

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З.ГЖИЦЬКОГО
ВІДДІЛ ЗАОЧНОГО НАВЧАННЯ ЦЕНТРУ ПЕРЕПІДГОТОВКИ ТА
ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

**«РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ
ПІДНІМАННЯ ВАНТАЖУ ШАХТИ»**

Виконав: студентка IV курсу
групи Ен – 423 спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Ключка Ю. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: _____ Дробот І. М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____ Сиротюк С. В.
(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Левонюк В. Р.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ ” _____ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Ключці Юрію Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема «Розрахунок та вибір електроприводу механізму піднімання вантажу шахти»

керівник роботи старший викладач Дробот І. М.

(наук.ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НАУ 778/к-с від 31.10.2024 року.

2. Строк подання студентом роботи 7.06.25 р.

3. Вихідні дані

технічна документація, науково-технічна і довідкова література

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

Вступ

РОЗДІЛ 1 Характеристика об'єкту

РОЗДІЛ 2 Розрахунок технологічного процесу піднімання вантажу

РОЗДІЛ 3 Схема електроприводу

РОЗДІЛ 4 Охорона праці

РОЗДІЛ 5 Ефективність прийнятих рішень

Висновки

Перелік джерел посилання

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

Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
4	Городецький І. М., к.т.н., доцент			

7. Дата видачі завдання 31.10.24 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Виконання аналізу вихідних даних для проектування та здійснення обґрунтування актуальності кваліфікаційної роботи</i>	31.10.2024 – 25.11.2024	
2	<i>Розрахунок технологічного процесу піднімання вантажу та вибір електродвигуна</i>	26.11.2024 – 21.01.2025	
3	<i>Розроблення схеми електроприводу та розрахунок механічних характеристик двигуна при частотному керуванні</i>	22.01.2025 – 26.02.2025	
4	<i>Виконання питань охорони праці</i>	27.02.2025 – 25.03.2025	
5	<i>Розрахунок ефективності прийнятих рішень</i>	26.03.2025 – 1.06.2025	
6	<i>Завершення роботи в цілому</i>	2.06.2025 – 7.06.2025	

Студент

_____ Ключка Ю. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Дробот І. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 631.313.3

Ключка Ю. М. «Розрахунок та вибір електроприводу механізму піднімання вантажу шахти». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З.Гжицького. 2025 р. 48 с. текстової частини, 2 таблиці, 7 рисунків, 15 джерел.

Мета роботи: реалізувати електропривод шахтної підіймальної установки на базі сучасної елементної бази.

Завдання роботи: подати коротку характеристику шахти, обґрунтувати тему кваліфікаційної роботи, здійснити розрахунок технологічного процесу піднімання вантажу та вибрати електродвигун та запропонувати схему електроприводу на сучасній елементній базі, розкрити питання охорони праці, здійснити визначення терміну окупності.

У кваліфікаційній роботі дано коротку характеристику Виробничого підприємства Шахта «Межирічанська». Проаналізовано особливості будови та роботи механізму піднімання вантажу у шахтах. Дано обґрунтування теми роботи. Проаналізовано особливості роботи ліфтів. Розраховано тахограму руху та діаграму навантаження механізму піднімання. Здійснено розрахунок та вибір двигун механізму піднімання та зроблено його перевірку по номінальному та максимальному моментах. Проаналізовано особливості побудови перетворювачів частоти та їх роботи, запропоновано схему електроприводу механізму піднімання на базі вибраного перетворювача частоти. Проведено розрахунок механічних характеристик трифазного асинхронного електродвигуна при частотному регулюванні швидкості обертання. Розкрито питання охорони праці. Проаналізовано економічні питання, а саме визначення терміну окупності використання перетворювача частоти.

Ключові слова: шахта, механізм піднімання вантажу, електропривод, асинхронний двигун, перетворювач частоти, механічні характеристики.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТУ	7
1.1 Загальна характеристика	7
1.2 Обґрунтування теми роботи	13
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДНІМАННЯ ВАНТАЖУ	15
2.1 Призначення електроустаткування ліфтів і вимоги до нього	15
2.2 Розрахунок та вибір двигуна	20
РОЗДІЛ 3 СХЕМА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	25
3.1 Принципи побудови перетворювальної техніки	25
3.2 Схема підключення електроприводу	31
3.3 Розрахунок і побудова механічних характеристик двигуна при частотному керуванні	32
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	35
4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу електрозабезпечення об’єкту	35
4.2 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу	35
4.2.1 Правила техніки безпеки при обслуговуванні електрообладнання	35
4.2.2 Протипожежні заходи на об’єкті	38
4.2.3 Розрахунок заземлень та захист лінії від атмосферних перенапруг	39
РОЗДІЛ 5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	42
ВИСНОВКИ	46
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	47

ВСТУП

В наш час без електрифікації та автоматизація виробництва важко уявити будь-який виробничий процес. Оскільки ці речі забезпечують високу продуктивність та надійність. Практично усі сучасні промислові електроприводи використовують автоматизацію. Швидкий розвиток технологій виробництва призводить до удосконалення автоматизації у різних технологічних процесах. Автоматизація дозволяє здійснювати спільне керування кількома електроприводами, у так званому груповому електроприводі. Керування часто здійснюється із використанням комп'ютерних технологій, зокрема мікропроцесорного чи мікроконтролерного керування.

В останній час, увага в електроприводах скеровується, у напрямку більшої безпеки та більшої енергоефективності порівняно із іншими. Особливої уваги потребують електроприводи, що працюють у специфічних умовах, зокрема шахтах де необхідно захист від запылення та вибуху.

Підйомні механізми у шахтах називаються клітьовими підйомними установками, які по суті є ліфтами, що здійснюють вертикальне транспортування людей у шахтах. Вони не є масовими, як звичайні побутові ліфти, але без них не може обходитись виробничий процес у шахтах. Проектування такого механізму, як механічної так і електричної частини є доволі відповідальною справою, так як має бути враховано різні можливі аварійні ситуації та запобігти небезпекам.

На етапі проектування електроприводу бажано передбачити особливості виробничої експлуатації механізму, а саме робота за призначенням. Привід проектується для роботи, фактично, із максимальним навантаженням. Хоча це не завжди так. Тому доцільно в інструкції до механізму відзначати рекомендовані варіанти енергоощадного використання пристрою.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ

1.1 Загальна характеристика

Виробниче підприємство Шахта «Межирічанська», яка до 2001 року називалась, як Шахта №3 «Великомостівська», є відокремленим підрозділом державного підприємства ВО ДКХ «Львіввугілля» і належить до у. Займає центральну частину Межирічанського родовища. Знаходиться у місті Шептицький, раніше Червоноград, у Львівській області.

Будівництво шахти «Межирічанська» здійснено по проекту інституту «Укрдіпрошахт». Початок будівництва було у 1954 році, шахту ввели в експлуатацію 17 вересня 1959 року. Проектна виробнича потужність була 750 тисяч тон. Від 01.01.2010 року виробничу потужність було змінено до 500 тисяч тон.

Згідно адміністративного розташування шахта «Межирічанська» знаходиться на території м. Шептицького. До території шахтного поля належать такі населені пункти: с. Гірник, с. Межиріччя, а також частина промислової зони м. Шептицького. Шахта знаходиться у селі Межиріччя у Шептицькому районі, поряд із автомагістраллю «Ковель-Львів».

Площа земельного відводу шахти становить 64 га, а гірничого відводу – 12 га. Гірничі роботи ведуть на рівні глибини від 421 м до 510 м. Шахтне поле складається із двох вертикальних центрально-здвоєних стволів. Глибина клітьового ствола 487 м, а скіпового ствола 503 м. Руддвір знаходиться на відмітці 480 м.

Шахтна підймальна установка здійснює вантажно-транспортний зв'язок підземного гірничого господарства із поверхнею шахти через вертикальні або похилі стволи. Підйомна установка задіяна також у огляді і ремонті армування і кріплення ствола шахти. Зазвичай, у великих вугільних шахтах використовують дві-три діючі підйомні установки, кожна із яких

використовується за певним призначенням (викид гірських порід, скидання кадрів, вивільнення вугілля тощо), а не для інших резервів. Надійність роботи всієї шахти напряму залежить від надійності та безперебійності, а також ефективної роботи із підняття вантажів із шахти. А тому особливому рахунку вимоги до надійної і безпечної роботи підйомного обладнання (зокрема від роботи усього електромеханічного обладнання на шахти). У технологічному процесі транспортування у шахті із забою до поверхні підймальні установки є доволі складними та енерговитратним. Споживання електроенергії у цих процесах становить 40-60% від загальної кількості спожитої електроенергії на шахті. Через це підйомник повинен бути надійним, економічним та безпечним.

На кожній шахті, як мінімум, є дві підйомні установки: головним підйомом здійснюється видача корисних копалин та породи, допоміжним підйомом здійснюються усіх інші цілі, зокрема підйом і спуск людей.

Підйомна установка складається із підйомної машини, підйомної посудини, сталевих канатів і копрів із напрямними (рисунк 1.1). Підйомними машинами намотуються і змотуються із барабанів канати, що здійснюють переміщення підйомної посудини по стволу. Посудина здійснює рух по проводах, які є напрямляючими, що закріплені по всій довжині ствола. Як підйомну посудину використовують кліть, скіп, баддю.

Клітю називають коробчасті зварні конструкції із дверима, одно, дво- або триповерхові, які відчиняються з двох протилежних боків. Їх призначення для транспортування матеріалів, людей, устаткування. Транспортування вантажів здійснюють по стволу у вагонетках. Вагонетки із вантажем на рівні приствольного двору заштовхують у кліть механічним штовхачем, закріплюють спеціальним стопором, при цьому двері в клітях фіксуються відчиненими. Здійснюється піднімання вагонеток на поверхню і в надшахтній будівлі виштовхують із кліті порожні вагонетки, що спускають у шахту.

Для транспортування людей у клітях, двері клітей мають надійно зачинятись, відчиняються лише всередину підйомної посудини і затикаються засувом зовні. Це має здійснювати після посадки людей у кліть відповідальна

особа за роботу підйому. При обриві канату, за аварійної ситуації, кліть гальмують спеціальним парашутним пристроєм.

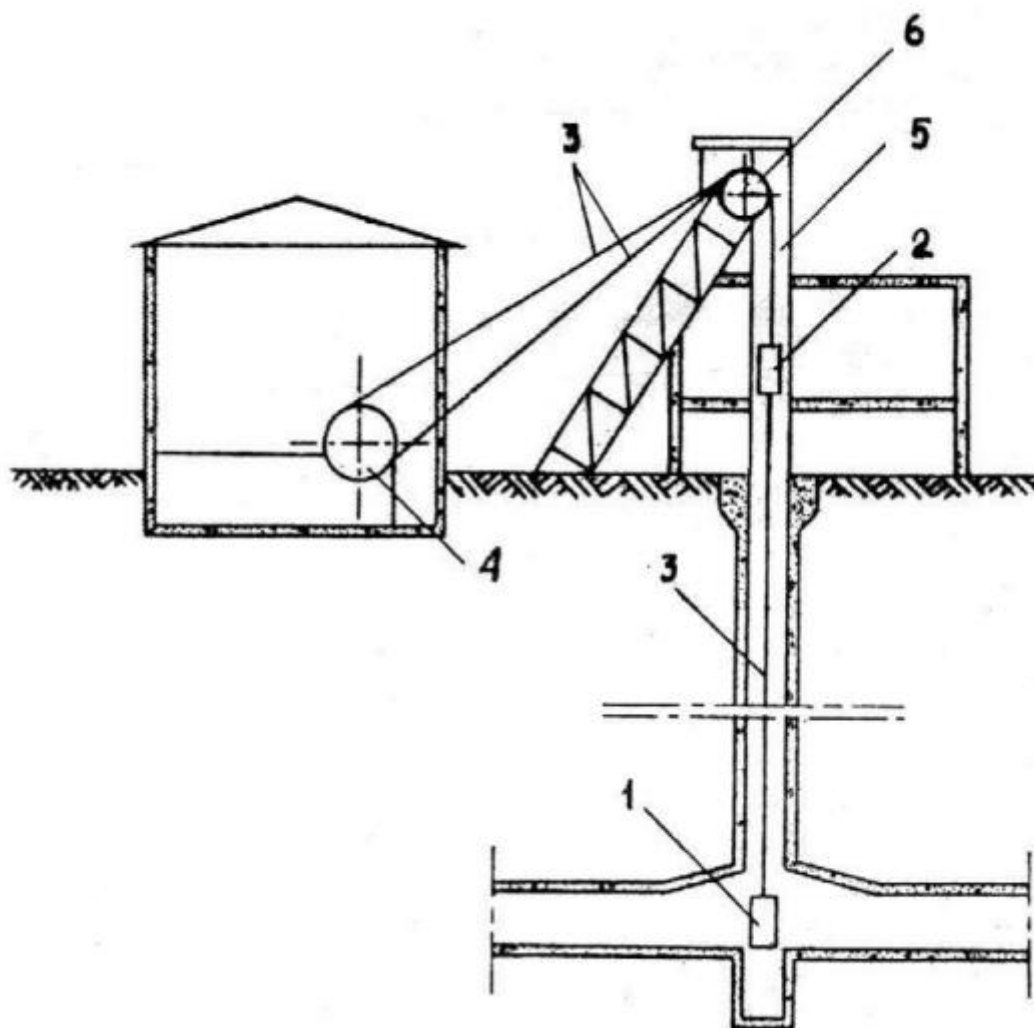


Рисунок 1.1– Схема підйомної установки 1, 2 – підйомні посудини; 3 – канати; 4 – підйомна машина; 5 – копер; 6 – напрямні шків

Скіпи (рисунок 1.2) побудовані із кузова і рами. По формі кузов нагадує сталевий ящик без кришки. Бувають конструкції, що перекидаються, відхиляються і залишаються нерухомими при розвантаженні. Дві останні конструкції передбачають, що сипучий вантаж висипається через відкидне дно. На шахтах використовують скіпи із ємністю від 2 до 40 м³, значення найбільшої вантажопідйомності скіпа становить 55-60 т.

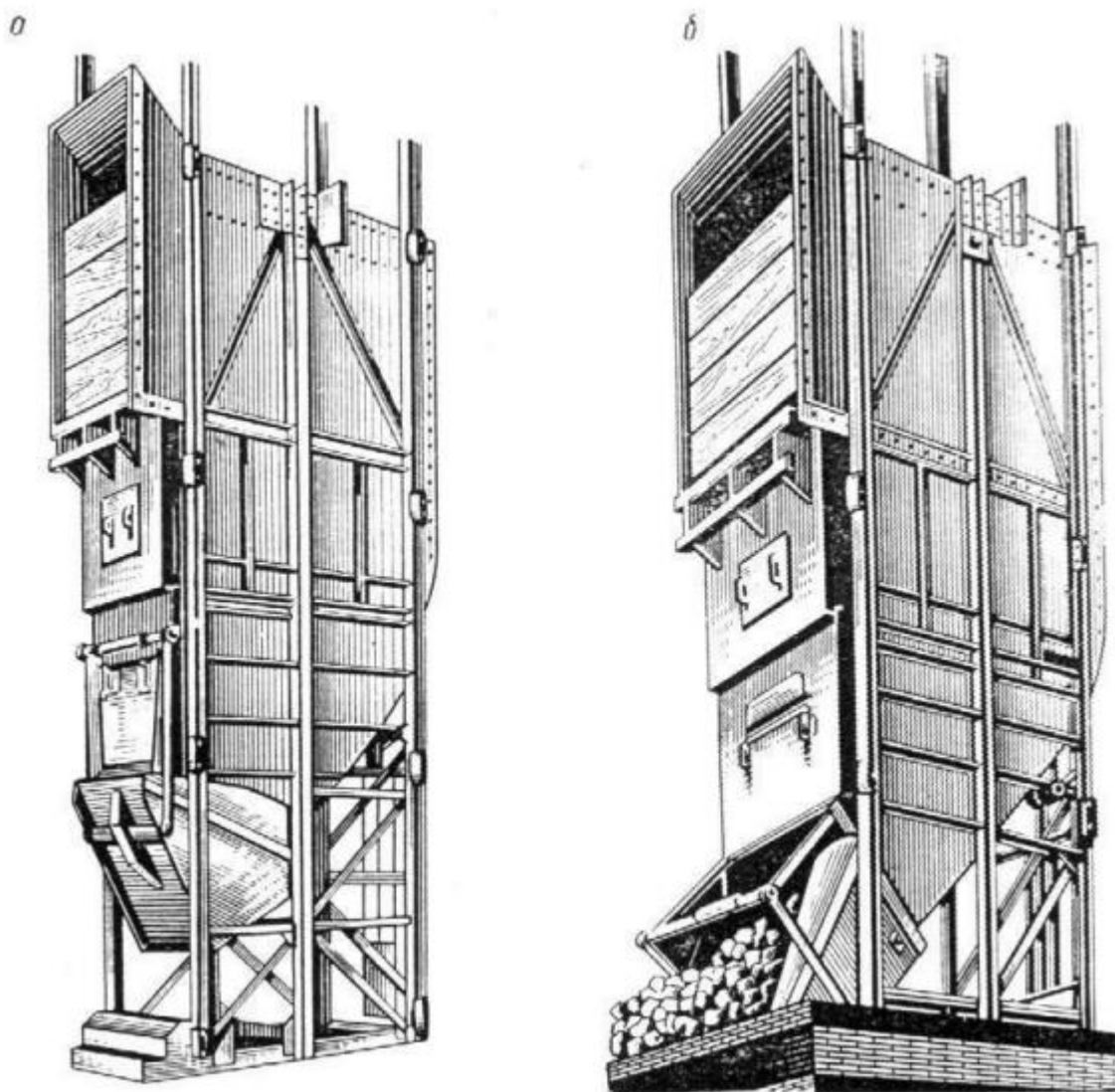


Рисунок 1.2 – Скіп: а – в закритому стані; б – розвантаження

Здійснюється завантаження одного скіпа в приствольному дворі і розвантажування другого здійснюють на поверхні у приємний бункер одночасно. Завантажувальний пристрій має устаткування, що здійснює максимальне наповнення в скіп вантажу за масою та об'ємом. Підйом вантажу в скіпах порівнюючи із клітьовим підйомом у вагонетках значно продуктивніше, потребує менших пауз та дозволяє здійснити автоматизацію усіх процесів. Важливим елементом підйомальної установки є підйомні канати. Вони виготовляються із сталюого дроту із діаметром від 0,5 до 4,0 мм, значення діаметру каната змінюється від 19,5 до 65 мм. Запас міцності канатів має становити для людських підйомальних установок не менше 13, а на вантажнолюдських – не менше 10. По кількості канатів підйомні установки поділяють на одноканатні і багатоканатні (рисунок 1.3-1.4).

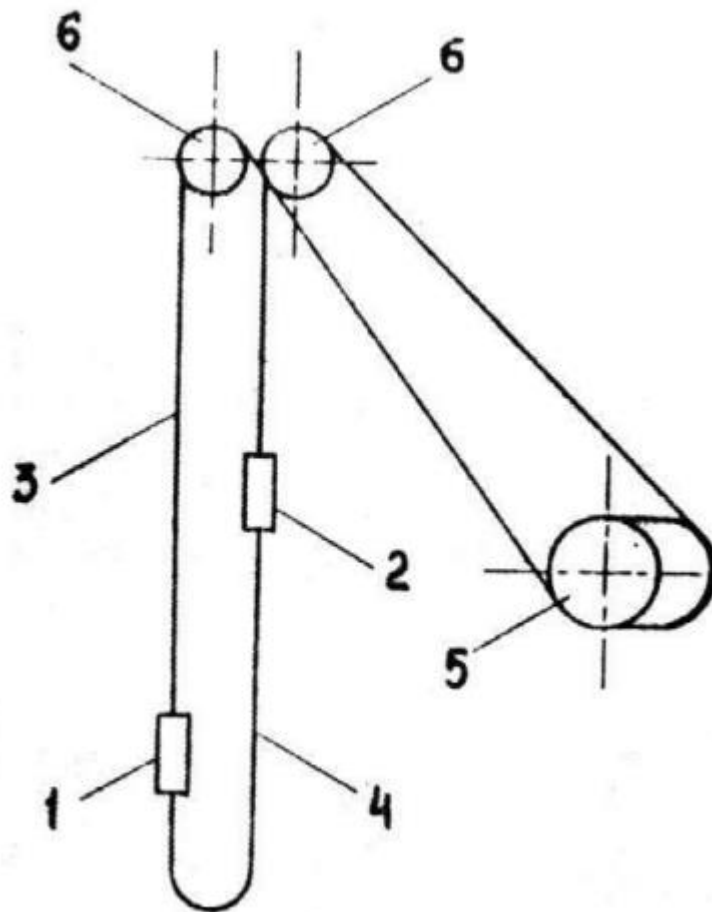


Рисунок 1.3 – Схема одноканатна підймальна установка: 1, 2 – підйомніємкості; 3 – головні канати; 4 – хвостовий канат; 5 – підймальна машина; 6 – напрямні шків

Найпоширеніша схема із одноканатним підйомом це пристрій із двома канатами (рисунок 1.3), на кінцях яких підвішено підйомні посудини (кліті чи скіпи) чи ємкість та противага.

Щоб урівноважити маси канатів, що підіймаються, використовують хвостовий канат, що підвішують під посудину. Коли обертається барабан підйомної машини один із канатів накручується на барабан, а приєднана до нього підйомна посудина здійснює рух вгору по стволу. При цьому другий канат розмотується із барабана, а приєднана до нього підйомна посудина здійснює рух у низ. Після підняття посудини на поверхню і розвантаження, а другої спуску в приствольний двір і завантаження, підйомна машина здійснює реверс і барабан, змінює напрям обертання, здійснює переміщення за допомогою канатів підйомних посудин у протилежних напрямках.

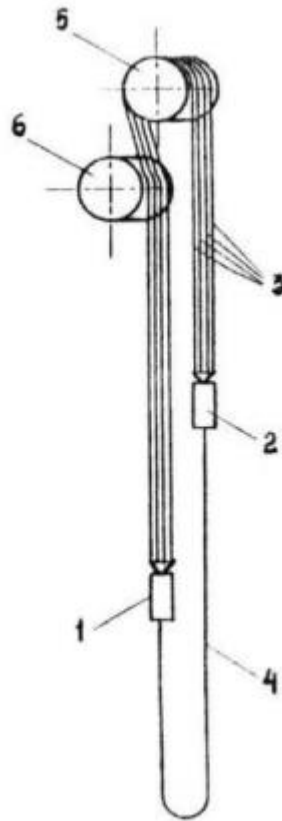


Рисунок 1.4 – Схема багатоканатна підймальна установка: 1, 2 – підймальна ємкість; 3 – головні канати; 4 – хвостовий канат; 5 – підймальна машина із шківом тертя; 6 – відхиляючі шків

За (рисунок 1.4) багатоканатного підйому застосовують підйомну установку із шківом тертя, що перебуває над стволом. До кінців канатів, що перекинуті через шків тертя, підвішуються дві посудини, скіпи або кліті, і плоский хвостовий канат. При обертанні, шків тертя переміщується за допомогою канатів посудин у протилежних напрямках. Для збільшення площі контакту канатів із шківом тертя, використовують відхиляючі шків.

До основних вузлів шахтних підймальних машин належать: електродвигун, барабан або шків тертя, редуктор, гальмувальна система, додаткове обладнання керування та контролю.

Шахти із глибиною до 300...350 м використовують підймальні машини із циліндричним (одним) барабаном діаметром до 3 м. Шахти із глибиною 400...700 м застосовують підймальні машини із двома циліндричними барабанами. Шахти із глибиною 800...900 м використовують підймальні машини із біциліндроконічними барабанами, а за глибини більше 1000 м –

підіймальні машини із шківом тертя та багатоканатні. Самі підіймальні машини знаходяться на спеціальних баштових копрах. До підіймальних посудин в стволах, підвішують хвостовий канат, для зменшення різниці між кінцевими навантаженнями канатів посудин, що піднімаються та опускаються.

На діючих шахтах підйомні клітьові і скіпові установки автоматизовані і працюють у автоматизованому режимі без машиніста підйомної машини.

1.2 Обґрунтування теми роботи

Для забезпечення технологічного процесу вертикального транспортування вантажів важливу роль відіграють піднімальні механізми. В основному для приводу механізму піднімання-опускання використовують асинхронні двигуни.

В даних механізмах можуть використовувати прямий пуск асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором або реостатний пуск асинхронного двигуна з фазним ротором. При прямому пуску, як відомо цей режим називається режимом короткого замикання, при якому подається номінальна напруга, а ротор не обертається, при цьому виникає пусковий струм який в 5-7 раз більший номінального. Часті прямі пуски двигуна ведуть до його перегріву, а також мережа перевантажується пусковими струмами, що погіршує якість електроенергії.

Для усунення цих явищ використовують асинхронні багато швидкісні двигуни або двигуни з фазним ротором з додатковими опорами, де керування здійснюється за допомогою релейно-контакторного керування – ці схеми потребують частих обслуговувань, через контактне керування, окрім того двошвидкісні двигуни мають гірші техніко-економічні показники. При використанні асинхронного двигуна з фазним ротором, можна обмежити величину пускового струму та збільшити пусковий момент, але виникають додаткові втрати енергії на нагрів реостатів.

В загальному електропривод розвивається в напрямі «безконтактного» керування. Тому ми пропонуємо для забезпечення керування режимами роботи

двигуна механізму вертикального переміщення вантажу використати перетворювач частоти.

Така система електроприводу гнучка при налаштуванні, проста та надійна в роботі і не потребує додаткового обслуговування, окрім того має вищий коефіцієнт корисної дії і не перевантажує мережу великими пусковими струмами.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗМУ ПІДНІМАННЯ ВАНТАЖУ

2.1 Призначення електроустаткування ліфтів і вимоги до нього

Під електроустаткуванням ліфтів розуміється вся сукупність електричних машин, електричної апаратури, приладів і електропроводки, використовуваних в ліфтах.

Електрообладнання призначене для підйому і спуску кабіни з вантажем або пасажирями, виконуваних електричним приводом ліфта. Привод складається з двигуна або з декількох електричних машин. Електропривод перетворює електричну енергію, споживану з мережі, в механічну енергію руху кабіни ліфта.

Керування електроприводом ліфта, тобто його ввімкнення і вимкнення, зміна напрямку руху, розгін і уповільнення ліфта, здійснюють за допомогою пуско-регулюючої апаратури.

Електроустаткування ліфта включає також апаратуру автоматичного управління. Пристрій ліфта має бути таким, аби його експлуатація була безпечною як для пасажирів, так і для обслуговуючого персоналу. Безпеку роботи ліфта забезпечують за допомогою засобів автоматичного захисту і блокувань, які включають в себе і механічні, і електричні пристрої. Тому одним з важливих призначень електроустаткування є забезпечення безпечної роботи ліфта.

Сучасний ліфт для зручності користування ним обладнують засобами автоматичної сигналізації, в більшості світловою. Наприклад, в будь-якому ліфті встановлюють світлову сигналізацію зайнятості ліфта. На пасажирському ліфті часто влаштовують сигналізацію про місце знаходження кабіни і т. д.

Різні електричні машини і апарати ліфта знаходяться в різних місцях: у машинному приміщенні, в шахті і кабіні. Для електричного зв'язку окремих

апаратів між собою застосовують електропроводку, яка займає важливе місце в комплексі електрообладнання ліфта. Особливо важко здійснювати електричний зв'язок між апаратами кабіни і нерухомими апаратами, розташованими в шахті і в машинному приміщенні. В більшості випадків цей зв'язок здійснюють за допомогою гнучкого підвісного кабелю.

Для нормальної експлуатації ліфта необхідно передбачати освітлення кабіни, яке представляє собою складову частину всього електроустаткування ліфта. Освітлення ж поверхових майданчиків, машинного приміщення і тому подібне виконують за проектом освітлення всієї будівлі, де працює ліфт.

Вимоги до електроустаткування ліфтів.

Основними вимогами, що пред'являються до ліфтів, є безпека роботи, надійність, плавність розгону, руху і гальмування, точність зупинки кабіни, малOSHумність роботи і недопущення перешкод радіоприйому і телебаченню. Ці вимоги повинні дотримуватися як при проектуванні і виготовленні ліфтів, так і при їх монтажі і експлуатації. Надійна і безпечна робота ліфтів залежить від якості виготовлення і експлуатації механічної частини і електроустаткування, оскільки ліфт є єдиним електромеханічним агрегатом.

Безпека роботи ліфта, особливо ліфта, що перевозить людей, є основною вимогою. При роботі ліфта можлива поява деяких аварійних ситуацій, які можуть бути причиною нещасних випадків. До них відносяться обрив каната (або елементів підвіски) кабіни або противаги, перевищення швидкості кабіни вище допустимої, довільний пуск ліфта, перевантаження кабіни, пуск ліфта при відкритих дверях шахти, кабіни, прямка і приміщення верхніх блоків, підйом кабіни вище або опускання нижче нормальних верхнього і нижнього положень, ослаблення натягу канатів обмежувача швидкості, повреждение ізоляції дротів або випадковий дотик до струмопровідних елементів.

Електроустаткування ліфта не повинно допускати появи аварійних ситуацій, а тим більше аварій або нещасних випадків з людьми.

Виконання вимог безпеки направлене на те, аби аварійні ситуації взагалі не виникали, а якщо вони виникли, то це не повинно привести до аварій установки і нещасним випадкам.

Для безпечної роботи ліфта необхідно виконувати правила в частині електроустаткування.

Напруга кіл керування, освітлення і сигналізації, а також кіл живлення електродвигунів, встановлених на кабіні і в шахті, не повинно перевищувати 220 В, напруга кіл живлення переносних ламп — 36 В. Ці вимоги разом з вимогами заземлення корпусів електроустаткування захищають обслуговуючий персонал і пасажирів від ураження електричним струмом.

Кожні двері шахти і кабіни мають бути обладнані електричними (блокувальними) контактами, включеними в схему управління так, щоб пуск ліфта був можливий лише при закритих дверях кабіни і замкнених дверях шахти. Якщо ж під час руху кабіни відімкнені двері шахти або відкриті двері кабіни, то ліфт повинен зупинитися. У пасажирських ліфтах виклик порожньої кабіни на потрібний поверх допускається з відкритими дверима кабіни, а в малих грузових ліфтах і вантажних ліфтах, що працюють без провідника, установка блокувальних контактів в дверях кабіни не обов'язкова.

Ліфти всіх типів мають бути обладнані електричними контактами, що відключають привід ліфта при спрацюванні вловлювачів. Ліфти, в яких вловлювачі не пов'язані з підймальними канатами, мають бути додатково забезпечені електричними контактами, що відключають приводний електродвигун при обриві або ослабленні підймальних канатів.

Ліфти всіх типів мають бути забезпечені кінцевим вимикачем, що автоматично відключає електродвигун ліфта при переході кабіною крайніх робочих положень (верхнього і нижнього).

Ліфти з номінальною швидкістю 1,5 м/с і вище повинні мати електричний контакт, що відключає приводний двигун при спрацюванні обмежувача швидкості.

Ліфти із швидкістю 1 м/сек і більш мають бути обладнані електричними контактами, контролюючими натяг канатів приводу обмежувача швидкості.

У прямій шахті, забезпеченій дверима, і в приміщеннях верхніх блоків мають бути встановлені вимикачі для відключення управління ліфтом.

Кабіна ліфта повинна зупинятися на рівні будь-якого поверхового майданчика, за винятком ліфтів обладнаних важельним командоапаратом, автоматично.

При управлінні важеля має бути забезпечена обов'язкова автоматична зупинка кабіни на крайніх поверхах.

Електропривод змінного струму ліфта має бути виконаний так, щоб розгальмування лебідки було можливе лише одночасно з ввімкненням електро-двигуна або після його ввімкнення.

Це призводить до того, що при відключенні електродвигунів від мережі автоматично походить накладення механічного гальма (загальмовування).

Крім перерахованих, до електрообладнання ліфтів висувають також ряд вимог, які відносяться до улаштування електричної схеми керування, сигналізації і освітлення, які забезпечують безпечну експлуатацію ліфтів.

Надійність роботи електрообладнання у великій мірі впливає на загальну надійність і безвідмовність роботи всієї ліфтової установки. Чим інтенсивніше експлуатують ліфт, тим вище має бути його надійність, але тим частіше виникають умови для виходу з ладу того або іншого електричного апарата або машини. Слід зазначити, що в більшості випадків непередбачена зупинка ліфта відбувається з вини пошкодження в системі електрообладнання.

Надійність електроустаткування залежить як від якості самого електроустаткування, так і головним чином від умов його обслуговування. Будь-який електричний апарат, навіть самого високоякісного виготовлення, в роботі може виявитися ненадійним, якщо вчасно не займатися його профілактичним ремонтом.

Під плавністю роботи ліфта розуміється така його робота, при якій пуск кабіни в хід, її рух і зупинка не викликають неприємних відчуттів у пасажирів і значних додаткових навантажень в механізмах. Плавність руху кабіни оцінюється величиною її прискорення або уповільнення, а також ривком. Ривком називають швидкість зміни прискорення або уповільнення в часі. Чим швидше відбувається ця зміна, тим сильніше ривок і тим болючіше сприймається він пасажирями.

Величина прискорення або уповільнення, окрім впливу на зручність пересування пасажирів, робить також великий вплив на термін служби роботи як механічного, так і електричного устаткування ліфтів, оскільки вона характеризує величини додаткових (динамічних) навантажень до елементів ліфтів під час розгону і уповільнення. При великих додаткових навантаженнях і частих їх повтореннях елементи ліфта швидше виходять з ладу.

Плавність роботи ліфта виключно залежить від налаштування і регулювання електроапаратури. Тому при монтажі ліфтів і їх наладці необхідно строго дотримувати всі технічні вимоги до експлуатації електроустаткування ліфтів.

Точність зупинки ліфтів залежить від швидкості кабіни у момент початку гальмування, від положення точки початку гальмування і від напрямку руху кабіни.

У більшості ліфтів команда на початок гальмування кабіни, подається за допомогою шляхового поверхового перемикача, положення якого уточнюється при наладці ліфта.

Малошумність роботи електрообладнання ліфтів повинна створюватись встановленням електродвигуна на амортизаторах, доброю звукоізоляцією машинного приміщення, а також ретельним монтажем електроапаратури. При проектуванні ліфтів вибирають електроустаткування такого типу, яке видає найменший шум. Цей показник якості роботи електроустаткування повинен підтримуватись і при його експлуатації.

Електроустаткування ліфтів слід виготовляти і вмонтовувати так, щоб при роботі воно не викликало перешкод радіоприйому і телебаченню. Джерелами перешкод радіоприйому є елементи електроустаткування, що іскрять, головним чином електричні контакти і щітки. Іскра, що проскакує між електричними контактами, є джерелом виникнення електромагнітних хвиль, які попадаючи по дротах в мережу живлення або через ефір приймаються радіоприймачами у вигляді клацань і тріску. Боротьба з перешкодами радіоприйому ведеться шунтуванням контактів, що іскрять, заземленими конденсаторами екрануванням цих контактів металевими оболонками,

вживанням кабелів із зовнішньою металевою екрануючою оболонкою, прокладкою дротів в металевих рукавах або трубах, а також постановкою спеціального конденсаторного фільтру, що знижує рівень перешкод, проникаючих від ліфта в мережу живлення.

2.2 Розрахунок та вибір двигуна

Механізм здійснює розгін і зупинку із постійним прискоренням, значення якого обмежується технологічними чинниками.

Проведемо розрахунок і побудову спрощеної тахограми руху механізму

Вихідні дані для розрахунку:

Шлях переміщення, (один поверх) м	$S = 500$
Маса вантажу, кг	$m_g = 5000$
Граничне прискорення, м/с ²	$a = 2$
Швидкість переміщення, м/с	$V = 5$
К.к.д. механізму	$\eta = 0,8$
Діаметр барабана, м	$D = 3$
Момент інерції кг*м ²	$J_b = 900$
Тривалість ввімкнення, %	$TB = 40$

Визначення часу розгону та гальмування

$$tp = \frac{V}{a}, \quad (2.1)$$

$$tp = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ с},$$

$$t_z = tp = 2.5 \text{ с}.$$

Шлях який механізм проходить при розгоні та гальмуванні

$$Sp = \frac{a \cdot tp^2}{2}, \quad (2.2)$$

$$Sp = \frac{2 \cdot 2.5^2}{2} = 6.25 \text{ м},$$

$$Sz = Sp = 6.25 \text{ м}.$$

Шлях який механізм долає із усталеною швидкістю

$$S_{yc} = S - S_p - S_z \quad \text{м}, \quad (2.3)$$

$$S_{yc} = 500 - 6.25 - 6.25 = 487.5 \quad \text{м}.$$

Визначимо значення часу переміщення з усталеною швидкістю

$$t_{yc} = \frac{S_{yc}}{V} \quad \text{с}, \quad (2.4)$$

$$t_{yc} = \frac{487.5}{5} = 97.5 \quad \text{с}.$$

Визначаємо значення загального часу переміщення

$$t_{\text{загал}} = t_p + t_{yc} + t_s \quad \text{с}, \quad (2.5)$$

$$t_{\text{загал}} = 2.5 + 97.5 + 2.5 = 102.5 \quad \text{с}$$

За отриманим результатом будуємо тахограму руху.

Проведемо розрахунок та вибір двигуна.

Значення прискорення вільного падіння $g = 9,81 \quad \text{м/с}^2$.

Розраховуємо двигун на базі статичного навантаження

$$P_p = \frac{m_o \cdot g \cdot V}{\eta} \quad \text{Вт}, \quad (2.6)$$

$$P_p = \frac{5000 \cdot 9.81 \cdot 5}{0.8} = 306\,600 \quad \text{Вт}.$$

Проведемо перерахунок потужності двигуна до $TB\% = 100\%$

$$P_{100} = P_p \cdot \sqrt{\frac{TB}{100}}, \quad (2.7)$$

$$P_{100} = 306\,600 \cdot \sqrt{\frac{40}{100}} = 193\,900 \quad \text{Вт}.$$

Із довідника вибираємо асинхронний двигун з $TB = 100\%$ АК-114-8

Номінальна потужність, Вт	$P_n = 250\,000,$
швидкість, об/хв.	$n_n = 735,$
напруга, В	$U_n = 380,$
струм статора, А	$I_{cn} = 467$
$\cos \varphi$	$\cos \varphi = 0,87,$
λ_m	$\lambda_m = 2,$
ККД, %	$\eta_d = 0,935,$
Момент інерції, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$	$J_d = 27.$

Визначаємо номінальну кутову частоту обертання двигуна

$$W_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} \text{ рад/с}, \quad (2.8)$$

$$W_n = \frac{3,14 \cdot 735}{30} = 76.969 \text{ рад/с}.$$

Значення усталеної частоти обертання барабана

$$W_o = \frac{2 \cdot V}{D} \text{ рад/с}, \quad (2.9)$$

$$W_o = \frac{2 \cdot 5}{3} = 3.333 \text{ рад/с},$$

Визначаємо значення передавального числа редуктора

$$i = \frac{W_n}{W_o}, \quad (2.10)$$

$$i = \frac{76.969}{3.33} = 23.091.$$

Розрахуємо навантажувальну діаграму.

Значення сумарного приведенного до валу електродвигуна момент інерції

$$J = J_o + \frac{J_b}{i^2} + m_e \cdot \left(\frac{V}{\omega_n} \right)^2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (2.11)$$

$$J = 27 + \frac{900}{23.091^2} + 5000 \cdot \left(\frac{5}{76.969} \right)^2 = 49.788 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Значення кутового прискорення

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot a \cdot i}{D} \text{ рад/с}^2, \quad (2.17)$$

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot 2 \cdot 23.091}{3} = 30.788 \text{ рад/с}^2.$$

Визначаємо динамічний момент

$$M_{o1} = J \cdot \varepsilon \text{ Нм} \quad (2.18)$$

$$M_{o1} = 49.788 \cdot 30.788 = 1533 \text{ Нм},$$

$$M_{o2} = 0 \text{ Нм},$$

$$M_{o3} = -M_{o1} \text{ Нм}.$$

$$M_{o3} = -1533 \text{ Нм}.$$

Значення статичного моменту при піднятті вантажу

$$M_c = \frac{m_e \cdot g \cdot D}{2 \cdot i \cdot \eta} \text{ Нм}, \quad (2.19)$$

$$M_c = \frac{5000 \cdot 9.81 \cdot 3}{2 \cdot 23.091 \cdot 0.8} = 3983 \text{ Нм}.$$

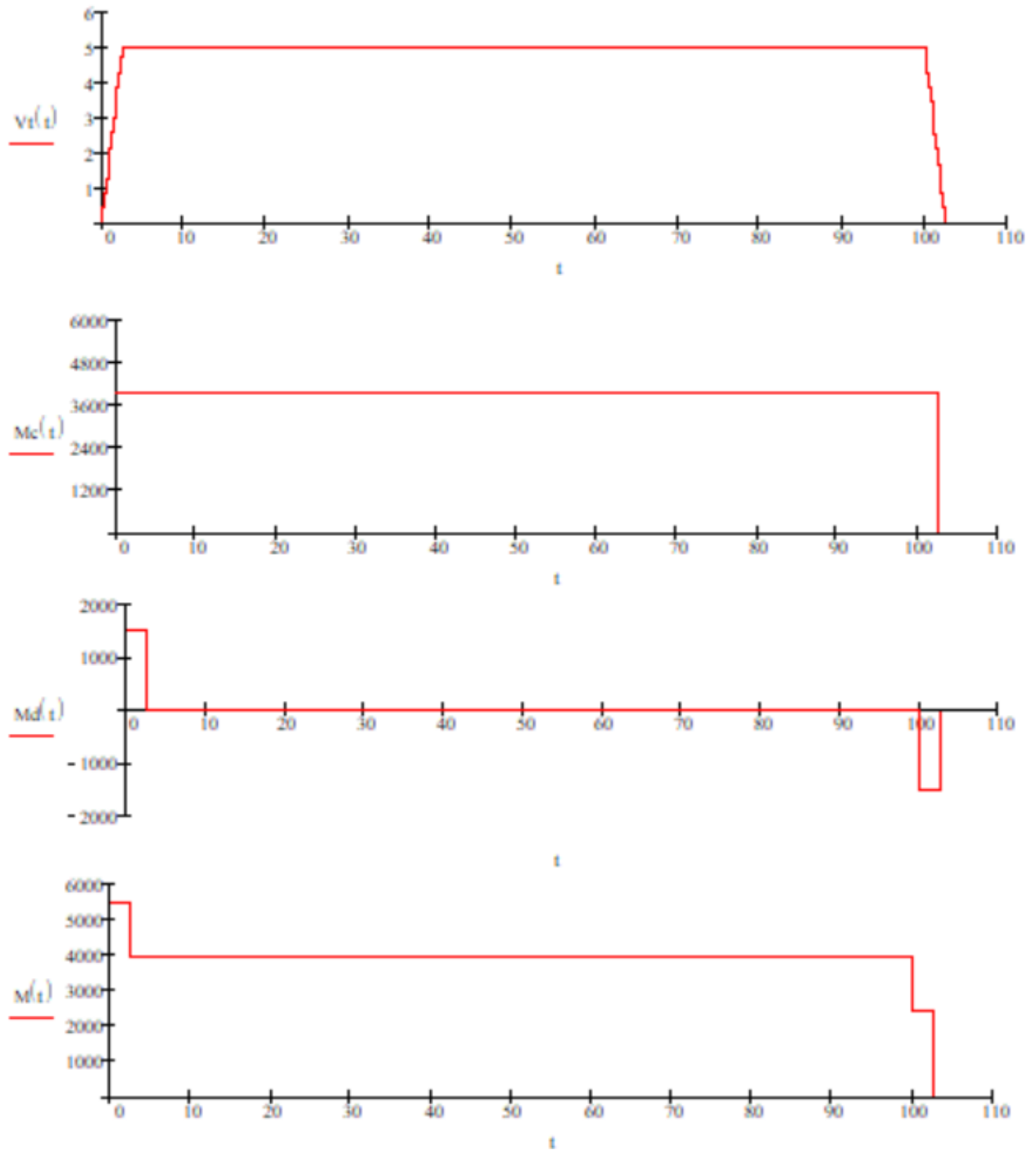


Рисунок 2.1. Тахограма руху та діаграма навантаження двигуна

Значення сумарного моменту навантаження для кожної ділянки

$$M_1 = M_c + M_{d1} \quad \text{Нм}, \quad (2.12)$$

$$M_1 = 3983 + 1533 = 5516 \quad \text{Нм},$$

$$M_2 = M_c + M_{d2} \quad \text{Нм},$$

$$M_2 = 3983 + 0 = 3983 \quad \text{Нм},$$

$$M_3 = M_c + M_{d3} \quad \text{Нм},$$

$$M_3 = 3983 + (-1533) = 2450 \text{ Нм.}$$

За проведенням розрахунком побудуємо навантажувальну діаграму рис.2.1.

А тепер проведемо перевірку двигуна.

Значення еквівалентного моменту визначаємо за формулою

$$M_e = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_p + M_2^2 \cdot t_{yc} + M_3^2 \cdot t_z}{t_{заг}}} \text{ Нм,} \quad (2.13)$$

$$M_e = \sqrt{\frac{5516^2 \cdot 2.5 + 3983^2 \cdot 97.5 + 2450^2 \cdot 2.5}{102.5}} = 2137 \text{ Нм.}$$

Визначаємо величину номінального моменту

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} \text{ Нм,} \quad (2.15)$$

$$M_n = \frac{250000}{76.969} = 3248 \text{ Нм.}$$

Значення еквівалентного моменту менше від номінального

$$M_e \leq M_n,$$

$$2137 \leq 3248 \text{ Нм..}$$

Значення критичного моменту

$$M_k = \lambda m \cdot M_n \text{ Нм,}$$

$$M_k = 2 \cdot 3248 = 6496 \text{ Нм.}$$

Отже значення максимального моменту менше критичного

$$M_1 \leq M_k,$$

$$5516 \leq 6496 \text{ Нм.}$$

РОЗДІЛ 3

СХЕМА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

3.1 Принципи побудови перетворювальної техніки

Основним елементом сучасного перетворювача частоти змінного струму є інвертор. Алгоритм керування та апаратна структура поточних інверторів різноманітна, рішення переважно типові, які використовують більшість виробників. Переважно, виробилась типова структура перетворювачів частоти і виконуваних ними функцій. Є два основні завдання, що вирішують регульовані електроприводи: керування моментом та швидкістю обертання електродвигуна. Потреба у регулюванні крутного моменту залежить від технічних вимог електроприводу. Для нормальної роботи, значення крутного моменту і струму двигуна повинно бути обмеженим допустимим значенням під час перехідних процесів. У механічних пристроях, де може виникати сильні перевантаження під час роботи, якщо робочий орган не заблоковано, виникає необхідність постійного регулювання крутного моменту двигуна, для обмеження динамічного ударного навантаження. У багатьох механізмах виробництва за різних робочих етапів вимагається переміщення робочого органу із різною швидкістю, що забезпечує механічне або електричне регулювання швидкості електроприводу. Значення діапазону регулювання швидкості, а також точності може відбуватись зміна в межах максимального діапазону, в залежності від діапазону електроприводу.

Будова силової частини. Найбільш поширені перетворювачі частоти із, так званою, проміжною ланкою постійного струму, вони побудовані по схемі випрямляч - автономний інвертор.

В залежності від типу випрямляча та автономного інвертора (інвертор струму або інвертор напруги) залежить принцип роботи та область застосування перетворювачів частоти. Загально відомо декілька різних схем випрямлячів. За ознакою керованості їх можна розділити на три типи:

некеровані, напівкерованих і керовані. Для споживачів великої потужності схеми випрямлячів будуються за трифазною мостовою схемою. Випрямлячі зазвичай використовують некеровані. Їх будують на базі звичайних найпростіших діодах, вони є максимально простоті і надійні, мають високий ККД, та забезпечують високу якість вихідної (випрямленої) напруги та гармонічного складу струму, що споживається із мережі.

Оскільки процес перетворення енергії некерований, тому немає можливості здійснити рекуперацію енергії, що необхідно у багатьох випадках. Використання керованих випрямлячів, що побудовані переважно на низькочастотних тиристорах, не мають як недоліків, так і більшості переваг діодних випрямлячів. У них високий ККД і забезпечують оборотність у напрямку перетворення енергії, їх переважно застосовують спільно із автономним інвертором струму, де здійснюється регулювання значення струму на виході перетворювача.

Суттєвий недолік керованого випрямляча це підвищений рівень пульсації випрямленої напруги, а також низьке значення коефіцієнта потужності, його зниження пропорційне вихідній напрузі. Щоб забезпечити перетікання випрямленого струму в обох напрямках застосовують керовані реверсивні тиристорні перетворювачі, вони містять два ввімкнених зустрічно-паралельно випрямлячів на тиристорах, один із яких забезпечує перетікання струму навантаження в прямому, а другий у іншому напрямку. Це призводить до ускладнення, а відповідно і підвищення вартості перетворювача.

У напівкерованих випрямлячів характеристики проміжні між керованими і некерованими випрямлячами. Дані перетворювачі здійснюють регулювання величини випрямленої напруги, проте не забезпечують рекуперацію електроенергії у мережу.

При використанні напівкерованих та керованих випрямлячів можна відключати силову схему перетворювача частоти від мережі без використання додаткового комутаційного обладнання.

Тип автономного інвертора визначає побудову контура постійного струму. Переважно це ланка, що забезпечує постійну напругу із С- або LC-

фільтром, інколи це ланка, що підтримує сталий струм, фільтр який складається із реактора з великою індуктивністю.

Значення ємності конденсатора у колі постійного струму становить переважно орієнтовно 2000-20000 мкФ. У таких конденсаторів зазвичай великі габарити і висока вартість. Автономних інвертор струму живиться від джерела струму, у колі джерела ввімкнено дросель із великою індуктивністю. Перетікання реактивної енергії навантаження відбувається із комутуючим конденсатором, виникає велике коливання напруги на входних клеммах інвертора за постійного струму джерела. Форма кривої напруги на вході і виході інвертора залежить від типу навантаження. Технічна реалізація автономного інвертора струму простіша, ніж автономного інвертора напруги, оскільки у ньому немає зворотного діодного моста.

Перетворювачі частоти побудовані на основі автономного інвертора струму за використання керованих випрямлячів забезпечують рекуперацію електроенергії у мережу. Це є корисна функція для електроприводу, який працює у повторно-короткочасних режимах. Негативною особливістю автономного інвертора струму є те, що він не може перебувати у режимі холостого ходу із відімкненим двигуном. При застосуванні автономного інвертора струму можлива суттєва втрата потужності та виникнення додаткових збурюючих моментів в двигуні, в результаті виникають коливання швидкості. За потреби формування струмів двигуна, які наближаються до синусоїди, необхідно значно ускладнювати схему автономного інвертора струму.

Особливістю автономного інвертора напруги є живлення від джерела напруги. У ньому замикається контур реактивного струму навантаження через зворотні діоди, а також незалежить форма кривої напруги на виході інвертора від типу навантаження. Суттєвий недолік автономного інвертора напруги це потреба у використанні реверсивних випрямлячів, щоб забезпечити рекуперативні режими роботи електроприводу.

Проте, використання інвертора напруги дозволяє не ускладнюючи схему отримати високі енергетичні показники, що забезпечує вихідні струми, близькі

до синусоїдних. Саме через це широко застосовують автономні інвертори напруги у сучасному електроприводі.

Система управління сучасного перетворювача частоти побудована на спеціалізованому мікроконтролері або цифровому сигнальному процесорі (DSP). Система управління побудована на базі DSP через необхідність здійснення складних обчислень у великому об'ємі в режимі реального часу для забезпечення сучасних алгоритмів управління. Найбільш важливо це для бездатчикового систем векторного керування.

Система керування бувають одно або багатопроцесорні.

У однопроцесорних системах є ряд істотних недоліків: до мікроконтролеру повинен забезпечити підвищені вимоги наявності вбудованих портів введення-виведення та периферійних модулів; за швидкодією і обсягом пам'яті; складніше розроблення програмного забезпечення. Проте при розв'язанні нескладних завдань керування невисокої складності, до переваг однопроцесорних систем належить їх простота апаратної і програмної реалізації.

В наш час переважаюча більшість перетворювачів будують на двопроцесорній основі. Перший процесор (ЦП1) забезпечує виконання основних функцій перетворювача частоти: здійснення алгоритмів керування випрямлячем, інвертором, опитування датчиків та інше. Другий процесор (ЦП2) здійснює роботу пульта керування, зв'язок із системою верхнього рівня та інші сервісні функції. Функцій між мікроконтроллерами може бути розподілені і по іншому. До переваг двопроцесорної системи порівняно із однопроцесорною слід віднести зниження вимог до процесорів по вбудованому функціоналу, швидкодії та обсягу пам'яті; використання єдиного інтерфейсу для комунікації між центральним контролером та пультом керування та автоматизацією верхнього рівня; полегшення розроблення програмного забезпечення для окремих контролерів.

Керування драйверами інвертора здійснюють за допомогою шестиканального ШІМ-сигналу із додаванням «мертвого часу». Переважно у мікроконтроллерів модуль ШІМ реалізований апаратно. Для отримання

вихідної напруги, наближеної по формі до синусоїди (що важливо при скалярному керуванні), можуть використовувати програмну або апаратну корекцію «мертвого часу». Переважно реалізація апаратна блокування сигналів ШІМ у аварійних ситуаціях.

Керування перетворювачем можна здійснювати за допомогою пульта, аналогових або дискретних входів. Перетворювачі частоти будують по модульному принципу, що дає можливість ввести в них додаткові функціональні модулі, що при поєднанні із вбудованими програмними елементами дають можливість отримувати різну конфігурацію електроприводу, відповідно до вимог замовника.

Можлива реалізація від найпростіших розімкнутих до замкнутих точних систем позиціонування. Переважно такі розширювальні модулі (плати) містять у своїй структурі дискретні і аналогові виходи і входи, а також інтерфейс зв'язку. Усі аналогові виходи і входи на платі розширення мають вбудоване джерело живлення та виконані із гальванічною розв'язкою від дискретних входів і виходів та системи управління. Функціонал аналогових входів і виходів програмується із пульта керування. Аналогові входи часто служать для під'єднання датчиків зворотного зв'язку за технологічними параметрами (зазвичай для цього, використовують один вхід струму і один вхід напруги).

У багатьох перетворювачах частоти також є вхід для під'єднання потенціометра, для використання як задавача вихідної частоти (у перетворювачах частоти із скалярним керуванням) або значення частоти обертання ротора електродвигуна (у перетворювачах частоти із векторним керуванням). Живлення задавача частоти обертання здійснюють від вбудованого джерела живлення (переважно 10 В).

Може бути наявний додатковий вхід для під'єднання датчика температури двигуна (терморезистор). Аналогові виходи використовують для індикації одного із параметрів стану перетворювача частоти (наприклад, розрахункового значення моменту на валу двигуна або поточної вихідної частоти). До виходів можна вмикати як вольтметри, так і амперметри за рахунок наявності виходу струму і виходу напруги. Вихідний аналоговий

сигнал формується за допомогою цифро-аналогового перетворювача (переважно 10-бітний); інколи вихідну напругу формують методом широтно-імпульсної модуляції. Дискретні виходи і входи на платах розширення призначені для підімкнення зовнішніх сигналів, що постіпають від електромагнітних реле, а також формують сигнали керування такими реле. Переважно у перетворювачі частоти є орієнтовно від чотирьох до восьми дискретних входів типу «відкритий колектор», для виконання таких функцій: керування ввімкненням і реверсом; вибір однієї із трьох фіксованих вихідних частот, чи швидкостей обертання ротора, аварійне вимикання перетворювача частоти. Усі дискретні входи виконані гальванічно- розв'язаними від системи керування.

Для реалізації замкненої систем керування із зворотним зв'язком за швидкістю обертання у перетворювачі частоти передбачено входи для під'єднання давача швидкості типу «енкодер». Модуль з'єднання із давачем швидкості може комплектуватись у стандартному комплекті перетворювача частоти або бути виконаним у вигляді плати розширення. Для заживлення дискретних входів і давача швидкості використовують вбудоване джерело живлення (переважно 24 В).

На базі перетворювачів частоти легко реалізовувати сучасні системи автоматизації. Часто застосовують керування в реальному часі декількома перетворювачами. Для цього використовують рішення із різними інтерфейсами зв'язку і топологіями мережі. Переважно перетворювачі частоти комплектуються стандартним інтерфейсом RS-485 або RS-422. Взаємодія реалізується із використанням протоколу Profibus або Modbus, чи їхніх спрощених модифікацій. За використання модулів розширення використовують додаткові інтерфейси (наприклад, CAN) і протоколи (Interbus, CANOpen, DeviceNet).

3.2 Схема підключення електроприводу

На основі розрахованої потужності та вибраного асинхронного двигуна було вибрано перетворювач частоти фірми Schneider Electric серії Altivar630 із значенням номінальної потужності 250 кВт.

Технічні характеристики перетворювача частоти наведені нище

Технічні характеристики ПЧ Altivar 71 ATV71HC25N4:

Повна потужність перетворювача, кВА 292.

Потужність двигуна, кВт 250.

Кількість фаз 3

Номінальний струм на виході, А 481

Лінійний струм, А 444

Вихідна частота, Гц 0.1...500

Максимальний перехідний струм, А 529

Частота комутації, кГц 2.5 ... 8

Типи захисту: захист від перегріву; підвищена напруга живлення; перевищення швидкості; перенапруга в ланці постійного струму; зникнення фази на вході; тепловий захист.

На рисунку 3.1 показано схему під'єднання електроприводу шахтної підйомальної установки. На схемі показано основні блоки: А1 – перетворювач частоти ATV 71; А2 – модуль безпеки Preventa XPS AT; L1 – дросель постійного струму; F1 – запобіжники; Q1 – вимикач; S2 – Кнопка Пуск; S1 – аварійний кнопковий вимикач із двома контактами; (14) – аналогові входи (0-20 мА та 0 – 10 В); (13) – додатковий дросель постійного струму; (12) – клема РО; (11) – дискретні входи для завдання напрямку обертання; (10) – коаксіальний кабель; (9) – підключення загальної клеми дискретних входів; (8) – контактне реле несправності для дистанційного контролю стану ПЧ; (7) – входні клеми ПЧ; (6) – дискретний вихід для можливої індикації; (5) – для часу зупинки більше 30 с; (4) – S2 повторне ввімкнення модулю XPS AT при подаванні напруги живлення чи після екстреної зупинки; (3) – дросель мережі HC63Y; (2) – команда зупинки; (1) – живлення.

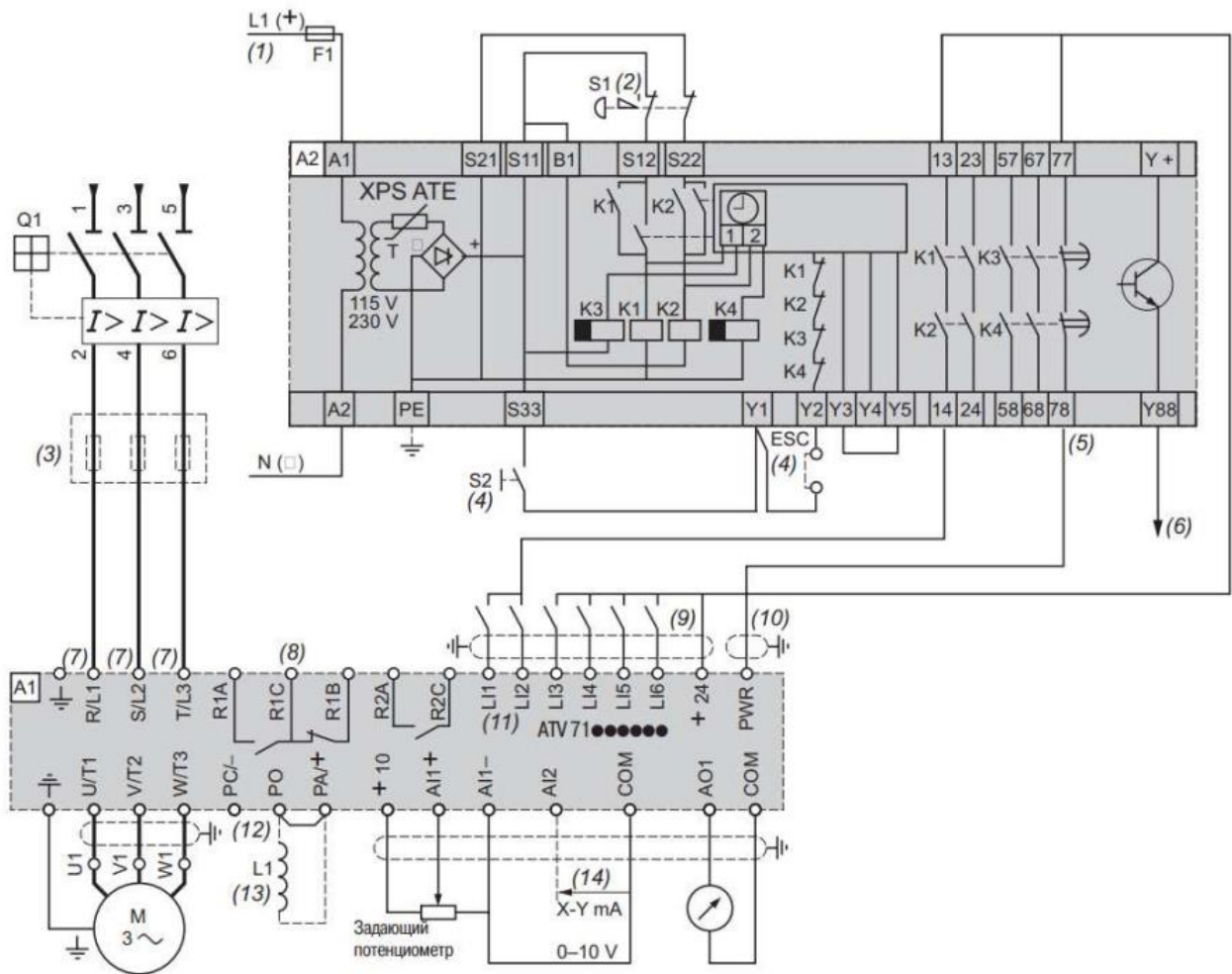


Рисунок 3.1 – Схема під'єднання перетворювача частоти, двигуна і модуля безпеки

3.3 Розрахунок і побудова механічних характеристик двигуна при частотному керуванні

Розраховуємо кутову частоту обертання магнітного поля статора

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} \text{ рад/с}, \quad (3.1)$$

$$\omega_0 = \frac{3,14 \cdot 750}{30} = 78.5 \text{ рад/с}.$$

Розраховуємо значення номінальної кутової частоти обертання

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} \text{ рад/с}, \quad (3.2)$$

$$\omega_n = \frac{3,14 \cdot 735}{30} = 76,93 \text{ рад/с}.$$

Значення номінального моменту

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} \text{ Нм}, \quad (3.3)$$

$$M_n = \frac{250000}{76.93} = 3250 \text{ Нм}.$$

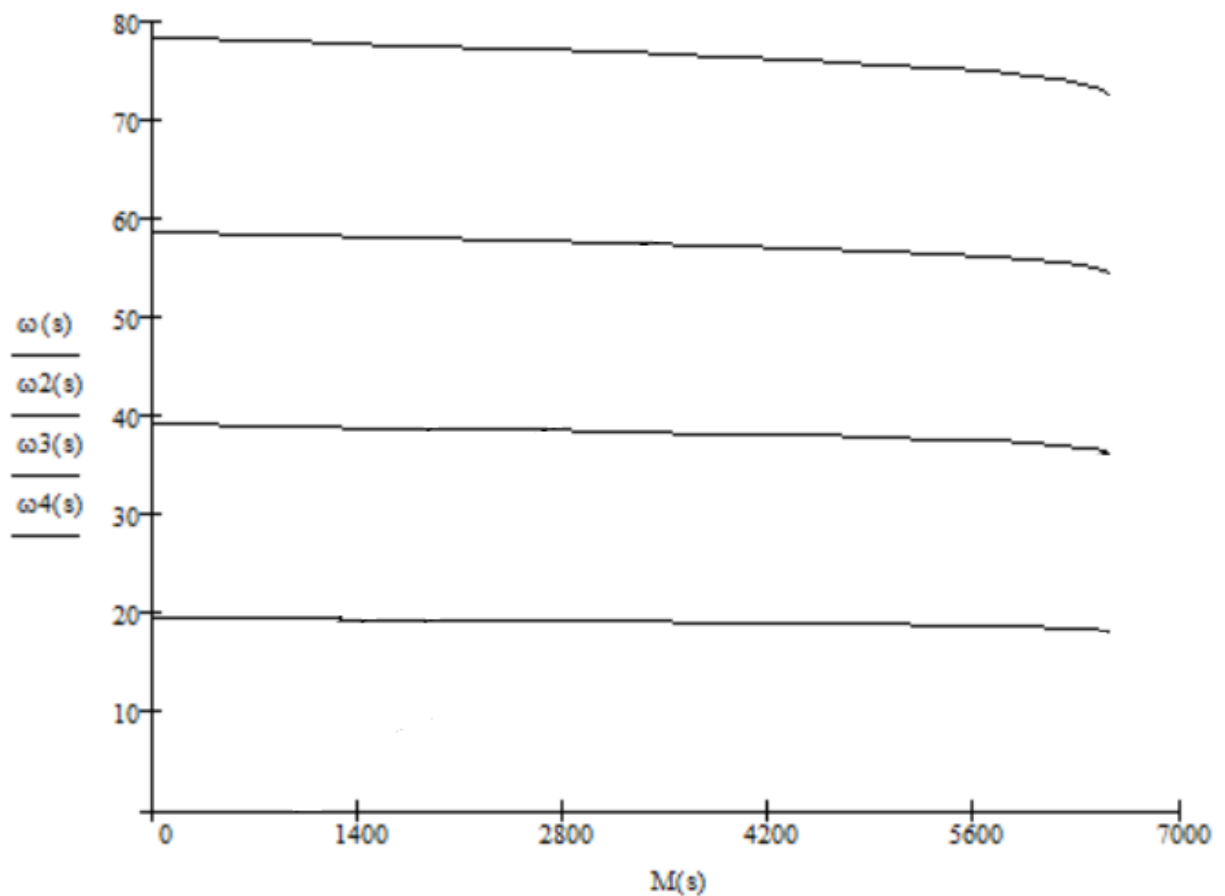


Рисунок 3.2 – Механічні характеристики при регулюванні частоти напруги живлення при лінійному законі керування.

Визначаємо критичний момент

$$M_k = \lambda m \cdot M_n \text{ Нм}, \quad (3.4)$$

$$M_k = 2 \cdot 3250 = 6499 \text{ Нм}.$$

Розраховуємо значення номінального ковзання

$$s_H = \frac{\omega_0 - \omega_H}{\omega_0} = \frac{78.5 - 76.93}{78.5} = 0,02 \quad (3.5)$$

А тепер значення критичного ковзання

$$s_K = s_H \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,02 \cdot (2 + \sqrt{2^2 - 1}) = 0,075 \quad (3.6)$$

Проводимо розрахунок та побудову механічних характеристик асинхронного двигуна при різних частотах живлення та побудуємо механічні характеристики. Розрахунок і побудову проводимо в пакеті MathCad.

Проводимо зміну ковзання і розраховуємо значення моменту та швидкості обертання трифазного асинхронного двигуна при різних частотах напруги живлення.

Визначення моменту проводимо за формулою Клосса

$$M = \frac{2 \cdot M_K}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s}} \quad (3.7)$$

Швидкість розраховуємо за наступними формулами

$$\omega_1 = \omega_0 \cdot (1-s),$$

$$\omega_2 = 0.75 \omega_0 \cdot (1-s),$$

$$\omega_3 = 0.5 \omega_0 \cdot (1-s),$$

$$\omega_4 = 0.25 \omega_0 \cdot (1-s).$$

Розраховані і побудовані характеристики представлені на рисунку 3.2.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу електрозабезпечення об'єкту

Розробка та вживання ефективних заходів запобігання аварійних і травмонебезпечних ситуацій можливі лише при завчасному виявленні тих небезпек, з яких починаються процеси їх формування. Оскільки небезпечні умови не завжди завчасно можна виявити, а для вивчення небезпечних дій іноді потрібно багато часу, щоб зібрати статистичний матеріал, то і методи виявлення цих небезпек повинні бути відповідно диференційовані (Таблиця 4.1).

4.2 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу

4.2.1 Правила техніки безпеки при обслуговуванні електрообладнання

1 Загальні положення

Безпечна і безаварійна робота споживчих трансформаторних підстанцій забезпечується своєчасним проведенням встановленого експлуатаційного обслуговування та ремонтних робіт – технічних доглядів та поточних ремонтів, які є складовою частиною системи планово-запобіжного ремонту електрообладнання.

Всі роботи, ремонтні і пов'язані з лабораторними вимірюваннями, для проведення яких необхідно підніматись на площадку трансформатора, повинні виконувати два висококваліфікованих електрики, які добре обізнані з правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів, і мають

кваліфікацію з техніки безпеки: один не нижче 4 групи, другий – не нижче 3 групи.

Таблиця 4.1 - Аналіз процесів формування та виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій при виконанні різних робіт

Вид робіт	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Засоби запобігання небезпечних ситуацій
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Проведення ремонту кабельної лінії	Непроведено закорочення жил кабеля після вимкнення напруги НУ1. Відсутність необхідних вимірювальних	Нехтування правилами техніки безпеки НД1. Користування невідповідним інструментом НД2.	Ураження струмом	Травма	Проведення додаткових інструктажів з техніки безпеки
Модель процесу НД ↓ НУ → НС → Т					
Роботи по ремонту трансформаторної підстанції	Опір заземлюючого контура перевищує допустимі норми НУ1. Опір ізоляції обмоток	Проведення ремонтних робіт несправним і непристосованим для проведення даного виду	Вихід з ладу електрообладнання НС1. Ураження струмом	Аварійна ситуація Травма	Забезпечення обслуговуючого персоналу необхідним і справним інструментом

	трансформа- тора не відповідає нормі НУ2.	робіт інстру- ментом НД1. Працюючий знаходиться у зоні НД2.	НС2.		
Модель процесу НУ ↓ НС → Т ↑ НД					

1 Вимоги безпеки перед початком роботи

Для початку роботи на площадці трансформатора спочатку вимикають рубильники або автоматичні вимикачі щита низької напруги, виймають плавкі вставки запобіжників, запирають шафу і вивішують попереджувальні плакати. Потім, одягнувши діелектричні рукавиці і калоші, вимикають привод роз'єднувача і, впевнившись із землі в тому, що роз'єднувач дійсно вимкнувся, закривають його на замок.

2 Вимоги безпеки під час роботи

Виконавши ці операції, піднімаються на площадку, надівають діелектричні рукавиці і за допомогою покажчика напруги перевіряють відсутність напруги на всіх фазах трансформатора, після чого виймають плавкі вставки запобіжників високої напруги. Потім, приєднавши один кінець переносного заземлення до заземлюючого пристрою, накладають його на струмоведучі частини високовольтних запобіжників. Після цього можна приступити до роботи на площадці трансформатора.

Якщо для виконання ремонтних чи експлуатаційних робіт треба піднятися вище трансформатора до роз'єднувача, то необхідно лінію, що живить дану підстанцію, вимкнути роз'єднувачем, якщо він є на цій лінії, або

відімкнути лінію від джерела живлення. Тільки після цього виконують зазначені роботи.

Якщо на підстанції необхідно замінити трансформатор, то перед опусканням і підніманням його, треба повністю вимкнути напругу з підстанції, заземлити лінію живлення і переконавшись у міцності конструкції підстанції.

3 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення всіх робіт на трансформаторній підстанції перед її вмиканням необхідно виконати наступне: встановити запобіжники високої напруги, зняти переносні тимчасові заземлення і коли всі працівники зйдуть з трансформаторної підстанції, закрити і замкнути складувану металеву драбину; відімкнути щит низької напруги підстанції і зняти плакати з техніки безпеки; якщо тимчасове переносне заземлення встановлене на лінії, його також треба зняти і після цього заповісти черговому на підстанції про те, що всі роботи закінчені, тимчасове заземлення зняте, можна подавати напругу, одержавши на це дозвіл. Перевірити показчик напруги, наявність струму на всіх трьох фазах головного рубильника розподільного щита низької напруги, вмикають всі рубильники або автоматичні вимикачі споживачів і вмикають розподільний щит.

4.2.2 Протипожежні заходи на об'єкті

В даному пункті виконують наступне:

Для запобігання пожеж на об'єкті розроблено організаційні, експлуатаційні, технічні режимного характеру, пожежо-евакуаційні, профілактичні заходи.

До організаційних заходів відносяться правила розміщення машин, що обслуговують виробничий процес, обладнання, матеріалів з дотримання певних проходів, не допускається захаращення приміщень, проходів і т. д.; навчання працівників протипожежної безпеки.

Експлуатаційні заходи передбачають такі режими експлуатації установок, в результаті яких повністю виключається можливість виникнення іскор і

полум'я при роботі установок, контакт нагрівних деталей обладнання з легкозаймистими матеріалами.

До технічних належать заходи, що застосовуються для правильного монтажу та експлуатації обладнання.

До засобів, що мають режимний характер відносять заборону куріння, запалювання сірників, правильного зберігання легкозаймистих матеріалів, постійний контроль за вогнебезпечними матеріалами.

Профілактичні заходи передбачають своєчасне встановлення первинних заходів вогнегасіння, а також підтримування в справному стані водопровідної системи. Заходи запобігання пожеж від розрядів статичної та атмосферної енергії, зводиться до встановлення заземлення і блискавко-захисту.

4.2.3 Розрахунок заземлень та захист лінії від атмосферних перенапруг

Опір заземлюючого пристрою повинен бути: $R_z \leq 10 \text{ Ом}$.

Опір повторного заземлення повинен бути: $R_{z.n.} \leq 30 \text{ Ом}$.

Визначимо опір вертикального електроду, якщо заземлення підстанції виконано стержнями $L = 5 \text{ м}$ і діаметром 12 мм , з'єднання між собою таким же самим стержнем на глибині $0,8 \text{ м}$. Глибина закладання стержня від поверхні землі $0,7 \text{ м}$.

Питомий опір ґрунту (чорнозему) визначимо за формулою:

$$s_p = k_c \cdot k_i \cdot \rho_{\text{вим}}, \quad (3.1)$$

де k_c – коефіцієнт сезонності;

k_i – коефіцієнт врахування стану ґрунту;

$$s_p = 1,1 \cdot 1,1 \cdot 200 = 242 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Опір заземлюючого стержня визначимо за формулою:

$$R_s = \left(\frac{0,366 \cdot \rho_p}{L} \cdot \left(\lg \frac{2L}{d} + 0,51 \cdot \lg \frac{4t_c + L}{4t_c - L} \right) \right); \quad (3.2)$$

$$R_s = \left(\frac{0,366 \cdot 242}{5} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{0,012} + 0,51 \cdot \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) \right) = 60,6 \text{ Ом}.$$

Опір повторного заземлення не повинен перевищувати $S_p = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

$$R_{н.з.} \leq 30 \frac{\rho_p}{100} = 72,6 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Для повторного заземлення достатньо прийняти один стержень $L = 5 \text{ м}$ і діаметром $d = 12 \text{ мм}$, опір якого $60,6 \text{ Ом} < 72,6 \text{ Ом}$.

Для мережі 0,38 кВ мінімальна кількість повторних заземлень – 10.

Визначимо загальний опір повторних заземлень за формулою:

$$R_{зп} = \frac{R_c}{n}, \quad (3.3)$$

де n – кількість повторних заземлень:

$$R_{зп} = \frac{60,6}{10} = 6,06 \text{ Ом}.$$

Опір заземлюючого пристрою повітряної лінії не повинен перевищувати 10 Ом.

Визначимо кількість вертикальних електродів за формулою:

$$n = \frac{R_c}{R_{зп}}; \quad (3.4)$$

$$n = \frac{60,6}{10} = 6,06 \approx 6 \text{ шт}.$$

Розташуємо стержні в контур на відстані 5 м один від одного. Довжина з'єднувального горизонтального електрода 25 м.

Прийmemo 7 стержнів із врахуванням екранування за формулою:

$$R_{з.с.} = \frac{R_c}{\eta_c \cdot n}, \quad (3.5)$$

де $\eta_c = 0,55$;

$$R_{з.с.} = \frac{60,6}{0,55 \cdot 6} = 18,46 \text{ Ом}.$$

Визначимо опір полоси зв'язку:

$$s_0 = k_c \cdot k_i \cdot \rho_{вум}; \quad (3.6)$$

$$s_0 = 1,4 \cdot 1,1 \cdot 200 = 308 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

$$R_n = \frac{0,366 \cdot \rho_p}{R_{з.с.} + k_{л}} \cdot \lg \frac{2 \ln^2}{dn \cdot tn}; \quad (3.7)$$

$$R_n = \frac{0,366 \cdot 308}{35 + 0,7} \cdot \lg \frac{2 \cdot 3,5^2}{0,012 \cdot 0,8} = 24,78 \text{ Ом}.$$

Визначимо опір заземлення підстанції:

$$R_{з.мн.} = \frac{R_{з.с.} \cdot R_n}{R_{з.с.} + R_n}; \quad (3.8)$$

$$R_{з.мн.} = \frac{15,74 \cdot 24,87}{15,74 + 24,87} = 9,63 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

Загальний опір заземлюючого пристрою з врахуванням повторних заземлень не повинен перевищувати 4 Ом:

$$R_{з.пр.} = \frac{R_{з.мн.} \cdot R_{з.пов.}}{R_{з.мн.} + R_{з.пов.}}; \quad (3.9)$$

$$R_{з.пр.} = \frac{9,63 \cdot 6,06}{9,63 + 6,06} = 3,71 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}.$$

Від атмосферних перенапруг трансформатор 10/0,4 кВ споживчих підстанцій типу КТП захищаються двома комплектними вентильними розрядниками зі сторони високої напруги РВО-10, із сторони низької напруги РВН-1,05.

РОЗДІЛ 5

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Проводимо визначення сумарних витрат необхідних для удосконалення принципової схеми керування електроприводом механізму піднімання:

$$ПВ = B_{ін} + B_{уст}, \quad (5.1)$$

$$ПВ = 50\,000 + 620\,000 = 670\,000 \text{ грн.}$$

де $B_{ін}$ – значення вартості інших матеріалів та витрат;

$B_{уст}$ – значення вартості устаткування для вдосконалення (перетворювач частоти).

Значення річних експлуатаційних витрат на механізм піднімання складаються із двох частин:

1) непрямих експлуатаційних витрат, які не пов'язані із експлуатацією механізму піднімання;

2) прямих експлуатаційних витрат, які напряду пов'язані із експлуатацією механізму піднімання.

Значення сумарних витрат:

$$\Sigma B = \Sigma_B П + \Sigma_B H \quad (5.2)$$

де $\Sigma_B П$ - значення прямих витрат на електропривод механізму піднімання;

$\Sigma_B H$ - значення непрямих витрат на електропривод механізму піднімання.

Значення прямих витрат на електропривод механізму піднімання:

$$\Sigma_B П = A + B_m + E + B_{ін} \quad (5.3)$$

де A - значення амортизаційних відрахувань на електропривод механізму піднімання;

B_m - значення вартості затрачених матеріалів на електропривод механізму піднімання;

E - значення вартості затрат електроенергії електроприводом механізму піднімання;

B_{in} - значення вартості інших незначних затрат і витрат на електропривод механізму піднімання.

Значення річної суми амортизаційних відрахувань на електропривод механізму піднімання:

$$A = \frac{ПВ + K_p - ЛВ}{T} \quad (5.4)$$

де A - значення амортизаційних відрахувань на електропривод механізму піднімання;

$ПВ$ - значення першопочаткової вартості на електропривод механізму піднімання;

K_p - значення витрат на капітальний ремонт на електропривод механізму піднімання;

$ЛВ$ - значення ліквідаційної вартості електроприводу механізму піднімання;

T - значення терміну служби на електропривод механізму піднімання;

Для механізму піднімання значення витрат на капітальний ремонт і ліквідаційну вартість:

$$K_p = (40 - 50\%) \cdot ПВ = 0,5 \cdot 670\,000 = 335\,000 \text{ грн} \quad (5.5)$$

$$ЛВ = (2 - 7\%) \cdot ПВ = 0,05 \cdot 670\,000 = 33\,500 \text{ грн} \quad (5.6)$$

Приймаємо термін служби механізму піднімання 20 років.

Отже значення річної суми амортизаційних відрахувань на електропривод механізму піднімання:

$$A = \frac{670\,000 + 335\,000 - 33\,500}{20} = 48\,575 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Значення суми відрахувань на капітальний ремонт на електропривод механізму піднімання:

$$A_{кр} = \frac{K_p}{T} = \frac{335\,000}{20} = 16\,750 \text{ грн} \quad (5.7)$$

Значення суми відрахувань на відновлення електроприводу механізму піднімання:

$$A_{\epsilon} = \frac{ПВ - ЛВ}{T} = \frac{670\,000 - 33\,500}{20} = 31\,825 \text{ грн} \quad (5.8)$$

Значення норми амортизаційних відрахувань на електропривод механізму піднімання:

$$a = \frac{A}{ПВ} \cdot 100\% = \frac{31\,825}{670\,000} \cdot 100 = 4,75\% \quad (5.9)$$

Значення норми амортизаційних відрахувань на капітальний ремонт на електропривод піднімання:

$$a_{кр} = \frac{A_{кр}}{ПВ} \cdot 100\% = \frac{16\,750}{670\,000} \cdot 100 = 2,5\% \quad (5.10)$$

Значення норми амортизаційних відрахувань на відновлення на електропривод механізму піднімання:

$$a_e = \frac{A_e}{ПВ} \cdot 100\% = \frac{31\,825}{670\,000} \cdot 100 = 4,75\% \quad (5.11)$$

Згідно з формулою (5.3) значення прямих витрат на електропривод механізму піднімання:

$$\Sigma_B П = 48\,575 + 50\,000 + 3\,504\,000 + 620\,000 = 3\,504\,718\,584 \text{ грн.}$$

Значення непрямих витрат на електропривод механізму піднімання:

$$\Sigma_B Н = 10\% \cdot \Sigma_B П = 0,1 \cdot 3\,504\,718\,584 = 350\,471\,858 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники модернізації електроприводу механізму піднімання

Параметр	Одиниці виміру	Величина
Сумарні затрати	грн.	670 000
Капітальний ремонт	грн	335 000
Відрахування на відновлення	грн.	31 825
Сума амортизаційних відрахувань	грн	48 875
Ліквідаційна вартість	грн	33 500
Прямі витрати	грн	3 504 718 584
Непрямі витрати	грн	350 471 858
Сумарні витрати	грн	3 855 200 442
Термін окупності	років	3,9

Згідно із формулою (5.2) значення сумарних витрат на електропривод механізму піднімання:

$$\Sigma B = 3\,504\,718\,584 + 350\,471\,858 = 3\,855\,200\,442 \text{ грн.}$$

Значення терміну окупності вдосконалення електроприводу механізму піднімання:

$$T = \frac{PB + \Sigma B}{E_p}, \text{ років} \quad (5.12)$$

де E_p - значення річної економії.

$$T = \frac{670\,000 + 3\,855\,200\,442}{978\,000\,000} = 3,9 \text{ року.}$$

Основним елементом, що містить в собі фактично цілу систему керування це перетворювач частоти. Його вартість становить 620000 гривень, а уся модернізація 670 000 гривень. Значення терміну окупності є становить 3,9 років. (таблиця 5.1).

ВИСНОВКИ

1. У роботі дано коротку характеристику Виробничого підприємства Шахта «Межирічанська». Проаналізовано особливості будови та роботи механізму піднімання вантажу у шахтах. Дано обґрунтування теми роботи.
2. Проаналізовано особливості роботи ліфтів. Розраховано тахограму руху та діаграму навантаження механізму піднімання. Здійснено розрахунок та вибір двигун механізму піднімання та зроблено його перевірку по номінальному та максимальному моментах.
3. Проаналізовано особливості побудови перетворювачів частоти та їх роботи, запропоновано схему електроприводу механізму піднімання на базі вибраного перетворювача частоти. Проведено розрахунок механічних характеристик трифазного асинхронного електродвигуна при частотному регулюванні швидкості обертання.
4. Розкрито питання охорони праці.
5. Проаналізовано економічні питання, а саме визначення терміну окупності використання перетворювача частоти, що становить 3,9 роки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Електромеханичні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч.посібник. М. Г. Поповіч, О. Ю. Лозинський, В.Б.Клепиков та ін. Київ: Либідь, 2005 р. 680 с.
2. Видмиш А. А. Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів. Навчальний посібник. А. А. Видмиш, С. М. Бабій, В. В. Петрусь. Вінниця. ВНТУ, 2012 р. 96 с.
3. Видмиш А. А., Трошин О. А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум. Навчальний посібник. Вінниця. ВДТУ, 2003 р. 135 с.
4. Матвійчук В. А., Стаднік М. І., Рубаненко О. О. Електропривод виробничих машин і механізмів. Навчальний посібник з виконання курсової роботи. Вінниця. ВНАУ, 2016 р. 320 с.
5. Колб А. А. Теорія електроприводу. Навчальний посібник. Донецьк. Національний гірничий університет, 2006 р. 511 с.
6. Браславський І. Я., Ішматов З. Ш. Реалізація енергоощадних технологій на основі регульованих асинхронних електроприводів. Київ. Електроінформ. 2003 р. 15 с.
7. Ю. М. Лаврієнко Електропривод. Підручник. Київ: Ліра-К 2009 р. 504с.
8. Жулай Є. Л., Зайцев Б. В., Лаврієнко Ю. М., Марченко О. С., Войтюк Д. Г. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній(за ред. Жулая Є.Л.). Київ. Вища освіта, 2001 р. 288 с.
9. Ярошенко Л. В. Лабораторний практикум з електропривода та електрообладнання: Навчальний посібник. Вінниця. РВВ ВНАУ, 2010 р. 192 с.
10. Лехман С. Д., Рубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ. Урожай, 1993 р. 267 с.
11. Основи охорони праці. Купник М. П. і ін. Київ. Основа, 2000 р. 41с.
12. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98. Офіц.вид. Київ. Держбуд України, 2001 р. 24 с.

13. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В. Основи охорони праці. Підручник для професійно-технічних закладів. Київ. Вікторія. 2001. 192 с.
14. В. Ц. Жилдецький Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша. 2005.
15. Видмиш А. А., Трошин О. А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум Навчальний посібник. Вінниця. ВДТУ. 2003. 135 с.