u_{S\beta} + \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\beta} - k_R p \omega_m \psi_{R\alpha}) \frac{1}{r(1 + T_S s)}, \\
 \psi_{R\alpha} &= (k_R R_R i_{S\alpha} - p \omega_m \psi_{R\beta}) \frac{T_R}{(1 + T_R s)}, \\
 \psi_{R\beta} &= (k_R R_R i_{S\beta} + p \omega_m \psi_{R\alpha}) \frac{T_R}{(1 + T_R s)}, \\
 M &= \frac{3}{2} p \cdot k_R (\psi_{R\alpha} i_{S\beta} - \psi_{R\beta} i_{S\alpha}), \\
 \omega_m &= (M - M_C) \frac{1}{J_S}.
 \end{aligned} \right\} \quad (3.12)$$

По системі рівнянь (3.12) будується структурна схема АД в нерухомій системі координат, представлена на рисунку 3.2.

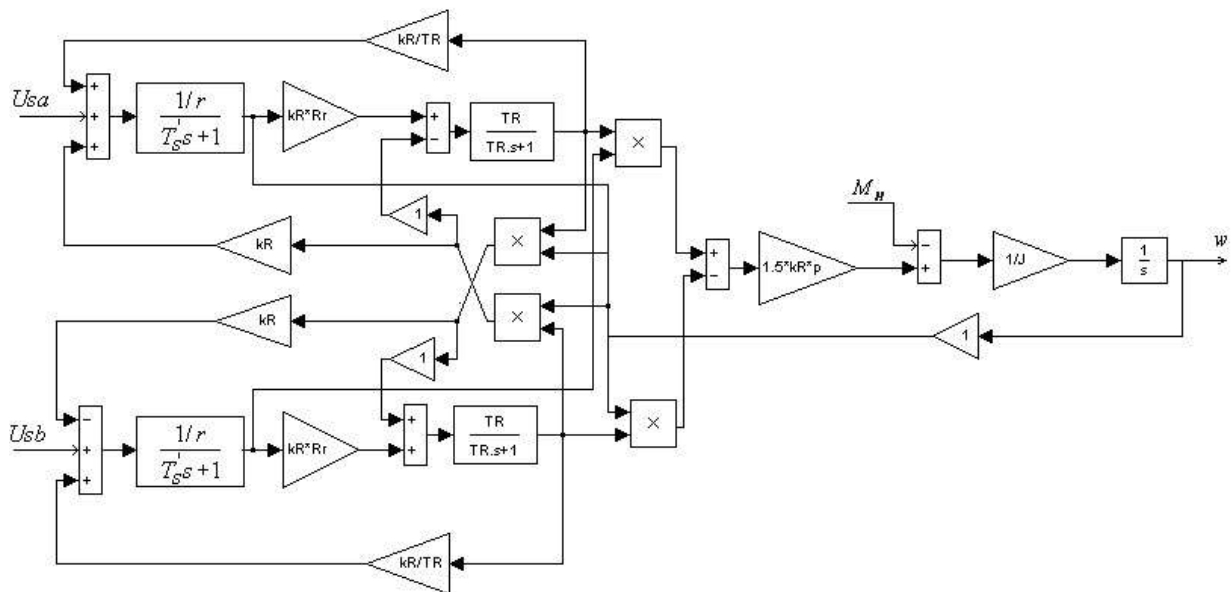


Рисунок 3.2 - Структурна схема АД в нерухомій системі координат

Основні технічні дані двигуна представлені в таблиці 3.1. На рисунку 3.3 представлені Г- и Т- образні схеми заміщення.

Таблиця 3.1 - Основні технічні дані двигуна

Типорозмір електродви- гуна	$P_{2ном},$ кВт	η , %	P	$\cos \varphi_H$	Відносні параметри				
					X_{μ}^*	R_1^*	X_1^*	R_2^*	X_2^*
4A225M2Y3	55	91	1	0.92	6.6	0.026	0.092	0.019	0.12
Типорозмір електродви- гуна	$P_{2ном},$ кВт	$U_{1\Phi H},$ В	$s_H,$ %	$s_K,$ %	$J,$ кг·м ²				
4A225M2Y3	55	220	1.8	11	0.25				

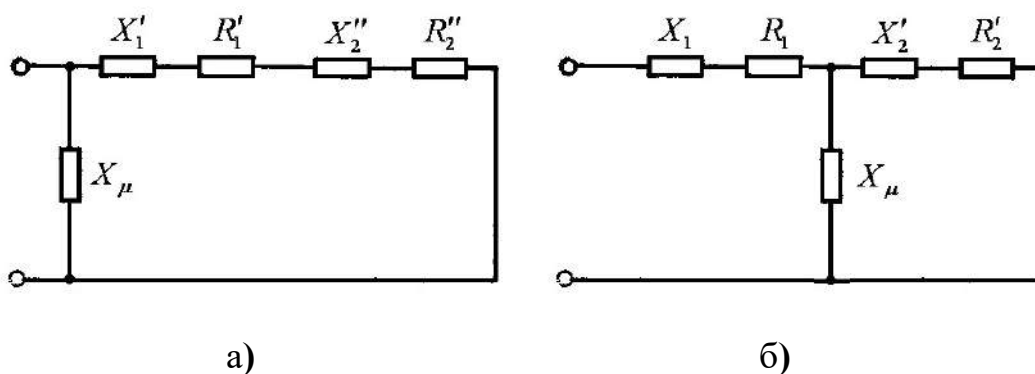


Рисунок 3.3 - а) Г-образна схема заміщення; б) Т-образна схема заміщення

По відомих технічних даних АД і параметрам Г-образної схеми заміщення розраховуються параметри Т-образної схеми заміщення в режимі короткого замикання (рисунок 3.3 б), коефіцієнти системи рівнянь (3.12) і параметри блоків моделі АД.

Виконаємо докладний розрахунок параметрів двигуна, а розрахункові параметри запишемо в таблицю 3.2.

Номинальний фазний струм статора:

$$I_{1н} = \frac{P_{2н} \cdot 10^3}{3 \cdot U_{1\Phi H} \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{55 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0.91 \cdot 0.92} = 99.54 \text{ А.} \quad (3.13)$$

Базисне значення опору

$$Z_{\delta az} = \frac{U_{1\phi H}}{I_{1H}} = \frac{220}{99.54} = 2.21 \text{ Ом.} \quad (3.14)$$

Кутова частота струму

$$\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot f_1 = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 314 \text{ с}^{-1}. \quad (3.15)$$

Реактивний опір розсіювання статора в відносних одиницях

$$X_{1*} = \frac{2 \cdot X'_{1*} \cdot X_{\mu*}}{X_{\mu*} + \sqrt{X_{\mu*}^2 + 4 \cdot X'_{1*} \cdot X_{\mu*}}} = \frac{2 \cdot 0.092 \cdot 6.6}{6.6 + \sqrt{6.6^2 + 4 \cdot 0.092 \cdot 6.6}} = 0.091 \quad (3.16)$$

Коефіцієнт, який пов'язує параметри машини в Т- и Г-образній схемах заміщення

$$c_1 = \frac{X'_{1*}}{X_{1*}} = \frac{0.092}{0.091} = 1.0138. \quad (3.17)$$

Реактивний опір розсіювання фази статора

$$X_1 = \frac{X'_{1*} \cdot Z_{\delta az}}{c_1} = \frac{0.092 \cdot 2.21}{1.0138} = 0.201 \text{ Ом.} \quad (3.18)$$

Активний опір фази статора

$$R_1 = R_s = \frac{R'_{1*} \cdot Z_{\delta az}}{c_1} = \frac{0.026 \cdot 2.21}{1.0138} = 0.0567 \text{ Ом.} \quad (3.19)$$

Індуктивність розсіювання фази статора

$$L_{1s} = \frac{X_1}{\omega_1} = \frac{0.201}{314} = 0.0006388 \text{ Гн.} \quad (3.20)$$

Реактивний опір розсіяння фази ротора

$$X'_2 = \frac{X''_{2*} \cdot Z_{\bar{a}az}}{c_1^2} = \frac{0.12 \cdot 2.21}{1.0138^2} = 0.2581 \text{ Ом.} \quad (3.21)$$

Активний опір фази ротора

$$R'_2 = R_r = \frac{R''_{2*} \cdot Z_{\bar{a}az}}{c_1^2} = \frac{0.041 \cdot 2.21}{1.0138^2} = 0.0409 \text{ Ом.} \quad (3.22)$$

Індуктивність розсіяння фази ротора

$$L_{2s} = \frac{X'_2}{\omega_1} = \frac{0.2581}{314} = 0.000822 \text{ Гн.} \quad (3.23)$$

Реактивний опір взаємоіндукції

$$X_\mu = X_{\mu*} \cdot Z_{\bar{a}az} = 6.6 \cdot 2.21 = 14.5874 \text{ Ом.} \quad (3.24)$$

Індуктивність взаємоіндукції

$$L_\mu = \frac{X_\mu}{1.5 \cdot \omega_1} = \frac{14.5874}{1.5 \cdot 314} = 0.031 \text{ Гн.} \quad (3.25)$$

Повна індуктивність фази статора

$$L_s = L_\mu + L_{1s} = 0.031 + 0.0006388 = 0.0316 \text{ Гн.} \quad (3.26)$$

Повна індуктивність фази ротора

$$L_R = L_\mu + L_{2S} = 0.031 + 0.000822 = 0.0318 \text{ Гн.} \quad (3.27)$$

Сумарні втрати потужності в двигуні

$$\Delta P_\Sigma = \frac{P_{2H}}{\eta_H} - P_{2H} = \frac{55000}{0.91} - 55000 = 5440 \text{ Вт.} \quad (3.28)$$

Електричні втрати в обмотці статора

$$\Delta P_{\Sigma 1} = m I_{1H}^2 R_S = 3 \cdot 99.538^2 \cdot 0.0567 = 1685 \text{ Вт.} \quad (3.29)$$

Намагнічуючий струм

$$I_\mu = \frac{U_{1\Phi H}}{X_1 + X_m} = \frac{220}{0.2006 + 14.5874} = 14.88 \text{ А.} \quad (3.30)$$

Втрати в сталі статора

$$\Delta P_{cm1} = m \cdot I_\mu^2 \cdot r_\mu^* \cdot Z_{\sigma_{аз}} = 3 \cdot 14.88^2 \cdot 0.1 \cdot 2.21 = 147 \text{ Вт,} \quad (3.31)$$

де r_μ^* обирається з діапазону 0.08-0.2.

Номінальне ковзання задано $s_i = 1.8\%$, в відносних одиницях $s_i = 0.018$

Основні втрати в обмотці ротора

$$\Delta P_{\Sigma 2} = s_H \cdot \left(\frac{P_{2H}}{\eta_H} - \Delta P_{\Sigma 1} - \Delta P_{cm1} \right) = 0.018 \cdot \left(\frac{55000}{0.91} - 1685 - 147 \right) = 1055 \text{ Вт} \quad (3.32)$$

Сумарні втрати в сталі и механічні

$$(\Delta P_{cm1} + \Delta P_{mx})_{ном} = \Delta P_\Sigma - \Delta P_{\Sigma 1} - \Delta P_{\Sigma 2} = 5440 - 1685 - 1055 = 2700 \text{ Вт.} \quad (3.33)$$

Механічні втрати

$$\Delta P_{\text{мехном}} = (\Delta P_{\text{см1}} + \Delta P_{\text{мх}})_{\text{ном}} - \Delta P_{\text{см1}} = 2700 - 147 = 2553 \text{ Вт.} \quad (3.34)$$

Швидкість ідеального холостого ходу двигуна

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 50}{1} = 314 \text{ с}^{-1}. \quad (3.35)$$

Номінальна швидкість обертання двигуна

$$\omega_H = \omega_0 \cdot (1 - s_n) = 314 \cdot (1 - 0.018) = 308.3 \text{ с}^{-1}. \quad (3.36)$$

Коефіцієнт в'язкого тертя

$$Bm = \frac{\Delta P_{\text{мехном}}}{\omega_H^2} = \frac{2553}{308.3^2} = 0.025 \text{ Нмс.} \quad (3.37)$$

Таблиця 3.2 - Основні розрахункові параметри двигуна

Типорозмір електродви- гуна	$I_{1n},$ A	$Z_{\text{баз}},$ $Ом$	$\omega_0,$ $с^{-1}$	X_{1*}	c_1	$X_1,$ $Ом$	$R_1,$ $Ом$	$L_{1s},$ $10^{-3} Гн$	$X'_2,$ $Ом$
4A225M2У3	99.54	2.21	314	0.091	1.0138	0.201	0.0567	0.6388	0.2581

Типорозмір електродви- гуна	$R'_2,$ $Ом$	$L_{2s},$ $10^{-3} Гн$	$X_\mu,$ $Ом$	$L_\mu,$ $Гн$	$L_s,$ $Гн$	$L_R,$ $Гн$	$\omega_H,$ $\frac{рад}{с}$	$Bm,$ $Н \cdot м \cdot с$
-----------------------------------	-----------------	---------------------------	------------------	------------------	----------------	----------------	--------------------------------	------------------------------

4A225M2Y3	0.0409	0.822	14.5874	0.031	0.0316	0.0318	308.3	0.025
-----------	--------	-------	---------	-------	--------	--------	-------	-------

Продовження таблиці 3.2

Проведемо розрахунок коефіцієнтів, що входять в модель.

$$r = R_1 + \frac{L_\mu^2}{L_R^2} \cdot R'_2 = 0.0567 + \frac{0.031^2}{0.0318^2} \cdot 0.0409 = 0.095463 \text{ Ом.} \quad (3.38)$$

$$L'_S = L_S - \frac{L_\mu^2}{L_R} = 0.0316 - \frac{0.031^2}{0.0318} = 0.0014 \text{ Гн.} \quad (3.39)$$

$$T'_S = \frac{L'_S}{r} = \frac{0.0014}{0.095463} = 0.015 \text{ с.} \quad (3.40)$$

$$T_R = \frac{L_R}{R'_2} = \frac{0.0318}{0.0409} = 0.778 \text{ с.} \quad (3.41)$$

$$k_R = \frac{L_\mu}{L_R} = \frac{0.031}{0.0318} = 0.97. \quad (3.42)$$

Коефіцієнти структурної моделі надані в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 - Параметри структурної моделі

Типорозмір електродви- гуна	r	L'_S	T'_S	T_R	k_R
4A225M2Y3	0.095463	0.0014	0.015	0.778	0.97

3.2 Розробка структурної схеми САК

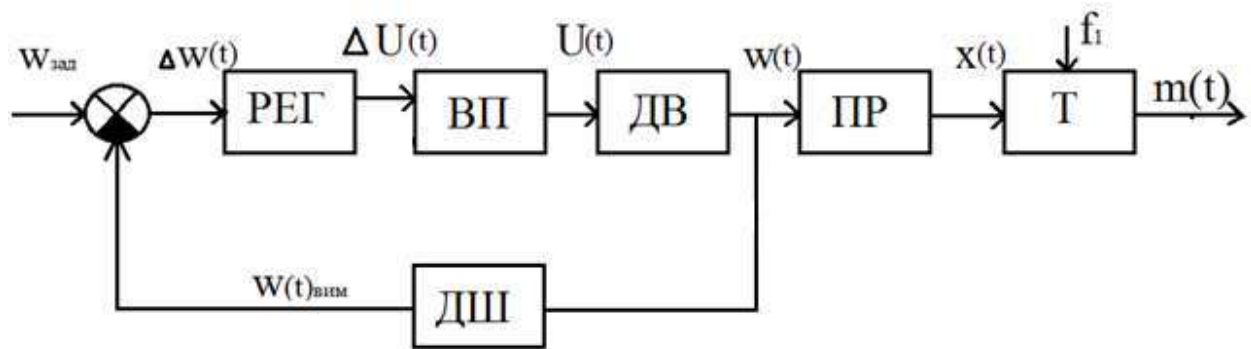


Рисунок 3.4 – Базова структура системи керування

РЕГ – регулювальний механізм;

ВП – виконавчий пристрій;

ДВ – двигун ;

ПР – привід ;

Т – скіп;

ДШ – датчик швидкості;

$W_{\text{зад}}$ – задана швидкість обертів двигуна;

$\Delta W(t)$ – розузгодження швидкості;

$\Delta U(t)$ – розузгодження керуючої напруги;

$U(t)$ – керуюча напруга;

$w(t)$ – оберти двигуна у реальному часі;

$x(t)$ – пройдений шлях;

3.3 Синтез алгоритмів керування

Для корегування роботи системи нам потрібен регулятор. Цю функцію у системах виконує пропорційно - інтегрально - диференціальний (ПІД) регулятор - пристрій в керуючому контурі із зворотним зв'язком. Передатна

функція ПІД-регулятора: $W_p(p) = K_p + \frac{K_i}{p} + K_d p$. Він використовується в системах автоматичного керування для формування керуючого сигналу з метою отримання необхідних точності і якості перехідного процесу. ПІД-регулятор формує керуючий сигнал, який є сумою трьох доданків, перший з яких пропорційно різниці вхідного сигналу і сигналу зворотного зв'язку (сигнал неузгодженості), друге - інтеграл сигналу неузгодженості, третє - похідна сигналу неузгодженості.

Кожна з складових(пропорційна/інтегруюча/ диференціальна) має свої властивості:

- Пропорційна складова виробляє вихідний сигнал, що протидіє відхиленню регульованої величини від заданого значення, які спостерігаються в даний момент часу. Він тим більше, чим більше це відхилення. Якщо вхідний сигнал дорівнює заданому значенню, то вихідний дорівнює нулю;
- Інтегральна складова пропорційна інтегралу від відхилення регульованої величини. Її використовують для усунення статичної помилки. Вона дозволяє регулятору з часом врахувати статичну помилку;
- Диференціальна складова пропорційна темпу зміни відхилення регульованої величини і призначена для протидії відхилень від цільового значення, які прогнозуються в майбутньому. Відхилення можуть бути викликані зовнішніми збуреннями або запізненням впливу регулятора на систему.

В роботі моделювання системи виконано у пакеті Simulink середовища MATLAB. Потрібний нам блок регулювання це блок PID Controller:

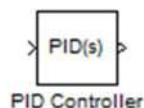


Рисунок 3.5 – блок регулятора в MATLAB.

Як встановлено, для системи потрібен пропорційний ПД - регулятор

3.4 Моделювання САК та аналіз показників якості регулювання

Схему моделювання в пакеті Simulink побудуємо на підставі структурної схеми системи «платформа з приводом». Модель приведена на рисунку

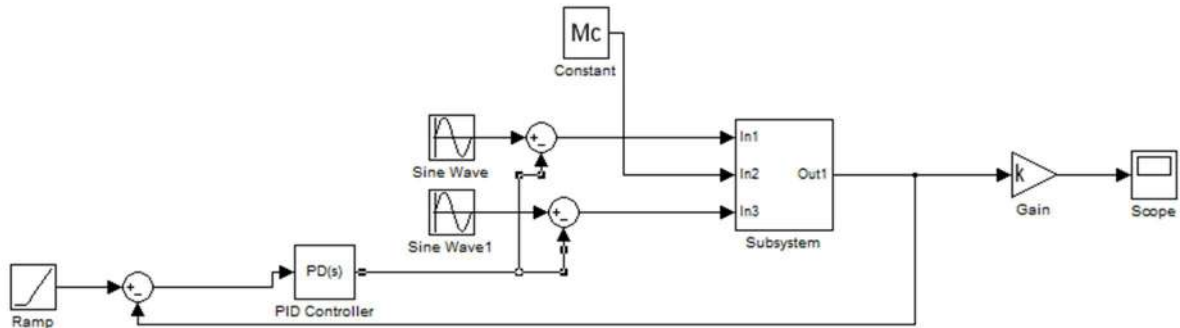


Рисунок 3.6 – Модель системи

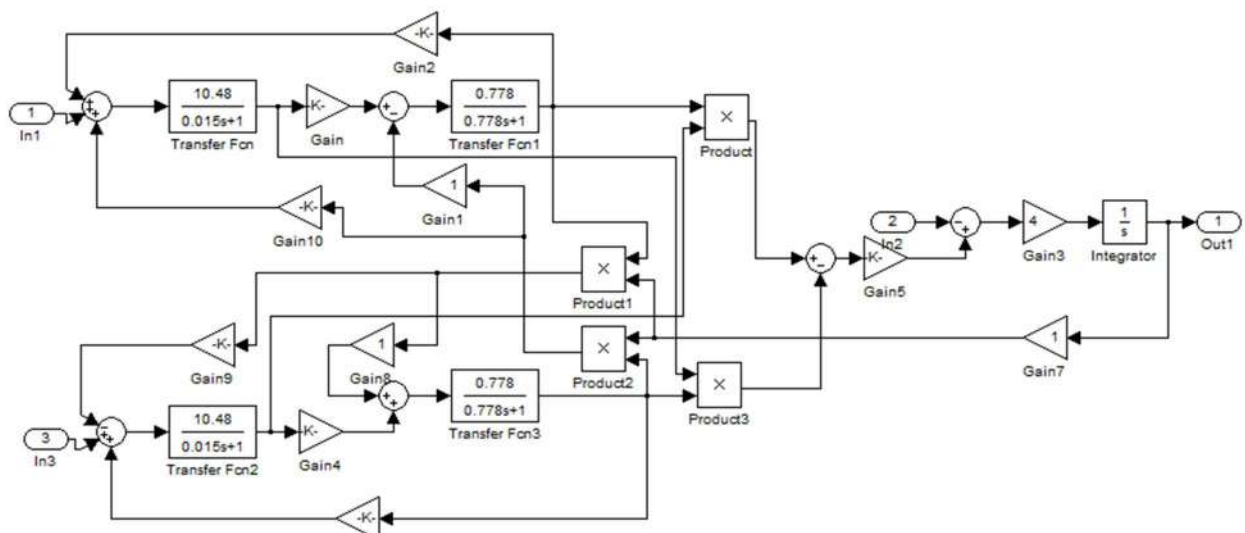


Рисунок 3.7 – Модель двигуна

Виконаємо моделювання зміни швидкості скіпа без використання регулятора

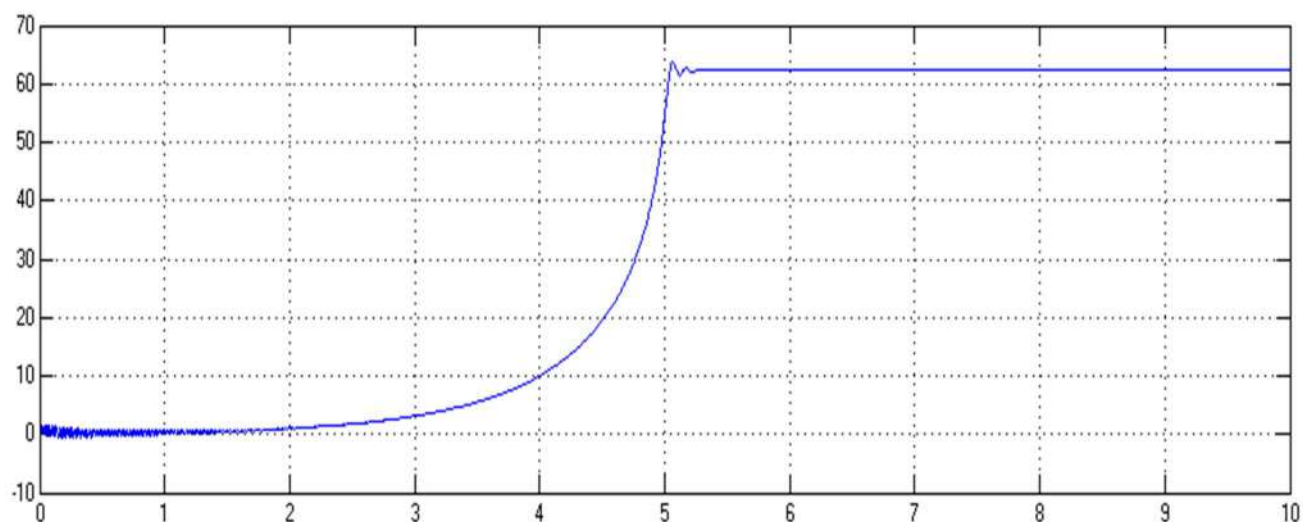


Рисунок 3.8 – характеристика швидкості без регулятора

За завданням нам необхідно забезпечити рівномірне зростання швидкості, тому використаємо для цього регулятор

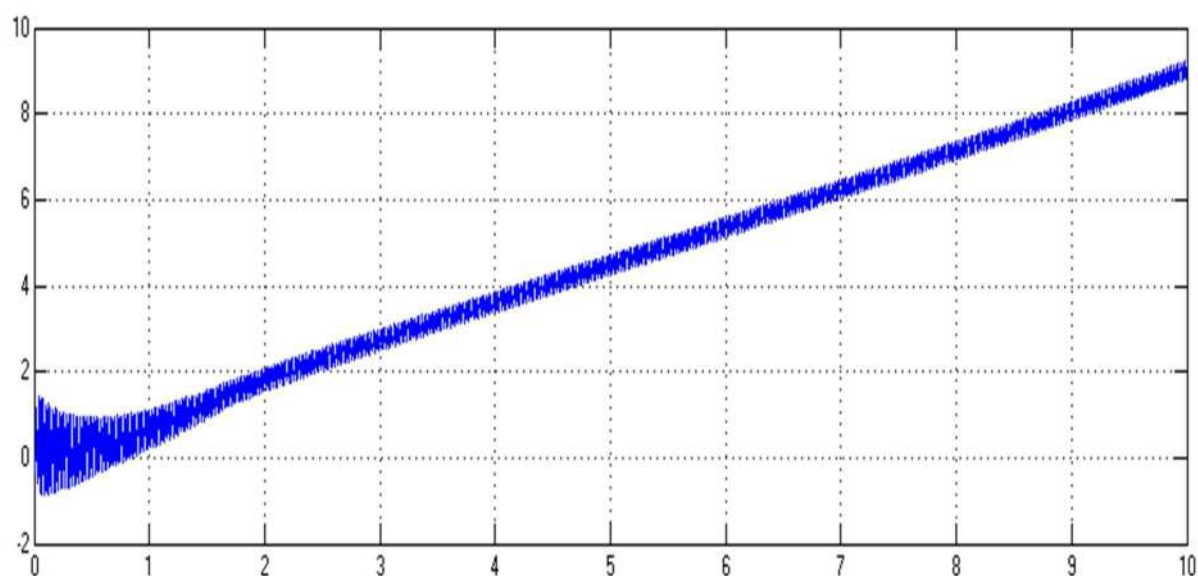


Рисунок 3.9 – характеристика швидкості з регулятором

З рисунку видно, що швидкість рівномірно зростає із прискоренням ~ 1 м/с²

Висновки до розділу 3

1. В розділі була розроблена структурна схема та математична модель системи.
2. В якості закону регулювання був обраний П – регулятор для регулювання швидкості.
3. Виконане моделювання руху скіпа з регулятором та без нього свідчить що САК якісно відпрацьовую швидкість, завдану тахограмою.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

Скіпові підйомники призначені для підйому вантажу з шахти на поверхню. Задачею роботи є забезпечення найкращих умов роботи і оптимальну стабільність і безпеку даного процесу

Діяльність оператора на ділянці роботи напряду пов'язана з роботою на комп'ютерному обладнанні (ноутбук або стаціонарний комп'ютер) та користуванням мобільними телефонами. До основних шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, пов'язаних з роботою на персональному комп'ютері відповідно НПАОП 0.00–1.28-10 «Правила охорони праці при експлуатації ОМ» належать: напруга зорових органів та пов'язане з нею перевтомлення; значне навантаження на кисті рук та пальці; тривале знаходження в сидячій позі, що викликає застійні явища в організмі; випромінювання різного виду (рентгенівське, електромагнітне, інфрачервоне, статистичні поля); механічні шуми, пов'язані з роботою кулера, дискового приводу, оргтехніки; іонізація повітря; виділення в повітря робочого приміщення різних хімічних речовин (озон, триметілфосфат, біфеніли).

До психологічно шкідливих факторів, які впливають на людину при роботі з комп'ютером можна віднести розумову напругу та нервово-емоційне перевантаження, які виникають внаслідок підвищеної концентрації уваги.

До фізичних факторів відноситься вага вантажу встановлюваного на платформу. Так як маса доходить до 30 кг, то необхідна наявність спеціального взуття у співробітників

4.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

До приміщення науково-дослідного відділу й організації робочого місця з обліком шкідливих виробничих факторів пред'являється ряд вимог. Приміщення в якому знаходиться робоче місце з ПК повинно мати природне освітлення, бажано з однобічним розміщенням світопрорізів, площа осклянілості яких не повинна перевищувати 25 % від площі стіни світопрорізами. Віконні прорізи в приміщенні з ПК повинні мати регульовані жалюзі чи занавеси або інші сонцезахисні пристрої. Не допускається розташування робочих місць із ПК у підвальних і цокольних поверхах. Робочі місця з ПК рекомендується розміщати в окремих приміщеннях. Площа на одного працюючого з ПК повинна складати 6 м², об'єм – 20 м³. Неприпустиме розташування ПК, при якому працюючий звернений обличчям, або спиною до вікон чи кімнати задньої частини ПК, у яку монтуються вентилятори.

Забороняється застосовувати для обробки інтер'єра приміщень із ПК полімерні матеріали (дерев'яностружечні плити, шпалери що миються, плівкові та рулоні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик та ін.), що виділяються в повітря шкідливі хімічні речовини, що перевищують гранично допустимі концентрації, не включені в «Перелік дозволених», МЗ» 1977-1985 р.

В лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідної роботи робочі місця з ПК розташовані від стіни з вікнами на відстані 1 м, відстань між столами складає 3 м. Екрани відеомоніторів ПК знаходяться від очей користувача на відстані 700 мм відповідно до СН 512-78, приміщення (S=21 м², V=73,5 м³) дозволяє розташовувати більше 3 робочих місця.

Робочі місця в положенні сидячі відповідають вимогам ДСТ 12.2.032 – 78 та ДСТ 12.2.029 – 77. Поверхня робочого столу знаходиться на висоті 0,75 метрів від підлоги, розміри робочої поверхні стільниці складають 1050x590 міліметрів, розміри вільного простору для ніг під столом складає висота 650, глибина 550, ширина 450 міліметрів відповідно. Робочий стілець оснащений підйомно-поворотнім пристроєм, що забезпечує регуляцію висоти сидіння і

спинки, пневматичним і гідравлічними амортизаторами та обладнанні підлокітниками.

4.2.1 Мікроклімат робочого місця

У приміщенні науково-дослідного відділу є джерела тепловиділення, тому необхідно визначити необхідні умови його вентилявання. Витрату повітря в приміщенні з додатковим тепловиділенням визначаємо за формулою:

$$L = \frac{Q_{\text{НАД}}}{c \cdot p \cdot (t_B - t_H)}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{НАД}}$ – надлишкове виділення тепла в робочому приміщенні, ккал/год.;
 c – теплоємність повітря (0,237 ккал/кг); p – обсягова вага повітря (1,226 кг/м³); t_B – температура витяжного повітря (30°C); t_H – температура приточного повітря (20°C).

Розрахуємо надлишкове надходження тепла за наступною формулою:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{УСТ}} + Q_{\text{ПЕР}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{СР}}, \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{УСТ}}$ – виділення тепла від устаткування; $Q_{\text{ПЕР}}$ – виділення тепла робітниками; $Q_{\text{ОСВ}}$ – надходження тепла від електричного освітлення; $Q_{\text{СР}}$ – надходження тепла від сонячної радіації через вікна.

Визначимо виділення тепла від устаткування за формулою:

$$Q_{\text{УСТ}} = P \cdot K_a \cdot K_{\delta} \cdot 860, \quad (4.3)$$

P – сумарна потужність устаткування, кВт/год; K_a – коефіцієнт установленної потужності (0,95); K_{δ} – коефіцієнт одночасної роботи (1,0).

$$\begin{aligned}
Q_{уст} &= [x_1 \cdot k_1 + x_2 \cdot k_2 + x_3 \cdot k_3 + x_4 \cdot k_4 + x_5 \cdot k_5 + x_6 \cdot k_6 + x_7 \cdot k_7 + \\
&+ x_8 \cdot k_8 + x_9 \cdot k_9] \cdot K_a \cdot K_b \cdot 860 = \\
&= [1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,06 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,6 + 4 \cdot 0,15 + \\
&+ 1 \cdot 3,5] \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 860 = 5131 \text{ ккал/год.}
\end{aligned}$$

Визначимо виділення тепла від обслуговуючого персоналу за допомогою наступної формули:

$$Q_{пер} = n \cdot g = 2 \cdot 100 = 200 \text{ ккал/год,} \quad (4.4)$$

де n – кількість працюючих; g – кількість тепла, що виділяє один працівник за годину (100 ккал/год.).

Визначимо надходження тепла від електричного освітлення за формулою:

$$Q_{осв} = E_m \cdot g_1 \cdot S = 300 \cdot 0,05 \cdot 21 = 315 \text{ ккал/год,} \quad (4.5)$$

де E_m – нормована освітленість для цієї зорової роботи, величина якої дорівнює 300 лк; g_1 – питома тепловиділення на 1 м² підлоги при 1 лк освітленості (для / люмінесцентних ламп – 0,05 ккал/год.) S – площа приміщення, м².

Визначимо надходження тепла від сонячної радіації через вікна за наступною формулою:

$$Q_{ср} = F \cdot g_2 \cdot K_{осл} = 7,5 \cdot 65 \cdot 0,4 = 195 \text{ ккал/год,} \quad (4.6)$$

де F – площа віконних прорізів (3х2,5=7,5 м²); g_2 – кількість тепла, що надходить через 1 м² віконного прорізу (65 ккал/год.); $K_{осл}$ – коефіцієнт ослаблення, приймаємо 0,4.

Визначимо кількість надлишкового тепла:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{УСТ}} + Q_{\text{ПЕР}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{СР}} = 5131 + 200 + 315 + 195 = 5841 \text{ ккал/год.}$$

Визначимо витрати повітря в приміщенні:

$$L = \frac{Q_{\text{НАД}}}{c \cdot p \cdot (t_{\text{В}} - t_{\text{Н}})} = \frac{5848}{0,237 \cdot 1,226 \cdot (30 - 20)} = 2010 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Існуюча в наявності система кондиціонування і вентилявання має продуктивність 2200 куб. м./годину, що задовольняє необхідним нормативам.

Параметри мікроклімату на робочих місцях регламентуються ДНАОП 0.03.3.15 – 86 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень № 4088–86». Відповідно доданих санітарних норм температура повітря, швидкість руху повітря та відносна вологість у холодні періоди року повинна складати (22 – 24) градуса за Цельсієм, 0,1 метра в секунду та 40-60 % відповідно. При збереженні всіх параметрів можливе коливання температури від 21 до 25 градусів Цельсія. У теплі періоди року температура повітря повинна складати (23 – 25) градусів Цельсія, рухливість повітря (0,1 – 0,2) метрів секунду, вологість (40 – 60) %. Температура може коливатися від 22 до 26 градусів Цельсія при збереженні всіх інших параметрів мікроклімату. Вище зазначені норми цілком відповідають фактичним даним приміщення лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідним відділом.

4.2.2 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для приміщення, в якому використовуються зорові роботи високої точності

Розміри приміщення: довжина ($a=6$ м), ширина ($b=3,5$ м), висота ($h=3,5$ м). Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття $P_{\text{стелі}} = 70 \%$, $P_{\text{стін}} = 50 \%$. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p = 0,7$ м. Для освітлення

прийнято світильники типу УПМ-15, які підвищуються до стелі, відстань від світильника до стелі $h_c=0,4$ м.. Мінімальна освітленість за нормами $E=200$ лк.

1) Визначимо висоту підвісу світильників над підлогою

$$h_0 = H - h_c = 3,5 - 0,4 = 3,1 \text{ м.}$$

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНІП П-4-79 повинна бути у межах (2,5 – 4,0) м, залежно від характеристики світильника. В лабораторії виміральної техніки та науково-дослідному відділу відповідає цій вимозі.

2) Визначимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 3,5 - 0,4 = 2,8 \text{ м.}$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками (L) та висоти їх підвісу (h).

3) Визначимо рекомендовану відстань між світильниками

$$L = 0,7 \cdot h = 0,7 \cdot 2,8 = 2,0 \text{ м.}$$

4) Розрахуємо необхідну кількість світильників

$$N = \frac{a \cdot b}{L^2} = \frac{6 \cdot 3,5}{2^2} = 6.$$

Приймаємо 6 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у два ряди по 3 штуки.

5) Світловий потік лампи світильника ($\Phi_{\text{л}}$) визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta},$$

де E – нормативна освітленість, лк; K_3 – коефіцієнт запасу, який враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп; S – площа приміщення, що освітлюється, м²; Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення для ламп розширювання (1,15); N – кількість світильників; n – кількість ламп у світильнику; η – коефіцієнт використання світового потоку, який визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення (i) та коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

6) Визначимо показник приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{6 \cdot 3,5}{3,5 \cdot (6 + 3,5)} = 2,21.$$

Коефіцієнт використання $\eta = 0,48$ для світильника УПМ-15 (при $i = 2,5$, $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$)

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику цього типу встановлена лише одна лампа, дорівнює:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 21 \cdot 1,15}{6 \cdot 1 \cdot 0,48} = 1677 \text{ лм.}$$

9) обираємо лампу Б-150 потужністю 150 Вт, світловий потік якої становить 2100 лм. Хоча це значення на 18% більше розрахованого, однак не перевищує встановлену норму ($-0\% < \Phi_{\text{л}} < +20\%$). Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$P_{CB} = P \cdot N = 150 \cdot 6 = 900 \text{ Вт.}$$

4.2.3 Розрахунок заземлення загального контуру заземлення будівлі, який повинен бути виведений через розетку на кожне робоче місце з ПК

Для захисту від пробоя напруги на ПК необхідно зробити розрахунок захисного заземлення, припустиме заземлення для устаткування з напругою до 1000 В не повинне перевищувати 4 Ом.

Визначимо розрахунковий опір ґрунту по формулі:

$$R_{роз} = R_{зм} \cdot \varphi ,$$

де $R_{зм}$ - опір ґрунту (100 Ом);

φ - кліматичний коефіцієнт (1,5);

$$R_{роз} = 150 \text{ Ом.}$$

Визначимо опір одного заземлювача по формулі:

$$R_0 = \frac{R_{роз}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + l}{4 \cdot H - l} \right) ,$$

де l - довжина заземлювача (3 м);

d - діаметр заземлювача (0,12 м);

H - відстань від поверхні до середини заземлювача (1,5 м).

$$R_0 = 35,5021 \text{ Ом.}$$

Визначимо кількість паралельно з'єднаних заземлювачів:

$$n = R_0 / (R_{од} \cdot \eta) ,$$

де $R_{од}$ (4 Ом) ;

де η - коефіцієнт використання групового заземлювача (0,55).

$$n=17.$$

Визначимо довжину горизонтальної сполучної смуги по формулі:

$$l_1=a \cdot (n-1),$$

де a - відстань між заземлювачами (4-7 м).

$$l_1= 64 \text{ м.}$$

Визначимо опір сполучної смуги по формулі:

$$R_{cm} = (R_{роз} / 2 \cdot \pi \cdot l_1) \cdot \ln \frac{l_1^2}{d_1 \cdot \eta_{cm}} = 4,2354 \text{ Ом.}$$

Де d_1 - товщина смуги (0,06 м);

η_{cm} - коефіцієнт використання смуги (0,8);

Підставимо отримані значення й результуючий опір заземлюючого пристрою:

$$R = \frac{R_0 \cdot R_{cm}}{R_0 \cdot \eta_{cm} + R_{cm} \cdot n \cdot \eta},$$

де η_{cm} - коефіцієнт використання смуги (0,4).

$$R= 2,7948 \text{ Ом.}$$

опір 2,7948 Ом цілком припустимо.

4.3. Пожежна безпека.

Найважливішою умовою роботи будь-якого підприємства є дотримання правил пожежної охорони. У приміщенні лабораторії основні міри для

забезпечення пожежної безпеки визначає «Інструкція про заходи пожежної безпеки для службових приміщень». Вона є обов'язковою для виконання всіма співробітниками. В інструкції про засоби пожежної безпеки для службових приміщень забороняється:

- улаштовувати тимчасові електромережі, застосовувати саморобні плавкі вставки в запобіжниках, прокладати електричні проводи безпосередньо по пальній основі, експлуатувати світильники зі знятими ковпаками (розсіювачами), використовувати саморобні подовжувачі, що не відповідають вимогам Правил пристрою електроустановок; пристосовувати вимикачі, штепсельні розетки для підвішування одягу й інших предметів, обгортати електролампи і світильники, залишати без нагляду включеними в електромережу кондиціонери, комп'ютери, рахункові і друкарські машинки і т.п.; захаращувати підступи до засобів пожежогасіння, використовувати пожежні крани, рукави і пожежний інвентар не по призначенню; зберігати документи, різні матеріали, предмети й інвентар у шафах (нішах) інженерних комунікацій; курити (крім спеціально відведених для цього адміністрацією місць, позначених написом «Місце для паління» і забезпечених урною чи попільницею з непального матеріалу), проводити зварювальні й інші вогневі роботи без оформлення відповідного дозволу, застосовувати легкозаймисті рідини.

Первинні засоби пожежогасіння (зокрема вогнегасники) призначені для гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку силами персоналу об'єкта до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони. Визначення видів та кількості вогнегасників слід проводити з врахуванням фізико-хімічних та пожежонебезпечних властивостей горючих речовин, площ і категорії виробничих приміщень за вибухопожежною небезпекою, а також класу можливої пожежі.

В даному випадку виробниче приміщення, де розташовані комп'ютери займає площу 35 м². Категорія приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою – В, оскільки в ньому знаходяться тверді горючі матеріали (папір,

меблі, тощо). Клас можливої пожежі – А. Згідно даних таблиці 8.22 [х] це приміщення, з огляду на мінімальне псування комп'ютерної техніки під час гасіння пожежі бажано оснастити двома вуглекислотними вогнегасниками типу ВВ – 5.

Висновки до розділу 4

У розділі проаналізовані умови праці у лабораторії та приведені заходи щодо поліпшення умов праці. Розраховане заземлення загального контуру заземлення будівлі, який повинен бути виведений через розетку на кожне робоче місце з ПК.

Для забезпечення безпеки персоналу необхідно керуватися інструктивними вказівками з техніки безпеки при монтажі та наладці приладів контролю і засобів автоматизації, приписами Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів, а також відомчими та спеціальними інструкціями з техніки безпеки, що діють у лабораторії.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз САК скіповою підйомною установкою показує, що для асинхронного електропривода доцільно застосовувати векторне керування електродвигуном скіпового підйому.
2. На основі вимог до САК скіповим підйомом обрані технічні засоби для побудови системи керування.
3. Розроблено функціональну схему, а на її основі розроблено математичну модель САК скіповим підйомником з векторним способом керування асинхронним двигуном електроприводу.
4. Моделювання в середовищі Simulink руху скіпа в розробленій системі з П-регулятором та без нього свідчить що САК якісно відпрацьовує швидкість, завдану тахограмою.
5. Проаналізовані умови праці та обрані заходи щодо їх поліпшення розраховано заземлення й освітлення робочого місця. Наведені основні правила пожежної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизация и автоматизированные системы управления в угольной промышленности/ Под общей ред. Б.Ф. Братченко.– М., «Недра», 1976, – 383 с.
2. Стационарные установки шахт/ Под общей ред. Б.Ф. Братченко.– М., «Недра», 1977, – 440 с.
3. Толпежников Л.И. Автоматическое управление процессами шахт и рудников. М., Недра, 1985. 352 с.
4. Шахтный подъем / Бежок В.Р., Дворников В.И., Манец И.Г., Пристром
5. В.А. Под общ. редакцией Б.А. Грядущего и В.А. Корсуна.-Донецк, 2007.- 295с.
6. Виноградов, А.Б. Учет потерь в стали, насыщения и поверхностного эффекта при моделировании динамических процессов в частотно-регулируемом асинхронном электроприводе / А.Б. Виноградов // Электротехника. – 2005. – №5. – С. 57–61.
7. Схемотехника электронных систем: уч. для выс. уч. зав.: в 2 т. Т.2 /В.Я.Жуйков, В.И.Бойко– К.: Аверс, 2002. – 408 с.
8. Теория систем автоматического: уч. для выс. уч. зав.: В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – «Наука», 1975. –768с.
9. Механическое движение: Wikipedia 2014.Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Механическое_движение
10. Дослідження методів відновлення не вимірюваних параметрів рухомого механічного об'єкту на базі обчислювальної системи з низькою потужністю: маг. робота. Дон. нац. техн. ун-т; кер. Ткаченко В.М.; вик.: Федоренко О.М. – Донецьк, 2011. –84 с.
11. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления.- М.: Лаборатория Базовых знаний.- 2002 - 832 с.

12. Лукас В.А. Теория управления техническими системами. Учебный курс для вузов. Екатеринбург: Издательство УГГГА, 2002.- 675 с.
13. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001 – 616 с.
14. В.Г. Грибан, О.В. Негодченко. Охорона праці. – Київ. :Центр учбової літератури, 2009 – 280 с.
15. Костюченко М.П. “Основи охорони праці”, “Охорона праці в галузі”. Ч.1. Загальні питання та менеджмент охорони праці: Навч.-методичний посібник. – Донецьк: Вид-во ДУІ і ШІ, 2010. – 158с.

