

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

Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний факультет

(факультет)

Кафедра електропривода

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Цицилін Ростислав Павлович

(ПІБ)

академічної групи ЕТФ -141-18ск-3

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ Електропривод, мехатроніка та робототехніка

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Електропривод повздовжньої подачі металорізального верстату за системою вентильного двигуна

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Казачковський М.М.			
розділів:				
Технологічна частина	Казачковський М.М.			
Автоматизований електропривод	Казачковський М.М.			
Охорона праці	Столбченко О.В.			
Техніко-економічне обґрунтування	Тимошенко Н.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер				

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

електропривода

(повна назва)

Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«_____» _____ 2021 року

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

Студенту Цицилін Р.П. академічної групи ЕТФ -141-18ск-3
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ Електропривод, мехатроніка та робототехніка

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему «Електропривод повздовжньої подачі металорізального верстату за системою вентильного двигуна»

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічна частина	Основні відомості про технологічний процес та загальну конструкцію двигуна	22.01.2021- 24.02.2021
Автоматизований електропривод	Розрахунок діаграми швидкостей та навантажень та перевірка попередньо обраного двигуна.	23.04.2021- 25.05.2021
Охорона праці	Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників технологічного процесу.	25.05.2021- 31.05.2021
Техніко-економічне обґрунтування	Здійснення розрахунку капітальних та експлуатаційних витрат.	01.06.2021- 06.06.2021

Завдання видано

(підпис керівника)

Казачковський М.М.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 20.01.2021

Дата подання до екзаменаційної комісії 17.06.2021

Прийнято до виконання

(підпис студента)

Цицилін Р.П.

(прізвище, ініціали)

Зміст

Реферат	4
РОЗДІЛ 1 Технологічна частина.....	6
Обґрунтування теми.....	7
Основні відомості про технологічний процес та загальну конструкцію верстата.....	7
Основні відомості про технологічний процес та загальну конструкцію вентильного двигуна.....	9
Розділ 2 Розрахунок та вибір автоматизованого електроприводу.....	11
Вихідні дані.....	11
Розрахунок навантажень та вибір двигуна.....	13
Передатне число механічної передачі.....	13
Вибір Елементів Силового Кола.....	16
Розрахунок Параметрів САР.....	17
Розділ 3 Охорона праці.....	19
Вступ.....	20
Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників технологічного процесу.....	20
Заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих факторів.....	21
Протипожежна безпека.....	21
Розрахунок штучного освітлення.....	22
Висновки.....	25
Розділ 4 Техніко-економічне обґрунтування.....	26
Вступ.....	27
Розрахунок капітальних витрат.....	27
Розрахунок експлуатаційних витрат.....	29
Висновки.....	34
Таблиця обґрунтувань.....	35
Література.....	36

Реферат

В даній кваліфікаційній роботі було описано роботу автоматизації головного руху металорізального верстату.

Мета даної роботи полягає у розробці й дослідженні системи автоматичного регулювання процесом обробки деталі на металорізального верстату з вентельним двигуном. А також розрахунку швидкості стругання та вибору двигуна головного руху та комплектного електропривода.

У розділі охорона праці розглядав аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників технологічного процесу та заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих факторів. Протипожежна система та розрахунок штучного освітлення.

В даній частині економічного обґрунтування провів розрахунок річних експлуатаційних та капітальних затрат споживача.

Abstract

In the dany kvalifikatsiynyi roboti bulo described robot automation of the head rukh metalorizalnogo verstatu.

Meta-data of the robot field at rosrobci y doslidzhenni system of automatic reguluvannya process obrobki details on metalorizalnogo verstatu z ven-telnim dvigunom. And also rozrahunku shvidkosti strugannya ta viboru dviguna head ruhu ta complete electric drive.

U rozdili okhorona pratsi rozglyadav analiz nebezpechnykh i shkidlivykh virobnychikh chinnikiv technologichnogo protsessu ta go schodo usunennya nebezpechnykh ta shkidlivykh faktoriv. Protipozhezhna system ta rozrahunok piece osvitlenya.

In dany chastini ekonomichnogo obgruntuvannya proviv rozrahunok richnykh ekspluatatsiynykh ta kapitalnykh spozhivacha costs.

Розділ 1

Технологічна частина

Технічний прогрес зробив сучасні металорізальні верстати універсальними. Але при цьому вони накопичують велику кількість елементів. Кількість тільки електричних машин досягає декількох десятків. Новітні верстати включають в себе велику кількість механізмів та здійснюють механічні, електричні, гідравлічні, пневматичні, й інші методи рухів та керуванням циклу.

1.1 Обґрунтування теми

Темою даної кваліфікаційної роботи стала робота електродвигуна повздожньої подачі металорізального верстату за системи вентильного двигуна.

Металорізальні верстати використовують для обробки заготовок, шляхом знятті стружки.

У верстата старої конструкції в якості двигуна головного руху використовувався двигун постійного струму. Актуальність даної роботи полягає у прийнятті рішення про проектування електропривода на базі вентильного двигуна, як надійного і довговічного в роботі й схеми керування із використанням цифроаналогових елементів. Основними задачами, які вирішує система керування електропривода стругального верстата, є регулювання швидкості обробки деталі й підтримання її із заданою точністю.

1.2 Основні відомості про технологічний процес та загальну конструкцію верстата

Металорізальні верстати використовуються для механічної обробки металу за допомогою одного чи декількох інструментів. Обробка виконується за допомогою зняття стружки. В наслідок цього заготовка набуває форми, схожої до потрібної. Так оброблюють заготовку, поки вона не буде співпадати з необхідною (звісно в межах дозволеної точності). Також за допомогою металорізального верстату заготовка набуває «чистоти поверхні».

На верстаті пересувається кромка інструменту відносно заготовки, таким чином вона отримує необхідну форму. А необхідне відносне переміщення здійснюється поєднанням руху інструмента та заготовки. Такі рухи називають основними рухами чи робочими рухами.

В залежності від виду виду обробки рухи здійснюються по різному. Наприклад:

- поєднанням обертального руху заготовки і поступальної ходи інструменту (токарна обробка);
- поєднанням одночасно обертального і поступального рухів інструменту при нерухомій заготовці (свердління);
- поєднанням обертального руху інструменту і поступальної ходи заготовки (фрезерування);
- оєднанням одночасно обертального і двох поступальних рухів інструменту і обертального руху заготовки (шліфування циліндрових поверхонь);
- та інші.

Окрім основних рухів, у верстатах використовують так звані допоміжні рухи. Вони необхідні для:

- налагоджувальних операцій;
- автоматичного підведення інструментів до заготовки і зворотного відведення;
- автоматичного контролю розмірів в процесі обробки ;
- та інші.

Між електродвигунами верстата існують електричні блокувальні і функціональні зв'язки з використанням складної електричної схеми управління.

В сукупності з механічними, гідравлічними і іншими системами автоматизований електропривод забезпечує високу продуктивність і якість роботи сучасних металорізальних верстатів. Швидкий розвиток техніки викликав появу дуже складних і різноманітних систем комплексної автоматизації у верстатобудуванні, таких, як системи слідкуючого електроприводу, програмні, самоналагоджувальні системи і ін.

Основні вимоги до електропривода – збільшення продуктивності верстата і зменшення вартості. Але ускладнення систем призводить до збільшення ціни електроніки верстата. Це також впливає на ціну та складність обслуговування та експлуатації обладнання. Таким чином, виходить що основні вимоги до електропривода суперечать один одному. Щоб вирішати ці проблеми, є використання комплексної автоматизації верстатів а також якісних, надійних та зменшених по вартості елементів електроустаткування. Пошук доцільних рішень є нелегким технічним і економічним завданням. Найбільш складним це завдання стає при виборі систем електроприводу і способу регулювання швидкості механізму верстата.

1.3 Основні відомості про технологічний процес та загальну конструкцію вентиляльного двигуна

Вентильний двигун (ВД) чи безколекторний двигун постійного струму – це електромеханічна система, що складається з синхронного двигуна та перетворювача частоти, в якому переключення фаз перетворювача частоти здійснюється в функції положення ротора двигуна. Положення ротора визначається за допомогою спеціального датчика.

Як правило контролер такого двигуна живиться від постійної напруги, а частота обертання ротора залежить від напруги живлення. Таким чином двигун працює як двигун постійного струму. Конструктивно вентильний двигун нагадує синхронний двигун перемінного струму. Принципи праці двигуна заснований на тому, що контролер комутирує обмотки статора так, щоб вектор магнітної обмотки статора завжди був розміщений перпендикулярно відносно вектору магнітного кола ротора. За допомогою широтно-імпульсної модуляції контролер керує струмом, що проходить через обмотки, тобто вектором магнітного поля статора. Таким чином керується момент, що діє на ротор. Знак у кута між векторами визначає напрямок моменту діючого на ротор.

Вентильний двигун покращив особливості двигунів постійного струму. Також на відміну від синхронних двигунів, вентильний двигун має самосинхронізацію, внаслідок чого у вентиляльного двигуна частота обертання поля пропорційна частоті обертання ротора, а частота обертання ротора залежить від напруги живлення.

Головна перевага вентильних двигунів – відсутність контактів, що обертаються. А це у позитивному ключі впливає на надійність і довговічність конструкції.

Такий тип двигуна знайшов себе у як у побуті (вентилятори від літньої спеки, комп'ютерні вентилятори і CD / DVD-приводи для зчитування) так і в промисловості (в системах регулювання швидкості з великим діапазоном і високим темпом пусків, зупинок і реверсу; в авіаційній техніці). Особливо популярними безколекторні електродвигуни стали в моделізмі, ними оснащують різні радіокеровані авіа-, авто- та судомоделі.

В даній дипломній роботі приводиться рішення по обираю оптимального обладнання для металорізального верстату. І перевірка цього обладнання на працездатність у заданих умовах.

Розділ 2

Розрахунок та вибір автоматизованого електроприводу

2.1 Вихідні дані

Діаграми статичного зусилля на супорті F_c та швидкості подачі супорту v наведені на рис. 1, а параметри діаграм – у табл. 1. Тривалість циклу обробки деталі T . На інтервалах t_2 та t_9 має місце робоча подача зі швидкостями подачі v_2 та v_9 , на інтервалах $t_4 \dots t_7$, $t_{11} \dots t_{13}$ – відведення інструменту, протягом часу t_{14} здійснюється заміна деталі.

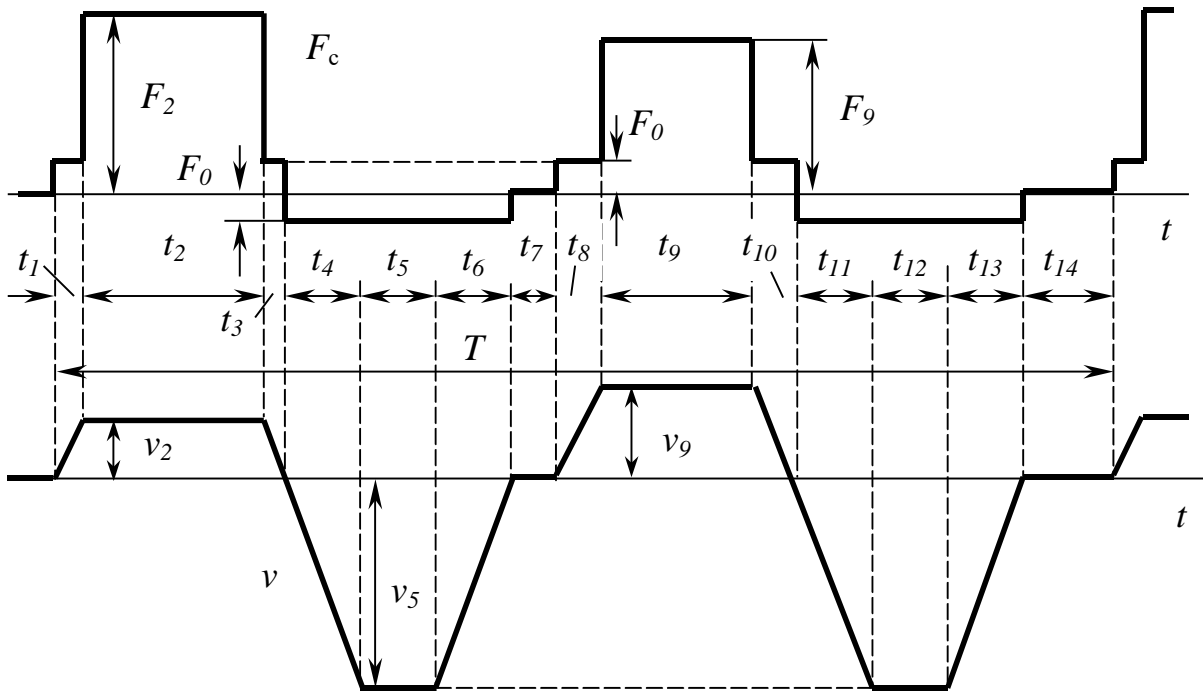


Рис.2.1 Діаграми статичних зусиль на супорті та швидкості подачі

Кінематичну схему приводу головного руху показано на рис. 2. Зубчасті пари передачі – циліндричні (кількість зубів зубчастих коліс також зведено до табл. 1). Перетворення обертального руху на поступальний рух супорту здійснюється за допомогою кулько-гвинтової (рис. 2,б) передачі. У першому випадку на вихідному валі III розташовано зубчасту шестерню діаметром d_k , яке має зчеплення з зубчастою рейкою, жорстко пов'язаною з супортом. У другому випадку з валом II з'єднано гвинт із кроком t_r , а на супорті розташовано гайку. У табл. 1 також наведено масу супорта m_c і сумарний

момент інерції зубчастої передачі $J_{\text{пер}}$, зведений до валу I . Живлення верстату здійснюється від промислової мережі $3 \times 0,4$ кВ.

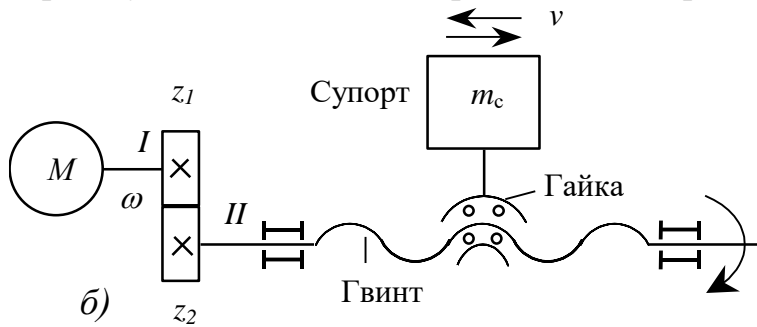


Рис. 2.2. Кінематична схема приводу подачі (а – з рейковою передачею, б – з кульково-гвинтовою передачею)

Таблиця 1

Вихідні дані

Параметр № варіанту	Значення				
	1	2	3	4	5
Кінематична схема					Рис. 2,б
d_k , мм					-
t_r , мм					10
z_1					26
z_2					52
z_3					-
z_4					-
t_1 , с					0,1
t_2 , с					220
t_3 , с					0,1
t_4 , с					2,2
t_5 , с					2,2
t_6 , с					2,2
t_7 , с					0,5
t_8 , с					0,1
t_9 , с					180
t_{10} , с					0,1
t_{11} , с					2,2
t_{12} , с					2,2
t_{13} , с					2,2
t_{14} , с					10
F_0 , кН					0,12
F_2 , кН					3

F_9 , кН					2	
v_2 , м/с					$2,2 \cdot 10^{-3}$	
v_5 , м/с					0,11	
v_9 , м/с					$2,8 \cdot 10^{-3}$	
m_c , кг					60	
i					2	
$J_{пер}$, зведений до валу I, кгм ²					0,001	
Система електроприводу					ВД (однозонний)	
Ход супорта, м					0,5	

Таблиця 2
Коефіцієнти корисної дії передач

Тип передачі	Величина
Зубчаста: конічна	0,96...0,97
циліндрична	0,98...0,99
черв'ячна	0,7...0,8
Ремінна	0,92...0,95
Кулько-гвинтова: без натягу	0,95
з натягом	0,85...0,9

Таблиця 3
Коефіцієнти тертя

Вузол	Величина
Напрямні опори: ковзання	0,1
кочення	0,005...0,01
Підшипники кочення	0,003...0,004

2.2 Розрахунок та вибір автоматизованого електроприводу

2.2.1 Розрахунок навантажень та вибір двигуна Передатне число механічної передачі

$$i = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{52}{26} \cdot \frac{0}{0} = 2$$

ККД передачі:

$$\eta = \eta_{21} \eta_{43} \eta_{кр} = 0.985 * 0.95 = 0.93575$$

Розрахуємо статичні моменти на валі двигуна:

$$M_{c0} = \frac{F_0 d_k}{2 \cdot i \cdot \eta} = \frac{120 \cdot 0,01}{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,93575} = 0,102 \text{ Нм}$$

$$M_{c2} = \frac{F_2 d_k}{2 \cdot i \cdot \eta} = \frac{3000 \cdot 0,01}{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,93575} = 2,551 \text{ Нм}$$

$$M_{c9} = \frac{F_3 d_k}{2 \cdot i \cdot \eta} = \frac{2 \cdot 0,01}{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,93575} = 1,7 \text{ Нм}$$

Швидкості валу двигуна:

$$\omega_2 = \frac{v_2 \cdot 2 \cdot i}{t_r} = \frac{2,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 1}{0,105} = 0,88 \text{ рад/с}$$

$$n_2 = \frac{30 \cdot \omega_2}{\pi} = \frac{30 \cdot 0,88}{3,14} = 7,6 \text{ об/хв}$$

$$\omega_5 = \frac{v_5 \cdot 2 \cdot i}{t_r} = \frac{0,11 \cdot 2 \cdot 1}{0,105} = 44 \text{ рад/с}$$

$$n_5 = \frac{30 \cdot \omega_4}{\pi} = \frac{30 \cdot 44}{3,14} = 420 \text{ об/хв}$$

$$\omega_9 = \frac{v_9 \cdot 2 \cdot i}{t_r} = \frac{2,8 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 1}{0,105} = 3,81 \text{ рад/с}$$

$$n_9 = \frac{30 \cdot \omega_4}{\pi} = \frac{30 \cdot 1,12}{3,14} = 10,7 \text{ об/хв}$$

Середньоквадратичний статичний момент на валі двигуна :

$$M_{cck} = \sqrt{\frac{M_{c1}^2 \cdot t_1 + M_{c2}^2 \cdot t_2 + M_{c3}^2 \cdot t_3 + \dots + M_{c14}^2 \cdot t_{14}}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_{14}}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,00104 + 1431,67 + 0,00104 + 0,02288 + 0,02288 + 0,02288 + 0 + 0,00104 + 520,2 + 0,00104 + 0,02288 + 0,02288 + 0,02288 + 0}{0,1 + 220 + 0,1 + 2,2 + 2,2 + 2,2 + 0,5 + 0,1 + 180 + 0,1 + 2,2 + 2,2 + 2,2 + 10}} = 2,145369$$

Двигун обираємо за моментом та швидкістю:

$$M_{d0} > M_{cck}$$

$$n_{max} > n_5$$

Тип	Уж, В	Md0, Нм	Id0, А	nmax, об/хв	Mmax0, Нм	Jд, кгм ²
2ДВУ 115А	520	2,3	3,6	4000	10,2	0,000216

Таб 2.1 параметри вентельного двигуна

Момент інерції поступальних мас, зведених до валу двигуна

$$J_{\Pi} = \frac{m_c \cdot t_r^2}{4 \cdot i^2 \cdot \eta^2} = \frac{60 \cdot 0,01^2}{4 \cdot 2 \cdot 0,93575^2} = 0,000428 \text{ кгм}^2$$

Сумарний момент інерції електропривода:

$$J = J_{\text{дв}} + J_{\text{пер}} + J_{\text{п}} = 0,0027 + 0,001 + 0,000428 = 0,003948 \text{ кгм}^2$$

Динамічні моменти:

$$M_{j1} = J \frac{\omega_{\text{кін}} - \omega_{\text{поч}}}{t_1} = 0,003948 \frac{\omega_2 - 0}{t_1} = 0,003948 \frac{0,88 - 0}{0,1} = 0,3476 \text{ Нм}$$

$$M_{j3} = J \frac{\omega_{\text{кін}} - \omega_{\text{поч}}}{t_3} = 0,00395 \frac{0 - \omega_2}{t_3} = 0,00395 \frac{0 - 0,88}{0,1} = -0,3476 \text{ Нм}$$

$$M_{j4} = J \frac{\omega_{\text{кін}} - \omega_{\text{поч}}}{t_4} = 0,00395 \frac{\omega_5 - 0}{t_4} = 0,00395 \frac{-44 - 0}{2,5} = -0,0695 \text{ Нм}$$

$$M_{j6} = J \frac{\omega_{\text{кін}} - \omega_{\text{поч}}}{t_6} = 0,00395 \frac{0 - \omega_5}{t_6} = 0,00395 \frac{0 - (-44)}{2,5} = 0,0695 \text{ Нм}$$

$$M_{j8} = J \frac{\omega_{\text{кін}} - \omega_{\text{поч}}}{t_8} = 0,00395 \frac{\omega_2 - 0}{t_8} = 0,00395 \frac{0,88 - 0}{0,1} = 0,0348 \text{ Нм}$$

$$M_{j10} = J \frac{\omega_{\text{кін}} - \omega_{\text{поч}}}{t_{10}} = 0,00395 \frac{0 - \omega_9}{t_{10}} = 0,00395 \frac{0 - 3,81}{0,1} = -0,15 \text{ Нм}$$

$$M_{j11} = J \frac{\omega_{\text{кін}} - \omega_{\text{поч}}}{t_{11}} = 0,00395 \frac{\omega_9 - 0}{t_{11}} = 0,00395 \frac{-3,81 - 0}{2,5} = -0,006 \text{ Нм}$$

$$M_{j13} = J \frac{\omega_{\text{кін}} - \omega_{\text{поч}}}{t_{13}} = 0,00395 \frac{\omega_5 - 0}{t_{13}} = 0,00395 \frac{0 - (-44)}{5} = 0,0348 \text{ Нм}$$

Сумарні моменти двигуна на інтервалах часу:

$$M_1 = M_{c1} + M_{j1} = 0,102 + 0,3476 = 0,4496 \text{ Нм}$$

$$M_2 = M_{c2} = 2,55 \text{ Нм}$$

$$M_3 = M_{c3} + M_{j3} = 0,102 - 0,3476 = -0,2456 \text{ Нм}$$

$$M_4 = M_{c4} + M_{j4} = -0,102 - 0,0695 = -0,1715 \text{ Нм}$$

$$M_5 = M_{c0} = -0,102 \text{ Нм}$$

$$M_6 = M_{c6} + M_{j6} = -0,102 + 0,0695 = -0,0325 \text{ Нм}$$

$$M_7 = 0 \text{ Нм}$$

$$M_8 = M_{c8} + M_{j8} = 0,102 + 0,0348 = 0,1368 \text{ Нм}$$

$$M_9 = M_{c9} = 1,7 \text{ Нм}$$

$$M_{10} = M_{c10} + M_{j10} = 0,102 - 0,15 = -0,048 \text{ Нм}$$

$$M_{11} = M_{c11} + M_{j11} = -0,102 + 0,0348 = -0,0672 \text{ Нм}$$

$$M_{12} = -M_{c0} = -0,102 \text{ Нм}$$

$$M_{13} = M_{c13} + M_{j13} = -0,102 - 0,006 = -0,108 \text{ Нм}$$

$$M_{14} = 0 \text{ Нм}$$

Еквівалентний середньоквадратичний момент двигуна:

$$\begin{aligned}
 M_e &= \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + M_3^2 t_3 + M_4^2 t_4 + M_5^2 t_5 + M_6^2 t_6 + M_8^2 t_8 + M_9^2 t_9 + M_{10}^2 t_{10} + M_{11}^2 t_{11} + M_{12}^2 t_{12} + M_{13}^2 t_{13}}{t_1 + \dots + t_{14}}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,3476^2 * 0,1 + 2,55^2 * 220 + 0,2456^2 * 0,1 + 0,1715^2 * 2,2 + 0,102^2 * 2,2 + 0,0695^2 * 2,2 + 0^2 * 0,5 + 0,1368^2 * 0,1 + 1,7^2 * 180 + 0,048^2 * 0,1 + 0,0672^2 * 2,2 + 0,102^2 * 2,2 + 0,108^2 * 2,2 + 0^2 * 10}{0,1 + 220 + 0,1 + 2,2 + 2,2 + 2,2 + 0,5 + 0,1 + 180 + 0,1 + 2,2 + 2,2 + 2,2 + 10}} \\
 &= 2.145
 \end{aligned}$$

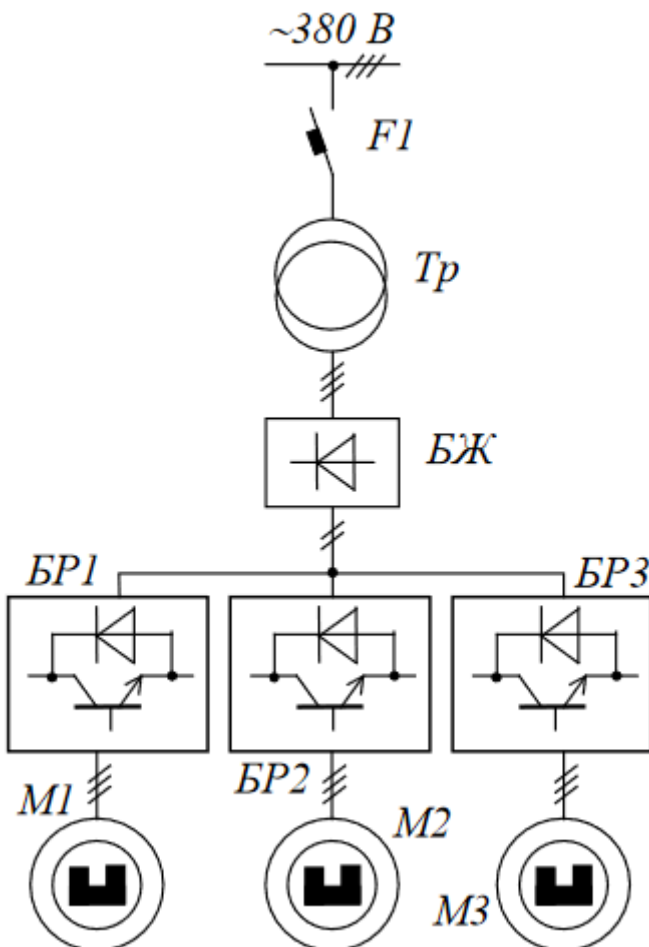
Обов'язково перевіряємо двигун на нагрів.

Двигун не перегрівається, якщо $M_{d0} > M_e$:

$$2.3 \text{ Нм} > 2.145 \text{ Нм}$$

Обраний двигун не перегрівається.

2.2.2 Вибір Елементів Силового Кола



Для механізмів подач верстатів із ЧПК випускаються комплектні електроприводи з вентильним двигуном та транзисторним інвертором напруги з ШІМ. До складу електроприводу входять силовий блок живлення (БЖ), силовий трансформатор (для БЖ з номінальним струмом 8 А відсутній), один або кілька (за кількістю подач) блоків регулювання (складається з транзисторного інвертора напруги, розподільника імпульсів, регуляторів струму та швидкості, системи захистів та блокувань). Схема з'єднання блоків та їх вмикання до мережі змінного струму наведена на рис. Блок регулювання (БР) вибирають за струмом та напругою двигуна

$$I_{дн} \geq I_{d0}; U_{бр} \geq U_{дн}.$$

Обираємо комплектний електропривод 2ДВУ115-2,3-4

Рис.2.1 Схема вмикання електроприводу з ВД

Тип електропривода	Тип та параметри блока керування БС				
	Тип	Параметри кола якоря		Параметри кола збудження	
		I_H, A	U_H, B	I_H, A	U_H, B
2ДВУ	БС4102-305	10	230	32	520

Таб.2.2 Параметри електропривода

2.2.3 Розрахунок Параметрів САР

Функціональна схема електропривода зображена на рис. Особливістю САР є наявність датчика положення ротора ДПР та розподільника імпульсів РІ, який здійснює передачу керуючих імпульсів від релейного регулятора струму РРС до силових ключів чергових фаз статора залежно від положення ротора ВД.

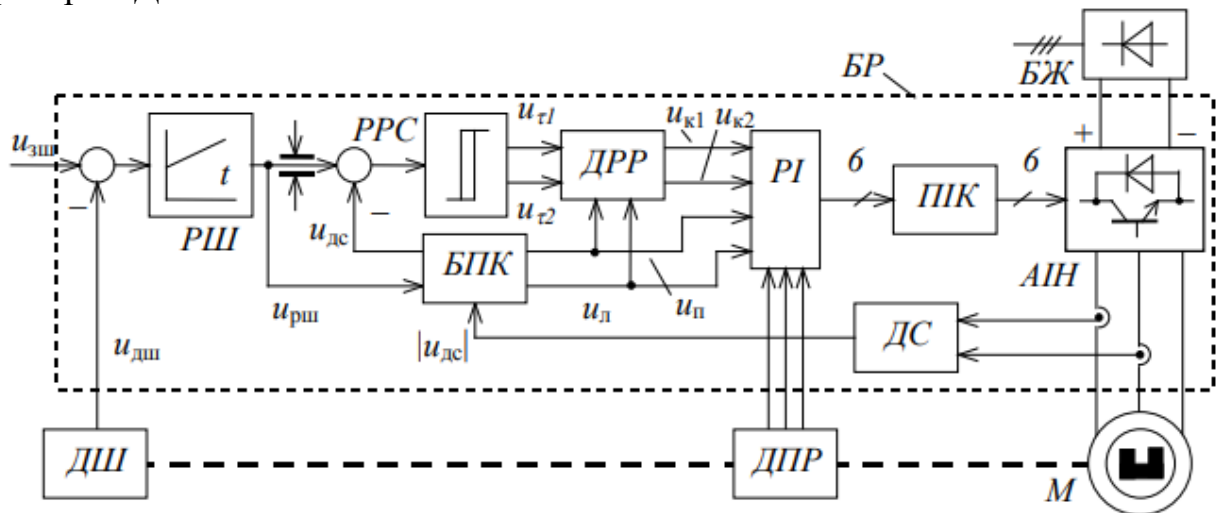


Рис.2.2. Силовая схема інвертора вентиляльного двигуна

Вхідні опори підсилювача DA5 струмової похибки РРС дорівнюють $R27 = R28 = 27k\Omega = 270000\Omega$

$$I_{відс} = I_{d0} * \frac{M_{max0}}{M_{d0}} = 3,6 * 10,2/2,3 = 16 A$$

З напруги насичення регулятора швидкості та струму відсічки визначаємо коефіцієнт передачі датчика струму:

$$k_{дс} = \frac{U_{нас}}{I_{відс}} = \frac{8}{16} = 0,5$$

Опір у колі зворотного зв'язку підсилювача DA5 визначають з умов відкриття діодів VD13 та VD14 у момент входу струму в межі струмового коридору:

$$R31 = \frac{15 * R27}{\Delta k_{дс}} = \frac{15 * 27000}{150 * 0,5} = 5400 \text{ Ом}$$

де 15 – напруга живлення транзисторів VT1 та VT2; Δ – півширина струмового коридору.

Розрахунок параметрів принципової схеми регулятора швидкості:

$$T_{рш} = \frac{4 * \zeta^2}{\Omega_p} = \frac{4 * (\frac{\sqrt{2}}{2})^2}{715} = 0,003$$

де $\zeta = 2,2$ – бажаний коефіцієнт затухання замкненого контуру швидкості; $\Omega_p = 430 \dots 1000$ – резонансна частота цього контуру.

Резистор, який забезпечує струмообмеження:

$$R17 \geq \frac{U_{ршт} * R_B}{U_{нас} - U_{ршт}} = \frac{0,3 * 2700}{8 - 0,3} = 105,2$$

де $U_{ршт}$ - максимально можлива напруга регулятора швидкості.

Розділ 3

Охорона Праці

Вступ

У даній дипломній роботі розглядається реалізація електропривода поздовжньої подачі металорізального верстату за системи вентильного двигуна.

У попередніх розділах було обрано двигун, та перевірка його по швидкості обертанні та нагріві, підібрані елементи силового кола та розрахунок параметрів САР.

У даному розділі розглядають шкідливі чинники проекту, приводяться засоби мінімізації небезпечних чинників, заходи з протипожежної безпеки при роботі з електроприводом.

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників технологічного процесу

Вентильний двигун(ВД) – це електромеханічна система, що складається з синхронного двигуна та перетворювача частоти, в якому переключення фаз перетворювача частоти здійснюється в функції положення ротора двигуна. Положення ротора визначається за допомогою спеціального датчика. Із роботи вентильного двигуна витікають такі шкідники – шум та вібрація. Шум – це звукові хвилі, що не несуть інформаційної користі та впливають на нервову систему людини та призводять до дискомфорту з цього випливає зниження працездатності та уваги працівників. Шум понад 70 дБа призводить до порушень фізіологічних Функцій органів слуху

Вібрація – механічний рух твердих тіл. У заводських реаліях вібрація надходить від машин та механізмів і передаються по частинам машин, підлозі на тіло людини. Характеризуються амплітудою, частотою, коливальною швидкістю, коливальним прискоренням.

За способом передачі розрізняють наступні види вібрації

1)загальну вібрацію, що передається через опорні поверхні на тіло сидить або стоїть людини;

2)локальну вібрацію, що передається через руки або ноги людини, а також через передпліччя, що контактують з вібруючими поверхнями.

Вібрація по різному впливає на людей, це залежить від рівня залученості організму людини(повністю або частково), тривалості впливу тривалості, частоти вібрацій та її сили.

Вібрація може приводити до змін нервової, опорно-рушійних чи серцево-судинної систем. Також при довгому впливу можливий розвиток професіонального захворювання - вібраційної хвороби(Код по МКБ-10 - T 75.2).

Також не потрібно забувати, що надмірний нагрів робочих органів, привідних двигунів та робочого газу, що в свою чергу може призвести до порушення теплового режиму приміщення або пожежі.

3.2 Заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих факторів

Через використання вентильного двигуна воздія шуму та вібрації менша в порівнянні з іншими типами двигунів.

Щоб зменшити вплив шуму роблять наступні дії:

- Встановлюють перешкоди, що поглинають або розсіюють звукові хвилі (захисні кожухи обладнання, шумопоглинаючі панелі та екрани);
- Конструкційне вдосконалення обладнання;
- Раціональне розміщення обладнання, через яке виникає шум;
- Індивідуальний захист (Беруші, навушники);
- Розміщення обладнання, через яке виникає шум вдалі від робочих місць та жилих домів;
- Встановлюють правила, що обмежать вплив шуму.

Якщо використовувати звукову ізоляцію, можна забезпечити використання екранів, перегородок чи кожухів.

Ефективним методом боротьби із шумом була б комбінація декількох методів. Наприклад: концентроване розташування шумного обладнання і їх ізоляція.

Щоб зменшити вплив Вібрації роблять наступні дії:

- вдосконалення конструкції (розрахунок фундаменту, системи амортизаторів);
- віброізоляція;
- Установа глушників вібрації;
- Використання працівниками віброізоляційних рукавичок.

Необхідно встановлювати електродвигун на ізоляційні опори чи масивний фундамент.

3.3 Протипожежна безпека

Можливі джерела пожежі при використанні електродвигуна:

- Неправильний монтаж та експлуатації
- Порушення работ системи змащування
- Електричні розряди, що виникають при неправильному
- Непомірне нагрівання поверхні двигуна

Для запобігання пожежі виконують наступні заходи:

- Встановлення датчиків-сповіщувачів;
- Установа запобіжних клапанів з відводом в усмоктувальну порожнину;
- Контроль та ремонт обладнання.

В залежності від потужності двигуна і типу приміщення використовують різні датчики-сповіщувачі.

Теплові - рацюють як термостат, тобто вимірюють і реагують на зміну температури в приміщенні. Можуть встановлюватися в будь-якому місці будинку, де недоступна реалізація інших детекторів. Теплові лінійні сповіщувачі рекомендується використовувати в запиленій, загазованій, агресивному середовищі або при низьких температурах.

Датчики диму - більш ефективні через конструкційних особливостей. Їм не потрібно реагувати на тепло, заміряти його. Реакція на дим може допомогти запобігти пожежі ще на стадії тління.

Газові датчики - пристрої реагують на вміст чадного газу та інших різновидів газу в приміщенні. Сповіщувачі користуються попитом на об'єктах з газовим обладнанням, водонагрівачами, котлами тощо. Якщо вентиляція справляється погано, концентрація газу може бути досить великою в приміщенні, і датчик про це поінформує.

Датчики полум'я - світлові сповіщувачі або «полум'я» реєструють відкрите полум'я в приміщенні або вогнища загоряння за допомогою світлового діапазону, а саме: інфрачервоного, ультрафіолетового, електромагнітного.

Комбіновані датчики - ці сповіщувачі найточніші, так як до свого складу включає перераховані вище параметри. Їх можна більш гнучко налаштувати, наприклад, встановивши сповіщувач на кухні, відключивши детектування диму.

Ручні датчики - найпростіший сповіщувач, який запрацює в тому випадку, якщо людина його активує. Зазвичай, це кнопка, яка може прив'язуватися до сирени (найчастіше) і оповіщати систему пожежної сигналізації про подію.

Кнопка знаходиться в спеціальному корпусі, який прикріплений до стіни.

3.4 Розрахунок штучного освітлення

У даному дипломному проєкті проводиться дослідження електропривода поздовжньої подачі металорізального верстату за системи вентильного який знаходиться у підсобному приміщенні.

Вхідними даними слугують розміри та тип приміщення, характеристика зорової роботи для проєктного технологічного процесу. Розміри приміщення зведені до табл. 4.1.

У даному дипломному проєкті буде проводитись розрахунок методом коефіцієнта використання.

Табл.4.1
Розміри приміщення

Параметр	мовне означення	розміри	диниці виміру
Довжина	A	9	м
Ширина	B	6	м

Висота	H	3	м
Площа	S	5	м ²

Необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику визначається:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta}, \text{ де} \quad (3.1)$$

E — нормована мінімальна освітленість, [лк];

S — освітлювана площа, [м²];

k — коефіцієнт запасу;

z — коефіцієнт мінімальної освітленості;

N — число світильників у приміщенні;

η — коефіцієнт використання світлового потоку.

Величина E приймається відповідно до “Норм освітленості робочих поверхонь у виробничих приміщеннях”. Для даного приміщення обираємо норму V розряду. При загальному освітленні приймаємо $E = 150$ лк.

Площа приміщення приймається $S = 54$ м², згідно табл. 4.1.

Коефіцієнт запасу обирається згідно типу приміщення та світильників, ступеня забруднення атмосфери виробничих приміщень пилом, димом, кіптявою. Відповідно до табл. 3.3, для суспільних приміщень з світильниками з газорозрядними лампами приймаємо коефіцієнт запасу $k = 1.3$.

Коефіцієнт мінімальної освітленості для люмінесцентних ламп приймаємо $z = 1.1$.

Розрахункова висота підвісу h світильників задається, як правило, розмірами приміщення. Найбільш вигідне співвідношення відстані між світильниками до розрахункової висоти підвісу приймається по табл. 3.4.

$$\lambda = \frac{L}{h}, \text{ де} \quad (3.2)$$

L — відстань між світильниками з крапковими джерелами світла, [м];

h — розрахункова висота, [м].

У відповідності до ДСТ І3828-74, для навчальної аудиторії рекомендується використання світильників прямого світла, типова крива — “глибока”.

Приймаємо $\lambda = 0.9$ згідно табл. 3.4.

Відстань між крайніми світильниками та стіною визначається:

$$l = 0.3 \cdot L \quad (3.3)$$

Розрахункова висота визначається:

$$\begin{aligned} h &= H - h_{зв} - h_{рп} = \\ &= 3 - 0.1 - 0.8 = 2.1 \text{ м, де} \end{aligned} \quad (3.4)$$

H — загальна висота приміщення, [м]. Приймається згідно табл.

$h_{зв}$ — висота звису світильників, [м]. Приймаємо $h_{зв} = 0.1$ м.

$h_{\text{рп}}$ — висота робочої поверхні над підлогою, [м]. Приймаємо $h_{\text{рп}} = 0.8$ м.

Відстань між рядами світильників:

$$L_p = \lambda \cdot h = 0.9 \cdot 2.1 = 1.89 \text{ м} \quad (3.5)$$

Кількість рядів світильників:

$$N_p = \frac{A}{L_p} = \frac{9}{1.89} \approx 5 \quad (3.6)$$

Кількість світильників у ряді:

$$N_k = \frac{B - l}{L_p} = \frac{6 - 0.567}{1.89} \approx 3 \quad (3.7)$$

Загальна кількість світильників:

$$N = N_p \cdot N_k = 5 \cdot 3 = 15 \quad (3.8)$$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{9 \cdot 6}{2.1 \cdot (9 + 6)} = \frac{54}{22} \approx 2.5 \quad (3.9)$$

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку η визначаємо за табл. 5.6 [11] коефіцієнти відображень поверхонь приміщення — стелі, стін та робочої поверхні.

Приймаємо $\rho_c = 0.7$, $\rho_{\text{ст}} = 0.5$, $\rho_{\text{рп}} = 0.1$.

Спираючись на індекс приміщення та коефіцієнти відбиття, приймаємо згідно табл. 5.7 [11] значення $\eta = 0.7$ для люмінесцентних світильників прямого світла та “глибокої” кривої сили світла.

Необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 54 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{15 \cdot 0.7} = 1273 \text{ лм} \quad (3.10)$$

Згідно виконаних розрахунків, обираємо лампи типу ЛХБ30-4, параметри яких зведено до табл. 4.2.

Тип лампи	Потужність, Вт	Напруга на лампі, в	Світловий потік, лм, потік після 100 ч горіння		
			номінальний	мінімальний	розрахунковий
ЛДЦЗО-4	30	104	1450	1305	1375

Таблиця 3.2

Параметри ламп типу ЛХБ30-4

Висновки

У даному розділі дипломного проекту було проведено опис шкідливих та небезпечних факторів, які можуть виникнути при роботі з компресорними установками в цілому, а також з досліджуванним лабораторним стендом.

Було розглянуто способи мінімізації впливу шкідливих та небезпечних факторів пов'язаних із роботою компресорного обладнання.

Розглянуто причини виникнення пожеж та заходи з їх попередження для компресорних установок. Для лабораторного стенда, що знаходиться в навчальній аудиторії, було наведено можливі причини виникнення пожежі та необхідний порядок дій у разі її виникнення.

Проведено розрахунки штучного освітлення в аудиторії. Згідно розрахунків необхідний світловий потік в кожному світильнику становить 1273 лм, для організації штучного освітлення необхідне використання люмінесцентних ламп типу ЛДЦ30-4 загальною кількістю 15 шт.

Розділ 4

Техніко-економічне обґрунтування

Вступ

У даній кваліфікаційній роботі розглядається реалізація електропривода поздовжньої подачі металорізального верстату за системи вентильного двигуна.

В данному розділі буде виконано розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.

4.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні інвестиції — це кошти, призначені для створення і придбання

основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації. Капітальні інвестиції з реалізації проектного технічного рішення включають витрати на придбання, транспортування обладнання та витрати, пов'язані з проведенням монтажних-налагоджувальних робіт .

При визначенні величини проектних капіталовкладень $K_{пр}$ використовуємо формулу:

$$K_{пр} = K_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{тзс} + Z_m + Z_n + Z_{пр} \quad (4.1)$$

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

технічного рішення;

K — кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{тзс}$ — транспортно-заготівельні і складські витрати;

Z_m — витрати на монтажні роботи;

Z_n — витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$ — інші одноразові вкладення грошових коштів.

Таблиця 4.1
Розрахунок капітальних витрат

Найменування	Тип	Ціна, грн/шт	Кількість , шт	Загальна вартість обладнання, $K_{об}$ (грн)
Вентильний двигун	2ДВУ 115А	110456	1	110456
комплектний електропровід	2ДВУ БС4102- 305	59545	1	59545
			$K_{об\Sigma}$:	170001

Далі визначаємо вартість транспортно-заготівельних витрат.

Вентильний двигун закупляється на запорізькому заводі «Мотор Січ». Перевіз обладнання до Дніпра відбувається за допомогою «Нової Пошти».

У Двигуна наступні габарити:

Вага – 357 кг

Довжина – 160 см

Ширина - 45 см

Висота – 63 см

Виходячи із тарифів «Нової пошти» транспортування буде коштувати 2,241.00грн(з урахуванням ПДВ). Обґрунтування [1].

Комплектний електропровід закупляється на запорізькому заводі «Мотор Січ». Перевіз обладнання до Дніпра відбувається за допомогою «Нової Пошти».

У електропривода наступні габарити:

Вага – 5 кг

Довжина – 24 см

Ширина - 16.5 см

Висота – 19.5 см

Виходячи із тарифів «Нової пошти» транспортування буде коштувати 360.00грн(з урахуванням ПДВ). Обґрунтування [1].

Таким чином сумарна витрати на транспортування становлять 2601 грн. Витрати на монтажні та на налагоджувальні роботи можна визначити наступним чином:

$$Z_m = \sum (C_i * a_i * t_i) * K_d * K_{cm} * K_{pr} \quad (4.2)$$

де C_i –чисельність працівників і-го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.

Електромонтажник 2-го розряду

a_i –годинна тарифна ставка працівника і-го розряду, 119 грн/год.[2]

t_i –час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт).

K_d –коефіцієнт, що враховує розмір доплат, 1,1;

K_{cm} –коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок, 1,22;

K_{pr} –коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних(налагоджувальних) робіт, 1,05.

Таким чином витрати для двигуна становлять:

$$Z_{m(d)} = \sum (2 * 119 * 5) * 1,1 * 1,22 * 1,05 = 1676,8 \text{ грн.}$$

$$Z_{n(d)} = \sum (1 * 119 * 2) * 1,1 * 1,22 * 1,05 = 335,4 \text{ грн.}$$

Таким чином витрати для електропровіда становлять:

$$Z_{m(pr)} = \sum (1 * 119 * 1,5) * 1,1 * 1,22 * 1,05 = 215,5 \text{ грн.}$$

$$Z_{n(pr)} = \sum (1 * 119 * 3) * 1,1 * 1,22 * 1,05 = 503 \text{ грн.}$$

Сумарне $K_{m,n} = Z_{m(d)} + Z_{n(d)} + Z_{m(pr)} + Z_{n(pr)} = 2730,7 \text{ грн}$

Для встановлення придбаного обладнання необхідно придбати змазку.

Ціна якої становить 220 грн і відноситься до K_{pr} [3].

Основні капітальні вкладення в мережу, що проектується, складають:

$$K = K_{об} + K_{mp} + K_{mn} + K_{nl} = 170001 + 2730,7 + 2601 + 220 = 175552,7 \text{ грн}$$

4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати–це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за визначений період (наприклад, рік), що виражені у грошовій формі. До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться:

-амортизаційні відрахування (C_a).

-заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_z).

-єдиний соціальний внесок(C_c).

-витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж (C_t).

-вартість електроенергії, що буде спожита об'єктом проектування або втрат електроенергії(C_e).

-інші витрати ($C_{ін}$).

У кожному конкретному випадку можуть бути враховані й інші види поточних витрат, що визначаються специфікою експлуатації об'єкта проектування. Таким чином, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складуть:

$$C = C_a + C_z + C_c + C_{пр} + C_e + C_{ін} \quad (4.3)$$

4.2.1. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання. Термін корисного використання об'єктів основних засобів для нарахування амортизації, який приймається дипломником, не може бути менше мінімально допустимих термінів корисного використання (табл. 4.2[4]).

В даному проекті обирається група 4 –машини і обладнання, мінімальний допустимий термін праці - 5 років.

Двигун, що був встановлений раніше, непрацездатний. Тож відшкодувати або оцінити ліквідаційну вартість немає можливості. І ліквідаційна вартість не враховується.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \frac{\Phi_{п}-Л}{\Phi_{п}*T_{п}} * 100\% = \frac{170001-0}{170001*5} * 100\% = 199,9 \quad (4.4)$$

Де $\Phi_{п}$ - первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів

Л -розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів

$T_{п}$ - термін корисного використання (амортизаційний період).

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_{п}*T_{п}}{100} = \frac{170001*5}{100} = 8500,05 \quad (4.5)$$

4.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати

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

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

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

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

$$F_{n(\text{раб})} = (D_k - D_{\text{св}} - D_{\text{вих}} - D_{\text{отп}}) \cdot T_{\text{зм}}, \text{ годин,} \quad (4.6)$$

$$F_{n(\text{під})} = (D_k - D_{\text{св}} - D_{\text{вих}}) \cdot T_{\text{зм}}, \text{ годин,} \quad (4.7)$$

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

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, годин.

$$F_{n(\text{раб})} = (365 - 104 - 11 - 24) \cdot 8 = 1808 \text{ годин}$$

$$F_{n(\text{під})} = (365 - 104 - 11) \cdot 16 = 4000 \text{ годин}$$

Таб 4.2

Розрахунок річного фонду основної заробітної плати обслуговуючого персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Явочний штат у зміні, осіб	Обліковий склад з урахуванням змінності роботи, осіб	Годинна тарифна ставка	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн.
1	Фрезерувальник	12	18	67	1808	12 391
2	електромонтаж-	3	4	119	1808	22000

ник						
Всього	15	22	186	3616	34391	

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 10% від основної заробітної плати.

$$C_3 = Z_{осн} + Z_{дод} \quad (4.8)$$

де $Z_{осн}$, $Z_{дод}$ – основна і додаткова заробітна плата відповідно.

Для фрезерувальника $C_3 = 12391 + 10\% = 12391 + 1239,1 = 13630,1$ грн

Для електромонтажника $C_3 = 22000 + 10\% = 22000 + 2200 = 24200$ грн

4.2.3. Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок визначається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати[5].

Для України це становить 22%.

4.2.4. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

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

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

$$Z_{т.р.} = \sum_{i=1}^n \left(R_i * t_i * m_i * R_{\Sigma i} + \frac{S_i * \Pi_i}{T_i} * T_{\Phi} \right) \quad (4.9)$$

де n – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

R_i – годинна ставка робітників, що виконують ремонт, 119 грн;

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

- малого - 1,2;
- середнього - 7,0;
- капітального - 15,0.

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

R_{Σ} – сумарна категорія складності ремонту в залежності від виду електрообладнання:

✓ асинхронний двигун від 55 до 75 кВт - 6,0;

S_i - вартість однотипних замінних елементів, грн.;

Π – кількість однотипних замінних елементів;

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

T_{ϕ} – число годин роботи апаратури на рік, год.

Річні витрати на технічне обслуговування становлять:

Для малого ремонту:

$$З_{т.р.(мал)} = \sum_{i=1}^1 (119 * 1,2 * 3 * 6 + \frac{90 * 2}{1,5} * 4000) = 242570,4 \text{ грн}$$

Для середнього ремонту:

$$З_{т.р.(сер)} = \sum_{i=1}^1 (119 * 7 * 1 * 6 + \frac{140 * 1}{4} * 4000) = 284998 \text{ грн}$$

Для капітального ремонту:

$$\begin{aligned} З_{т.р.(кап)} &= \sum_{i=1}^1 (119 * 15 * 0,1 * 6 + \frac{(150 * 1) + (135 * 1)}{10} * 4000) \\ &= 115071 \text{ грн} \end{aligned}$$

Всього річні витрати на технічне обслуговування складають:

$$З_{т.р.} = З_{т.р.(мал)} + З_{т.р.(сер)} + З_{т.р.(кап)} = 242570,4 + 284998 + 115071 = 516061 \text{ грн}$$

4.2.5. Розрахунок вартості спожитої електроенергії

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

$$C_e = W_p \cdot C_e = 4000 * 0,08355 = 3342 \text{ грн.}, \quad (4.10)$$

де W_p – кількість спожитої за рік електроенергії, кВт • год;

C_e – тариф на електроенергію, грн. / кВт год;

Ціна на електроенергії для побутових споживачів 1-го класу складає 0,08355 грн/кВт*год.

4.2.6. Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати зохорони праці, на спецодяг та ін. На ці витрати відраховуємо 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

Для фрезерувальника це

$$C_{\text{ін(фр)}} = (12\,391 * 12) - 96\% = 5947,68$$

Для Електромонтажника це

$$C_{\text{ін(ем)}} = (22000 * 12) - 96\% = 10560$$

В сумі інші витрати складають:

$$C_{\text{ін}} = 5947,68 + 10560 = 16507,68$$

Таким чином експлуатаційні витрати будуть дорівнювати

$$C = 8500,05 + 37830,1 + 22\% + 516061 + 3342 + 16507,68 \\ = 710333,81 \text{ грн}$$

Таб 4.3

Зведення витрат на модернізацію

Вид затрат		Одиниця виміру	Значення
Капітальні	Вартість придбання	грн	170001
	транспортно-заготівельні витрати		2601
	налагоджувальні роботи		2730,7
	інші одноразові вкладення		220
Експлуатаційні	амортизаційні відрахування	грн	8500,05
	заробітна плата обслуговуючого персоналу		37830,1
	єдиний соціальний внесок	%	22
	витрати на технічне обслуговування	грн	516061
	вартість електроенергії		3342
	інші витрати		16507,68

Висновки

В даному розділі була проведено розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.

Для реалізації даного дипломного проекту проектні капіталовкладення становлять 175552,7 грн, річні експлуатаційні витрати 710333,81 грн.

Таб 4.4
Посилання та обґрунтування

Номер №	Посилання	Значення
1	https://novaposhta.ua/ru/delivery	Доставка
2	https://www.work.ua/ru/jobs/4390411/	Заробітна плата
3	https://avtozvuk.ua/wd-40-400ml/p26848	Змазка
4	https://www.golovbukh.ua/files/2020/092020/Shpargalka_grypu_oz.pdf	Термін користування
5	https://index.minfin.com.ua/labour/social/	Єдиний соціальний внесок
6	https://nkpromeselectro.com.ua/zapchasti/peremychki-emmnoj-paneli/peremychka-160-180-3-otv-30mm-585-detail	Запчастини малого ремонту
7	https://nkpromeselectro.com.ua/zapchasti/kozhukhi-ventilyatorov/kozhukh-112-d-220mm-h-165mm-dlya-dnofaznogo-elektrodivigatelya-6674-detail	Запчастини середнього ремонту
8	https://nkpromeselectro.com.ua/zapchasti/shponki-ala/shponka-20-12-100-2763-detail	Запчастини капітального ремонту
9	https://nkpromeselectro.com.ua/zapchasti/kryshki-shchita	Запчастини капітального ремонту
10	https://index.minfin.com.ua/tariff/electric/prom/	Тарифи на електроенергі

		Ю
--	--	---

Литература

1. Методичні вказівки до самостійної роботи до розділу « електроприводи з безконтактним вентильним двигуном для механізмів подачі станків з ЧПК і промислових роботів/
2. Методичні вказівки до виконання розділу „Охорона праці“ в дипломних проектах (роботах) бакалаврів інституту електроенергетики / В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. – Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2012.
3. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, Н.В. Дементьєва - Дніпро: НГУ, 2021.
4. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет / Под ред. А.С. Овчаренко и др. – Київ.: Техніка, 1985.
5. Електричні двигуни/ Моримото М. 2019