

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ "Дніпровська політехніка"

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

дипломного проекту

бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань 0507 Електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки 050702 Електромеханіка

(код і назва напрямку підготовки)

спеціальність 6.05070204

(код і назва спеціальності)

Електромеханічні системи автоматизації та електропривод

освітній рівень бакалавр

(назва освітнього рівня)

Кваліфікація фахівець у галузі електротехніки

(код і назва кваліфікації)

на тему: Двобічний електропривод шпинделя токарного верстату

з числовим керуванням

Виконавець:

Студент 4 курсу, групи ЕМ-14-2

Колесник Р.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Казачковський М.М.		
розділів:			
Автоматизований електропривод	Казачковський М.М.		
Дослідження динаміки	Казачковський М.М.		
Охорона праці	Столбченко О.В.		
Економічний	Тимошенко Л.В.		

Рецензент			

Нормоконтроль	Казачковський М.М.		

Дніпропетровськ
2018

**Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ "Дніпровська політехніка"**

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
Електроприводу
(повна назва)

_____ Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище,
ініціали)

« _____ » _____ 2018 року

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект**

Бакалавра

(назва рівня вищої освіти)

студенту ЕМ-14-2 Колеснику Роману Олександровичу
(група) (прізвище та ініціали)

**Тема дипломного проекту Двобонний електропривод шпинделя токарного верстату
з числовим керуванням**

затверджена наказом ректора ДВНЗ "НТУ "Дніпровська політехніка" від
№ _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
<i>Автоматизований електропривод</i>	Розрахувати навантаження та обрати двигун. Обрати силове електричне обладнання. Розрахувати САР	30.10.17-14.11.17
<i>Дослідження динаміки</i>	Змодельовати, дослідити та проаналізувати роботу та динаміку САР	04.12.17-20.01.18
<i>Розділ «Охорона Праці»</i>	Зробити аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	10.03.18-24.03.18
<i>Розділ «Техніко-економічне обґрунтування»</i>	Встановити економічну доцільність прийнятих технічних рішень. Розрахувати капітальні та експлуатаційні витрати.	15.03.18-23.04.18

Завдання видав _____

(підпис)

Казачковський М.М.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Колесник Р.О

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: _____

Термін подання дипломного проекту до ЕК _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записки 57 с., 15 рис., 6 табл, 13 джерел, 4 аркуші креслень.

Об'єкт детальної розробки: електропривод головного руху шпинделя токарного верстату

Мета роботи: модернізація електроприводу головного руху шпинделя токарного верстату.

Вибрані елементи силового кола (двигун постійного струму типу 2ПФ132ЛГ, електропривод ЭПУ1-2-3447Д04). Розраховані параметри двозонної системи регулювання швидкості.

Здійснений розрахунок регуляторів швидкості, струму якоря, струму збудження та ЕРС. При моделюванні охоплені режими пуску, прикладення навантаження, гальмування з використанням пакета MATLAB Simulink. Отримано діаграми швидкості, струму якоря, ЕРС, 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 комплектного електроприводу постійного струму.

РЕВЕРСИВНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ПОСТІЙНОГО СТРУМУ, ЧИСЛОВЕ КЕРУВАННЯ, ДВОЗОННА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ, ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, СИНТЕЗ САР.

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ESSAY

Explanatory note, 57 pages, 15 figures, 6 tables, 13 sources, 4 sheets of drawings. The object of detailed development is a spindle electric drive of the lathe.

The purpose of the work is to modernize the electric drive of the lathe.

The elements of the power circuit are selected (Type 2ПФ132ЛГ DC motor, type ЭПУ1-2-3447Д04 rectifier). Parameters of field weakening control system of speed have been calculated.

The calculations of speed, armature current, field current and EMF regulators have been done. The start, the load apply and the braking modes have been used during the simulation by using the MATLAB Simulink package. The diagrams of speed, armature current, EMF and magnetic flux are obtained. The dangerous and harmful factors are analyzed.

Electricity and operation costs were reduced due to the reduction of the power of the electric drive and the loss of electricity by installing the rectifier.

REVERSIBLE DC ELECTRIC DRIVE, NUMERICAL CONTROL, FIELD WEAKENING SPEED CONTROL. SELECTION OF THE ELECTRICAL EQUIPMENT, SAR SYNTHESIS.

					БИТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Зміст

Вступ	6
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Вихідні дані	7
2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	11
2.1 Розрахунок навантажень та вибір двигуна	11
2.2 Вибір силового електричного обладнання	15
2.3 Розрахунок системи автоматичного регулювання	19
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ	24
3.1 Моделювання САР	24
3.2 Висновки до розділу 3	30
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	34
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проектного технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою	34
4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці	37
4.3 Електробезпека	39
4.4 Пожежна профілактика	40
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	44
5.1 Вступ	44
5.2 Розрахунок капітальних витрат	45
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	48
5.4 Висновки до розділу 5	51
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	52

						Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	

Вступ

Оснащеність сучасного обладнання системами з ЧПК давно стала звичною, оскільки вплив людського фактору на виробничі процеси може призвести до зниження продуктивності, погіршенню якості продукції, що випускається, а також випуску великої кількості браку, що в умовах сучасної ринкової економіки є недопустимим. Таким чином, верстати з ЧПК щільно увійшли у виробничі майстерні та цеха і сьогодні без їхньої участі не обходиться жодне підприємство з виробництва виробів з металу, дерева, пластику та скла.

Токарні верстати з ЧПК представляють собою оброблюючі верстати, на котрих виконується нарізка різьблення, виточення деталей різної форми, робота з заготовками різноманітних розмірів. Особливістю верстатів є вбудована комп'ютерна програма, котра дозволяє задавати верстату певний набір параметрів для обробки тієї чи іншої заготовки. Конструкція сучасних верстатів з ЧПК, як правило, дозволяє поєднувати деякі види робіт: фрезерування і точіння, шліфування та фрезерування і т.д.

Крім того, верстати з ЧПК додатково оснащуються автоматизованими системами завантаження та вивантаження деталей, що є дуже важливим в умовах автоматизованих підприємств, а також автоматичними пультами керування для можливості зручного та комфортного контролю за операціями, що виконуються.

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Глава 1. Завдання на проект

1.1 Вихідні дані

Діаграми статичного моменту на валу шпинделя $M_{\text{сш}}$ та швидкості шпинделя $\omega_{\text{ш}}$ приведені 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 повоздожнє 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 .

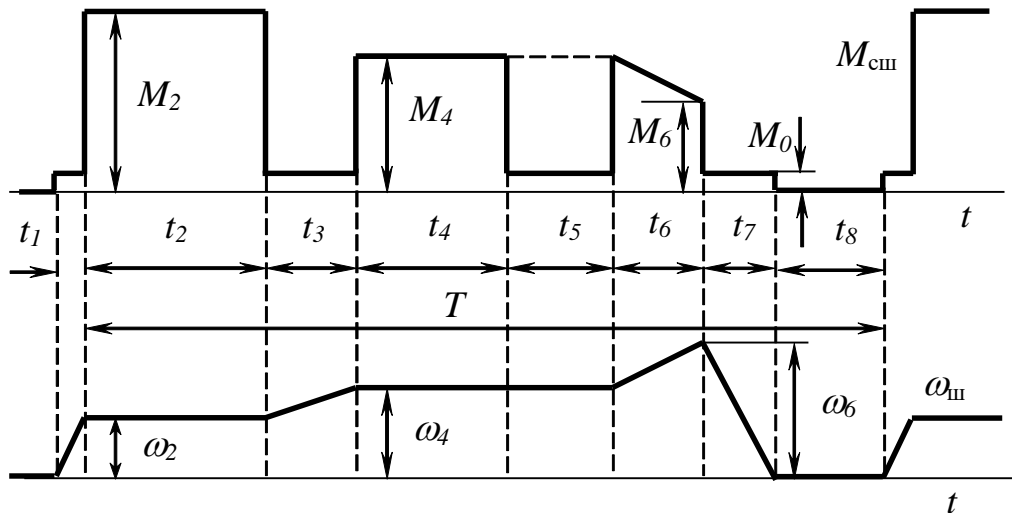


Рис. 1.1 Діаграми статичних моментів та швидкостей шпинделя

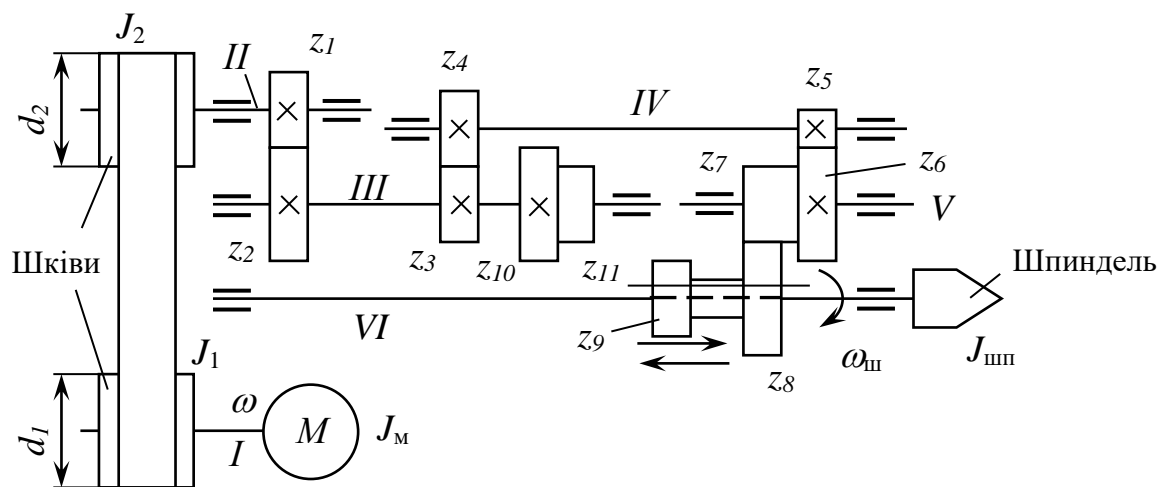


Рис. 1.2 Кінематична схема приводу головного руху

Таблиця 1.1

Значення основних величин

Параметр	Значення
d_1 , мм	120
d_2 , мм	180
z_1	45
z_2	45
z_3	48
z_4	48
z_5	30
z_6	66
z_7	24
z_8	66
z_9	12
z_{10}	60
z_{11}	26
t_1 , с	1
t_2 , с	16
t_3 , с	2
t_4 , с	14
t_5 , с	3

Арк.

БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ

8

Зм. Арк. № докум. Підпис Дат

$t_6, \text{с}$	10
$t_7, \text{с}$	1,5
$t_8, \text{с}$	5
$M_0, \text{Нм}$	2
$M_2, \text{Нм}$	32
$M_4, \text{Нм}$	15
$M_6, \text{Нм}$	14
$\omega_2, \text{рад/с}$	95
$\omega_4, \text{рад/с}$	190
$\omega_6, \text{рад/с}$	220
$J_{\text{дет}}, \text{кгм}^2$	0,4
$J_{\text{шп}}, \text{кгм}^2$	0,04
$J_1, \text{кгм}^2$	0,008
$J_2, \text{кгм}^2$	0,02
$J_{\text{пер}}$ зведений до валу II, кгм^2	0,0006
У зчепленні колеса	z_6 та z_8
Система електропривода	КВ-Д (двобонний)

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Тут d_1, d_2 - діаметри шківів;

z_i - кількість зубів зубчатих колес;

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.

У схемі рисунку 1.2, завдяки можливості переміщення зубчатих коліс z_8, z_9 уздовж валу V , можна реалізувати три рівні передавального числа (згідно до нашого варіанту, рівень при положенні колес z_8, z_9 , зображений на рисунку 1.2).

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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

$$M_{\text{ном}} = \frac{9,55 \cdot P_{\text{н}}}{n_{\text{н}}} = \frac{9,55 \cdot 2800}{750} = 35,653 \text{ Нм.}$$

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

$$i_I = \frac{d_1}{d_2} = \frac{120}{180} = 0,667, \quad i_{II} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{45}{45} = 1, \quad i_{III} = \frac{z_3}{z_4} = \frac{48}{48} = 1,$$

$$i_{IV} = \frac{z_5}{z_6} = \frac{30}{66} = 0,455, \quad i_V = \frac{z_8}{z_7} = \frac{66}{24} = 2,75,$$

де d_1, d_2 – діаметри шківів;

z_i – кількість зубів зубчатих коліс.

Загальне передавальне число:

$$i = i_I \cdot i_{II} \cdot i_{III} \cdot i_{IV} \cdot i_V = 0,667 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,455 \cdot 2,75 = 0,833.$$

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

$$\omega_{2д} = \frac{\omega_2}{i} = \frac{95}{0,833} = 114 \text{ рад/с,}$$

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$\omega_{4д} = \frac{\omega_4}{i} = \frac{190}{0,833} = 228 \text{ рад/с,}$$

$$\omega_{6д} = \frac{\omega_6}{i} = \frac{220}{0,833} = 264 \text{ рад/с,}$$

де ω_i - кутова швидкість валу шпинделя на кожному з інтервалів.

Статичні моменти, перераховані на вал двигуна:

$$M_{0дв} = M_0 \cdot i = 2 \cdot 0,833 = 1,667 \text{ Нм,}$$

$$M_{2дв} = M_2 \cdot i = 32 \cdot 0,833 = 26,667 \text{ Нм,}$$

$$M_{4дв} = M_4 \cdot i = 15 \cdot 0,833 = 12,5 \text{ Нм,}$$

$$M_{6дв} = M_6 \cdot i = 14 \cdot 0,833 = 11,667 \text{ Нм,}$$

де M_i - статичні моменти на кожному з інтервалів.

Зведений до валу двигуна момент інерції приводу:

$$\begin{aligned} J_{звед} &= \frac{J_{дет} + J_{шп}}{i^2} + J_1 + \frac{J_2}{i^2} + J_{пер} + J_д = \\ &= \frac{0,4 + 0,04}{0,833^2} + 0,008 + \frac{0,02}{0,667^2} + 0,0006 + 0,048 = 0,735 \text{ кгм}^2, \end{aligned}$$

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:

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$M_{c\Sigma} = \sqrt{\frac{M_{0дв}^2 \cdot t_1 + M_{2дв}^2 \cdot t_2 + M_{0дв}^2 \cdot t_3 + M_{4дв}^2 \cdot t_4 + M_{0дв}^2 \cdot t_5 + M_{6дв}^2 \cdot t_6 + M_{0дв}^2 \cdot t_7}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,667^2 \cdot 1 + 26,667^2 \cdot 16 + 1,667^2 \cdot 2 + 12,5^2 \cdot 14 + \dots}{1 + 16 + 2 + 14 + \dots}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{\dots + 1,667^2 \cdot 3 + 11,667^2 \cdot 10 + 1,667^2 \cdot 1,5}{\dots + 3 + 10 + 1,5 + 5} = 16,873 \text{ Нм,}$$

де t_i - тривалість інтервалів обробки.

Виходячи з отриманих результатів, попередньо обираємо двигун 2ПФ132ЛГ (табл. 2.1), використовуючи методичні вказівки [1].

Таблиця 2.1

Технічні дані електродвигуна постійного струму 2ПФ132ЛГ

Потужність		P_H , кВт	2,8
Частота обертів		$n_{\text{макс}}/n_{\text{ном}}$ об/хв	1650/750
ККД		η , %	69
Опір обмоток (при 15° С)	якоря	$R_{\text{я}}$, Ом	4,05
	додаткових полюсів	$R_{\text{дп}}$, Ом	2,92
	збудження	$R_{\text{в}}$, Ом	76
Індуктивність обмоток	якоря + додаткових полюсів	$L_{\text{я+дп}}$, мГн	86
	збудження	$L_{\text{в}}$, Гн	20,5
Момент інерції		$J_{\text{д}}$, кгм ²	0,048

Перевірка попередньо обраного двигуна

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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

Динамічні моменти:

$$M_{\text{дин1}} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{\omega_{2д}}{t_1} = 0,735 \cdot \frac{114}{1} = 83,813 \text{ Нм} - \text{динамічний момент на 1-ому інтервалі;}$$

$$M_{\text{дин3}} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{\omega_{4д} - \omega_{2д}}{t_3} = 0,735 \cdot \frac{228 - 114}{2} = 41,906 \text{ Нм} - \text{динамічний момент на 2-ому інтервалі;}$$

$$M_{\text{дин6}} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{\omega_{6д} - \omega_{4д}}{t_6} = 0,735 \cdot \frac{264 - 228}{10} = 2,647 \text{ Нм} - \text{динамічний момент на 6-ому інтервалі;}$$

$$M_{\text{дин7}} = J_{\text{звед}} \cdot \frac{\omega_{6д}}{t_7} = 0,735 \cdot \frac{264}{1,5} = 129,395 \text{ Нм} - \text{динамічний момент на 7-ому інтервалі.}$$

Повні моменти двигуна:

$$M_{\text{пов1}} = M_{\text{дин1}} + M_{0дв} = 83,813 + 1,667 = 85,479 \text{ Нм,}$$

$$M_{\text{пов2}} = M_{2дв} = 26,667 \text{ Нм,}$$

$$M_{\text{пов3}} = M_{\text{дин3}} + M_{0дв} = 41,906 + 1,667 = 43,573 \text{ Нм,}$$

$$M_{\text{пов4}} = M_{4дв} = 12,5 \text{ Нм,}$$

$$M_{\text{пов5}} = M_{0дв} = 1,667 \text{ Нм,}$$

$$M_{\text{пов6}} = M_{\text{дин6}} + M_{6дв} = 2,647 + 11,667 = 14,313 \text{ Нм,}$$

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$M_{\text{пов7}} = M_{\text{дин7}} - M_{\text{одв}} = 129,395 - 1,667 = 127,729 \text{ Нм.}$$

Еквівалентний момент двигуна:

$$\begin{aligned}
 M_{\Sigma} &= \sqrt{\frac{M_{\text{пов1}}^2 \cdot t_1 + M_{\text{пов2}}^2 \cdot t_2 + M_{\text{пов3}}^2 \cdot t_3 + M_{\text{пов4}}^2 \cdot t_4 + M_{\text{пов5}}^2 \cdot t_5 + M_{\text{пов6}}^2 \cdot t_6 + M_{\text{пов7}}^2 \cdot t_7}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8}} \\
 &= \sqrt{\frac{85,479^2 \cdot 1 + 26,667^2 \cdot 16 + 45,573^2 \cdot 2 + 12,5^2 \cdot 14 + \dots}{1 + 16 + 2 + 14 + 3 + \dots}} \rightarrow \\
 &\rightarrow \frac{\dots + 1,667^2 \cdot 3 + 14,313^2 \cdot 10 + 127,729^2 \cdot 1,5}{\dots + 10 + 1,5 + 5} = 31,228 \text{ Нм.}
 \end{aligned}$$

Двигун обраний правильно, якщо виконується умова:

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

$$35,653 > (1,14)31,228 = 35,59 - \text{умову виконано.}$$

2.2 Вибір силового електричного обладнання

Виходячи з умов: $U_{\text{тп}} > U_{\text{ян}}$, $I_{\text{тп}} > I_{\text{ян}}$, обираємо тиристорний перетворювач. Тиристорний перетворювач має бути обраний з урахуванням допустимого перевантаження (визначається кратністю пускового струму двигуна та тривалістю пуску приводу). Номінальна напруга тиристорного перетворювача ($U_{\text{тп}}$) працюючого на якір двигуна, має бути найближчим більшим до номінальної якірної напруги двигуна ($U_{\text{ян}}$).

$$U_{\text{ян}} = 440 \text{ В}$$

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Номінальний струм якоря розраховуємо за формулою:

$$I_{ян} = \frac{P_{нп}}{3U_{ян}} = \frac{4058}{3 \cdot 440} = 3,074 \text{ А,}$$

де $P_{нп}$ - номінальна споживана потужність, що розраховується за формулою

$$P_{нсп} = \frac{P_n}{\eta} = \frac{2800}{0,69} = 4058 \text{ Вт.}$$

З отриманих даних обираємо тиристорний перетворювач, використовуючи методичні вказівки [2].

Обрано перетворювач типу ЭПУ1-2-3447Д04

Технічні дані перетворювача типу ЭПУ1-2-3447Д04 вказані у таблиці 2.2.

Принципіальні схеми різних складових електропривода наведені на рисунках 2.1 – 2.5 [1-2].

Таблиця 2.2

Тип електропривода			Напруга живлючої мережі для блока керування	Тип та параметри блока керування				
				Тип	Параметри якірного кола		Параметри кола збудження	
					$I_n, \text{ А}$	$U_n, \text{ В}$	$I_n, \text{ А}$	$U_n, \text{ В}$
ЭПУ1-2	34	40Д	380-440	БС3403...Д	25	460	5	220

З таблиці 2.2 впливає: $U_{ян} = 460 \text{ В, } I_{ян} = 25 \text{ А}$

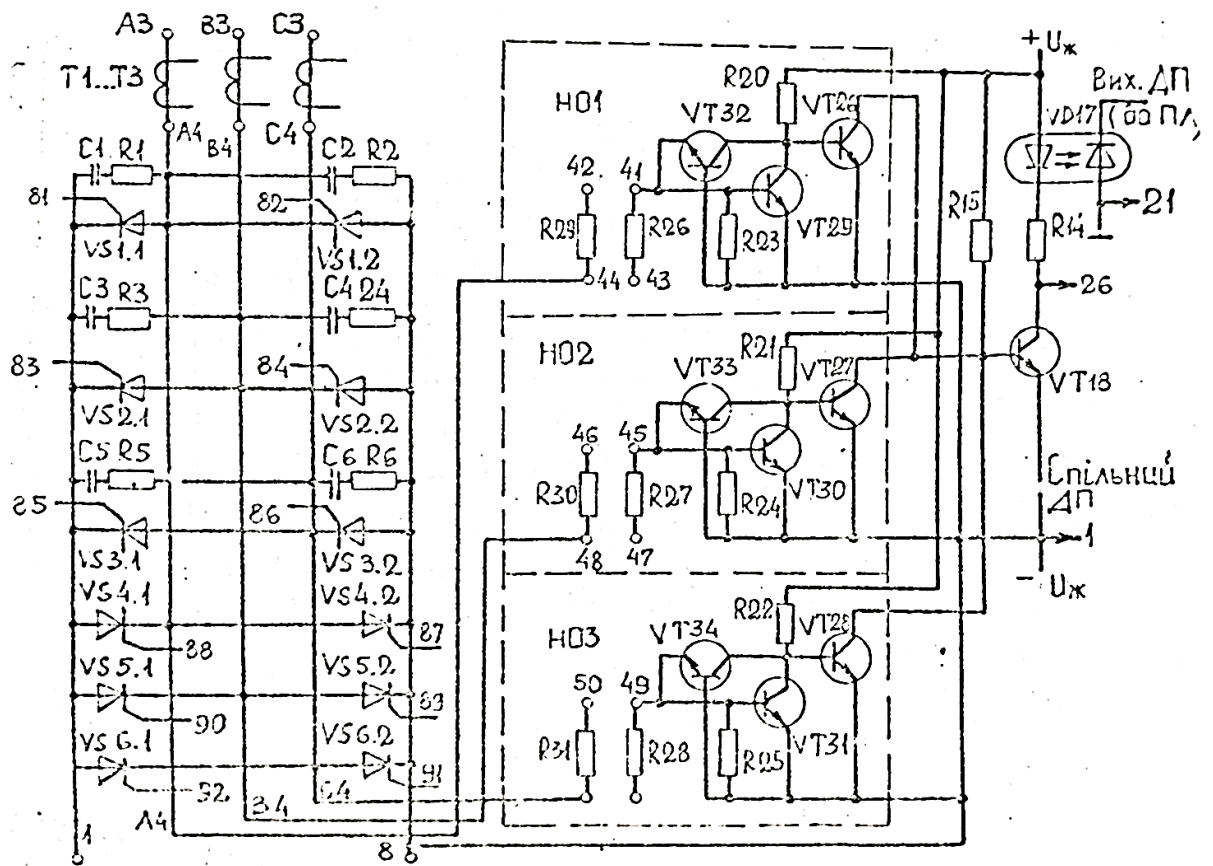


Рис. 2.1 Схема силового кола тиристорного перетворювача та датчика провідності вентилів

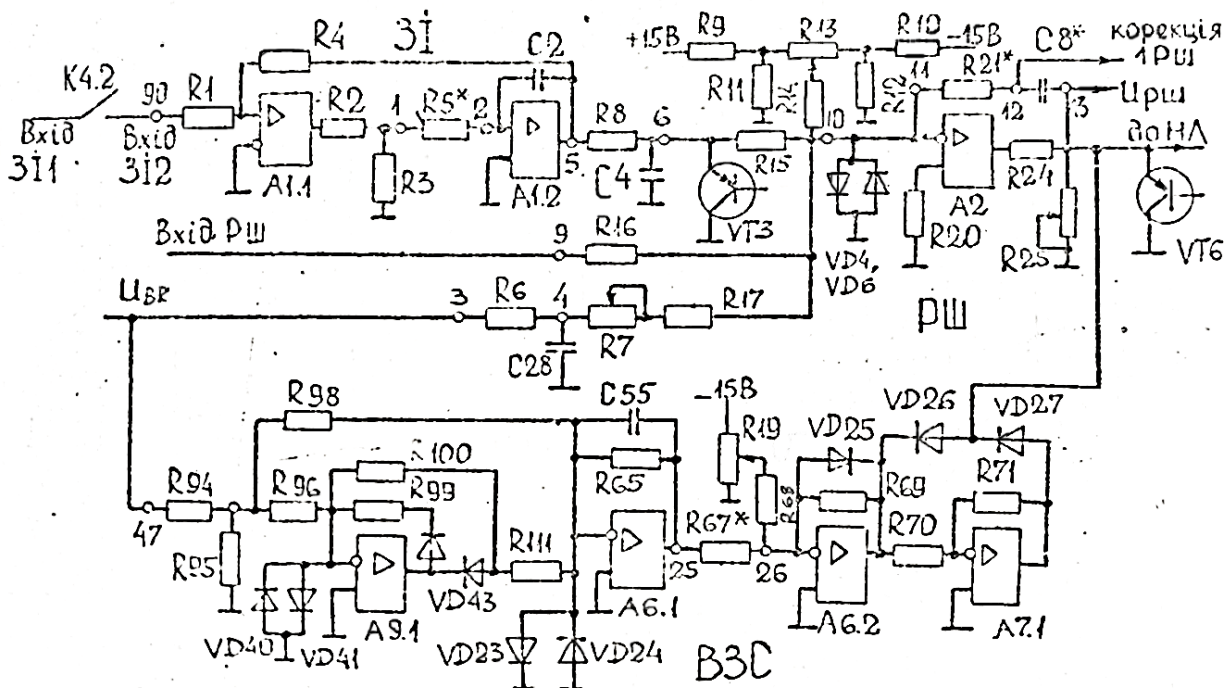


Рис. 2.2 Задавач інтенсивності, регулятор швидкості та вузол залежного струмообмеження

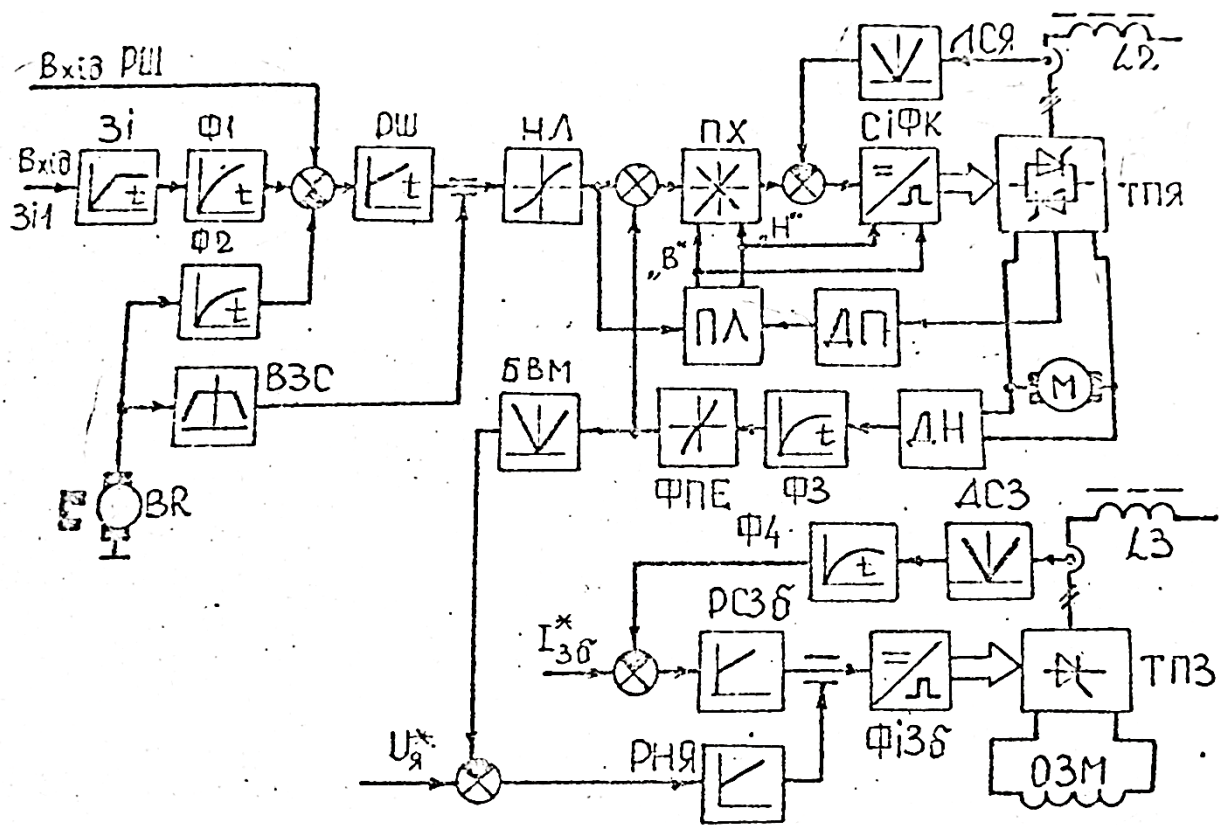


Рис. 2.3 Функціональна схема електропривода

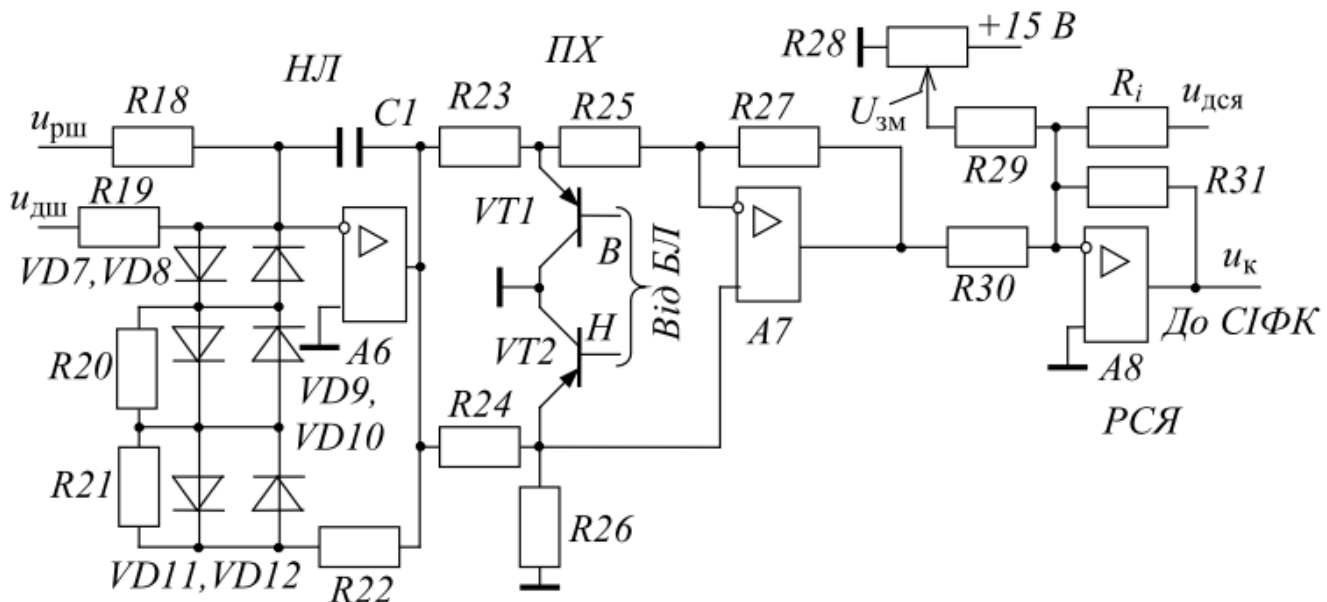


Рис. 2.4 Схема регуляторів напруги та струму збудження

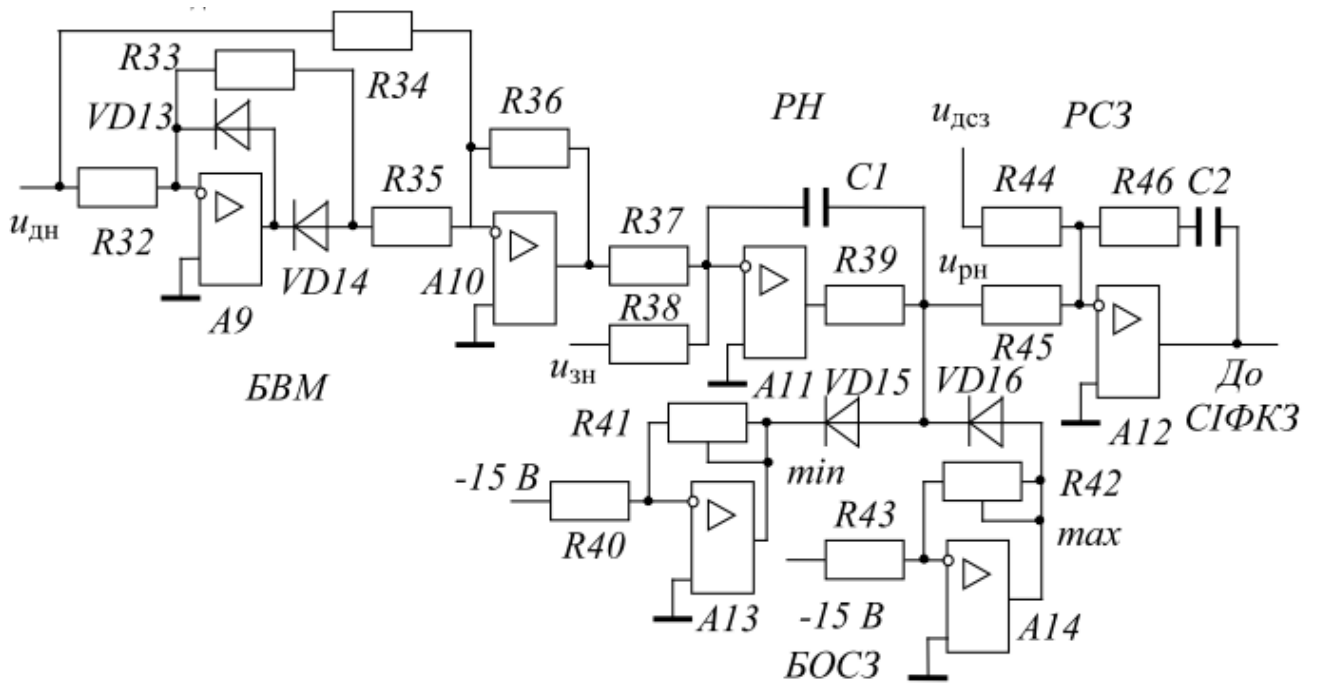


Рис. 2.5 Нелінійна ланка, перемикач характеристик та регулятор струму якоря

2.3 Розрахунок системи автоматичного регулювання

Розрахунок регуляторів

Перед початком розрахунку регуляторів необхідно знати параметри мережевих реакторів.

Параметри мережевих реакторів вказані у таблиці 2.3 [1].

Таблиця 2.3

I_H, A	11	25	50	100	200	400	630
$L_p, мГн$	2,2	1,33	0,66	0,3	0,17	0,17	0,048
$r_p, Ом$	0,04	0,025	0,0064	0,003	0,0061	0,0061	0,0023

Виходячи з таблиці 2.3, отримуємо:

$$L_p = 1,33 \text{ мГн}, r_p = 0,025 \text{ Ом}$$

Отримання даних, необхідних для розрахунку регуляторів

Опір, зумовлений перекриттям вентилів:

$$R_{\gamma} = \frac{px_p}{2\pi} = \frac{6 \cdot 0,104}{2 \cdot 3,14} = 0,1 \text{ Ом},$$

де $x_p = \omega_n * L_p = 0,104$; p - пульсність випрямляча (для трифазної мостової схеми випрямлення $p = 6$).

$$\omega_n = \frac{n_{\text{ном}} \cdot 2\pi}{60} = \frac{750 \cdot 2 \cdot 3,14}{60} = 78,54 \text{ рад/с} - \text{номінальна швидкість двигуна.}$$

Активний опір, індуктивність та електромагнітна стала якірного кола, зведені до температури обмоток 90° :

$$\begin{aligned} R_e &= (R_{\text{я}} + R_{\text{дп}} + 2r_p) \cdot [1 + (90 - t_0^o)\alpha] + R_{\gamma} \\ &= (4,05 + 2,92 + 2 \cdot 0,025) \cdot [1 + (90 - 15) \cdot 0,004] + 0,1 \\ &= 9,226 \text{ Ом}, \end{aligned}$$

$$L_e = L_{\text{я}} + L_{\text{дп}} + 2L_p = 0,086 + 2 \cdot 0,00133 = 0,089 \text{ Гн},$$

$$T_a = \frac{L_e}{R_e} = \frac{0,089}{9,226} = 0,00961, \text{ с},$$

де $\alpha = 0,004$ - температурний коефіцієнт опору для міді; t_0^o - температура «холодної» обмотки, що дорівнює 15° (згідно таблиці 2.1); L_p , r_p - індуктивність та опір мережевих реакторів.

Коефіцієнт моменту для двигуна з електромагнітним збудженням:

$$k\Phi = \frac{M_{\text{ном}}}{I_{\text{ян}}} = \frac{35,653}{25} = 1,426 \text{ Нм/А.}$$

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахунок регулятора струму

Коефіцієнт передачі тиристорного перетворювача:

$$k_{\text{ТП}} = \frac{U_{\text{ян}}}{10} = \frac{460}{10} = 46.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом:

$$k_{\text{Т}} = \frac{10}{I_{\text{ян}}\lambda} = \frac{10}{25 \cdot 2,5} = 0,16 \text{ с}^{-1},$$

де λ - перевантажувальна здатність двигуна (для двигунів постійного струму серії 2П $\lambda = 2,5$).

Пропорційна складова регулятора струму розраховується за формулою:

$$W_{\text{рс(п)}} = \frac{R_e T_a}{2T_{\mu} k_{\text{ТП}} k_{\text{Т}}} = \frac{9,226 \cdot 0,00961}{2 \cdot 0,005 \cdot 46 \cdot 0,16} = 1,205.$$

Інтегральна складова регулятора струму:

$$W_{\text{рс(і)}} = \frac{R_e}{2T_{\mu} k_{\text{ТП}} k_{\text{Т}}} = \frac{9,226}{2 \cdot 0,005 \cdot 46 \cdot 0,16} = 125,35,$$

де $T_{\mu} = 0,005$ - еквівалентна стала часу тиристорного перетворювача, с.

Розрахунок регулятора швидкості

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_c = \frac{10}{\omega_n} = \frac{10}{78,54} = 0,127.$$

Електромеханічна стала часу:

$$T_M = \frac{J_D R_e}{k \Phi^2} = \frac{0,048 \cdot 9,226}{1,426^2} = 0,218 \text{ с.}$$

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Пропорційна складова регулятора швидкості розраховується за формулою:

$$W_{рш(п)} = \frac{T_M k_T k_\Phi}{4 T_\mu R_e k_c} = \frac{0,218 \cdot 0,16 \cdot 1,426}{4 \cdot 0,005 \cdot 9,226 \cdot 0,127} = 2,115.$$

Інтегральна складова регулятора швидкості:

$$W_{рш(i)} = \frac{T_M k_T k_\Phi}{32 T_\mu^2 R_e k_c} = \frac{0,218 \cdot 0,16 \cdot 1,426}{32 \cdot 0,005^2 \cdot 9,226 \cdot 0,127} = 52,869.$$

Розрахунок регулятора струму збудження та ЕРС

З таблиці 2.2 витікає: $U_{зн} = 220$ В, $I_{зн} = 5$ А.

Для $I_{зн} = 5$ А, з таблиці 2.3, отримуємо:

$$L_{рз} = 2,2, \text{ мГн}, \quad r_{рз} = 0,04, \text{ Ом}.$$

Активний опір, індуктивність та електромагнітна стала кола збудження, зведені до температури обмоток 90° :

$$\begin{aligned} R_{ез} &= (R_B + 2r_p) \cdot [1 + (90 - t_0^o)\alpha] + R_\gamma \\ &= (76 + 2 \cdot 0,04) \cdot [1 + (90 - 15) \cdot 0,004] + 0,1 = 99,004, \text{ Ом}, \end{aligned}$$

$$L_{ез} = L_z + 2L_p = 20,5 + 2 \cdot 0,0022 = 20,504, \text{ Гн},$$

$$T_{аз} = \frac{L_{ез}}{R_{ез}} = \frac{20,504}{99,004} = 0,207, \text{ с}.$$

Коефіцієнт передачі тиристорного перетворювача:

$$k_{ТПЗ} = \frac{U_{зн}}{10} = \frac{220}{10} = 22.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом збудження:

$$k_{сз} = \frac{10}{I_{зн}} = \frac{10}{5} = 2, \frac{\text{В}}{\text{А}}.$$

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Пропорційна складова регулятора струму збудження:

$$W_{pcz(p)} = \frac{R_{e3} T_{a3}}{2T_{\mu3} k_{TP3} k_{c3}} = \frac{99,004 \cdot 0,207}{2 \cdot 0,005 \cdot 22 \cdot 2} = 46,601.$$

Інтегральна складова регулятора струму збудження:

$$W_{pcz(i)} = \frac{R_{e3}}{2T_{\mu3} k_{TP3} k_{c3}} = \frac{99,004}{2 \cdot 0,005 \cdot 22 \cdot 2} = 225,009.$$

Номінальний коефіцієнт ЕРС двигуна:

$$C = \frac{U_{яH} - I_H \cdot R_e}{\omega_H} = \frac{460 - 25 \cdot 9,226}{78,54} = 2,92 \text{ В} \cdot \text{с}.$$

Вихідний сигнал регулятора струму обмежений на рівні максимальної напруги струму збудження - 10 В.

Коефіцієнт передачі зворотного зв'язку за ЕРС визначається з умови: доки швидкість двигуна менше номінальної, регулятор ЕРС повинен знаходитися у насиченні і по обмотці збудження повинен протікати номінальний струм збудження, а, внаслідок, и струм збудження, котрий у свою чергу знижує потік збудження двигуна.

$$k_{де} = \frac{U_{завд,ре}}{C \omega_H} = \frac{10}{2,92 \cdot 78,54} = 0,044,$$

де $U_{завд,ре} = 10 \text{ В}$ - напруга завдання контуру регулювання ЕРС.

Передатна функція регулятора ЕРС:

$$W_{pE} = \frac{k_{т3} k_c}{2T_{\mu E} C k_{де} \omega_H} = \frac{2 \cdot 0,127}{2 \cdot 0,01 \cdot 2,92 \cdot 0,044 \cdot 78,54} = 1,259,$$

де $T_{\mu E} = 2T_{\mu3}$ - «мала» стала часу.

									Арк.
									23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

Глава 3. Дослідження динаміки

3.1 Моделювання САР

Система двозонного регулювання швидкості застосовується у тих випадках, коли вимагається забезпечити роботу електродвигуна зі швидкістю вище номінальної. Такий режим роботи електродвигуна передбачений у ряді електроприводів, що випускаються серійно, таких як: ЕПУ1-2Д, КТЕ та ін. Керування ДПС виконують по колам якоря та збудження. У першій зоні діапазон регулювання обмежений номінальним значенням швидкості, у другій – максимальним для даного типу електродвигуна.

Зміна координат електропривода у функції швидкості представлена на рис. 3.1:

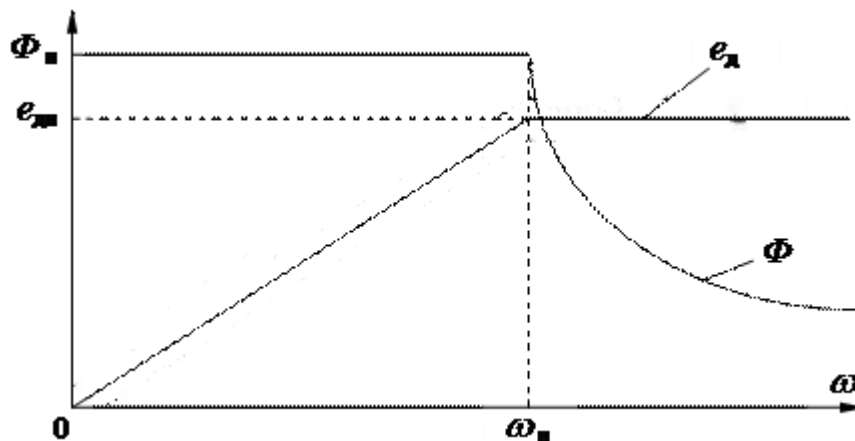


Рис 3.1 Зміна координат системи керування ЕП у функції швидкості

Тут: Φ – магнітний потік; $e_{дв}$, $e_{я}$ – ЕРС двигуна та якоря відповідно; ω – швидкість двигуна.

У першій зоні магнітний потік двигуна підтримується на номінальному рівні, допустиме тривале значення електромагнітного моменту дорівнює номінальному. У другій зоні постійним підтримується ЕРС двигуна, а магнітний потік та момент двигуна змінюються в обернено пропорційній залежності.

Таким чином, застосування двозонного регулювання доцільно у тих випадках, коли момент навантаження механізму на високих швидкостях значно менше, ніж на швидкостях нижче номінальної. При цьому струм якоря та споживана потужність двигуна не перевищують допустимих значень.

Функціональна схема САР двозонного електропривода наведена на рис. 3.2, структурна – на рис. 3.3. Для електроприводів головного руху характерні наявність задавача інтенсивності на вході РШ, відсутність адаптації контуру швидкості до зміни потоку та контуру напруги якоря – до зміни швидкості. Регулятор ЕРС або напруги якоря – звичайно інтегральний. Компенсацію внутрішнього зворотного зв'язку за проти-ЕРС здійснено за допомогою сигналу датчика напруги.

Дослідження динаміки електропривода здійснимо за допомогою інтерактивного інструменту для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем – пакет Matlab з розширенням Simulink. Модель САР наведена на рисунку 3.4. Результати дослідження наведені на рис. 3.5 у вигляді графіків основних сигналів таких як ЕРС, задана та реальна швидкість під впливом навантаження та без нього, струм якоря та магнітний потік.

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

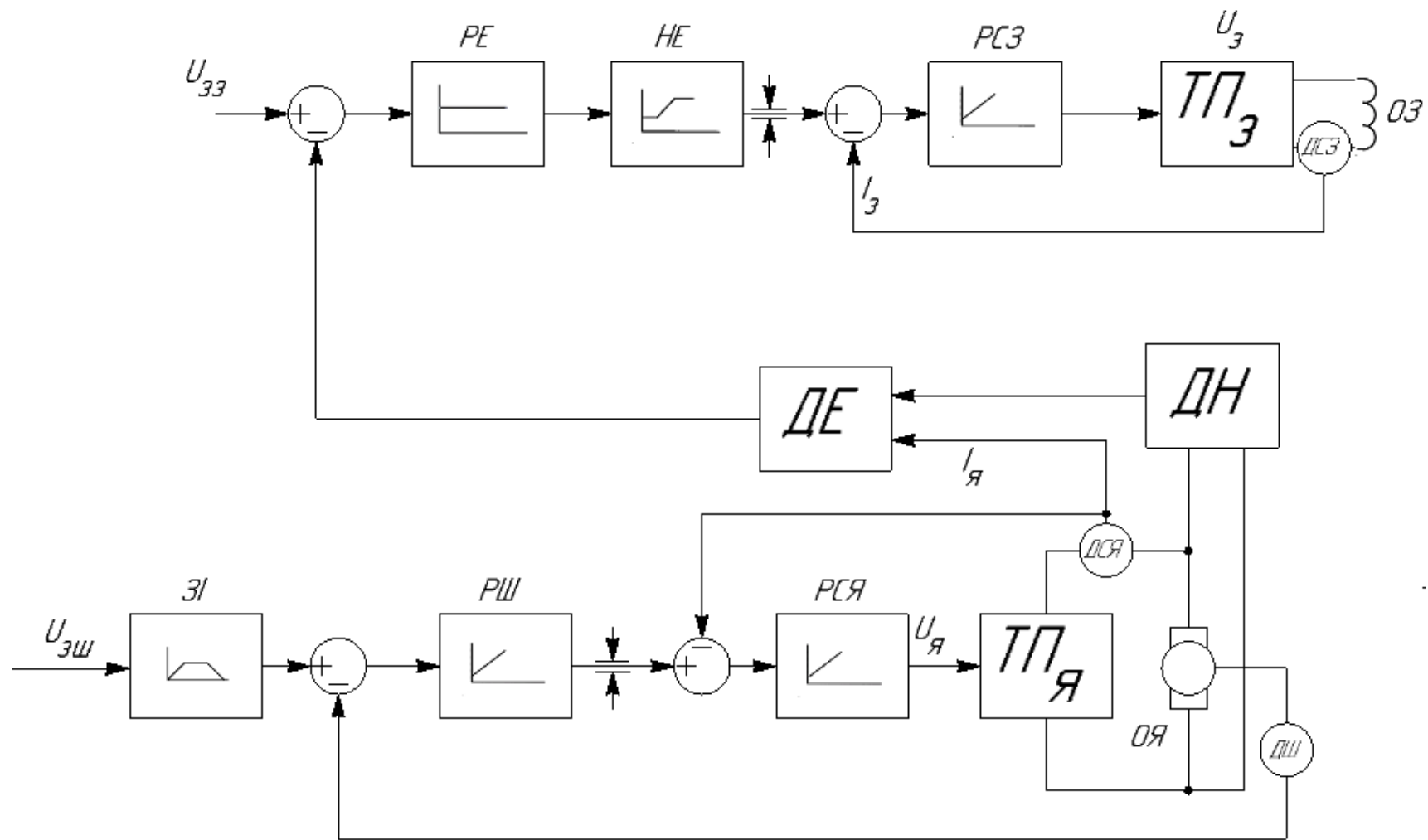


Рис 3.2 Функціональна схема САР двозонного електропривода

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

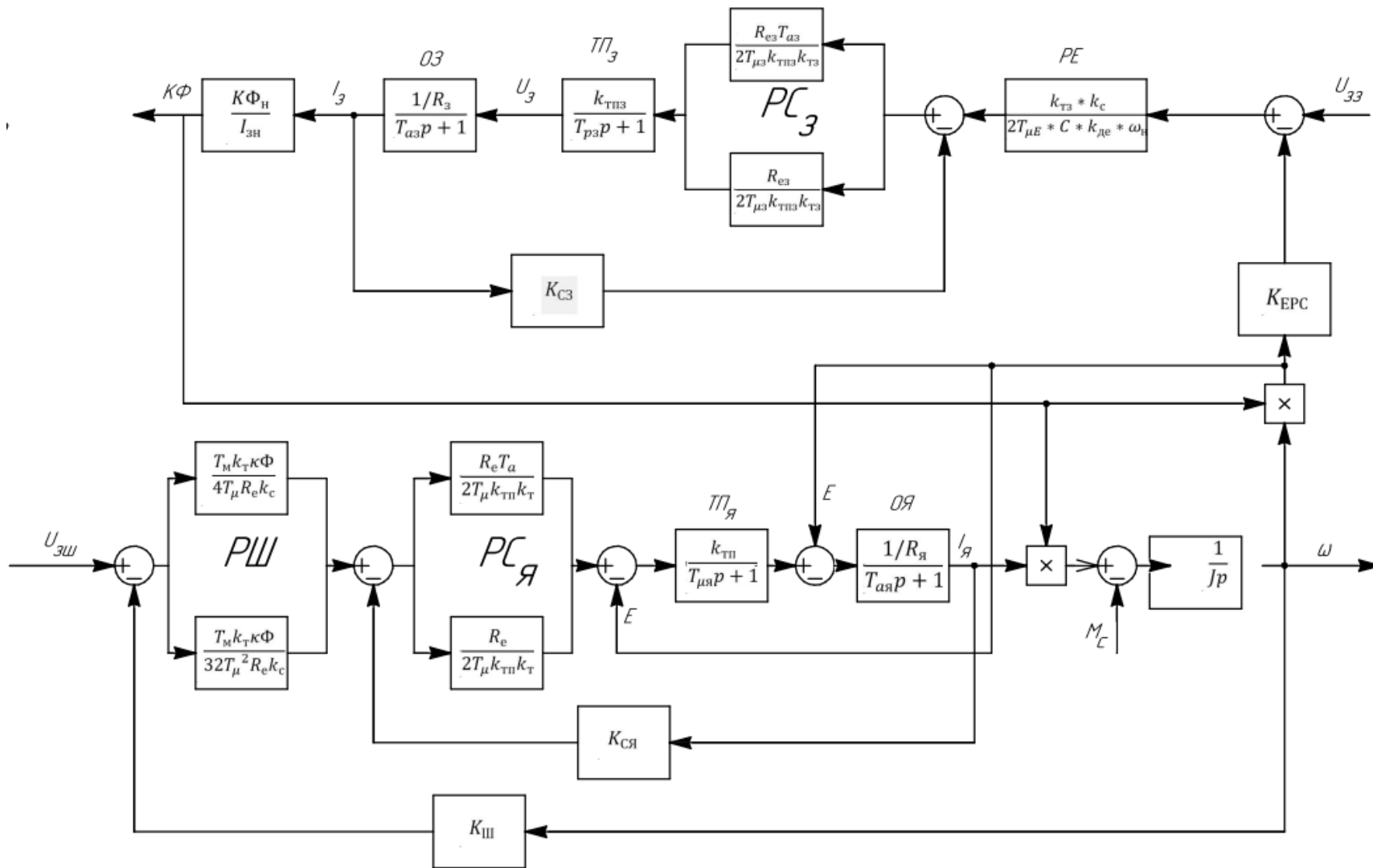


Рис 3.3 Структурна схема САР двозонного електропривода

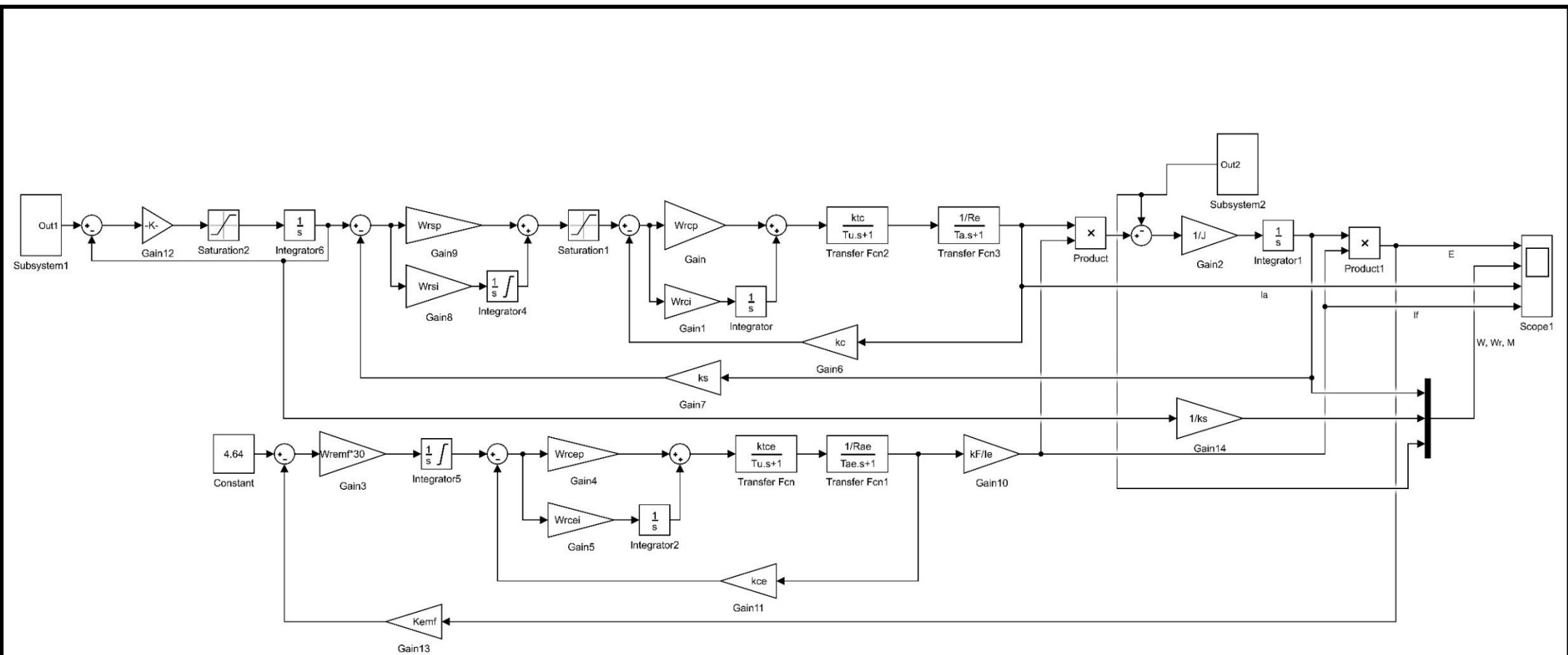


Рис 3.4 Модель САР двозонного електропривода побудована у пакеті Simulink

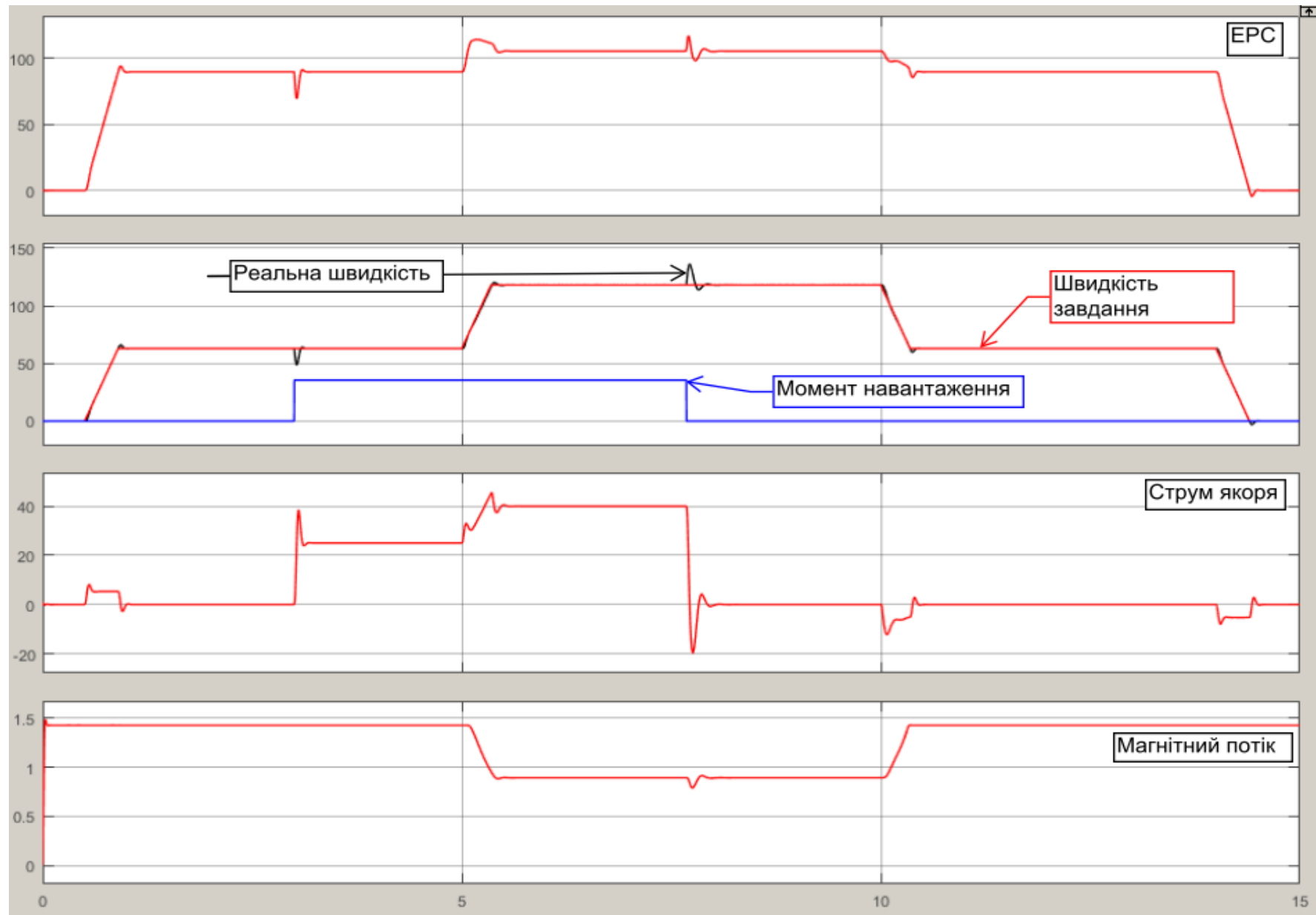


Рис. 3.5 Результати дослідження динаміки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Під час моделювання охоплено такі режими роботи двигуна, як розгін, робота зі сталою швидкістю з навантаженням та без, гальмування.

Завдання на швидкість виконано за допомогою підсистеми 1 (Subsystem1 на моделі), вміст котрої показано на рис. 3.6. Розгін до першого умовного рівня швидкості починається через пів-секунди після початку симуляції. До п'ятої секунди підтримується набута швидкість, далі знову розгін до нового умовного рівня швидкості з наступним сталим рухом впродовж 5 секунд, за котрим слідує гальмування до попереднього рівня та сталий рух впродовж 5 секунд. Завдання завершується повним гальмуванням двигуна.

Навантаження на двигун, реалізоване за допомогою підсистеми 2 (Subsystem2 на моделі (рис. 3.7)), подається на третій секунді моделювання та знімається після того, як двигун досягає максимальної швидкості.

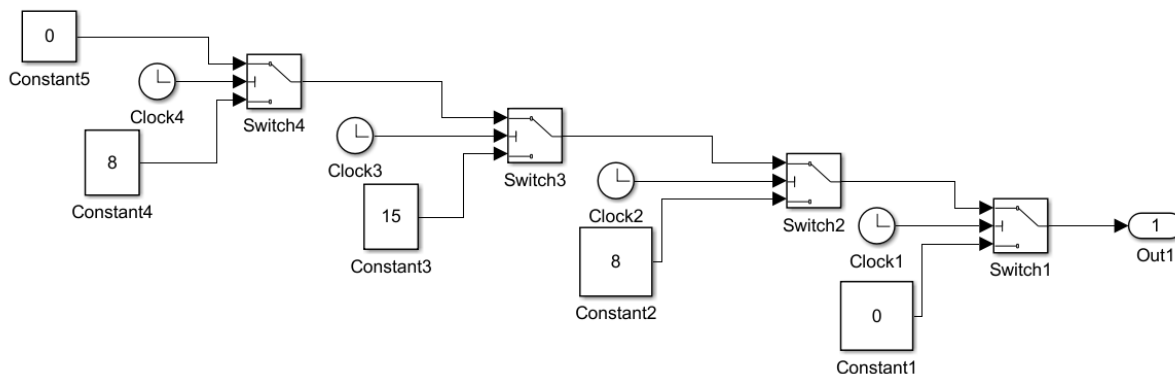


Рис. 3.6 Реалізація завдання на швидкість (Підсистема 1)

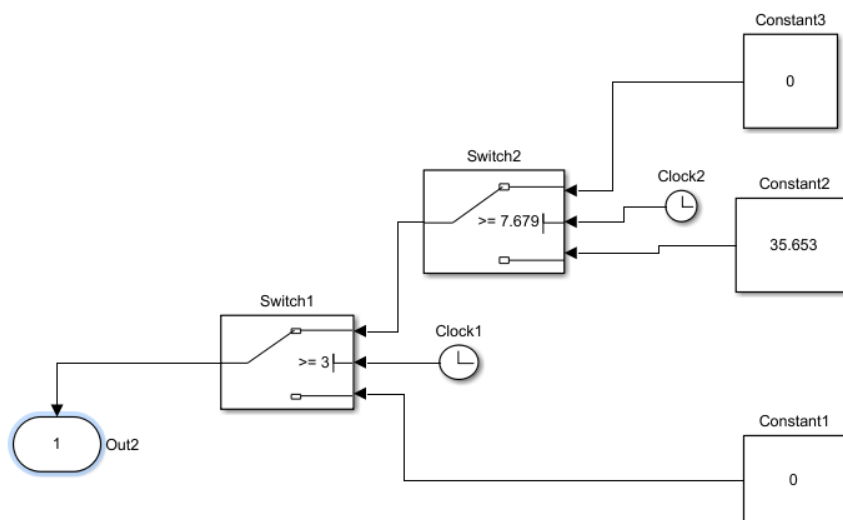


Рис. 3.7 Реалізація навантаження на двигун (Підсистема 2)

3.2 Висновки

На рисунку 3.8 наведено фрагмент, що показує момент зростання ЕРС разом з підвищенням швидкості у той час, коли магнітний потік не змінює своєї величини, що є характерним для першої зони регулювання. Також на рисунку 3.9 ми можемо спостерігати, що після досягнення швидкістю номінального значення, магнітний потік починає спадати, даючи швидкості можливість зростати і далі, а ЕРС не перевищувати допустимих значень. Цей процес описує собою регулювання швидкості у другій зоні. При зниженні швидкості (рис. 3.10), магнітний потік поступово повертається до свого номінального значення і далі не змінюється, повертаючи процес її регулювання до першої зони.

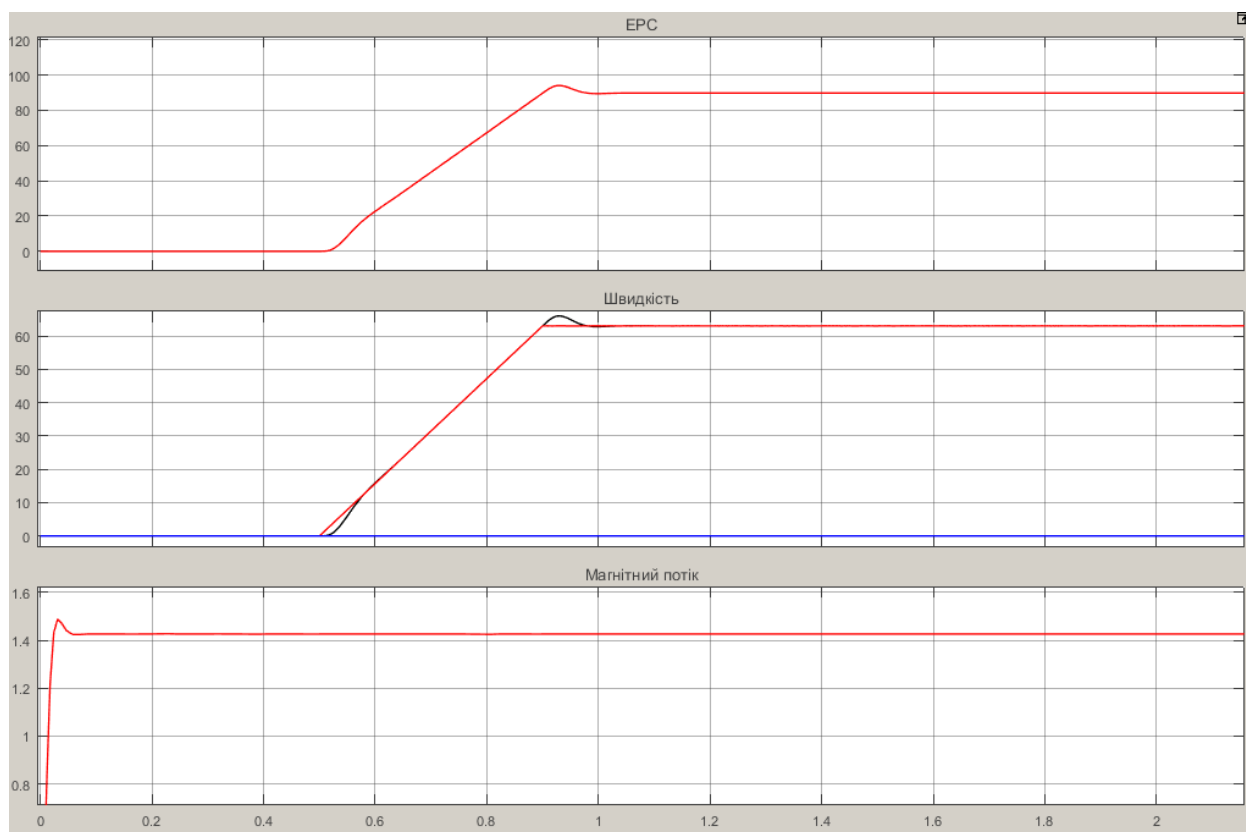


Рис. 3.8 Фрагмент сигналів під час першої зони регулювання

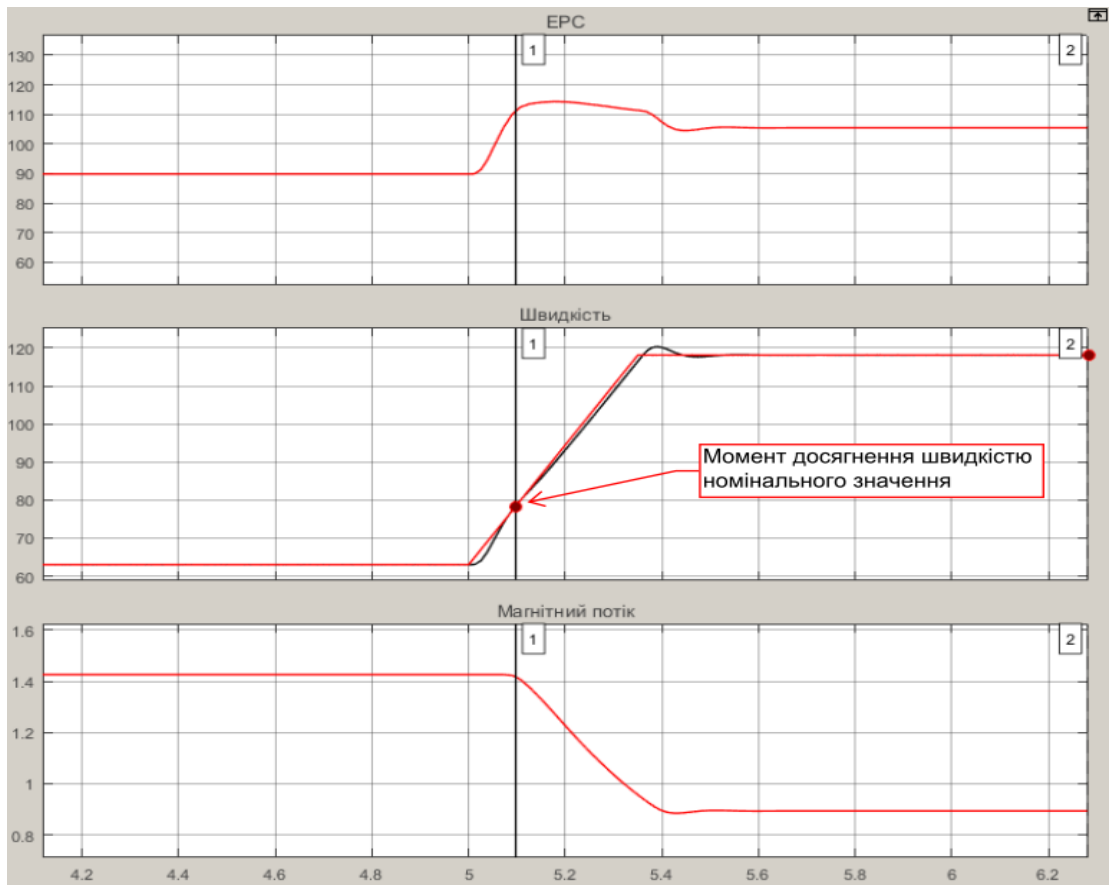


Рис. 3.9 Момент переходу до другої зони регулювання

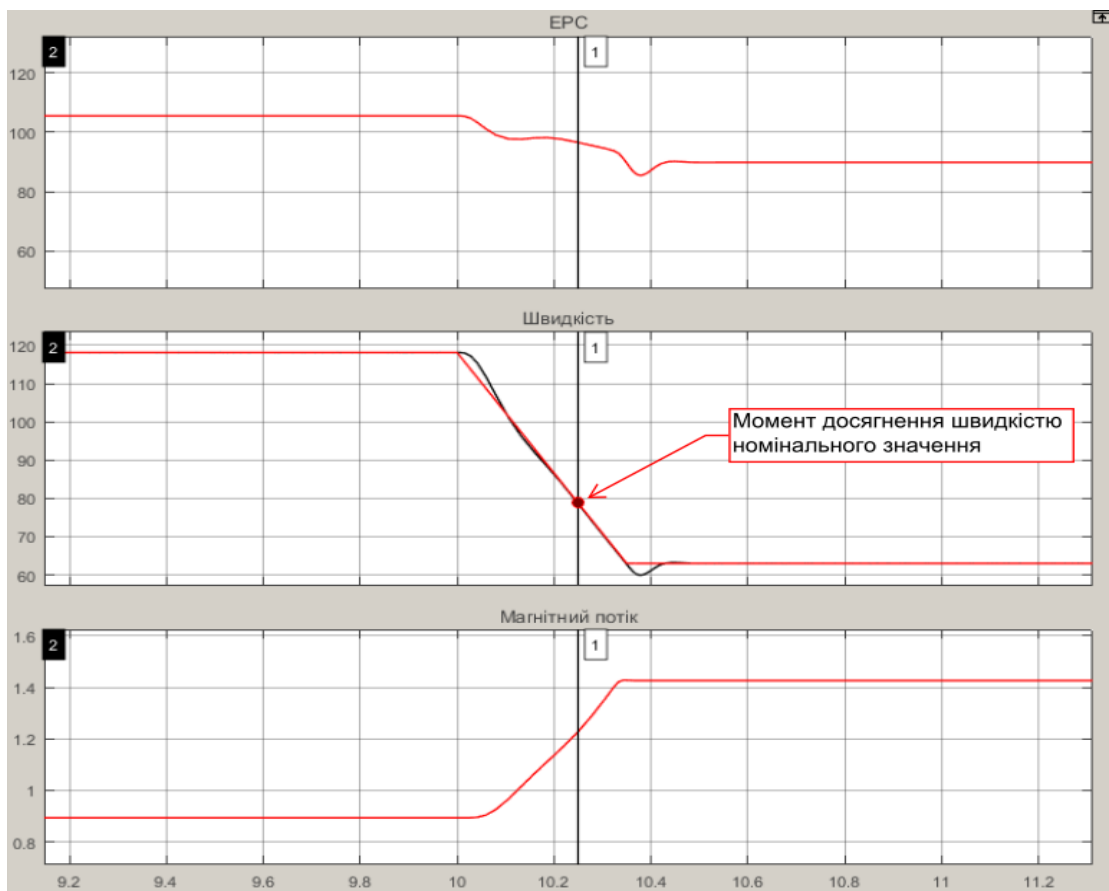


Рис. 3.10 Повернення до першої зони регулювання

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Таким чином, після аналізу отриманих даних, можна зробити висновок, що сигнали відповідають реальності, а отже модель електропривода побудована і працює правильно.

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Глава 4. Охорона праці

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 гази, аерозолі, агресивні рідини (кислоти, луги).

До біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать мікроорганізми, що містяться у відпрацьованій мастильно-охолоджувальній рідині.

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

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

– фізичні перевантаження при установці, закріпленні та знятті великогабаритних виробів;

– перенапруження зору; – монотонність праці.

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 наладці 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%.

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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 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

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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.

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

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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 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

						Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	

видалення пилю, 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

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 і звернутися 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.

									Арк.
									39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ				

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

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

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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 протікання 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 пожеготушення.

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 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.

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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 вуглекислотою 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 (деревобделочном 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 протікання - негайно проводити прибирання.

5. Не зберігати промаслений спецодяг поблизу опалювальних і нагрівальних приладів. Спецодяг повинен зберігатися у роздягальні.

6. Не захарашувати робоче місце відходами та пально-мастильними матеріалами, а своєчасно видаляти їх у спеціально відведений пожежобезпечне місце.

7. Не захарашувати проходи і доступи до протипожежного інвентарю: до пожежних кранів, огнетушителям та іншим первинним засобам пожежогасіння.

8. Знати розташування засобів пожежогасіння в цеху та навчитися ними користуватися.

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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 ліквідувати ще до її початку.

Заходи щодо забезпечення безпеки людей повинні призначатися в залежності 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 газу, 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 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 газу, 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).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ

Арк.

43

Глава 5. Техніко-економічне обґрунтування

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 головного руху токарного верстата за рахунок використання двозонної системи автоматичного керування. 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.

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5.2 Розрахунок капітальних витрат

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

Для визначення проектних капіталовкладень використовується формула:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + B_{\text{тзс}} + B_{\text{м}} + B_{\text{н}} + B_{\text{пр}},$$

де $K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right)$ – вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення і т.д.) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів і - го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k - кількість необхідних комплектуючих;

$B_{\text{тзс}}$ - транспортно-заготівельні і складські витрати;

$B_{\text{м}}$ - витрати на монтажні роботи;

$B_{\text{н}}$ - витрати на налагоджувальні роботи;

$B_{\text{пр}}$ - інші одноразові вкладення грошових коштів.

Таблиця 5.1

Зведення капітальних витрат

№	Назва технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
1.	Двигун постійного струму 2ПФ132ЛГ	1	62188	62188
2.	Електропривод ЭПУ 1-2-3447Д	1	23589	23589
Всього				85777

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Ціни отримано за прайс-листом УПК Фарватер, ООО (двигун), та ЧП Фірма «Інверта» (електропривод).

Витрати на монтаж обладнання

Кількість робітників (Ч) - 2;

Часова тарифна ставка електромонтажника 5 розряду (а) – 14 грн./год;

Час виконання робіт (t) - 5 години;

Коефіцієнт що враховує розмір доплат (K_d) - 1,1;

Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи ($K_{сз}$) - 1,22;

Коефіцієнт що враховує інші витрати ($K_{інш}$) - 1,1;

Згідно зі ст. 6 Закону України «Про оплату праці на 2018 рік» мінімальний оклад працівника першого розряду складає 1768 грн станом на 01.01.18.

У нашому випадку монтаж виконує наладчик 5-ого розряду, а отже його тарифна заробітна плата з урахуванням тарифного коефіцієнту розряду (1,36) буде 2404 грн.

Знаходимо годинну тарифну ставку: $2404/168 = 14$ грн./год:

$$V_m = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_d \cdot K_{сз} \cdot K_{інш} = (2 \cdot 14 \cdot 5) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 207 \text{ грн.}$$

Витрати на наладку обладнання

Кількість працівників – 1;

Часова ставка наладчика 6 розряду - 15 грн./год;

Час виконання робіт - 3 години;

Коефіцієнт що враховує розмір доплат - 1,1;

Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи - 1,22;

Коефіцієнт що враховує інші витрати - 1,1;

$$V_n = (1 \cdot 15 \cdot 3) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 66 \text{ грн.}$$

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Витрати на демонтаж обладнання

Кількість працівників – 2;

Часова ставка наладчика 4 розряду - 13 грн./год;

Час виконання робіт - 3 години;

Коефіцієнт що враховує розмір доплат - 1,1;

Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи - 1,22;

Коефіцієнт що враховує інші витрати - 1.1;

$$B_d = (2 \cdot 13 \cdot 3) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 115 \text{ грн.}$$

Транспортно-заготівельні і складські витрати

Транспортно-заготівельні і складські витрати розраховуємо згідно цін поштової компанії Нова Пошта [3].

Доставка зі складу у Дніпрі на будь-яку адресу у межах міста для двигуна складає 718,00 грн.

Доставка електроприводу з міста Павлоград у місто Дніпро складає 213,00 грн.

Таким чином транспортно-заготівельні і складські витрати складають:

$$B_{тзс} = 718 + 213 = 931 \text{ грн.}$$

У свою чергу загальні витрати складатимуть:

$$K_{пр} = 85777 + 931 + 207 + 66 + 115 = 87096 \text{ грн.}$$

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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 і поточний ремонт обладнання (C_T);
- Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування (C_e);
- Інші експлуатаційні витрати ($C_{інш}$).

Річні експлуатаційні виплати визначаються за формулою:

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

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизаційна вартість основних фондів:

$$\Phi_a = \Phi_{п} - Л = 87096 - 0 = 87096 \text{ грн.}$$

де $\Phi_{п}$ - початкова (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

$Л$ - розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів. Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

Норма амортизації H_a при прямолінійному методі постійна протягом всього амортизаційного періоду і визначається за формулою:

$$H_a = \frac{\Phi_{п} - Л}{\Phi_{п} \cdot T_k} * 100\% = \frac{87096 - 0}{87096 \cdot 5} \cdot 100\% = 20\%,$$

де T_k - строк корисного використання (амортизаційний період).

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Електрообладнання відноситься до 4 групи основних засобів з мінімальним терміном корисного використання $T_k = 5$ років.

Таблиця 5.2

Найменування	Капітальні затрати, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
Проектний варіант	87096	20	17419

Розрахунок 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:

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

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

t - трудомісткість одного ремонту (для малого приймаємо 1,2 год / 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, год.;

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

Номінальний річний фонд робочого часу електрообладнання становить

$$T_n = T_p \cdot K_{зм} \cdot t_{зм},$$

де $K_{зм}$ - кількість робочих змін;

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$T_n = 245 \cdot 1 \cdot 8 = 1960 \text{ год.}$$

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

Час на проведення ремонтних попереджувальних робіт:

$$T_{п.рем.} = 6 \cdot 8 = 48 \text{ год.}$$

Технічна зупинка на обслуговування становить приблизно 1 год. в зміну тобто 245 годин.

Загальний час обслуговування $T_{обсл} = 48 + 245 = 293$ год.

Загальний час роботи обладнання становить:

$$T_p = 1960 - 293 = 1667 \text{ год.}$$

Загальні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт:

$$C_T = 15 \cdot 1,2 \cdot 3 \cdot 10 + \frac{200 \cdot 6}{300} \cdot 1667 = 7208 \text{ грн.}$$

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.

Ціна електроенергії для I класу споживачів станом на січень 2018 року складає 1,68 грн/кВт·год.

Річний фонд робочого часу об'єкта проектування 1667 год.

Кількість спожитої електроенергії за рік об'єкта проектування:

$$W_p = P_{нсп} \cdot T_p = 4,058 \cdot 1667 = 6764.7 \text{ кВт} \cdot \text{год,}$$

де $P_{нсп}$ – номінальна споживана потужність двигуна.

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року складає:

$$C_e = 6764.7 \cdot 1.68 = 11334 \text{ грн.}$$

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таким чином вартість річних експлуатаційних виплат складає

$$C = C_a + C_T + C_e = 17419 + 7208 + 11334 = 35961 \text{ грн.}$$

5.4 Висновки

У даному розділі була визначена загальна вартість капітальних витрат на впровадження розробленого технологічного рішення яка складає 87096 грн. Визначена сума витрат на експлуатацію та обслуговування нового обладнання, що склала 35961 грн.

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Список літератури

1. Казачковський М.М. «Розрахунок електроприводів верстатів з числовим програмним керуванням: Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування для студентів спеціальності 7.05070204 Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013. – 50 с.
2. Казачковський М.М. «Автоматизований електропривод промислових установок у машинобудуванні і металургії. Електропривод металорізальних верстатів і роботів», методичні вказівки для студентів спеціальності 7.092208, Дніпро, 1996 – 43 с.
3. Офіційний сайт компанії Нова Пошта: www.novaposhta.ua
4. Віштак І. В., Кобилянський Є. О.. «Розроблення заходів безпеки при різанні металу», матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ, Вінниця, 23-24 березня 2016 – 4 с.
5. Грингауз Ф. И. Слесарь-жестящик по промышленной вентиляции / Ф. И. Грингауз. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., Госстройиздат, 1959. – 264 с.
6. Безопасность жизнедеятельности / под ред. Н. А. Белова. – М. : Знание, 2000. – 364 с.
7. Безопасность труда в промышленности. Справочник. / К. Н. Ткачук и др. – К. : Техніка, 1982. – 231 с.
8. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, І.В. Шереметьєва - Дніпропетровськ: НГУ, 2015. - 15 с.
9. Колб Ант.А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп.–Д., Національний гірничий університет, 2010. – 540 с.
10. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В. – Кременчук, 2001. – 410 с.
11. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.
12. Алукер Ш.М. Электротехника в рисунках и чертежах. Часть вторая. Электрические машины, аппараты и установки / 4-е изд. Ленинград-Москва: "Государственное энергетическое издательство", 1966. – 157 с. Алукер Ш.М., Васильева И.А., Расовский Э.И., Скворцов П.Ф.
13. Зорин А.Ю. Условные графические обозначения на электрических схемах, – ИД МЭИ 2007 г. – 74 стр.

					БІТ.ПД.14.04.1.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		