

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

Кумейка Олексія Віталійовича

(ПІБ)

академічної групи

ЕМ-15-1

(шифр)

галузь знань

0507 електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки

6.050702 «Електромеханіка»

(код і назва напрямку підготовки)

кваліфікація фахівець у галузі електромеханіки

(код і назва кваліфікації)

на тему Електропривод шпинделя токарного верстата AVIAturn 631

(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.			
Дослідження динаміки	Казачковський М.М.			
Охорона праці	Лутс І.О.			
Техніко-економічне обґрунтування	Дементьєва Н.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Казачковський М.М.			

Дніпро
2019

						Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

електропривода

(повна назва)

(підпис)

Казачковський М.М.

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

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

студенту_ **Кумейку О.В.** **академічної групи ЕМ-15-1**
(прізвище та ініціали) (шифр)

галузь знань 0507 електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки 6.05070204 «Електромеханіка»
(код і назва напряму підготовки)

кваліфікація фахівець у галузі електромеханіки
(код і назва кваліфікації)

на тему Електропривод шпинделя токарного верстата AVIAturn 631

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
1	Технологічна частина	04.05.19
2	Автоматизований електропривод	15.05.19
3	Дослідження динаміки	20.05.19
4	Охорона праці	20.05.19
5	Техніко-економічне обґрунтування	04.06.19

Завдання видано

(підпис керівника)

М.М.Казачковський

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 1 квітня 2019

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання

(підпис студента)

О.В.Кумейко

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт детальної розробки: Електропривод шпинделя верстату Аватурн 67л з числовим програм-ним керуванням

Мета роботи: модернізація електроприводу шпинделя верстату Аватурн 67л верстату з числовим програм-ним керуванням.

Вибрані елементи силового кола (асинхронний двигун типу 4AM180M2, перетворювач частот ATV71E5D30N4). Розраховані параметри регулювання швидкості в двох координатах.

Здійснений розрахунок регуляторів швидкості, струму якоря,. При моделюванні охоплені режими пуску, прикладення навантаження, гальмування з використанням пакета MATLAB Simulink. Отримано діаграми швидкості, моменту, та магнітного потоку розробленої моделі. Проаналізовані небезпечні та шкідливі фактори.

Витрати на електроенергію та експлуатацію були скорочені за рахунок зменшення потужності електропривода та втрат електроенергії шляхом встановлення оновленого обладнання.

Ключові слова: Електропривод, асинхронний двигу, перетворювач частоти, верстат ЧПК.

						Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ	5
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Вихідні дані	7
2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	11
2.1 Розрахунок навантажень та вибір двигуна	12
2.2 Вибір силового електричного обладнання	16
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ	17
3.1 Моделювання САР	18
3.2 Висновки до розділу 3	28
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	29
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників Проектованого технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою	34
4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці	
4.3 Електробезпека	
4.4 Пожежна профілактика	35
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	40
5.1 Вступ	40
5.2 Розрахунок капітальних витрат	41
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	45

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

За порівняно короткий термін верстати з ЧПК зарекомендували себе як ефективний автоматизоване обладнання, що дозволяє досягти високих технічних і економічних показників, вирішити ряд важливих соціальних завдань. Основні переваги виробництва за допомогою станків з ЧПУ в порівнянні з виробництвом, що використовують універсальні верстати з ручним керуванням, такі:

скорочення основного і допоміжного часу виготовлення деталей;

підвищення точності обробки;

простота і малий час переналагодження;

можливість використання менш кваліфікованої робочої сили і скорочення потреби в висококваліфікованої робочої сили;

можливість застосування багатостанкового обслуговування;

зниження витрат на спеціальні пристосування;

скорочення циклу підготовки виробництва нових виробів і термінів їх поставки;

концентрація операцій, що забезпечує скорочення обігових коштів у незавершеному виробництві, а також витрат на транспортування і контроль деталей;

зменшення числа бракованих виробів з вини робітника.

Досвід показує, що найбільший економічний ефект дає виготовлення на верстатах з ЧПК складних деталей, в тому числі з важкооброблюваних матеріалів, підвищеної точності, що вимагають виконання багатьох технологічних операцій.

За технологічними ознаками та можливістю верстати з ЧПУ класифікуються практично так само, як універсальні верстати, на базі яких виготовляється більшість верстатів з ЧПК.

Токарні верстати з ЧПУ призначені для оброблювання зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертанням, а також для нарізування зовнішньої і внутрішньої різьби.

Фрезерні верстати з ЧПК, призначені для оброблювання плоских і просторова корпусних деталей, здійснюють такі операції: плоскі, ступеневу і контурного фрезерування з кількох боків і під різними кутами; свердління;

					Арк.
					5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

розточування; розгортання; нарізування різьбі та інше

Свердлильно-розточувальні верстати з ЧПК, призначені для утворення отворів у деталях, виконують свердління, розсвердлювання, зенкування, розточування, розгортання, обточування торців, фрезерування, нарізування різьблення и інше

Шліфувальні верстати з ЧПК призначені для шліфування зовнішніх, внутрішніх и торцевих поверхонь деталей, що ма ють прямолінійну и криволінійну форму утворюють.

Багатоцільові верстати з ЧПК (оброблювальні центри), призначені для виконання комплексних операцій над деталями, виконують практично всі операції обробки різанням.

Зовнішній вигляд ми розглянемо на прикладі сучасного верстата Авиатурн 63л

Рисунок 1



Рисунок 1 Сучасний верстат Авиатурн 63л

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кумейко О.В.			Технологічна частина	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.							7	8
Реценз.						НГУ		
Н. Контр.								
Затверд.								

Глава 1. Завдання на проект

Вихідні дані

Діаграми статичного моменту на валу шпинделя M_c , швидкості шпинделя $\omega_{ш}$ приведенні на рисунку 1.1, а параметри діаграм - у таблиці 1.1. Тривалість циклу обробки деталі T . На інтервалах t_2 та t_4 має місце повздовжнє точіння, на інтервалі t_6 - торцеве, на протязі проміжків t_3 , t_5 відбувається переміщення різця, на інтервалі t_7 відбувається зупинка шпинделя, на протязі часу t_8 - заміна оброблювальної деталі. Час t_1 необхідний на розгін шпинделя до швидкості ω_2

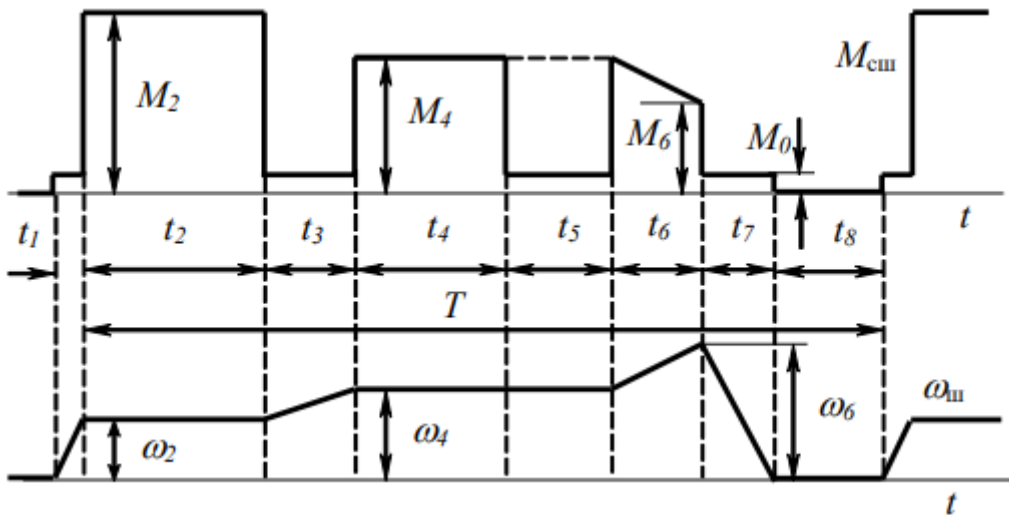


Рис. 1.1 Діаграми статичних моментів та швидкостей шпинделя

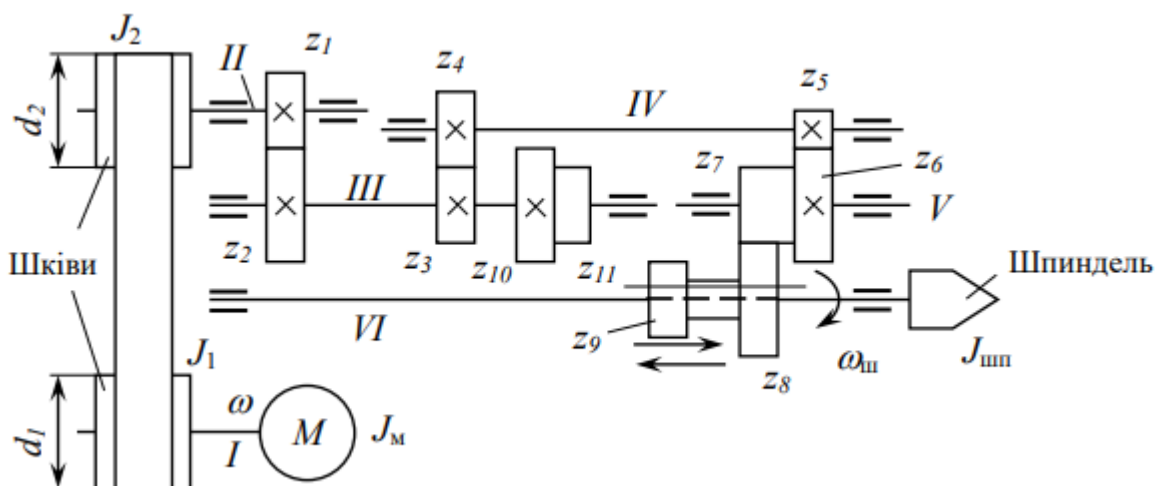


Рис. 1.2 Кінематична схема приводу головного руху

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Параметр	Значення
d1, мм	160
d2, мм	320
z1	45
z2	45
z3	48
z4	48
z5	70
z6	100
z7	80
z8	50
z9	12
z10	60
z11	26
t1, с	5
t2, с	55
t3, с	10
t4, с	68
t5, с	15
t6, с	30
t7, с	8
t8, с	18
M0, Нм	10
M2, Нм	125
M4, Нм	80
M6, Нм	65
ω_2 , рад/с	55
ω_4 , рад/с	85

ω б, рад/с	115
$J_{дет}$, кгм ²	1
$J_{шп}$, кгм ²	0,2
J_1 , кгм ²	0,04
J_2 , кгм ²	0,1
$J_{пер}$ зведений до валу II, кгм ²	0,003
У зчепленні колеса	z 6 та z 8
Система електропривода	

Значення основних величин

Таблиця 1.1

Тут d_1 , d_2 - діаметри шківів;

z_i - кількість зубів на зубчатих колесах;

t_i - тривалість інтервалів точіння;

M_i - статичні моменти на кожному з інтервалів;

ω_i - кутова швидкість валу на кожному з інтервалів;

$J_{дет}$ - момент інерції деталі;

$J_{шп}$ - момент інерції шпинделя;

$J_{1,2}$ - момент інерції обох шківів;

$J_{пер}$ - сумарний момент інерції зубчатої передачі.

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Глава 2. Автоматизований електропривод

2.1 Розрахунок навантажень та вибір двигуна

Попередній вибір електропривода виконаємо виходячи з відомих нам статичних моментів так, щоб номінальний момент двигуна був більший або рівний середньоквадратичному статичному моменту.

Номінальний момент двигуна

$$M_{\text{ном}} = \frac{9,55 \cdot P_{\text{н}}}{n_{\text{н}}} = \frac{9,55 \cdot 30000}{3000} = 95,5 \text{ Нм};$$

Щоб вирахувати середньоквадратичний момент, для початку, розрахуємо передавальні числа на кожному з інтервалів обробки.

$$i_1 = \frac{d_1}{d_2} = \frac{160}{320} = 0,5; \quad i_2 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{45}{45} = 1; \quad i_3 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{48}{48} = 1;$$

$$i_4 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{70}{100} = 0,7; \quad i_5 = \frac{z_8}{z_7} = \frac{50}{80} = 1,6;$$

де d_1, d_2 – діаметри шківів; z_i – кількість зубів зубчатих коліс. Загальне передавальне число:

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 \cdot i_5 = 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,6 = 0,56;$$

Знаючи значення передавальних чисел на кожному інтервалі обробки, можемо розрахувати кутові швидкості шпинделя, перераховані на вал двигуна.

$$\omega_{2\text{д}} = \frac{w_2}{i} = \frac{55}{0,56} = 98; \quad \omega_{4\text{д}} = \frac{w_4}{i} = \frac{85}{0,56} = 152; \quad \omega_{6\text{д}} = \frac{w_6}{i} = \frac{115}{0,56} = 205;$$

де ω_i – кутова швидкість валу шпинделя на кожному з інтервалів. Статичні моменти, перераховані на вал двигуна:

$$M_{0\text{дв}} = M_0 \cdot i = 10 \cdot 0,56 = 5,6 \text{ Нм};$$

$$M_{2\text{дв}} = M_2 \cdot i = 125 \cdot 0,56 = 70 \text{ Нм};$$

$$M_{4\text{дв}} = M_4 \cdot i = 80 \cdot 0,56 = 44,8 \text{ Нм};$$

$$M_{6\text{дв}} = M_6 \cdot i = 65 \cdot 0,56 = 36,4 \text{ Нм};$$

де M_i – статичні моменти на кожному з інтервалів.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Зведений до валу двигуна момент інерції приводу:

$$J_{звед} = \frac{J_{дет} + J_{ш}}{i^2} + \frac{J_2}{i_1^2} + J_1 + J_{пер} + J_d = \frac{1 + 0,2}{0,31} + \frac{0,1}{0,25} + 0,04 + 0,003 + 0,07 = 4,38 \text{ кгм}^2;$$

де $J_{дет}$ - момент інерції деталі; $J_{шп}$ - момент інерції шпинделя;

$J_{1,2}$ - момент інерції обох шківів; $J_{пер}$ - сумарний момент інерції зубчатої передачі.

Спираючись на діаграму моментів та швидкостей шпинделя (рис.

1.1), розрахуємо еквівалентний статичний момент двигуна:

$$M_{с\sigma} = \sqrt{\frac{M_{0дв}^2 \cdot t_1 + M_{2дв}^2 \cdot t_2 + M_{0дв}^2 \cdot t_3 + M_{4дв}^2 \cdot t_4 + M_{0дв}^2 \cdot t_5 + M_{6дв}^2 \cdot t_6 + M_{0дв}^2 \cdot t_7}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8}} = \sqrt{\frac{5,6^2 \cdot 5 + 70^2 \cdot 55 + 5,6^2 \cdot 10 + 44,8^2 \cdot 68 + 5,6^2 \cdot 15 + 36,4^2 \cdot 30 + 5,6^2 \cdot 8}{5 + 55 + 10 + 68 + 15 + 30 + 8 + 18}} = 46,24 \text{ Нм};$$

де t_i - тривалість інтервалів обробки.

Обираємо загальнопромисловий двигун зі ступенем захисту IP 55 серії 4AM: 4A180M2 паспортні данні якого наведені в табл. 2.1

Таблиця 2.1

Тип двигуна	4AM180M2
Потужність двигуна P_H	30(кВт)
ККД η_H	91.4%
Номінальна напруга живлення U_H	380 В
Номінальна швидкість обертання, об/хв	3000 об/хв
Номінальний струм, А	55,4 А
Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	0.9
Кратність пускового струму $I_{пуск} / I_{ном}$	7,5 А
Момент інерції, кгм^2	0.07 кгм^2
X_μ	3,8
Відносний спротив статора за схемою заміщення R_1'	0,03
Відносна індуктивний опор статора за схемою заміщення X_1'	0,073
Відносний опор ротора за схемою заміщення R_2''	0,018
Відносна індуктивний опор ротора за схемою заміщення X_2''	0,11
Номінальне ковзання s_H , %	1,8
Критичне ковзання s_K , %	12,5

Арк.

13

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Перевірка попередньо обраного двигуна

Для перевірки попередньо обраного двигуна потрібно знати еквівалентний момент двигуна. Для цього потрібно розрахувати повні моменти двигуна на кожному з інтервалів обробки.

Динамічні моменти:

$$M_{\text{дин1}} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{w_{2д}^2}{t_1} = 4,38 \cdot \frac{98}{5} = 85,8 \text{ Нм} - \text{динамічний момент на 1-ому інтервалі};$$

$$M_{\text{дин3}} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{w_{4д}^2 - w_{2д}^2}{t_3} = 4,38 \cdot \frac{152 - 98}{10} = 23,65 \text{ Нм} - \text{динамічний момент на 2-ому інтервалі};$$

$$M_{\text{дин6}} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{w_{6д}^2 - w_{4д}^2}{t_6} = 4,38 \cdot \frac{205 - 152}{30} = 7,738 \text{ Нм} - \text{динамічний момент на 6-ому інтервалі};$$

$$M_{\text{дин7}} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{w_{6д}^2}{t_7} = 4,38 \cdot \frac{0 - 205}{8} = -112,23 \text{ Нм} - \text{динамічний момент на 7-ому інтервалі}.$$

Повні моменти двигуна:

$$M_{\text{пов1}} = M_{\text{дин1}} + M_{0\text{дв}} = 85,8 + 5,6 = 91,4 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов2}} = M_{2\text{дв}} = 70 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов3}} = M_{\text{дин3}} + M_{0\text{дв}} = 23,65 + 5,6 = 29,65 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов4}} = M_{4\text{дв}} = 44,8 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов5}} = M_{0\text{дв}} = 5,6 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов6}} = M_{\text{дин6}} + M_{6\text{дв}} = 7,738 + 36,4 = 54,138 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пов7}} = M_{\text{дин7}} + M_{0\text{дв}} = -112,23 + 5,6 = -106,63 \text{ Нм}.$$

Еквівалентний момент двигуна:

$$M_{\Sigma} = \sqrt{\frac{M_{\text{пов1}}^2 \cdot t_1 + M_{\text{пов2}}^2 \cdot t_2 + M_{\text{пов3}}^2 \cdot t_3 + M_{\text{пов4}}^2 \cdot t_4 + M_{\text{пов5}}^2 \cdot t_5 + M_{\text{пов6}}^2 \cdot t_6 + M_{\text{пов7}}^2 \cdot t_7}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8}} =$$
$$\sqrt{\frac{91,4^2 \cdot 5 + 70^2 \cdot 55 + 29,65^2 \cdot 10 + 44,8^2 \cdot 68 + 5,6^2 \cdot 15 + 54,138^2 \cdot 30 + 106,63^2 \cdot 8}{5 + 55 + 10 + 68 + 15 + 30 + 8 + 18}} = 55,15 \text{ Нм};$$

Двигун обраний правильно, якщо виконується умова:

$$M_{\text{ном}} \geq (1,1 \dots 1,2) M_{\Sigma}.$$

$$95,5 > 1,2 * 55,15 = 57,2 - \text{умову виконано}.$$

								Арк.
								14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

2.2 Вибір силового електричного обладнання

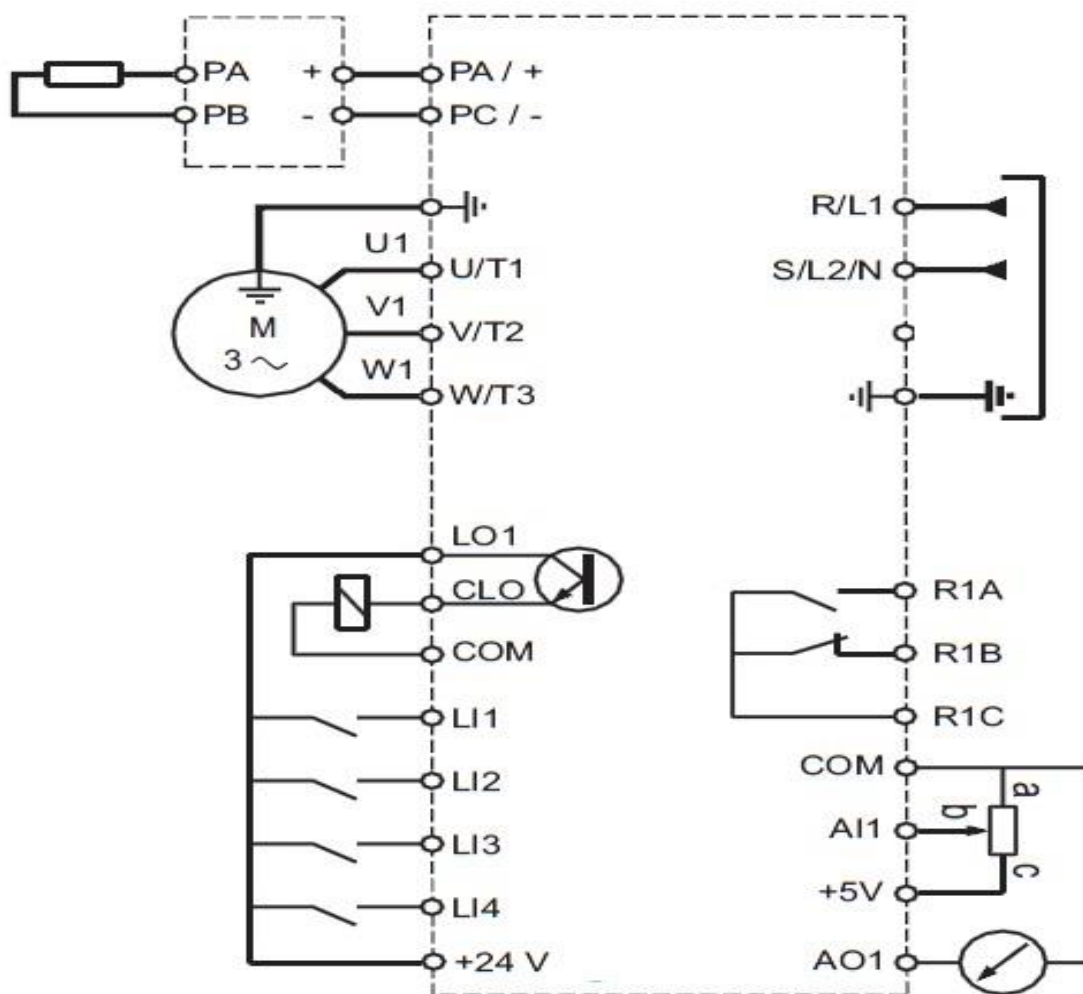
Для вибору силової частини, а саме перетворювача частоти потрібно звернути увагу на основні характеристики двигуна. А саме, його номінальну потужність, номінальний струм, та номінальну напругу. Зважаючи на ці характеристики я вибрав перетворювач частоти Шнейдер Електрик ATV71E5D30N4.

Параметри перетворювача:

Табл 2.2

Серія продукту	Altivar 71
Тип пристрою або його аксесуарів	Привід з регульованою частотою обертання
Потужність двигуна	30 кВт
Напруга живлення	380...480 В - 15...10 %
Лінійний струм	66 А в 380 В
Повна потужність	43,4 кВт·А в 380 В
Макс. перехідний струм	109 А для 2 с 99 А для 60 с
Вихідна частота приводу	0...1600 Гц
Номінальна. частота комутації	4 kHz
Частота комутації	1...16 kHz регульоване. 4...16 kHz с понижуючим коефіцієнтом.

Рисунок 2.1 – Схема підключення двигуна до перетворююча частоти Altivar 71.



ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кумейко О.В.			ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.							17	8
Реценз.						НГУ		
Н. Контр.								
Затверд.								

3.1 Вибір математичної моделі електродвигуна

Оскільки в даному проекті не потрібно велика точність регулювання координат електропривода, то можна прийняти скалярний метод керування за законом пропорційної заміни напруги та частоти за формулою

$$U/F = \text{const}$$

Де U - живляча напруга двигуна, F - частота живлячої напруги.

Для дослідження двигуна при скалярному керуванні, зазвичай використовують дві моделі в координатах $\langle \alpha - \beta \rangle$ та $\langle x - y \rangle$. Модель в координатах $\langle \alpha - \beta \rangle$ є нерухомою $\omega_c = 0$ вісь α жорстко пов'язана з віссю фази А обмотки статора, а вісь β випереджає її на 90 градусів, така модель має велику кількість диференціальних та алгебраїчних рівнянь, а також значною кількістю перехресних зв'язків у структурі моделі, що робить цю модель не зручною для використання. Модель у координатах $\langle x - y \rangle$ є рухомою $\omega_c = \omega_0$ тобто система координат обертається з синхронною швидкістю обертання поля двигуна ω_0 . Така модель характеризується меншою кількістю диференціальних та алгебраїчних рівнянь, що спрощує розрахунок і використання моделі. Така модель є найбільш доцільною при частотному керуванні двигуном.

2 Розрахунок математичної моделі двигуна у координатах $\langle x - y \rangle$

Данні двигуна беремо з таблиці (2.1), а також розрахуємо значення опору та індуктивності статора та ротора, і розрахунок струму, коефіцієнта Z_b .

По перше розрахуємо номінальний струм статора за формулою :

$$I_{CT} = \frac{P_H}{3 \cdot \eta_H \cdot \cos \varphi \cdot U_H} = 31,9 \text{ A}$$

Наступним кроком буде розрахунок коефіцієнта Z_b

$$Z_b = \frac{U_H}{I_{CT}} = 11.87$$

Зараз перейдемо до безпосереднього розрахунку фактичних значень індуктивного та резистивного опору статора та ротора :

$$R_1 = Z_b \cdot R'_1 = 11.87 \cdot 0,03 = 0.356 \text{ Ом}$$

$$R_2 = Z_b \cdot R''_2 = 11.87 \cdot 0,073 = 0.866 \text{ Ом}$$

$$X_1 = Z_b \cdot X'_1 = 11.87 \cdot 0,018 = 0.213 \text{ Ом}$$

$$X_2 = Z_b \cdot X''_2 = 11.87 \cdot 0,11 = 1.305 \text{ Ом}$$

Розрахуємо кількість пар полюсів двигуна N_p .

$$N_p = \frac{3000}{n_0} = \frac{3000}{3000} = 1$$

Розрахуємо проміжні коефіцієнти $L1_s$ та $L2_s$:

$$L1_s = \frac{X_1}{\omega_0} = \frac{0,213}{314} = 6,7 \cdot 10^{-4}$$

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	18

$$L1_s = \frac{X_2}{\omega_0} = \frac{1,305}{314} = 4,15 \cdot 10^{-3}$$

Розрахуємо індуктивність повітряного зазору L_m :

$$L_m = \frac{X_\mu}{\omega_0} = \frac{3,8}{314} = 1,2 \cdot 10^{-2}$$

Розрахуємо індуктивності статора L_s та ротора L_r :

$$L_s = L_m + L1_s = 1,2 \cdot 10^{-2} + 6,7 \cdot 10^{-4} = 0.0126$$

$$L_r = L_m + L1_s = 1,2 \cdot 10^{-2} + 4,15 \cdot 10^{-3} = 0.01615$$

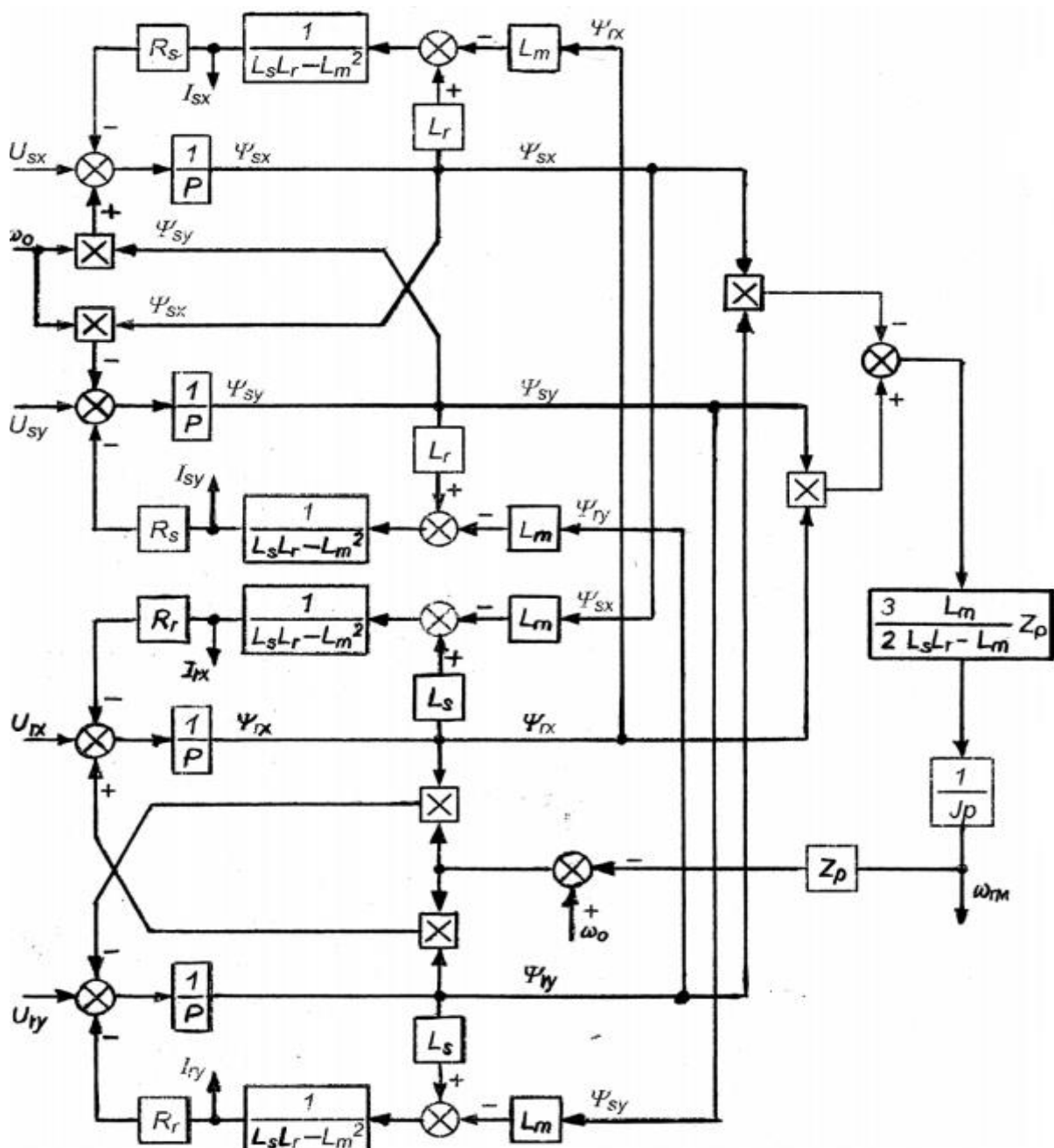


Рисунок 3.1 – Модель двигуна в координатах <x-y>

Для того, щоб упевнитися у працездатності моделі промодельємо пуск двигуна в холосту від задачника інтинсивності.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	19

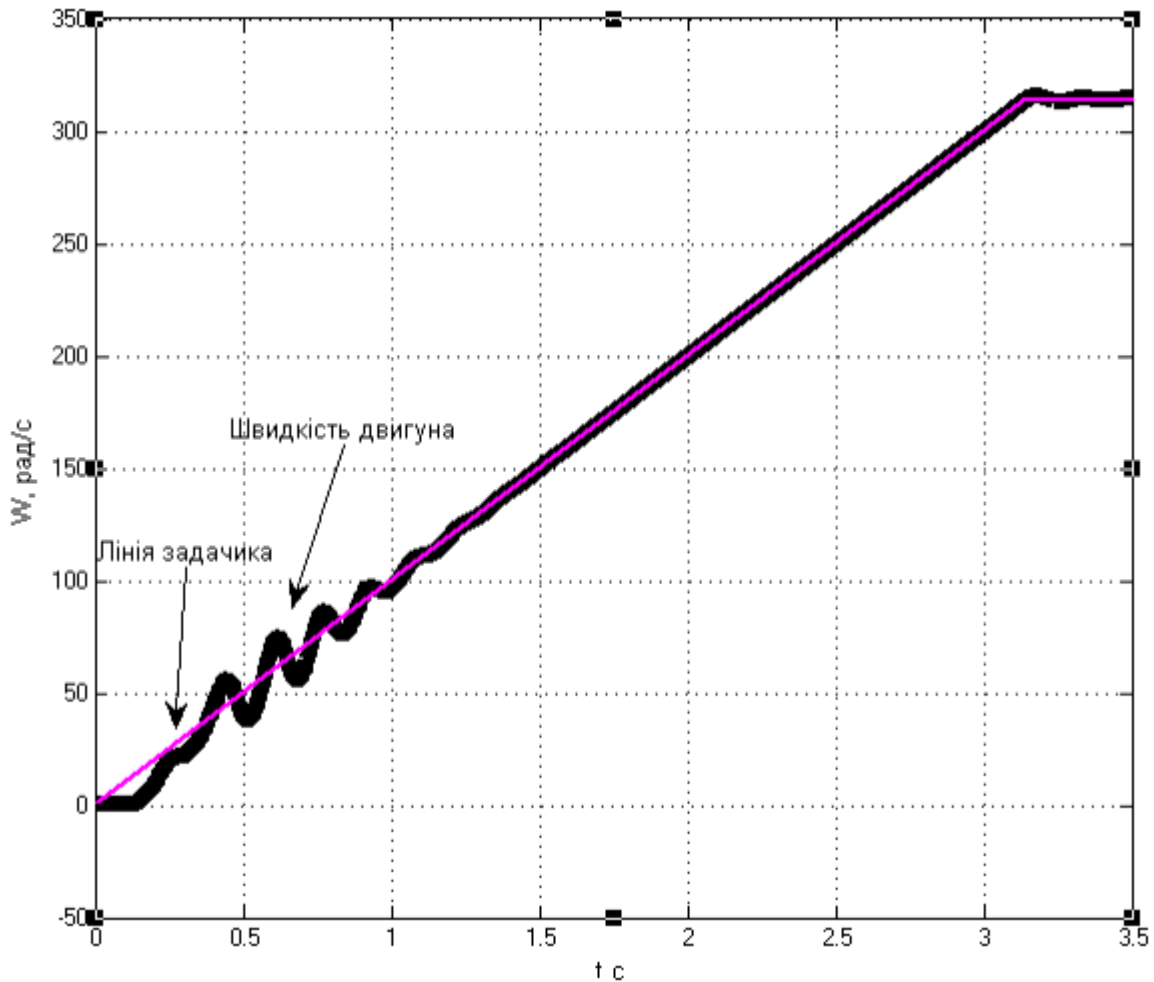
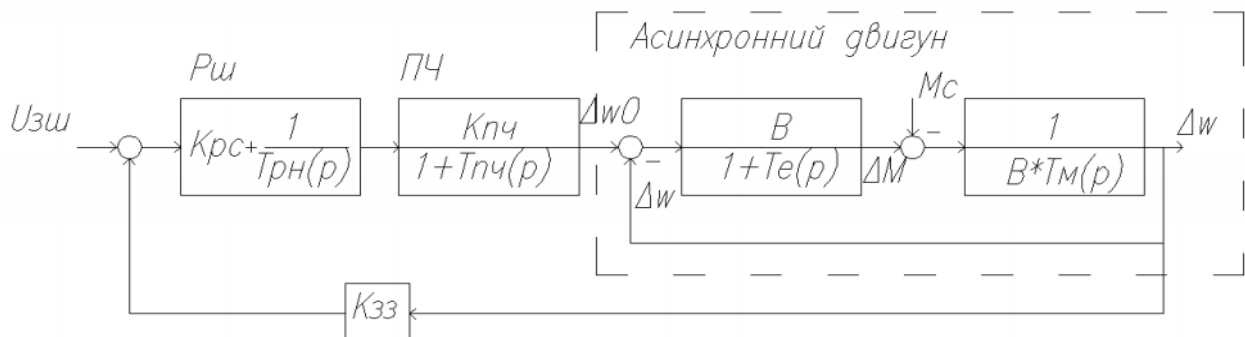


Рисунок 3.2 – Пуск двигуна від задатчика інтесивності.

3.3 Розрахунок регулятора швидкості:

Оскільки обрано модель двигуна у координатах , яка є громіздкою, і дуже не зручною для розробки контурів регулювання координат, відмовляємося від контуру струму і розраховуємо тілбки регулятор швидкості. за спрощеною моделлю асинхронного двигуна.

Для спрощення розрахунку регулятора швидкості прийmemo асинхронний двигун в лінеаризованному вигляді, він буде складатися з двох диференційних ланок першого порядку.



В даній моделі β модуль жорсткості лінеаризованної механічної характеристики двигуна

$$\beta = \frac{2 \cdot M_k}{S_k \cdot \omega_0} = \frac{2 \cdot 191}{0,12 \cdot 314} = 10,13;$$

					Арк.
					20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

T_e - еквівалентна електромагнітна стала часу статора та ротора асинхронного двигуна

$$T_e = \frac{1}{S_k \cdot \omega_0} = \frac{1}{0,12 \cdot 314} = 0,026 \text{ с}$$

$K_{ПЧ}$ - коефіцієнт перетворення перетворювача частоти

$$K_{ПЧ} = \frac{f_H}{U_H} = \frac{50}{380} = 0,13 \frac{\text{Гц}}{\text{В}}$$

$T_{ПЧ}$ - стала часу контуру перетворювача частоти, приймаємо її в розмірі 10^{-4} с

$$T_{ПЧ} = 5 \cdot$$

Передатна функція ПІ-регулятора швидкості:

$$W_{рш}(p) = k_{рш} \cdot \frac{1}{T_{рш}(p)}$$

Де p - оператор Лапласа

Передатна функція кола зворотного зв'язку за швидкістю двигуна:

$$W_{зз}(p) = \frac{\Delta U_{зз}}{\Delta \omega} = k_{зз}$$

Де $U_{зз}$ значення сигналу зворотнього зв'язку

При номінальному сигналі керування електроприводом, рівному

$U_{k \text{ ном}} = 10$ В, та відповідаючи йому номінальній швидкості двигуна :

$$k_{зз} = \frac{U_{k \text{ ном}}}{\omega_H} = \frac{10}{314} = 0,0318 \frac{\text{В}}{\text{рад}}$$

Для розрахунку передатної функції двигуна потрібно розрахувати електромеханічну сталу двигуна T_M

$$T_M = \frac{J_{ДВ} \cdot \omega_0}{M_H} = \frac{0,07 \cdot 314}{95,5} = 0,23 \text{ с}$$

Оскільки $T_M > 4T_e$, то у відповідності до спрощеної структурної схеми двигуна, його результуюча передатна функція по відношенню до зміни кутової швидкості матиме вигляд:

$$W_d(p) = \frac{1}{(T_{01}(p) + 1) \cdot (T_{02}(p) + 1)}$$

Де

$$\frac{1}{T_{01}} = \frac{1}{2 \cdot T_e} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4 \cdot T_e}{T_M}} \right)$$

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	21

$$T_{01} = \left(\frac{1}{2 \cdot 0,026} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 0,026}{0,23}} \right) \right)^{-1} = 0,04 \text{ с}$$

$$T_{02} = \frac{1}{2 \cdot T_e} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot T_e}{T_M}} \right)$$

$$T_{02} = \frac{1}{2 \cdot 0,026} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 0,026}{0,23}} \right)^{-1} = 0,356 \text{ с}$$

Якщо віднести сталі T_{02} та $T_{пч}$ до малих не компенсуючих сталих і в якості оцінки їх впливу прийняти

$$T_{\mu} = T_{02} + T_{пч} = 0,356 + 5 \cdot 10^{-4} = 0,357 \text{ с}$$

то при налаштуванні електропривода на модульний оптимум стала інтегрування і коефіцієнт передачі пропорційної частини регулятора швидкості розраховуються:

$$\begin{aligned} T_{рш} &= k_{зз} \cdot k_{пч} \cdot T_{\mu} \cdot a_{\mu} = \\ &= 0,0318 \cdot 0,13 \cdot 0,357 \cdot 2 = 0,0029 \\ k_{рш} &= \frac{T_{01}}{T_{рш}} = \frac{0,04}{0,0029} = 13,7 \end{aligned}$$

3.4 Моделювання:

Першим кроком буде отримання графіків перехідних процесів у регуляторі швидкості при спрощеній моделі двигуна зі зворотнім зв'язком по швидкості.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

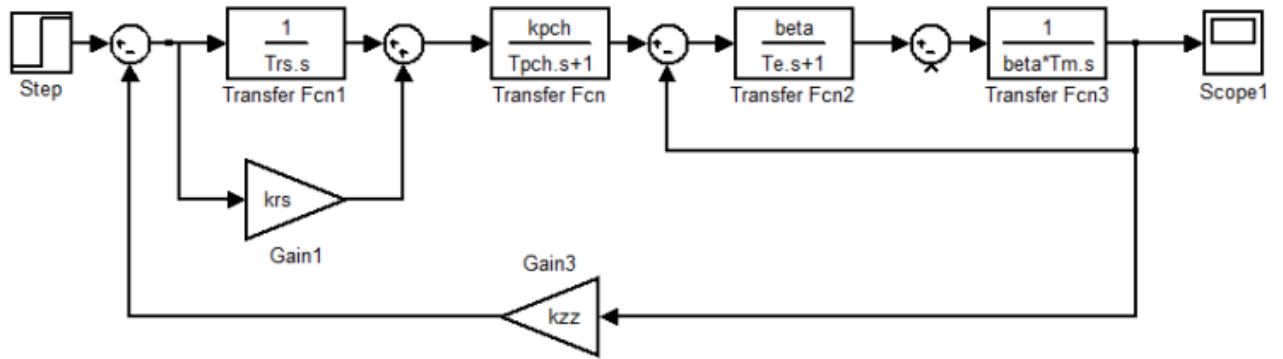


Рисунок 4.4 – Спрощена структурна схема системи ПЧ-АД зі зворотнім зв'язком за швидкістю в середі розробки Simulink.

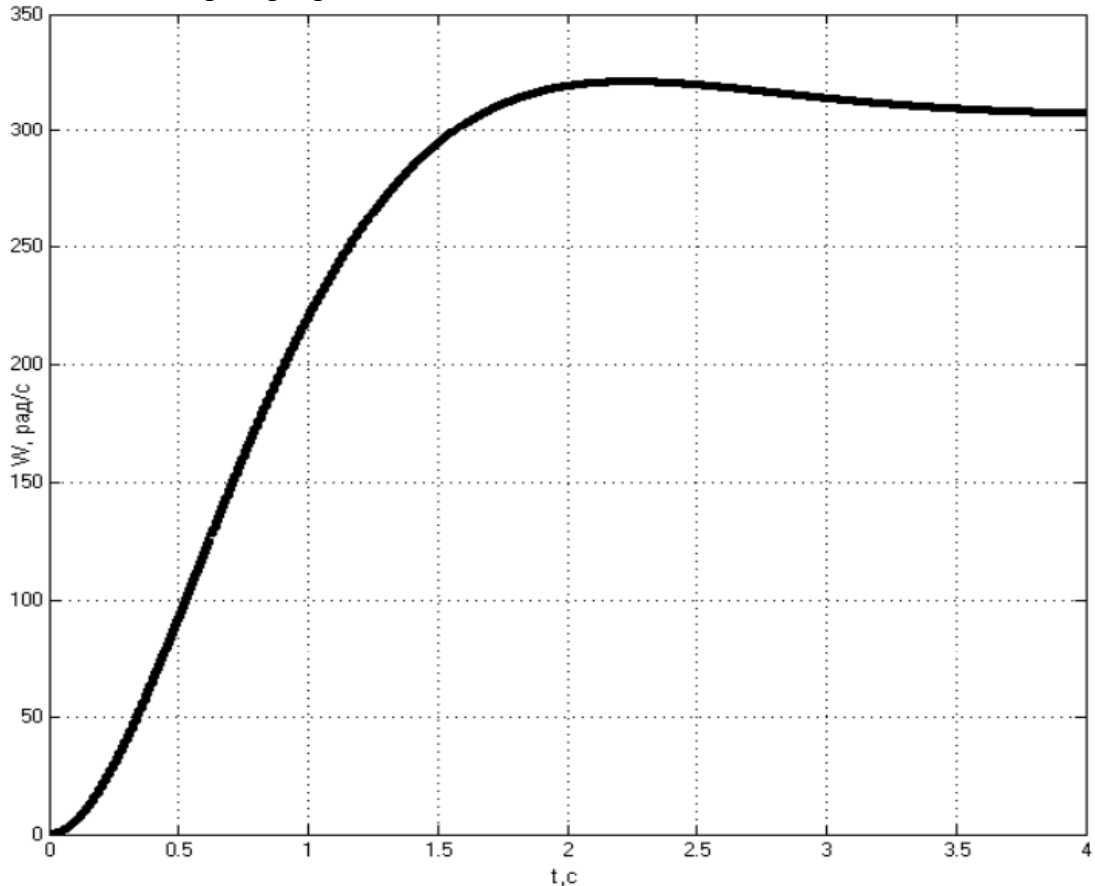


Рисунок 3.5 – Перехідний процес в спрощеній моделі системи ПЧ-АД зі зворотнім зв'язком за швидкістю при максимальному сигналі керування.

Отриманий перехідний процес має вигляд перехідного процесу з Пі регулятором це означає що, коефіцієнти розраховано правильно. Тепер під'єднаємо модель двигуна в системі координат до регулятора швидкості з задатчиком інтенсивності і проведемо пуск двигун в холосту від отриманої моделі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

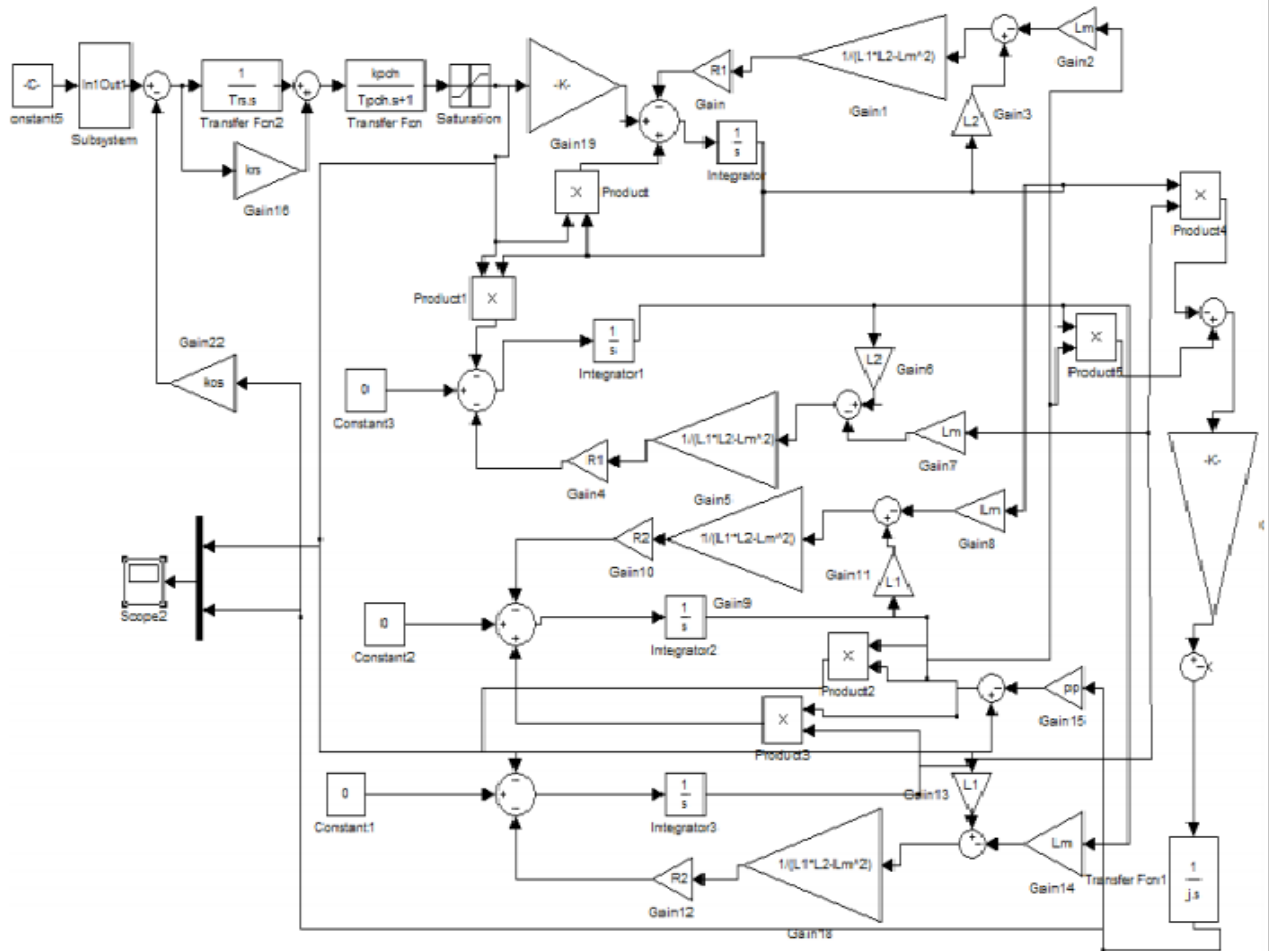


Рисунок 3.6 – Модель двигуна в координатах з регулятором швидкості та зворотнім зв'язком .

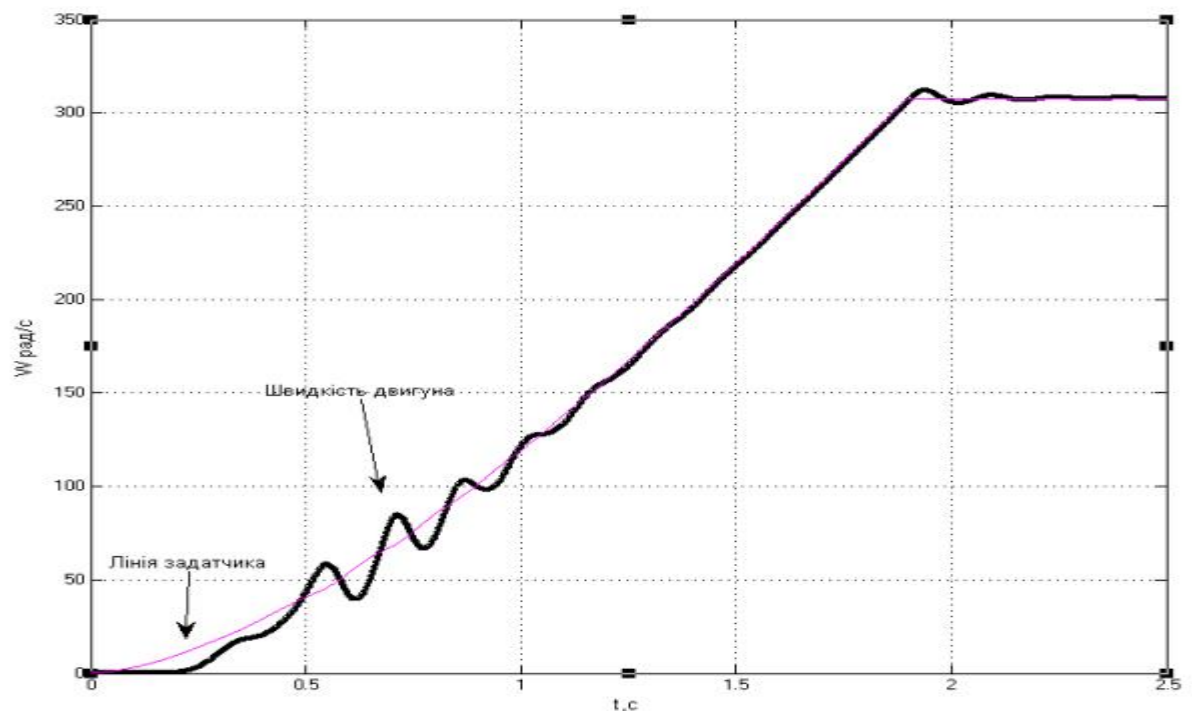


Рисунок 3.7 – Пуск двигуна від задатчика інтенсивності з регулятором швидкості

На рис 3.7 видно не лінійність лінії задатчика це вказує на вплив регулятора

Арк.

24

швидкості. Далі проведемо пуск та гальмування.

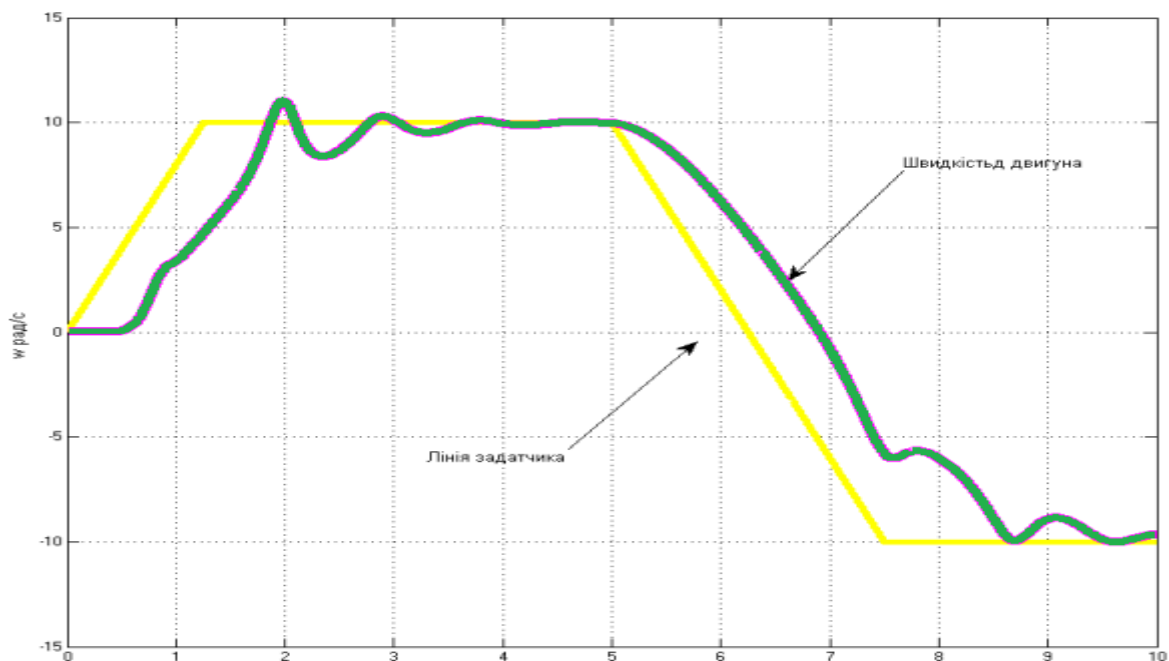


Рисунок 3.8 Відпрацювання пуску та гальмування.

Останнім етапом розділу стане відпрацювання моделлю робочого циклу механізму

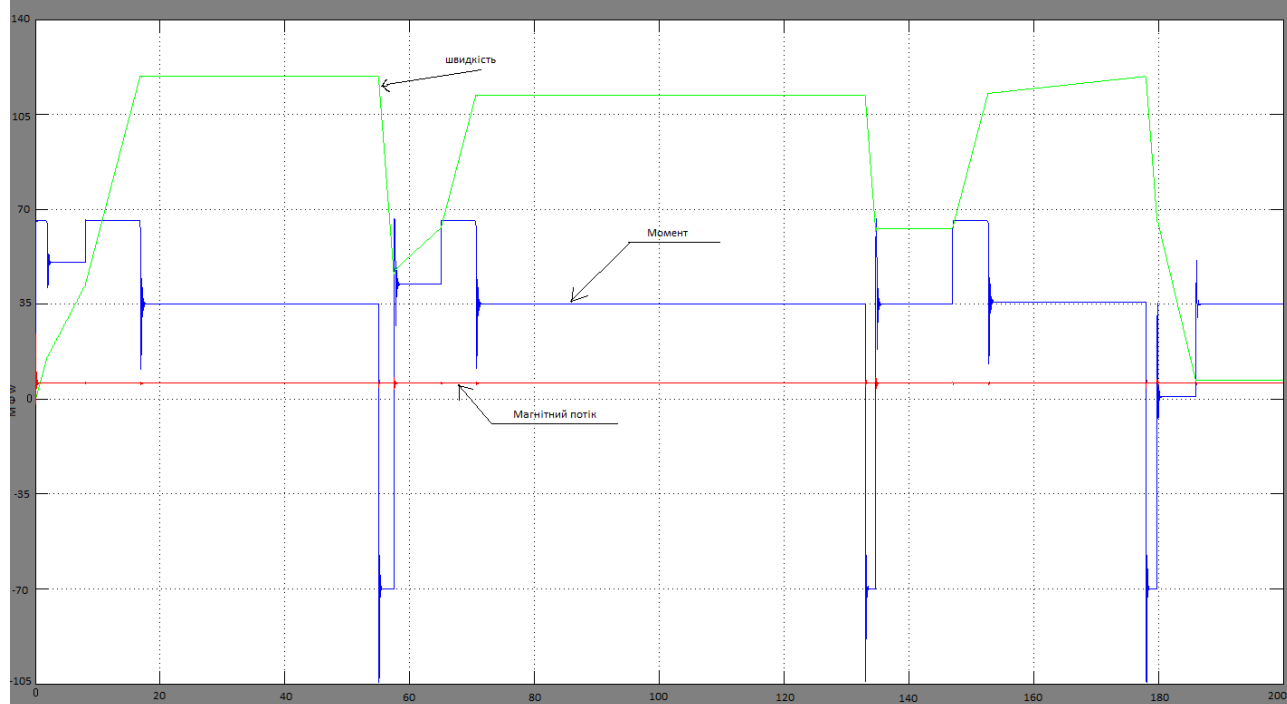


Рисунок 3.9 – Відпрацювання моделлю робочого циклу механізму

					Арк.
					25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Висновки до розділу 3

Під час моделювання охоплено такі режими роботи двигуна, як розгін, робота зі сталою швидкістю з навантаженням та без, гальмування. Також була відпрацьована модель робочого циклу механізму. Зважаючи на графіки можливо вважати, що все підібрано вірно. Та виконуються необхідні умови для відпрацьовування в заданні рамки циклу, з необхідною точністю.

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОХОРОНА ПРАЦІ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кумейко О.В.			ОХОРОНА ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.							27	
Реценз.						НГУ		
Н. Контр.								
Затверд.								

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проектованого технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою

При механічній обробці металів на людину діє комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

До небезпечних фізичних факторів належать:

- рухомі частини верстатів, вироби і заготовки;
- стружка й осколки інструментів;
- нагріті поверхні обладнання, інструменту, заготовок;
- висока напруга в силовій електричній мережі й статична електрика;
- підйомно–транспортні пристрої та переміщувані вантажі;
- можливість виникнення пожеж.

Шкідливими фізичними факторами є:

- високі вологість і швидкість руху повітря робочої зони, підвищена або знижена температура;
- підвищені рівні випромінювань, шуму і вібрації;
- підвищений вміст пилу в повітрі робочої зони;
- недостатня освітленість, підвищена яскравість світла і пульсація світлового потоку.

До хімічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать токсичний пил, шкідливі пари і газу, аерозолі, агресивні рідини (кислоти, луги). До біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать мікроорганізми, що містяться у відпрацьованій мастильноохолоджувальній рідині.

До психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням належать:

- фізичні перевантаження при установці, закріпленні та знятті великогабаритних виробів;
- перенапруження зору;
- монотонність праці.

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До найважливіших факторів можна зарахувати: ріжучі інструменти (фрези, дискові пили, абразивні круги), приводні та передавальні механізми, зливну (стрічкову) стружку, стружку, що відлітає, пил. При обробці крихких, як листових, так і різних форм матеріалів (чавуну, латуні, бронзи, графіту, карболіту, текстоліту й ін.) на високих швидкостях різання стружка від верстата розлітається на значну відстань (3–5 м). Металева стружка, особливо при точінні в'язких металів (сталей), що має високу температуру (400–600°C) і велику кінетичну енергію, являє собою серйозну небезпеку не тільки для працюючого на верстаті, але і для осіб, що перебувають поблизу верстата. Найпоширенішими у верстатників є травми очей. Так, при токарній обробці (серед загальної кількості виробничих травм) пошкодження очей перевищило 50%, при фрезеруванні – 10 %, і близько 8 % – при заточуванні інструменту і шліфуванні. Очі ушкоджувалися стружкою, що відлітає, пиловими частинками оброблюваного матеріалу, осколками ріжучого інструменту і частинками абразиву. Випадки механічного травмування при роботі на верстатах розподіляються таким чином:

- травмування пальців або кінцівок рук унаслідок захоплення їх інструментом, що обертається, – 70%;
- травмування очей стружкою, яка відлітає, – 15%;
- травмування рук або ніг при налазці верстата, установці та знятті оброблюваної деталі, кріпленні та знятті інструменту – 8%;
- травмування тіла працюючого деталлю, що вирвалася з кріплення при обробленні – 3%;
- травмування пальців рук при прибиранні стружки – 3%;
- інші випадки травмування – 1%.

Одним із шкідливих виробничих чинників є пил. Основним джерелом утворення пилу в механічних цехах є шліфувально-заточні операції. У процесі шліфування в повітря виділяється високодисперсний пил (0,5 – 3 мкм), до складу якого, окрім частинок металу, належать частинки абразивного (електрокорунд і карбід кремнію) і зв'язувального матеріалу (керамічна, силікатна, магнезійна й інші зв'язки). Концентрація пилу досягає найбільшої

					Арк.
					29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

величини при внутрішньому шліфуванні без вентиляції (28–153 мг/м³), при сухому шліфуванні з відсмоктуванням – запиленість складає 20 мг/м³ і більш. Вологе шліфування без вентиляції також не забезпечує повної відсутності пилу (середня концентрація пилу – 6–7 мг/м³). Крім того, утворюється масляний аерозоль із концентрацією 15 – 20 мг/м³. При точінні латуні й бронзи кількість пилу в повітрі виробничого приміщення відносно невелика (14,5–20 мг/м³). Проте пил, що утворюється при точінні цих сплавів, токсичний (містить домішки свинцю).

При обробці різанням полімерних матеріалів відбуваються механічні й фізико-хімічні зміни їх структури і в повітря робочої зони потрапляє складна суміш парів, газів і аерозолів. Летючі продукти, що утворюються при тепловому розкладанні ряду пластмас, можуть викликати зміни у центральній нервовій і судинній системі, кровотворних і внутрішніх органах, а також шкірно-трофічні порушення. Аерозолі нафтових масел, що входять до складу мастильно-охолоджувальної рідини, можуть викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності. Тривале вдихання пилу у виробничих умовах може призвести до розвитку пилових захворювань хронічного пилового бронхіту та ін.

Мастильно-охолоджувальні рідини можуть шкодити організму при частому потраплянні масла на відкриті ділянки шкіри, при тривалій роботі в одязі, що просякнутий маслом, при вдиханні масляного туману. Систематичний контакт із маслом може викликати гострі та хронічні захворювання шкіри, зокрема захворювання, відоме під назвою масляних угрів (фолікулітів). У робітників–верстатників у результаті тривалого стояння розвивається виражене розширення вен на ногах, яке ускладнене запальними або трофічними розладами. Робітники на конвеєрі, шліфувальники мають схильність до захворювань периферичних нервів і м'язів. До виникнення цих захворювань призводять систематичні тривалі статичні напруги м'язів, однотипні рухи, що виконуються у швидкому темпі, тиск на нервові стовбури і їх мікро-травматизація.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Основними нормативними документами, що регламентують безпеку робіт на металорізальних верстатах, є: ГОСТ 12.3.025–80 ССБТ. «Обработка металлов резанием. Требования безопасности»; НАОП 1.4.10– 1.02–83 «Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів», ГОСТ 12.2.009–80 ССБТ. «Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности». Згідно з цими нормативними документами вимоги безпеки до процесів оброблення різанням мають бути викладені в маршрутних картах, картах ескізів, технологічних інструкціях, відомостях операцій, картах технологічного процесу, картах типового технологічного процесу, операційних картах та інших технологічних документах. Вимоги безпеки мають виконуватися протягом усього технологічного процесу, включаючи операції технічного контролю, транспортування, складування об'єктів оброблення і збирання технологічних відходів виробництва. У технологічній документації на оброблення різанням мають бути вказані засоби захисту працюючих.

Режими різання мають забезпечувати безпеку роботи, відповідати вимогам стандартів і технічних умов для відповідних інструментів. Установка оброблюваних заготовок і зняття готових деталей під час роботи обладнання допускається поза зоною оброблення, при застосуванні спеціальних позиційних пристосувань (наприклад, поворотних столів), що забезпечують безпеку праці робітників. При обробці різанням заготовок, що виходять за краї обладнання, мають бути встановлені переносні огороження і знаки безпеки.

Для виключення зіткнення рук верстатників із пристосуваннями, що рухаються, і інструментом при установці заготовок і знятті деталей мають застосовуватися автоматичні пристрої (механічні руки, револьверні пристосування, бункери).

Для охолодження зони різання застосовуються з дозволу МОЗ України масляні мастильно–охолоджувальні рідини, емульсії, синтетичні та напівсинтетичні рідини з температурою спалаху не нижче 1500 С, вільні від

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кислот. Стружку (відходи виробництва) від металорізальних верстатів і робочих місць варто забирати механізованими способами за допомогою різних транспортерів. Прибирання робочих місць від стружки і пилу має проводитися способом, що виключає пилоутворення.

Для контролю розмірів оброблюваних заготовок під час роботи обладнання мають передбачатися спеціальні прилади, що дозволяють здійснювати виміри автоматично, без зняття деталей. Контроль розмірів оброблюваних заготовок на верстатах і зняття деталей мають проводитися лише при відключених механізмах обертання або переміщення заготовок, інструменту і пристосувань. Загальні вимоги до верстатів усіх типів (ГОСТ 12.2.009–80):

- наявність захисних огорожувальних пристроїв відповідної конструкції, що не обмежує технологічні можливості верстата і не викликає незручностей при роботі;

- наявність запобіжних пристроїв і блокувань;

- виконання вимог до органів керування;

- наявність відповідних пристроїв для переміщення, установки і закріплення заготовок та інструмента на станині;

- виконання вимог до змащення й охолодження верстата;

- виконання вимог до гідравлічних і пневматичних приводів верстата;

- виконання вимог до відведення стружки;

- наявність пристроїв для видалення пилу, дрібної стружки й інших шкідливих домішок;

- виконання вимог до робочих площадок;

- включення вимог безпеки в технічну документацію.

Крім того, при роботі металообробних верстатів мають виконуватися вимоги до забезпечення електробезпеки і освітлення робочих місць.

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Електробезпека

Ремонт, регулювання та нагляд за справністю дії електрообладнання верстата покладаються на електромонтерів цеху. У робочому ста нічника не дозволяється здійснювати будь-які дії, пов'язані з регулюванням або ремонтом електричних приладів. До електроустаткування верстата підведено висока лінійна напруга (380 в або рідше 220 в), небезпечне для мизни. Тому токарю потрібно знати такі елементарні правила електробезпеки.

1. Всі струмоведучі і струмопровідні кошти повинні бути ізольовані і захищені від зіткнення з ними робочого.
2. Користуватися несправними кнопковими станціями, зламаними рукоятки перемикачів і вимикачів забороняється.
3. Верстат і корпус двигуна повинні бути заземлені. Заземлюючий провід зазвичай підводиться до зажимному болту ззаду передній тумби або підстави верстата. Справність проводу слід перевіряти щодня перед початком роботи. При виявленні несправності його роботу на верстаті припинити ізвернутися до черговому електромонтеру.
4. При появі іскор на деталях або зграйка відчуття струму при зіткненні з верстатом необхідно припинити роботу і вжити заходів для виправлення електропроводки електриком.
5. Не розливати рідину, що охолоджує, біля верстата, так як сирий підлогу більш небезпечний, якщо корпус верстата опиниться під напругою.
6. Під ногами слід мати суху дерев'яну ґрати без наскрізних металевих кріплень (цвяхів, шурупів).

Для забезпечення електробезпеки і попередження ураження струмом при дотику до металевих конструктивних частинах установки і вторинним виткам нагрівальних контурів, коли вони внаслідок якої несправності можуть опинитися піднебезпечною напругою, їх необхідно заземлювати.

Для забезпечення електробезпеки зварювальникам слід працювати в гумових чоботях, а при роботі на металевих площадках і трубопроводі зварника необхідно забезпечити гумовим килимком.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Для забезпечення електробезпеки місцеві електричні світильники на верстатах повинні мати напругу не вище 36 В. Всі металеві частини верстатів заземлюються.

Для забезпечення електробезпеки слід суворо виконувати вимоги ГОСТ 12.2.007.0 - 75 - ГОСТ 12.2.007.14 - 75 ГОСТ 12.1.009 - 76а також Правила улаштування електроустановок, Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів, затверджені Держенергонаглядом.

4.4 Пожежна профілактика

Пожежі є стихійним лихом, що знищує матеріальні цінності і іноді тягне за собою загрозу здоров'ю і життю людей. Тому попередження пожеж і боротьба з ними має велике державне значення і є обов'язком кожного працюючого на підприємстві.

Роботу зі створення пожежобезпечних умов на підприємствах виконують пожежні команди, які мають у своєму розпорядженні необхідними засобами пожежогасіння і приймають безпосередню участь у ліквідації вогню.

Для полегшення роботи у цехах підприємства створюються добровільні пожежні дружини з числа робітників і службовців. Вони контролюють дотримання протипожежного режиму, стежать за станом засобів пожежогасіння і в разі виникнення пожежі беруть участь у ліквідації вогню і порятунку людей. Для успішної боротьби з пожежею треба знати її причини. Відомо, що горіння являє собою хімічний процес сполуки речовини з киснем при певній температурі, що виникає зазвичай за рахунок підведення теплоти ззовні.

Однак іноді горіння починається при відсутності зовнішнього джерела теплоти і відбувається в результаті хімічних, біологічних та фізичних процесів, відбуваються в самій речовині. Такий процес називається самозаймання, яке може виникнути внаслідок тривалого зберігання горючих речовин, звалених в купу. Крім того, горючі гази, пари і пил (бензин, ацетилен, скипидар, водень, кам'яновугільна пил і ін) в суміші з киснем здатні утворювати вибухові суміші. Для виникнення такого вибуху необхідні певна

					Арк.
					34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

концентрація парів або газоповітряної суміші і імпульс, здатний нагріти речовину до температури самозаймання (полум'я, удар, стиснення та ін).

Таким чином, для запобігання пожежі необхідно усунути причини горіння, тобто: не користуватися відкритим вогнем в пожежонебезпечних місцях, правильно експлуатувати електрообладнання, не допускаючи його різкого перевантаження, не зберігати горючі речовини в купах тривалий час, не розливати пально-мастильні рідини, а у разі їх протокі негайно проводити прибирання, не допускати утворення вибухових сумішей шляхом пристрої надійної припливно-витяжної вентиляції приміщень. При виникненні вогню приймати термінові заходи щодо зменшення температури в зоні горіння і доступу кисню повітря до неї застосуванням різних засобів пожаротушення. Пожежна безпека на підприємстві здійснюється проведенням ряду профілактичних заходів, які передбачають:

- 1) усунення можливих причин пожеж - правильне утримання електрообладнання, опалювальних приладів, гартівних баків, заборона куріння, запалювання сірників і користування відкритим вогнем в небезпечних місцях, своєчасне звільнення території і приміщень від сміття та т. д.;
- 2) забезпечення виробничих приміщенні засобами пожежогасіння скринькою з піском, пожежними кранами, відрами, бочками з водою, шлангами, лопатами, сокирами, азбестовими або брезентовими покривалами, вогнегасниками та автоматичними засобами пожежогасіння;
- 3) забезпечення успішної евакуації людей і майна з палаючого приміщення - пристрій необхідної кількості виходів і їх раціональне розміщення;
- 4) створення умов для успішного розгортання тактичних дій пожежних команд при гасінні пожежі - пристрій зручних під'їздів до будівель, спеціальних проходів до важкодоступних місць, зовнішніх пожежних драбин;
- 5) забезпечення швидкого сповіщення пожежної команди про виникнення пожежі - встановлення достатньої кількості пожежних сповіщувачів ручного і автоматичного дії і телефонних апаратів внутрішньозаводський зв'язку;
- 6) навчання працівників підприємства правилам пожежної безпеки і

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

користування засобами пожежогасіння-проведення ввідних інструктажів з пожежної безпеки для всіх знову вступників на підприємство, бесід, лекцій, фотовитрин, вивішування на видних місцях запобіжних написів і плакатів.

При виникненні пожежі необхідно терміново викликати пожежну команду по оповіснику або телефоном. На автоматичних телефонних апаратах виклик міської пожежної команди здійснюється набором номера 01.

До прибуття пожежної команди негайно вимкнути вентиляційну систему і приступити до ліквідації осередку вогню усіма наявними засобами, які слід вибирати в залежності від конкретних умов.

Для гасіння електроустановок і легкозаймистих рідин застосовують заповнений рідкою вуглекислою під тиском 70 ат. Виходячи через розтруб, вуглекислота розширюється і перетворюється в «вуглекислотний сніг» і газоподібну вуглекислоту. При наведенні на палаючий об'єкт, потік вуглекислоти, маючи температуру близько -80, охолоджує речовини в зоні горіння і відтісняє кисень повітря, Для приведення вогнегасника в дію досить відкрити вентиль 1. До недоліків таких вогнегасників слід віднести малий термін їх дії - 25-50 сек. Для попередження можливості виникнення пожежі кожен працівник підприємства зобов'язаний суворо дотримуватися правил пожежної безпеки.

1. Не палити і застосовувати відкритий вогонь у місцях, де це заборонено (деревообделочном цеху, на складах, у місцях, де проводяться фарбувальні та газозварювальні роботи, в гаражі та інших пожежонебезпечних ділянках).
2. У цехах, де дозволено куріння, не кидати недопалки і сірники біля верстатів, у проходах та поблизу горючих предметів. Для цієї мети користуватися спеціальними скриньками.
3. Не користуватися несправними електроустановками і приладами. Для їх виправлення викликати електрика.
4. Не проливати паливно-мастильні матеріали при змащуванні обладнання, а в разі протоки - негайно проводити прибирання.
5. Не зберігати промаслений спецодяг поблизу опалювальних і нагрівальних приладів. Спецодяг повинен зберігатися у роздягальні.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

6. Не захащувати робоче місце відходами та пально-мастильними матеріалами, а своєчасно видаляти їх у спеціально відведений пожежобезпечне місце.
7. Не захащувати проходи і доступи до протипожежного інвентарю: до пожежних кранів, огнетушителям та іншим первинним засобампожежогасіння.
8. Знати розташування засобів пожежогасіння в цеху та навчитися ними користуватися.
9. У випадку спалаху розлитого бензину або газу, гасіння виконувати пінним вогнегасником, піском або азбестовим покриттям
10. Постійно пам'ятати, що пожежу легше попередити або ліквідуватище до її початку.

Заходи щодо забезпечення безпеки людей повинні призначатися взаємності від пожежонебезпечних властивостей і кількостей речовин і матеріалів відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 і ГОСТ 12.1.044-

89.Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) у приміщенні:

А (вибухопожежонебезпечна) - Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28 ° С в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, у разі спалахування яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа. Речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним в такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.

Б (вибухопожежонебезпечна) - Горючі пил або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28 ° С, горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, у разі спалахування яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

В1 - В4 (пожежонебезпечні) - Горючі і важкогорючі рідини, тверді горючі і важкогорючі речовини і матеріали (в тому числі пил та волокна), речовини і

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним тільки горіти за умови, що приміщення, в яких вони є в наявності або обертаються, не належать до категорій А або Б.

Г - негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор і полум'я; горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо

Д - Негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

З вище перерахованих факторів, цех відноситься до категорії "Д" ((Згідно НПБ 105-03)

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Техніко-економічне обґрунтування

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кумейко О.В.			Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.						39	
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.							

5 Техніко-економічне обґрунтування

5.1 Вступ

5.1 Вступ

Універсальним засобом для обробки деталей є токарні верстати. Вони дозволяють працювати з різноманітними матеріалами, у тому числі з металами. Токарні верстати можна зустріти як на великих так і на невеликих підприємствах різних гілок промисловості і вони є одними з найважливіших видів техніки на багатьох з них. Найсучаснішими є автоматизовані верстати та верстати з ЧПК (числовим програмним керуванням). Токарні верстати дозволяють виготовити деталі зі складними криволінійним візерунками.

Технічне обладнання постійно модернізується. Цей процес не обходить і токарні верстати. Використання підприємством сучасних токарних верстатів дозволяє підвищити ефективність труда та знизити затрати на, внаслідок чого зростає його дохід.

У дипломному проекті була запропонована модернізація електропривода шпинделя токарного верстата. Це дозволить підвищити швидкість обробки деталей та продуктивність верстата, скоротити витрати на електроенергію за рахунок повного використання потужності двигуна і тим самим зменшити електроспоживання та відповідно затрати на електроенергію та експлуатацію в цілому.

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок капітальних витрат проекту

Капітальні вкладення - це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів та нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні витрати по реалізації проектного технічного рішення включають в себе :

- витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю і обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання та інші;
- витрати, пов'язані з виконанням монтаже-налагоджувальних робіт, також відносяться до капітальних;
- витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

Розрахунок капітальних витрат оформлений у вигляді зведення капітальних витрат по розділах (таблиця 5.1).

$$K_{пр} = V_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + V_{тзс} + V_M + V_H + V_{інш}$$

де $V_{об}(\sum_{i=1}^k C_i)$ сумарна вартість комплектуючих (табл. 5.1);

k - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$V_{тзс}$ - транспортно-заготівельні і складські витрати;

V_M - витрати на монтажні роботи (табл. 5.2);

V_H - витрати на налагоджувальні роботи (табл. 5.3);

$V_{інш}$ - інші витрати (табл. 5.4)

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 - Зведення капітальних витрат, грн.

№	Найменування обладнання	Кількість	Валюта	Курс НБУ	Ціна за одиницю	Сума, грн	Постачальник
Проектний варіант							
1	Електродвигун 4AM180M2	1	грн	-	16 360	16 360	ООО "Компанія Провент" м.Київ, вул. Куринівська 18
2	Перетворювач частоти Altivar 71 ATV71E5D30N4	1	грн	-	119 916	119 916	ТОВ "ПРОФДРАЙВ УКРАЇНА" м.Київ, вул. Попудренка 52
Всього						136276	

Таблиця 5.2 - Витрати на монтажні роботи (B_m)

№ п/п	Найменування витрат	Один. вим.	позначення	значення
1	Кількість робітників		Ч	5
2	Часова тарифна ставка монтажника четвертого розряду	грн/год	a	31,4
3	Час для виконання робіт	год	t	16
4	Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		K_d	1,27
5	Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи		K_{cm}	1,22
6	Коефіцієнт, що враховує інші витрати		K_{np}	1,05

З 01.01.2019 р вступив в силу законопроект №2629-VIII "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України", відповідно до якого мінімальна заробітна плата становить 4 173 гривень. У нашому випадку для монтажника 4 розряду з урахуванням тарифного коефіцієнту 1,57 місячна тарифна заробітна плата=3200*1,57=6551 грн.

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Звідси знайдемо годинну тарифну ставку: $6551 \text{ грн} / 160 \text{ год} = 40,95 \text{ грн} / \text{год}$

$$B_M = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_D \cdot K_{C3} \cdot K_{\text{інш}}$$

$$B_M = 5 \cdot 31,4 \cdot 16 \cdot 1,27 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 5329,62 \text{ грн.}$$

де Ч - Кількість осіб необхідних для монтажу и налагодження устаткування;

a - годинна тарифна ставка інженера-наладчика, 4-го розряду, грн / рік;

t - час, необхідній для монтажу та наладки обладнання, рік;

K_D - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{C3} - коефіцієнт, що враховує відрахування на єдиний соціальний внесок;

$K_{\text{інш}}$ - коефіцієнт враховує інші витрати на здійснення робіт.

Таблиця 6.3 - Витрати на налагоджувальні роботи (B_H)

№ п/п	Найменування витрат	Один. вим.	позначення	значення
1	Кількість робітників		Ч	1
2	Часова тарифна ставка монтажника п'ятого розряду	грн/год	a	52
3	Час для виконання робіт	Год	t	8
4	Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		K_D	1,27
5	Коефіцієнт, що враховує відрахування на єдиний соціальний внесок		K_{C3}	1,22
6	Коефіцієнт, що враховує інші витрати		$K_{\text{пр}}$	1,05

$$B_n = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_d \cdot K_{сз} \cdot K_{інш}$$

$$B_n = 1 \cdot 8 \cdot 40 \cdot 1,27 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 676,78 \text{ грн.}$$

Транспортно-заготівельні і складські витрати Транспортно-заготівельні і складські витрати розраховуємо згідно цін поштової компанії Нова Пошта

Доставка зі складу у Києві на будь – яку адресу у межах міста Дніпра для двигуна, та перетворювача складає

$$B_{тзс} = 718,00 \text{ грн.}$$

$$K_{пр} = 136276 + 4086,7 + 718 + 5329,62 = 146409,7 \text{ грн}$$

5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період, виражений у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат електротехнічного обладнання відносяться:

- Амортизаційні відрахування (C_a);
- Заробітна плата обслуговуючого персоналу ($C_з$);
- Відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (C_c);
- Витрати на технічне обслуговування и поточний ремонт устаткування Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (C_T);
- Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування (C_e);
- Інші експлуатаційні витрати ($C_{інш}$).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати становлять:

$$C = C_a + C_з + C_c + C_T + C_e + C_{інш}$$

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.1 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 вигоди, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання. Строк корисного використання об'єкта проектування належить до 4 групи ОЗ, складає 5 років. Розрахунок зведений в таблицю 5.5.

$$C_a = \Phi_n \frac{H_a}{100}$$

де H_a – норма амортизації для заміняемого обладнання

Для розрахунку норм амортизації використовуємо прямолінійний метод. Норма амортизації для проектного і базового варіантів складає:

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{мін}}} = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%$$

Таблиця 5.5 - Розрахунок амортизаційних відрахувань

№ п/п	Найменування	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн
1.	Проектний варіант	146409,7	20	29281,94

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється за категоріями персоналу (робочі, РСС), який обслуговує об'єкт проектування, відповідно до їх чисельністю, режимом роботи, вартівими тарифними ставками, посадовими окладами, що застосовуються на підприємстві формами і системами оплати праці та преміювання.

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 для робітників, посадовими окладами для фахівців, службовців і керівників.

Додаткова заробітна плата - це винагорода за працю понад установлені норми, за особливі умови праці. До додаткової заробітної плати відносяться премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій, доплати і надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством. Оскільки проектне обладнання не має потреби у постійному контролі і достатньо уділяти близько однієї години огляд обслуговування протягом тижня.

$$T_{\text{ном}} = 52 \cdot 1 = 52 \text{ год.}$$

№ п/п	Найменування професій працівників	Обліковий штат, чол.	Часова тарифна ставка, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, год.	Основна зарплата по тарифу, грн.
1.	Електрослюсар	1	40,95	52	2129,4

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 10-15% від основної заробітної плати.

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати становить:

$$C_z = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

$$C_z = 2129,4 + 319,5 = 2448,9 \text{ грн.}$$

Де $Z_{\text{осн}}$, $Z_{\text{доп}}$ – основна і додаткова заробітна плата відповідно, грн.

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.3. Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи (єдиний соціальний внесок) визначаються на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$C_{\text{вн}} = C_3 \cdot 22\%$$

$$C_{\text{вн}} = 2448,9 \cdot 0,22 = 538,75 \text{ грн.}$$

5.3.4 Розрахунок річних витрат на експлуатацію та обслуговування

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. Ці показники можуть змінюватися в залежності від зносу обладнання.

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

$$V_{\text{т.р.}} = \sum_{i=1}^n (R \cdot t \cdot m \cdot R_{\Sigma} + \frac{S \cdot \Pi}{T} \cdot T_{\phi}),$$

де R - годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн;

t - трудомісткість одного ремонту (для середнього приймаємо 7 ч / од.);

m - кількість ремонтів в рік;

R_{Σ} - сумарна категорія складності ремонту (приймаємо 10);

S - вартість однотипних замінних елементів, грн;

Π - кількість однотипних замінних елементів, грн;

T - середній термін служби деталей одного типу, ч;

T_{ϕ} - число годин роботи обладнання в рік, годин.

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У свою чергу ефективний фонд робочого часу обладнання ТЕФ визначається як календарний фонд часу T_k (тривалість року - 365 днів) за вирахуванням вихідних і святкових днів і часу між змінами T_n (в 2019 році - 104 днів), а також часу простою обладнання в планово попереджувальних робіт.

Число годин роботи в рік становить $261 \cdot 8 = 2088$ год.

(245 робочих днів, зміна 8 годин, робота в 1 зміну)

Час на проведення ремонтних попереджувальних робіт $T_{п.рем.} = 6 \cdot 8 = 48$ год.

Технічна зупинка механізму приблизно 1 год. в зміну тобто 249 годин.

Загальний час роботи обладнання становить:

$$T_p = 2088 - 48 - 245 = 1795 \text{ год}$$

Проектні витрати:

$$C_{т.р.} = 40,95 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 10 + \frac{200 \cdot 6}{300} \cdot 1795 = 10050 \text{ грн}$$

5.3.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності і річного фонду робочого часу об'єкта проектування по формулі:

$$C_e = W_p \cdot C_e \text{ грн}$$

де W_p - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт год;

C_e - тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн / кВт год.

Ціни на I клас тарифна ставка на електроенергію складає 0,063 грн / кВт год без НДС (Згідно с офіційним сайтом Dtek). ПДВ=20%.

$$W_p = N_y \cdot T_n \cdot K_{int}, \quad \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

де N_y - встановлена потужність обладнання;

T_n - номінальний час роботи обладнання за рік;

K_{int} - інтегральний коефіцієнт використання потужності.

						Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість електроенергії, споживаної впроваджуються об'єктом за рік:

$$W_{p1} = (30000 \cdot 1695 \cdot 0.75 - 200 \cdot 1695 \cdot 0.25 \cdot 0.925 \cdot 0.6) \cdot 0.6$$
$$= 11673,75 \text{ кВт} \cdot \text{г}$$

Витрати на електроенергію впроваджуваного об'єкта складуть:

$$C_{e1} = 11673,75 \cdot 1,4532 \cdot 1.2 = 882,53(\text{грн})$$

5.3.6 Визначення інших витрат

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

И складають:

$$C_{\text{інш}} = 2448,9 \cdot 0,04 = 97,95(\text{грн}) \quad (5.17)$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати становлять:

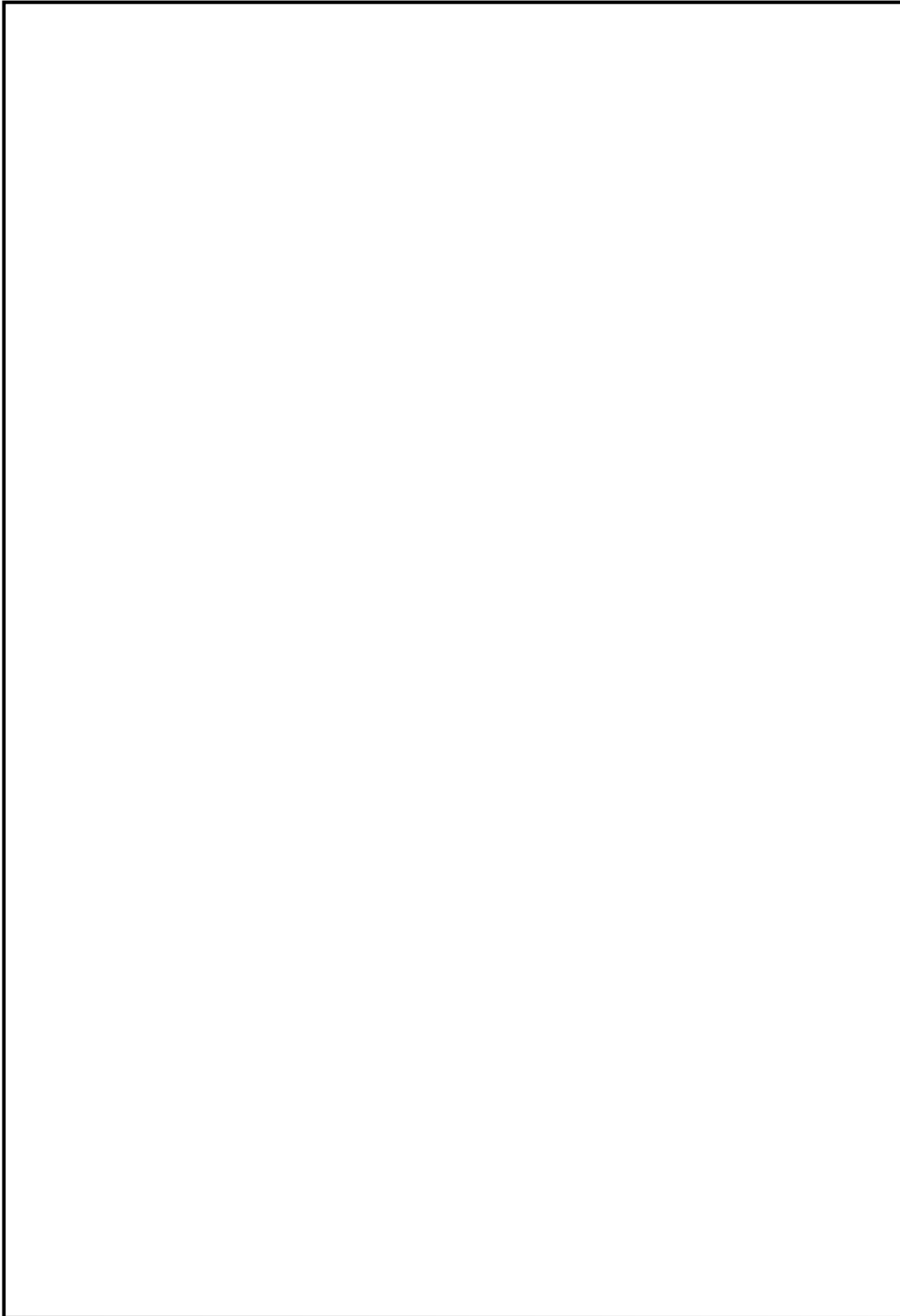
$$C = C_a + C_3 + C_c + C_T + C_e + C_{\text{інш}} = 29281,94 + 2448,9 +$$
$$+ 538,75 + 10050 + 882,53 + 97,95 = 43300,07\text{грн.} \quad (5.18)$$

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4 Висновки

В даному розділі було проведено розрахунки з техніко-економічного обґрунтування. Двома економічними особливостями проекту, що дозволили скоротити витрати - це малий річний фонд заробітної плати працівників, а також наявність частотного перетворювача . У підсумку розділу можна сказати що, капітальні витрати на проект становлять 146409,7 грн, а річні витрати 43300,07грн.

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



						Арк.
						51
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		