

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»
Електротехнічний факультет
Кафедра Електропривода

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

дипломного проекту

бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 141 Електроенергетика , електротехніка та електромеханіка

освітній рівень бакалавр

на тему: Електрообладнання токарного верстату ЧПК 16K20Ф3 з
детальною розробкою електропривода головного руху

Виконавець: Кацишин Артем Олексійович

(підпис)

Зав. кафедри: Казачковський М. М.

(підпис)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Казачковський М.М		
розділів:			
1, 2, 3	Казачковський М.М		
Охорона праці	Столбченко О.В		
Економіка	Тимошенко Л.В		

Рецензент			
-----------	--	--	--

Нормоконтроль	Казачковський М.М		
---------------	-------------------	--	--

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри електропривода

(повна назва)

проф.Казачковський М.М.

(прізвище, ініціали)

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект
бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

студенту групи 141-16-4

Тема дипломного проекту: Електрообладнання токарного верстату ЧПК 16K20Ф3 з детальною розробкою електропривода головного руху

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

Завдання видав _____

(підпис)

Казачковський М.М

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Кащшин А.О

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання:

Термін подання дипломного проекту до ДЕК

ВСТУП

Токарні автоматизовані верстати з ЧПК призначені для зовнішньої і внутрішньої обробки будь-яких складних заготовок типу тіл обертання. Вони складають найбільш значну групу за номенклатурою в парку верстатів з ЧПК, хоча токарні верстати почали оснащувати пристроями з ЧПК пізніше, ніж свердлувальні і фрезерні.

Сучасний автоматизований токарний верстат - надскладна технологічна машина. Тут вимушені поєднувати великі динамічні навантаження (від обертання з великими швидкостями часто важких заготовок) з мікронною точністю відліку переміщень інструмента. Режим роботи токарних верстатів жорсткий. Його ускладнює стружка (інколи вита), розбризкування під тиском значних об'ємів мастильно-охолоджувальної рідини, теплові деформації робочих вузлів тощо.

Проектування або модернізація металорізального верстата або окремого його вузла - це кропіткий творчий пошук, який обов'язково супроводжується необхідними проектними та перевірочними розрахунками, пов'язаними з досягненням заданих показників точності та надійності, продуктивності та металоемкості.

Тільки інженер, який володіє гарною загальною конструкторською та технологічною підготовкою, може створити сучасну машину або систему, відтворюючи відомі йому прототипи, але на більш високому науково-технічному рівні.

					<i>ЕП.ПД.17.19.ВС.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кащущин А.О</i>			<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Казачковський</i>					7	55
<i>Реценз.</i>		<i>Колб А.А.</i>				<i>НТУ 141-16-4</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

					<i>ЕП.ПД.17.19.01.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кащшин А.О.</i>			<i>Технологічна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Казачковський</i>					8	9
<i>Реценз.</i>		<i>Колб А.А.</i>				<i>НТУ 141-16-4</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								

1.1 Призначення, галузь застосування, технічна характеристика металорізального обладнання

Токарний верстат з числовим програмним керуванням (ЧПК) моделі 16K20Ф3

призначений для токарного оброблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання зі східчастим і криволінійним профілем в замкнутому напівавтоматичному циклі, включаючи нарізання кріпильних нарізок.

Верстат призначений переважно для центрових робіт.

Клас точності верстата – «П» за ГОСТ 8-82Е.

Галузь застосування: дрібносерійне і серійне виробництво.

Основні переваги верстата:

- широка номенклатура операцій, включаючи обробку деталей з криволінійним контуром і нарізування різних видів різьб з автоматичною зміною інструменту за програмою;
- 8 – ми позиційна інструментальна головка (можливість встановлювати достатню кількість інструменту для комплексної обробки деталі або для виконання групових налагоджень інструменту);
- прецизійні сервоприводи подач;
- електропривод головного руху на базі частотних перетворювачів змінного струму;
- пристрій ЧПК з можливістю програмування як з робочого місця оператора, так і з зовнішніх носіїв;
- 8 – ми позиційна інструментальна головка з можливістю установки різців перпендикулярно осі центрів для обробки деталей в центрах;
- можливість встановлювати різці паралельно осі центрів для патронних розточувальних робіт;
- пневмомеханічний затиск деталі в патроні шпинделя;
- електромеханічний регульований підтиск деталі центром задньої бабки.

					<i>ЕП.ПД.17.19.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 2
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика верстата 16К20Ф3

Найменування параметрів, розмірність	Розмір параметрів
Найбільший діаметр встановленого виробу над станиною, мм	320
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	125
Діаметр отвору в шпинделі, мм	45
Найбільша довжина встановленого виробу, мм	750
Конус в шпинделі передньої бабки за ГОСТ 13214 – 79	Морзе 6
Конус в пінолі задньої бабки за ГОСТ 13214–79	Морзе 5
Висота різця, мм	25
Найбільший хід супорта, мм	
– подовжній	700
– поперечний	210
Кількість частот обертання шпинделя	безступінчате регулювання
Кількість частот обертання шпинделя в одному діапазоні, що програмуються	–
Межі частот обертання шпинделя, 10хв-1	–
– I діапазон	20 – 700
– II діапазон	80 – 2800
Межі подач, мм/об (мм/хв.)	
– подовжніх	0,01 – 20,47
– поперечних	0,005 – 10,93
Межі кроків нарізок, що нарізуються, мм	0,05 – 40,95

Продовження таблиці 1.1

Габаритні розміри верстата, мм	
– довжина	3270
– ширина	1370
– висота	1740
Швидкість бистрих ходів супорта, мм/хв.	
– подовжніх	8000
– поперечних	5000
Дискретність переміщень, мм	
– подовжніх	0,01
– поперечних	0,005
Кількість позицій автоматичного поворотного різцетримача	6
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	11
Маса верстата, кг	2600

1.2 Технічні дані, склад, конструкція системи керування – «Електроника НЦ – 31»

Технічні дані:

- максимальна електрична потужність, споживана пристроєм числового програмного керування (ПЧПК) – не більше 400 Вт;
- пристрій ЧПК – контурне, з програмною структурною організацією;
- система відліку – в абсолютних і відносних величинах;
- тип приводу – стежачий електричний;
- тип датчиків – фото імпульсні;
- кількість осей управління – до 3;
- кількість одночасно керованих осей – 2;
- інтерполяція – лінійна, кругова, різьбо нарізання;

					<i>ЕП.ПД.17.19.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- завдання розмірів в метричній системі;
- введення програми - з клавіатури;
- кількість запам'ятовуються кадрів - до 1000;
- найбільше завдання розмірів між двома програмованими точками – до 999999 дискрет;
- завдання подач в діапазоні 0,01 – 20,47 мм/об;
- швидкість прискореного переміщення – до 10 м/хв.;
- швидкість різьбонарізання (максимальна) – 4000 мм/хв.
- кількість програмованих функцій M,S – до 99; T – до 16 значень кожної функції.

Основні режими роботи ПЧПК:

- а) переміщення супорта від маховичка;
- б) переміщення супорта від клавіатури пульта оператора;
- в) автоматичне виконання програми обробки;
- г) установка "0" точки;
- д) введення програм обробки деталі і введення параметрів;
- е) виведення програми обробки деталі і параметрів на індикації.

Типи корекцій:

- а) автоматична корекція по функції G92;
- б) ручна корекція за допомогою маховичка.

ПЧПК призначена для експлуатації в закритому приміщенні

- температура навколишнього середовища від +5 до +45°C;
- відносна волога повітря до 90% при 30°C;
- атмосферний тиск – від 84 до 107 кПа;
- витримує вібрацію частотою 25 Гц з подвійною амплітудою до 0,1мм.

					<i>ЕП.ПД.17.19.01.ПЗ</i>	Арк. 5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Вихідні дані

Діаграми статичного моменту на валі шпинделя та швидкості шпинделя наведені на рис. 1, а параметри діаграм – у таблицю 1.2. На інтервалах та має місце повздовжнє точіння, на інтервалі – торцове.

Протягом проміжків та відбувається переміщення різця, на інтервалі здійснюється зупинка шпинделя, протягом часу – заміна оброблювальної деталі. Час необхідний для розгону шпинделя до швидкості .

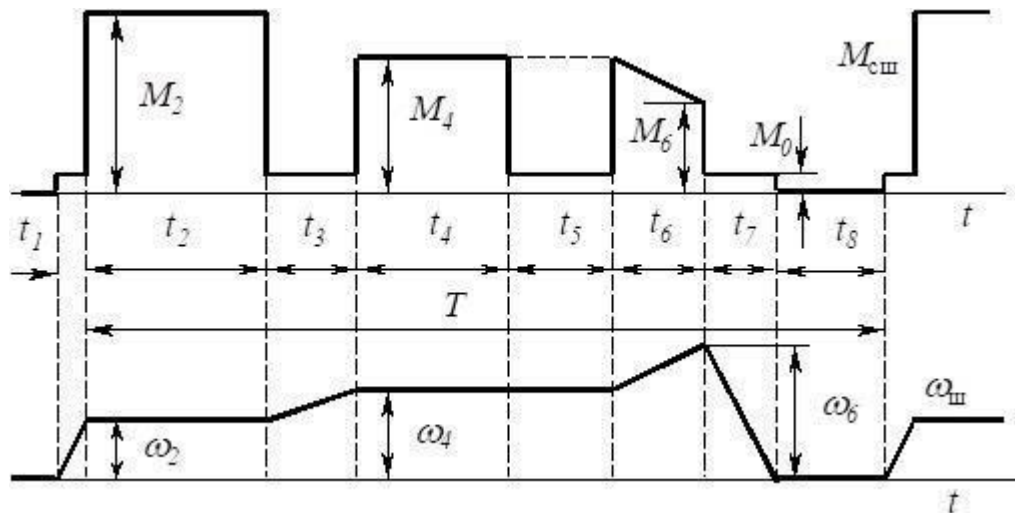


Рис.1.1 – Діаграми статичного моменту та швидкості шпинделя

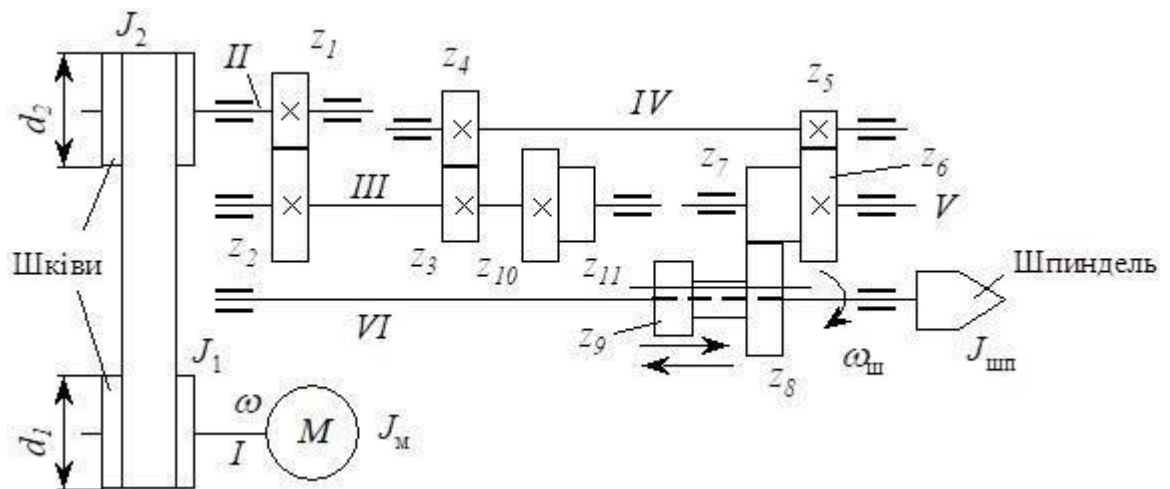


Рис. 1.2 – Кінематична схема приводу головного руху

Кінематичну схему приводу головного руху показано на рис. 2. Перша ступінь передачі виконано ремінною, інші – зубчасті циліндричні (діаметри

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 1.3 – Коефіцієнти корисної дії передач

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

Таблиця 1.4 – Коефіцієнти тертя

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

2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

					<i>ЕП.ПД.17.19.02.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кащшин А.О.</i>			<i>Автоматизований елек- тропривод</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Казачковський</i>					17	557
<i>Реценз.</i>		<i>Колб А.А.</i>				<i>НТУ 141-16-4</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								

2.1 Розрахунок статичних моментів та швидкостей на валу двигуна

Спочатку розрахуємо передне число від валу двигуна до шпинделя верста-
та:

$$i = \frac{d_1}{d_2} \times \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_{10}}{z_9} = \frac{120}{180} \times \frac{45}{45} \times \frac{60}{12} = 0,666 \times 1 \times 5 = 3,3 \quad (2.1)$$

Проведемо розрахунок статичних моментів на валу двигуна, маючи стати-
чні моменти (рис.) на валу шпинделя:

$$M_{C_0} = \frac{M_0 \times i}{\eta} = \frac{2 \times 3,33}{0,985^2 \times 0,935} = \frac{6,66}{0,907} = 7,34 \text{ Нм}; \quad (2.2)$$

$$M_{C_2} = \frac{M_2 \times i}{\eta} = \frac{32 \times 3,33}{0,985^2 \times 0,935} = \frac{106,56}{0,907} = 117,48 \text{ Нм}; \quad (2.3)$$

$$M_{C_4} = \frac{M_4 \times i}{\eta} = \frac{15 \times 3,33}{0,985^2 \times 0,935} = \frac{49,95}{0,907} = 55,07 \text{ Нм}; \quad (2.4)$$

$$M_{C_6} = \frac{M_6 \times i}{\eta} = \frac{14 \times 3,33}{0,985^2 \times 0,935} = \frac{46,62}{0,907} = 51,40 \text{ Нм}; \quad (2.5)$$

Розрахуємо тривалість обробки деталі:

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 = 1 + 16 + 2 + 14 + 3 + 10 + 1,5 + 5 = 52,5 \quad (2.6)$$

Еквівалентний статичний момент на валу двигуна розраховується за фор-
мулою:

$$M_{C.екв.} = \sqrt{\frac{M_{C_0}^2 \times t_1 + M_{C_2}^2 \times t_2 + M_{C_0}^2 \times t_3 + M_{C_4}^2 \times t_4 + M_{C_0}^2 \times t_5 + M_{C_6}^2 \times t_6 + M_{C_0}^2 \times t_7 + M_{C_0}^2 \times t_8}{T_c}} =$$

$$\sqrt{\frac{7,34^2 \times 1 + 117,48^2 \times 16 + 7,34^2 \times 2 + 55,07^2 \times 14 + 7,34^2 \times 3 + 51,40^2 \times 10 + 7,34^2 \times 1,5 + 7,34^2 \times 5}{52,5}} =$$

$$\sqrt{\frac{53,87 \times 1 + 13801,55 \times 16 + 53,87 \times 2 + 3032,7 \times 14 + 53,87 \times 3 + 2641,96 \times 10 + 53,87 \times 1,5 + 53,87 \times 5}{52,5}} = \sqrt{\frac{290375,575}{52,5}} =$$

$$= 10,26 \text{ Нм}. \quad (2.7)$$

Перерахуємо швидкості до валу двигуна:

$$\omega_{c2} = \frac{\omega_2}{i} = \frac{95}{3,33} = 28,52 \text{ рад/с}; \quad (2.8)$$

$$\omega_{c4} = \frac{\omega_4}{i} = \frac{190}{3,33} = 57,05 \text{ рад/с}; \quad (2.9)$$

					<i>ЕП.ПД.17.19.02.ПЗ</i>	Арк. 2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\max} = M_{п2} = 117,49 \text{ Нм};$$

$$3M_{н} = 3 \cdot 26,52 = 79,56 \text{ Нм}$$

$$79,56 > 117,49.$$

Оскільки максимальний момент перевищує три моменти номінальних, двигун не пройшов перевірку на перевантаження.

2.3 Вибір елементів силового кола за системою «керований випрямляч – двигун»

Для верстатів з ЧПК вітчизняною промисловістю випускається гамма комплектних тиристорних електроприводів постійного струму до складу яких входять тиристорні випрямлячі (ТВ) для кола якоря (у разі необхідності – і для кола збудження), необхідний набір регуляторів та датчиків, силові трансформатори або мережні реактори, згладжувальний дросель, блок захистів, блокування та сигналізації. Номінали ТВ узгоджені з параметрами вітчизняних двигунів.

$$P_{1н} = \frac{P_{н}}{\eta_{н}} = \frac{3}{0,73} = 4,1 \text{ Квт} \quad (2.31)$$

$$P_{1н} = U_{н} \cdot I_{н} \quad (2.32)$$

$$I_{н} = \frac{P_{1н}}{U_{н}} = \frac{4,1 \text{ Квт}}{440 \text{ В}} = \frac{4100}{440} = 9,31 \text{ А} \quad (2.32)$$

Комплектний електропривод вибирають після вибору двигуна за номінальними струмом та напругою якоря: $I_{дні} \geq I_{ян}; U_{dh} \geq U_{ян}$

Виберемо наступний комплектний електропривод з такими параметрами:

Таблиця 2.2 – Параметри комплектного електропривода

Тип електропривода	Напруга живлячої мережі для блоків керування, В	Тип та параметри блока керування ВС				
		Тип	Параметри кола якоря		Параметри кола збудження	
			$I_{н}, \text{ А}$	$U_{н}, \text{ В}$	$I_{н}, \text{ А}$	$U_{н}, \text{ В}$
ЕПУ1-23440Д	380-440	БС3403...Д	25	460	5	220

					<i>ЕП.ПД.17.19.02.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Таблиця 2.3 – Параметри мережних реакторів

I_H, A	$L_p, мГн$	$r_p, Ом$
25	1,33	0,025

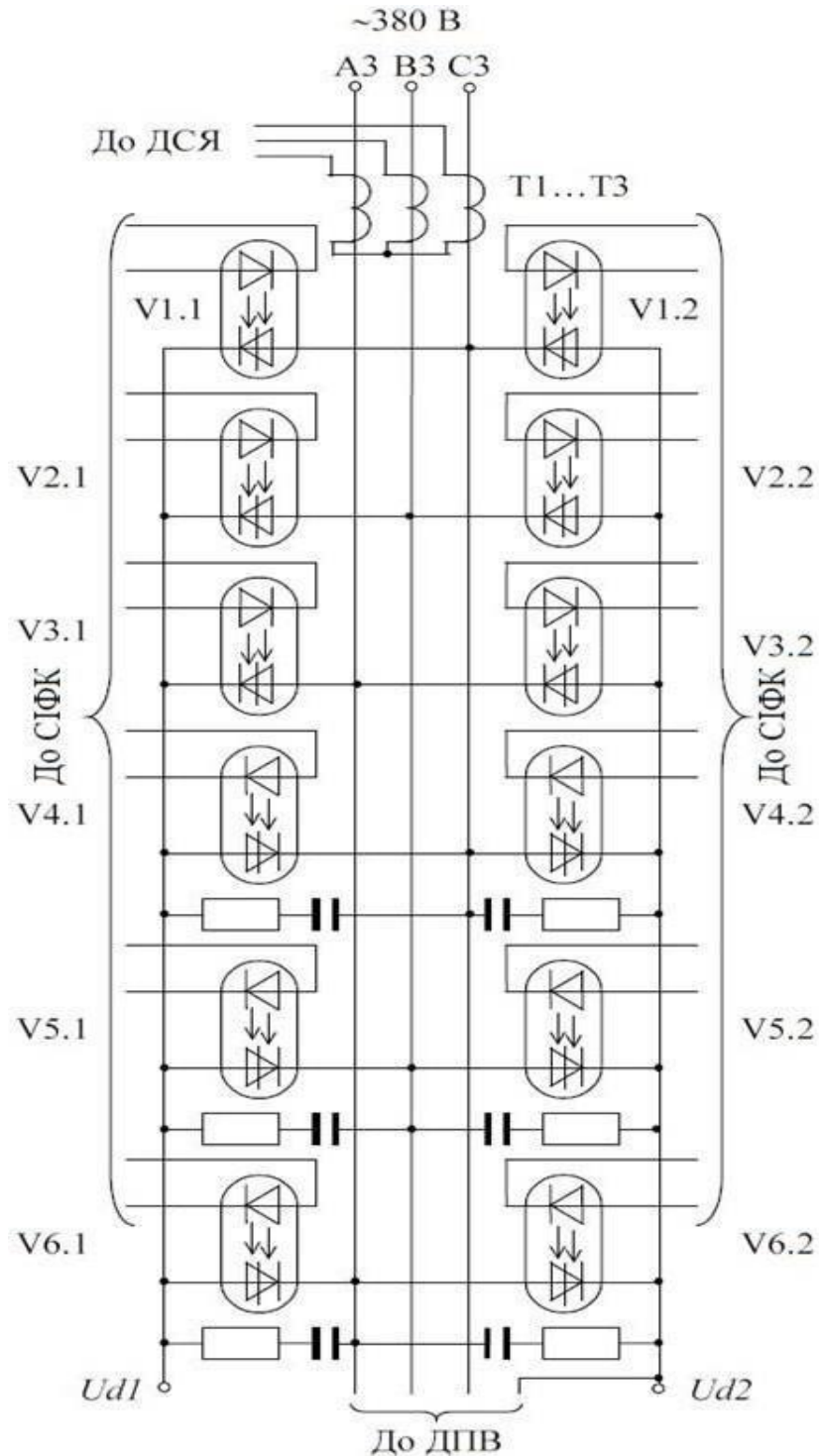


Рис 2.1 – Силова схема реверсивного тиристорного випрямляча для кола якоря

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.17.19.02.ПЗ

Арк.

6

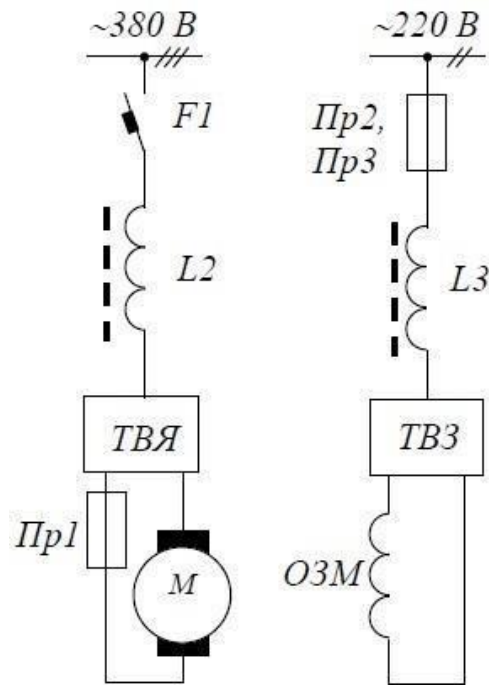


Рис 2.2 – Схема вмикання тиристорного електропривода постійного струму головного руху

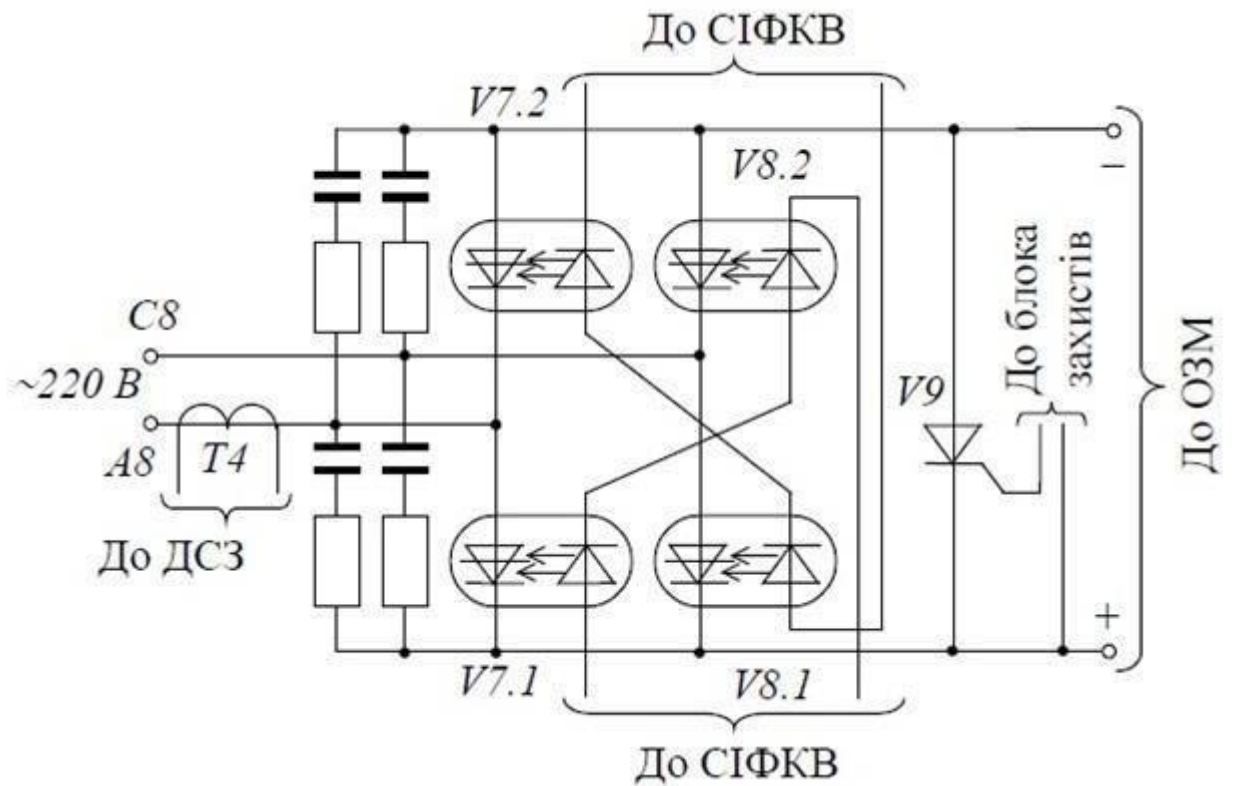


Рис. 2.3 – Силова схема тиристорного збудника

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.17.19.02.ПЗ

Арк.

7

2.4 Розрахунок параметрів об'єкта керування САР

Розрахуємо опір, обумовлений перекриттям вентилів:

$$R_y = \frac{P \cdot 2\pi \cdot L_p}{2\pi} = p \cdot L_p = 6 \cdot 1.33 \cdot 10^{-3} = 0.008 \text{ Ом} \quad (2.34)$$

де p – пульсність випрямляча.

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

$$R_e = (R_{я} + 2r_p) \cdot [1 + (90 - t_0^0) \cdot \alpha] + R_y = (4.06 + 2 \cdot 0.025) \cdot [1 + (90^0 - 0^0) \cdot 0.004] + 0.008 = 5.59 \text{ Ом} \quad (2.35)$$

$$L_e = L_{я} + 2 \cdot L_p = 74 + 2 \cdot 1.33 = 76.66 \text{ мГн} \quad (2.36)$$

$$T = \frac{L_e}{R_e} = \frac{76.66 \cdot 10^{-3}}{5.59} = 0.013 \quad (2.37)$$

де α – температурний коефіцієнт опору для міді; t_0 – температура «холодної» обмотки; r_p , L_p – активний опір та індуктивність мережних реакторів.

Коефіцієнт моменту для двигуна з електромагнітним збудженням:

$$k\Phi = \frac{M_H}{I_H} = \frac{26.52}{9.31} = 2.85 \quad (2.38)$$

Коефіцієнт передачі тиристорного випрямляча з пилкоподібною опорою напругою в СІФК:

$$k_{вя} = \frac{U_{до} \cdot \pi}{U_{опт}} = \frac{k_U \cdot U_{ж} \cdot \pi}{U_{опт}} = \frac{1.35 \cdot 380 \cdot 3.14}{12} = 134.235,$$

де $U_{до}$ – максимальна можлива середня випрямлена напруга випрямляча;
 $U_{ж}$ – діюча лінійна напруга живлення випрямляча (для безтрансформаторних – напруга мережі);
 k_U – коефіцієнт схеми (для трифазної мостової = 1,35);
 $U_{опт}$ – амплітуда опорної напруги СІФК (звичайно 8...12 В).

2.5 Параметри САР двозонного електропривода

Функціональна схема САР двозонного електроприводу наведена на рис. 2.4, структурна – на рис. 2.5. 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.

Таблиця 2.4 – Параметри форми

Привід	A	B	C	Ω_p, c^{-1}
Головного руху (якір)	1,54	0,44	1,1	100...130

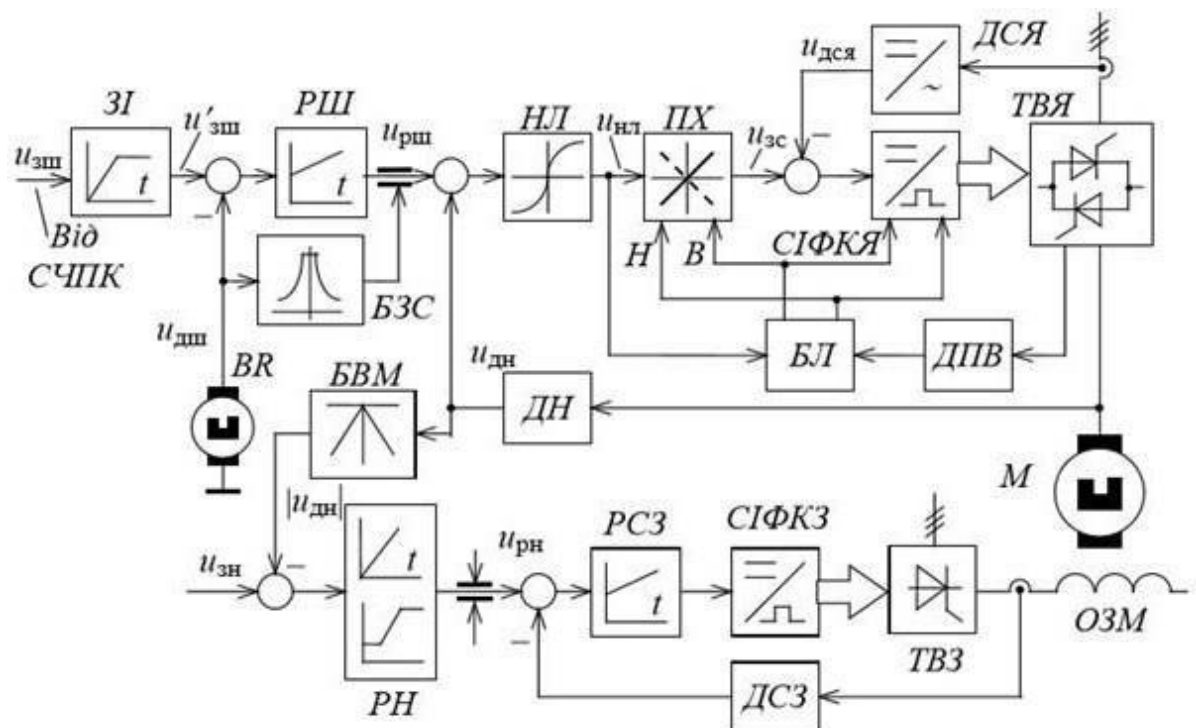


Рис. 2.4 – Функціональна схема двозонного електропривода постійного струму механізму головного руху

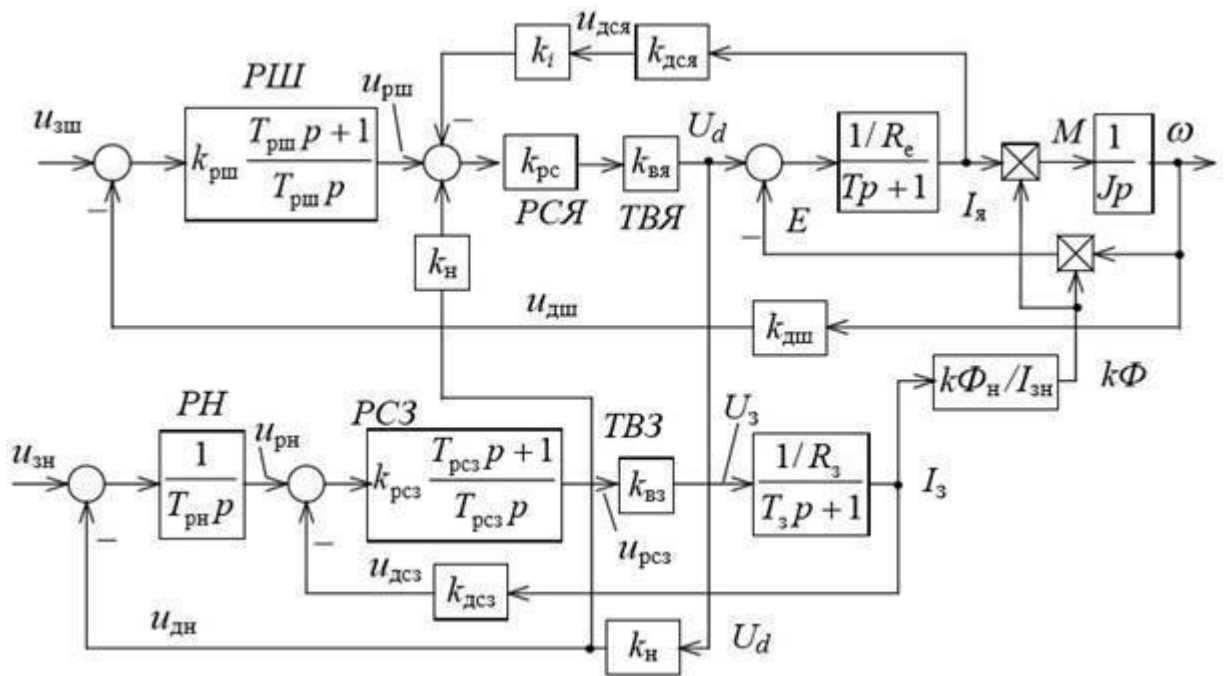


Рис. 2.5 – Структурна схема двозонного електропривода постійного струму механізму головного руху

Бажана стала часу замкненого контуру струму якоря:

$$T_c = \frac{c}{\Omega_p} = \frac{1,1}{110} = 0,01 \text{ с.} \quad (2.40)$$

Інтенсивність зворотного зв'язку за струмом:

$$K_i = \frac{R_e}{k_{гсз} \cdot K_{Вя}} \cdot \left(\frac{T}{T_c} - 1 \right) = \frac{5,59}{0,25 \cdot 134,3} \cdot \left(\frac{0,013}{0,01} - 1 \right) = 0,05 \quad (2.41)$$

де $K_{дсз} = (3...6) / I_{маx0}$ /- коефіцієнт передачі датчика

$$K_c = \frac{K_{Вя}}{R_e + K_{Вя} \cdot k_i \cdot k_{гсз}} = \frac{134,3}{5,59 + 134,3 \cdot 0,05 \cdot 0,25} = 18,48 \quad (2,42)$$

Таблиця 2.5 – Параметри тахогенератора

Тип двигуна	Тахогенератор		
	Тип	$k_{дш}$, В с	Опір навантаження, Ом, не менше
2ПФ	ТС1	0,315	2

Передатна функція та параметри регулятора швидкості:

$$W_{рш} \cdot (\rho) = k_{рм} \cdot \frac{T_{рм} \cdot \rho + 1}{T_{рм} \cdot \rho} \Rightarrow \quad (2,43)$$

$$k_{рш} = \frac{A \cdot T}{K_c \cdot T_c \cdot k_{gm} \cdot k\Phi} = \frac{1,54 \cdot 0,132}{18,48 \cdot 0,01 \cdot 0,315 \cdot 2,85} = 1,23 \quad (2,44)$$

$$T_{рш} = \frac{A \cdot T_c}{B} = \frac{1,54 \cdot 0,01}{0,44} = 0,035 \text{ с} \quad (2,45)$$

Де $K_{дш}$ – коефіцієнт передачі датчика швидкості (табл. 2.5).

Коефіцієнт позитивного зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_e = \frac{k\Phi}{K_{в\text{я}} \cdot K_{gm}} = \frac{2,85}{134,3 \cdot 0,315} = 0,067 \quad (2,46)$$

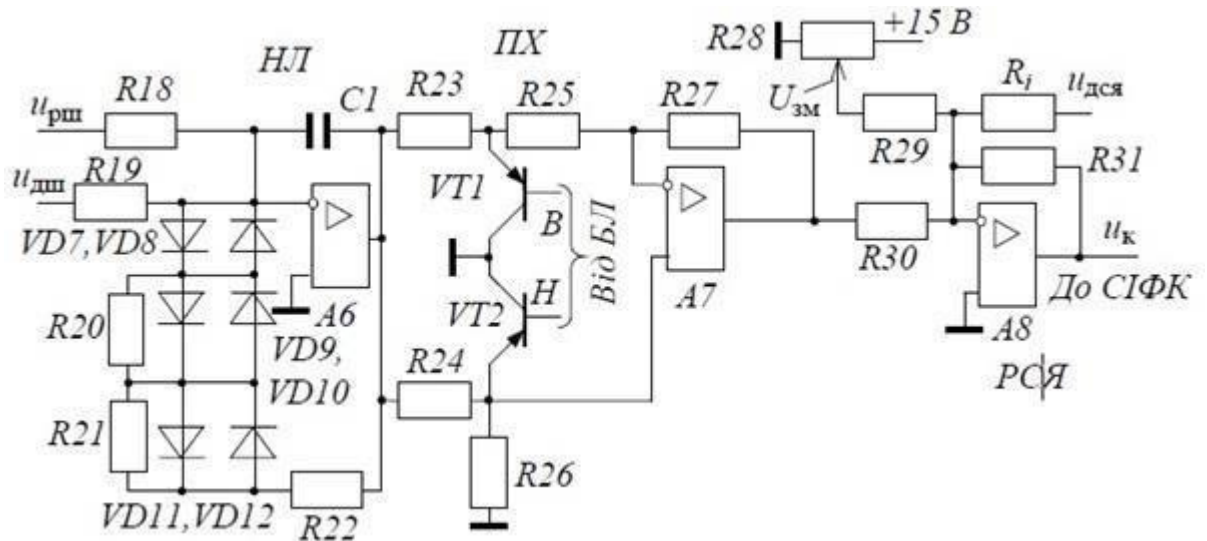


Рис. 2.6 – Нелінійна ланка, перемикач характеристик та регулятор струму якоря

Роль пропорційного регулятора струму виконує суматор на підсилювачі А8 з одиничним коефіцієнтом передачі. Опорами його зворотного зв'язку та вхідним можна задатися, наприклад:

$$R_{30} = R_{31} = 47 \text{ кОм} \quad (2,47)$$

Опори у колах зворотного зв'язку за струмом та позитивного зв'язку за швидкістю:

$$R_i = R_{31} / K_i = \frac{47}{0,05} = 940 \text{ кОм} \quad (2,48)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$R_{19} = R_{31}/K_H = \frac{47}{0,35} = 134,28 \text{ кОм} \quad (2,49)$$

де $k_H = \frac{1}{k_{вн} \cdot k_{дн}} = \frac{1}{134,235 \cdot 0,021} = 0,35$ – коефіцієнт позитивного зворотного зв'язку за напругою; $k_{дн} = 10/U_{ян}$ – коефіцієнт передачі датчика напруги якоря.

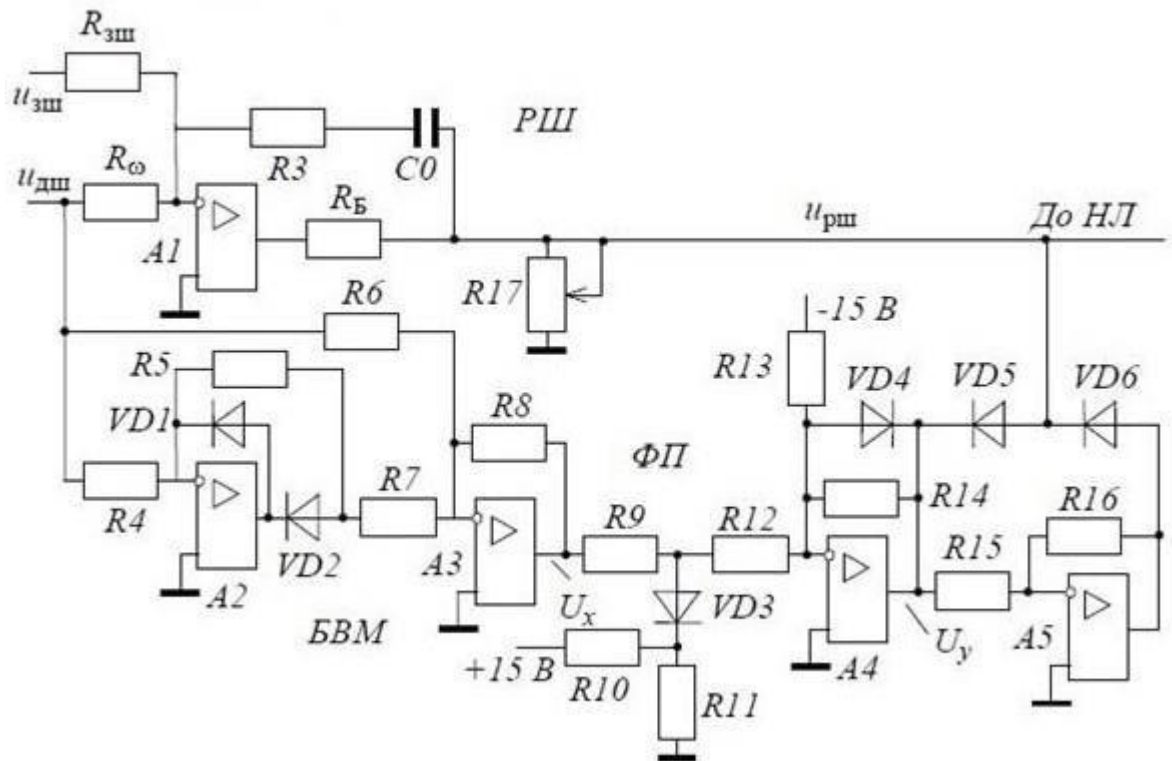


Рис. 2.7 – Регулятор швидкості та вузол залежного струмообмеження

$$k_{рш} = \frac{R_3}{R_{3M}} \quad \text{кОм – опір} \quad (2,50)$$

Де $R_{3ш} = 10 \text{ кОм}$ – задається; $R_3 = k_{рш} \cdot R_{3ш} = 1,23 \cdot 10 = 12,3 \text{ кОм}$ – опір

зворотного зв'язку РШ.

Номінали елементів зворотного зв'язку РШ дорівнюють:

$$R_{\omega} = \frac{R_{3ш} \cdot U_{дшт}}{U_{зшт}} = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 82,42}{10} = 82,42 \text{ кОм} \quad (2,52)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

де V ; V – максимальні

напруги завдання на швидкість та датчика швидкості.

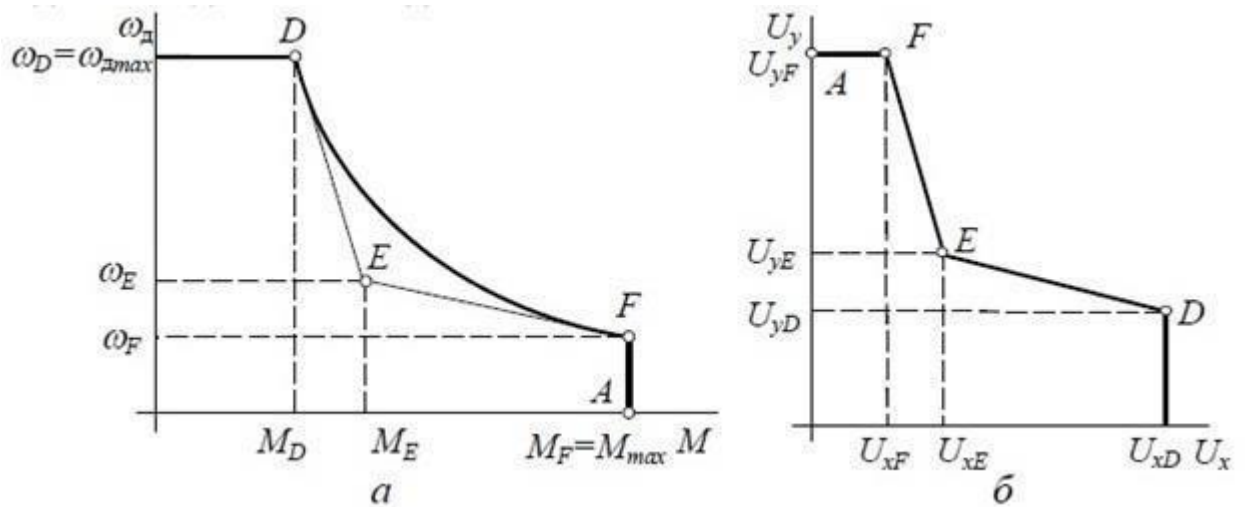


Рис. 2.8 – До розрахунку вузла залежного струмообмеження
Комутаційну криву (рис. 2.8а) апроксимує статична характеристика (рис. 2.8б) функціонального перетворювача (ФП), який входить до складу вузла залежного струмообмеження. Напруги зміщення у ФП дорівнюють $U_{зм} = \pm 15$ В. Опором $R14 = 10$ кОм – задаємось. Вхідні та вихідні напруги ФП для опорних точок D, E, F розраховують за виразами:

$$U_{xF} = \omega h \cdot K_{дм} \cdot K_{бвм} = 113,04 \cdot 0,315 \cdot 0,78 = 27,77 \text{ В} \quad (2,53)$$

$$U_{yf} = \frac{K_{дся} \cdot M_{max}}{K\Phi} = \frac{0,25 \cdot 117,49}{2,85} = 10,3 \text{ В} \quad (2,54)$$

$$U_{xD} = \omega_{max} \cdot K_{дш} \cdot K_{бм} = 261,66 \cdot 0,315 \cdot 0,78 = 64,29 \text{ В} \quad (2,55)$$

$$U_{yD} = \frac{K_{дся} \cdot M_H}{K\Phi} = \frac{0,25 \cdot 26,52}{2,85} = 2,33 \text{ В} \quad (2,56)$$

$$U_{xE} = \omega_e \cdot K_{дм} \cdot K_{бвм} = 148,62 \cdot 0,315 \cdot 0,78 = 36,52 \quad (2,57)$$

$$U_{ye} = \frac{K_{дся} \cdot M_e}{K\Phi} = \frac{0,25 \cdot 30,24}{2,85} = 2,65 \text{ В} \quad (2,58)$$

Тут $K_{бмв}$ – коефіцієнт передачі блока виділення модуля (БВМ на рис. 2.7). Він повинен бути таким, щоб вихідна напруга за максимального моменту не

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

перевищувала напруги насичення ($U_{\text{нас}} = 8 \text{ В}$) підсилювача А1 регулятора швидкості, тобто:

$$K_{\text{вм}} \leq \frac{U_{\text{нас}} \cdot k_{\Phi}}{K_{\text{дся}} \cdot M_{\text{мах}}} = \frac{8 \cdot 2,85}{0,25 \cdot 117,36} = 0,78 \quad (2,59)$$

Коефіцієнти передачі ФП на ділянках ED та EF (з урахуванням знаку):

$$K_{ED} = \frac{U_{ye} - U_{yD}}{U_{xE} - U_{xD}} = \frac{2,65 - 2,33}{36,52 - 64,29} = \frac{0,32}{-27,77} = -0,115 \quad (2,60)$$

$$K_{FE} = \frac{U_{yf} - U_{ye}}{U_{xf} - U_{xe}} = \frac{10,3 - 2,65}{27,77 - 37,52} = \frac{7,65}{-8,75} = -0,874 \quad (2,61)$$

Сума опорів на вході підсилювача А4:

$$R_{12} - R_9 = \frac{-R_{14}}{K_{FE}} \quad (2,62)$$

звідки, задаємоь одним із суми ($R_{12} = 10 \text{ кОм}$), знаходимо R_9 :

$$R_9 = \frac{-R_{14}}{K_{FE}} - R_{12} = \frac{10 \cdot 10^3}{-0,874} - 10 \cdot 10^3 = 1,44 \cdot 10^3 = 1,44 \text{ кОм} \quad (2,63)$$

Опір одного з резисторів подільника:

$$R_{11} = \frac{K_{ED} \cdot R_{12} \cdot R_9}{R_{14} + (K_{ED} \cdot (R_{12} + R_9))} = \frac{-0,0115 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 1,44 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + (-0,0115 \cdot (10 \cdot 10^3 + 1,44 \cdot 10^3))} = \frac{0,1656 \cdot 10^3}{10,131}$$
$$= \frac{165,6}{10,131} = 16,35 \text{ Ом} \quad (2,64)$$

Інший з них:

$$R_{10} = \frac{U_{\text{изм}} \cdot R_n \cdot (R_{12} + R_9)}{U_{xE} \cdot R_{12}} - R_{11} = \frac{15 \cdot 16,35 \cdot (11,44 \cdot 10^3)}{36,52 \cdot 10 \cdot 10^3} - \frac{2805,66 \cdot 10^3}{365,2 \cdot 10^3} = 7,68 \text{ Ом} \quad (2,65)$$

Опір у колі зміщення:

$$R_{13} = \frac{U_{\text{зм}} \cdot R_{14}}{U_{yF} - U_{xF} \cdot K_{FE}} = \frac{15 \cdot 10 \cdot 10^3}{10,3 - 27,77 \cdot (-0,874)} = 0,43 \text{ кОм} \quad (2,66)$$

Обмеження струму за малих швидкостей здійснюється шляхом насичення підсилювача РШ А1 за допомогою подільника R17. Вихідний сигнал РШ при цьому:

$$U_{\text{рш}} = U_{yf} = \frac{U_{\text{нас}} \cdot R_{17}}{R_{15} - R_{17}} \quad (2,67)$$

Прийнявши опір баластного резистора кОм, знайдемо опір змінного резистора:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$R_{17} \geq \frac{U_{yf} \cdot R_B}{-U_{нас} + U_{yF}} = \frac{10.3 \cdot 2.7 \cdot 10^3}{-8 + 10.3} = \frac{27.81 \cdot 10^3}{2.3} = 12.09 \text{ кОм} \quad (2,68)$$

Опори в колі інвертора А5 повинні бути однаковими ($R_{15} = R_{16}$ задаємо 10 кОм). Більшість опорів, які входять до складу БВМ, приймаються також одного номіналу ($R_4 = R_5 = R_7$ задаємо 22 кОм); $R_6 = 2 R_4 = 44$ кОм; а
3,07 кОм.

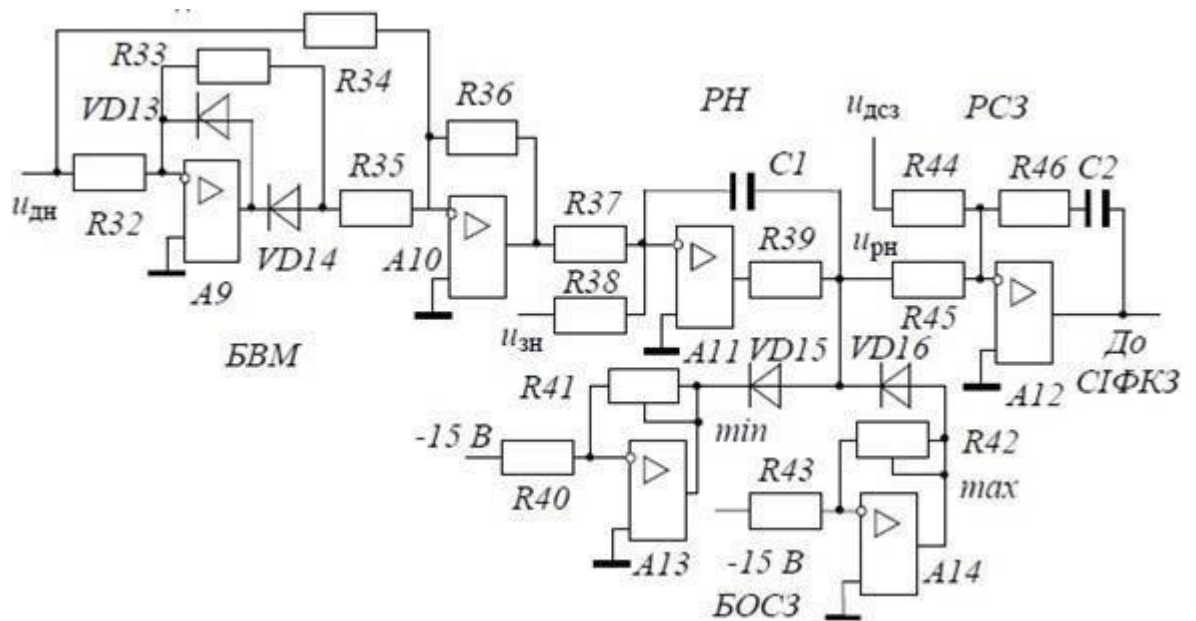


Рис. 2.9 – Принципова схема регуляторів напруги та струму збудження

Передатна функція регулятора струму збудження має вигляд:

$$W_{рсз}(\rho) = K_{рсз} \cdot \frac{T_{рсз}\rho + 1}{T_{рсз}\rho} \geq \quad (2,69)$$

параметри якої вибираються, як:

$$T_{рсз} = T_3 = \frac{L_3}{R_3} = \frac{35}{134} = 0,26 \text{ с} \quad (2,70)$$

$$K_{рсз} = \frac{T_3 \cdot R_3 \cdot \omega_p}{K_{вз} \cdot K_{дсз}} = \frac{0,26 \cdot 134 \cdot 110}{77,71 \cdot 1,82} = 27,09 \quad (2,71)$$

де L_3 , R_3 – індуктивність (Гн) та активний опір (Ом) обмотки збудження;
 $K_{вз} = \frac{1,35 \cdot 220 \cdot 3,14}{12} = 77,71$ – коефіцієнт передачі тиристорного збудника (розраховується за формулою (2.39) з урахуванням рівня напруги живлення збудника та його схеми випрямлення); Ω_p – резонансна частота закненого контуру струму

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

збудження, с^{-1} (табл. 2.4); $k_{\text{дсз}} = \frac{3}{I_{\text{зн}}} = \frac{3}{1,64}$ - коефіцієнт передачі датчика струму збудження, В/А; $I_{\text{зн}}$ - номінальний струм збудження, А.

Тоді стала часу та коефіцієнт передачі замкнутого контуру струму збудження будуть:

$$T_{\text{сз}} = \frac{1}{\Omega_{\rho}} = \frac{1}{110} = 0,009 \text{ с} \quad (2,72)$$

$$K_{\text{сз}} = \frac{1}{K_{\text{дсз}}} = \frac{1}{1,82} = 0,54 \quad (2,73)$$

Стала часу інтегрального регулятора напруги:

$$T_{\text{рн}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot T_{\text{сз}} \cdot K_{\text{дн}} \cdot K_{\text{з}}}{K_{\text{сз}}} = \frac{0,026 \cdot 0,009 \cdot 0,021 \cdot 169,12}{0,54} = 1,53 \text{ мс}$$

де $\alpha_{\text{н}}$ - коефіцієнт настроювання контуру напруги;

$$k_{\text{з}} = \frac{\Delta E}{\Delta I_{\text{з}}} = \frac{k\Phi_{\text{н}} \cdot \omega_{\text{дmax}}}{I_{\text{зн}}} = \frac{1,06 \cdot 261,66}{1,64} = 169,12 \text{ - коефіцієнт передачі каналу}$$

збудження за максимальної швидкості; $k\Phi_{\text{н}} = \frac{M_{\text{н}}}{I_{\text{ян}}} = \frac{26,52}{9,31} = 2,84$.

Величину коефіцієнта настроювання вибирають, виходячи з умови забезпечення заданого перерегулювання за ЕРС під час розгону до другої зони з незмінним прискоренням

$$\alpha_{\text{н}} = \frac{\delta \cdot \tau_{\text{н}}}{D_{\phi}} = \frac{0,1 \cdot 0,62}{2,31} = 0,26 \quad (2,75)$$

де δ - допустиме відносне перерегулювання за ЕРС (звичайно 0,1);

$$\tau_{\text{н}} = \frac{J \cdot \omega_{\text{н}}}{M_{\text{н}} \cdot T_{\text{з}}} = \frac{0,038 \cdot 113,04}{26,52 \cdot 0,26} = \frac{4,29}{6,89} = 0,62 \text{ - відносна тривалість розгону до номіналь-}$$

ної швидкості;

$$D_{\phi} = \frac{\omega_{\text{дmax}}}{\omega_{\text{дн}}} = \frac{261,66}{113,04} = 2,31 \text{ - діапазон регулювання швидкості зміною потоку.}$$

Якщо задатися напругою $u_{\text{зн}} = k_{\text{дн}} \cdot U_{\text{ян}} = 10$ В та опорами у каналах задання $R38=R45=10$ кОм, то номінали інших елементів регуляторів будуть:

$$R37 = R38 \cdot \frac{U_{\text{днт}}}{U_{\text{зн}}} = R38 \quad (2,76)$$

$$C1 = \frac{T_{\text{рн}}}{R38} = \frac{0,00153}{10000} = 0,153 \text{ мкс} \quad (2,77)$$

					ЕП.ПД.17.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		326

$$R_{44} = R_{45} \times \frac{U_{гсзmax}}{U_{рнmax}} = R_{45} \times \frac{U_{гсзmax}}{U_{мас}} = R_{45} \times \frac{3}{8} = 10 \times \frac{3}{8} = 3,75 \text{ кОм} \quad (2.78)$$

$$R_{46} = \frac{K_{рсз}}{R_{45}} = \frac{27,09}{10} = 2,709 \text{ кОм} \quad (2.79)$$

$$C_2 = \frac{T_{рсз}}{R_{46}} = \frac{0,26}{2,709 \times 10^3} = 95,98 \times 10^{-6} \text{ с} = 95,98 \text{ мкс} \quad (2.80)$$

де $U_{днт} = 10 \text{ В}$, $U_{дсзmax} = 3 \text{ В}$, $U_{рнmax} = 8 \text{ В}$ – відповідно максимально можливі напруги датчика напруги, датчика струму збудження, регулятора напруги (дорівнює напрузі насичення підсилювача А11).

Блок обмеження струму збудження (БОСЗ) не дає можливості завданню на струм збудження бути меншим від мінімального та більшим від номінального. Номінальний і мінімальний струми збудження та вихідні напруги регулятора напруги, які їм відповідають:

$$I_{зн} = \frac{U_{зн}}{R_3} = \frac{220}{134} = 1,64 \text{ А} \quad (2.81)$$

$$I_{знmin} = \frac{I_{зн} \times \mu_{гн}}{\mu_{гmax}} = \frac{1,64 \times 1080}{2500} = 0,7 \text{ А} \quad (2.82)$$

$$U_{рнmax} = k_{гсз} \times I_{зн} = 1,82 \times 1,64 = 2,98 \text{ А} \quad (2.83)$$

$$U_{рmin} = R_{гсз} \times I_{знmin} = 1,82 \times 0,7 = 1,27 \text{ А} \quad (2.84)$$

Задавшись вхідними опорами інверторів А13 та А14 (рис. 2.4) $R_{40} = R_{43} = 10 \text{ кОм}$, визначають опори в каналах їх зворотних зв'язків:

$$R_{41} = \frac{U_{рнmin} \times R_{40}}{15} = \frac{1,578 \times 10000}{15} = 1052 \text{ Ом} \quad (2.85)$$

$$R_{42} = \frac{U_{рнmax} \times R_{43}}{15} = \frac{8 \times 10000}{15} = 5333,33 \text{ Ом} \quad (2.86)$$

Опори блока виділення модуля розраховуються так само, як і опори БВМ на рис. 8.4 з тією лише різницею, що $k_{БВМ} = 1$.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

					<i>ЕП.ПД.17.19.03.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кащшин А.О.</i>			<i>Дослідження динаміки електропривода</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Казачковський</i>					<i>34</i>	<i>55</i>
<i>Реценз.</i>		<i>Колб А.А.</i>				<i>НТУ 141-16-4</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								

3.1 Дослідження динаміки електроприводу за допомогою цифрового моделювання на ЕВМ

Двобічне регулювання швидкості ДПТ обумовлюється тим, що регулювання швидкості від нульового до номінального значення (перша зона регулювання) відбувається шляхом зміни напруги якоря (від нульового до номінального значення) при постійному магнітному потоці двигуна, який дорівнює номінальному. Регулювання швидкості від значення до її максимального значення (друга зона регулювання) відбувається за рахунок послаблення магнітного потоку двигуна при номінальній напрузі якоря.

Діаграми показують, що застосування двобічного регулювання обумовлено в тих випадках, коли при збільшенні швидкості двигуна його момент може бути зменшено (зменшується навантаження на валу). В цьому випадку встановлена потужність електропривода виходить менше, ніж у випадку, якщо б регулювання виконувалося тільки за рахунок регулювання напруги якоря для двигуна з більшою номінальною швидкістю.

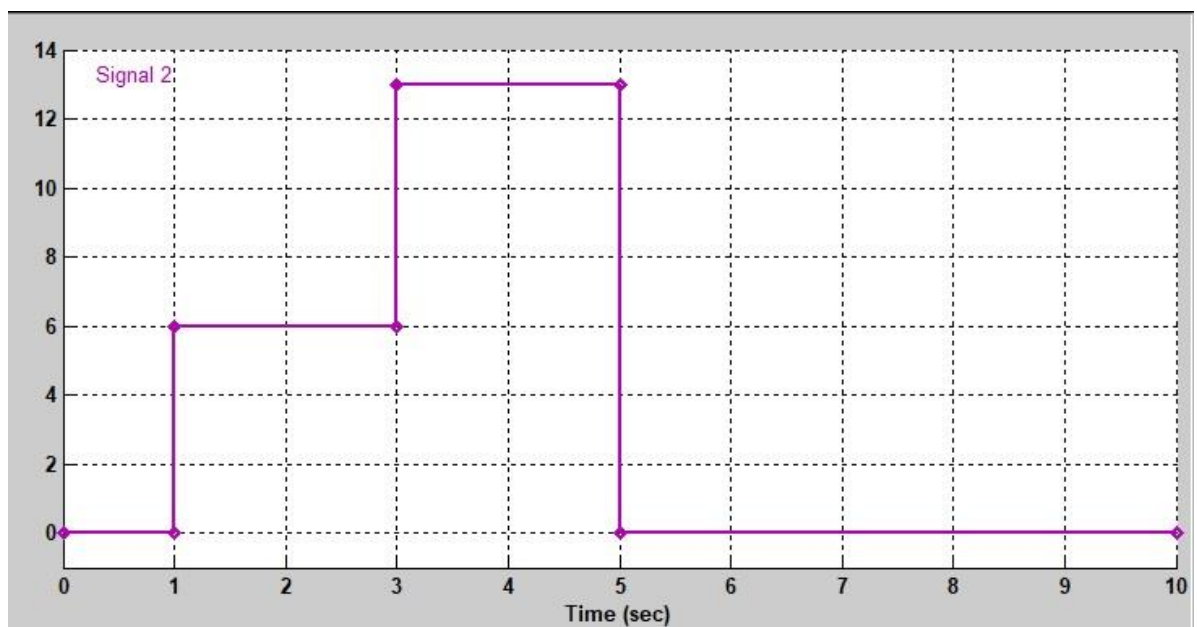


Рис. 3.1 – Завдання на швидкість

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

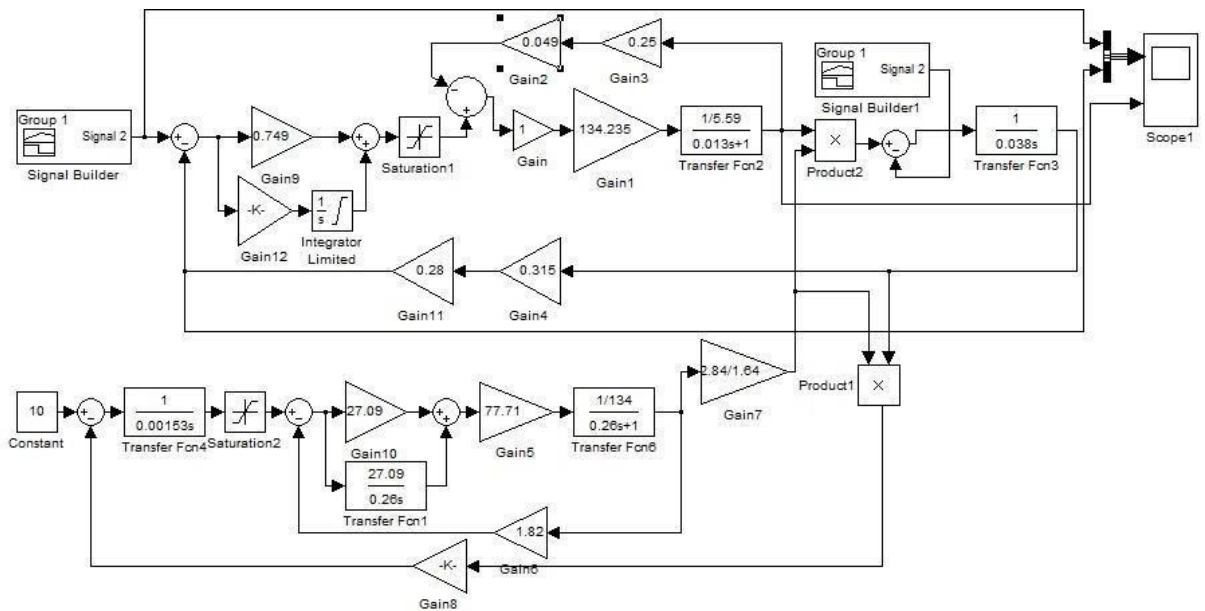


Рис. 3.2 – Структурна схема двозонного електропривода постійного струму механізму головного руху виконана в середовищі Simulink програмного забезпечення Matlab

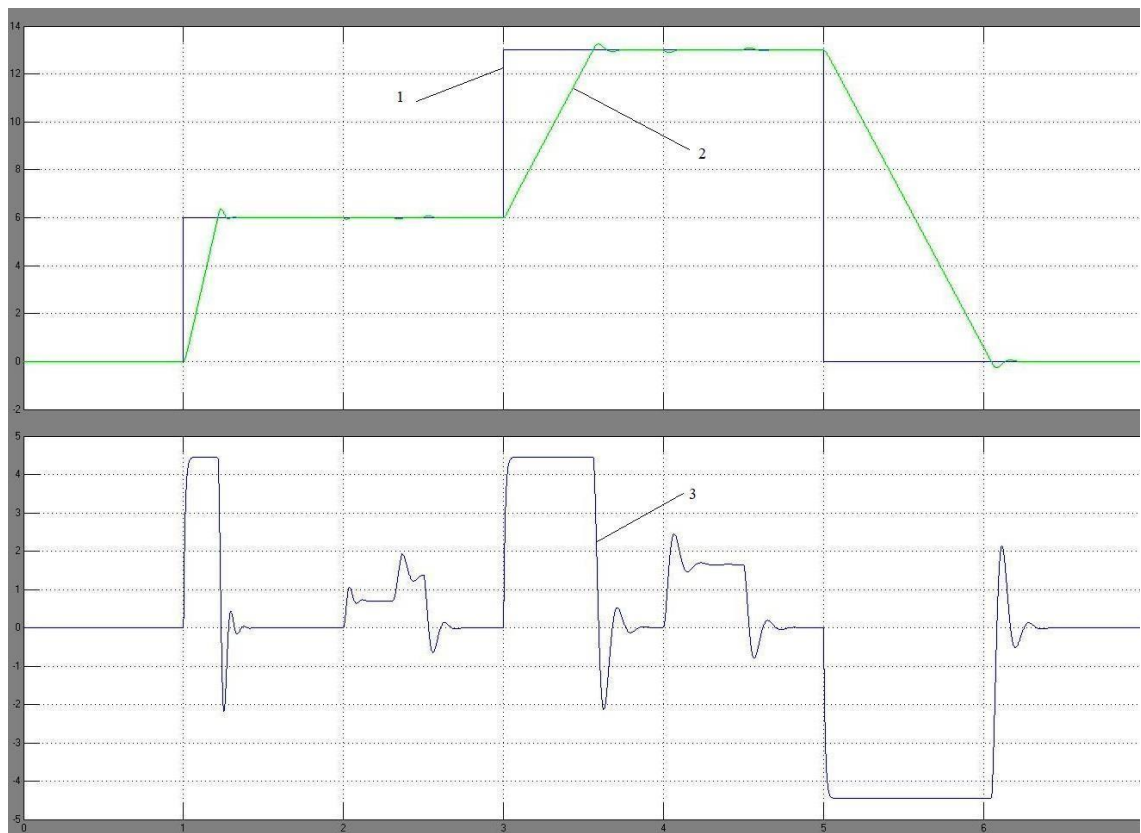


Рис 3.3 – Графік перехідних процесів з накиданням навантаження
1 – швидкість завдання; 2 – швидкість двигуна; 3 – момент статичний.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.17.19.03.ПЗ

Арк.

3

В системі двозонного керування двигун запитується від тиристорного перетворювача (ТП), а його обмотка збудження – від тиристорного збудника. Система керування електроприводом включає в себе дві взаємопов'язані системи:

а) система регулювання швидкості, яка впливає на напругу ТП, що включає регулятор швидкості (РШ) та підлеглий контур регулювання струму якоря з регулятором РТЯ;

б) система регулювання ЕРС двигуна з регулятором ЕРС та підлеглим контуром регулювання струму збудження з регулятором РТВ.

Вузол залежного струмообмеження (ВЗС) забезпечує зміну рівня обмеження струму залежно від швидкості згідно з перевантажувальною здатністю двигуна.

Нелінійна ланка (НЛ) призначена для компенсації не лінійності регульовальної характеристики випрямляча та контуру струму в зоні переривчастих струмів.

					<i>ЕП.ПД.17.19.03.ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

					<i>ЕП.ПД.17.19.04.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кащущин А.О.</i>			<i>Охорона праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Столбченко О.В.</i>					38	550
<i>Реценз.</i>		<i>Колб А.А.</i>				<i>НТУ 141-16-4</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проєктованого технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою

Проектований об'єкт – електропривод головного руху токарного верстата з числовим програмним керуванням моделі 16К20Ф3.

Небезпечні та шкідливі виробничі чинники поділяються за природою дії на чотири групи:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізичні.

До фізичних відносяться наступні:

- електричний струм;
- дрібна стружка і аерозолі мастильно-охолоджувальної рідини;
- відлітають шматочки металу;
- висока температура поверхні оброблювальних деталей і інструменту;
- підвищений рівень вібрації;
- рухомі машини та механізми, заготовки та матеріали;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- вироби, які пересуваються;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання.

Хімічні, біологічні та психофізичні небезпечні та шкідливі чинники відсутні під час експлуатації, наладки, монтажу та інших робіт на об'єкті.

					<i>ЕП.ПД.17.19.04.ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 2
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4.2 Інженерно – технічні заходи з охорони праці

Інженерно-технічні заходи передбачають впровадження колективних заходів забезпечення сприятливих мікрокліматичних та зорових умов праці на робочих місцях, заходи захисту від впливу шкідливих речовин у повітрі робочої зони, від шуму, ультразвуку, вібрації, електромагнітного випромінювання, іонізуючого випромінювання, а також заходи попередження ураження електричним струмом, виникнення пожеж та аварій під час експлуатації технологічного устаткування.

Виробниче освітлення. Під час проектування або реконструкції виробничих приміщень (підрозділів) здійснюються заходи щодо встановлення окремих видів і систем освітлення (відповідно до ДБН В.2.5-28-2006). Для систем електричного освітлення підбираються типи ламп, освітлювачів (вказується використання останніх), напруга освітлювальної мережі, джерела живлення. Згідно галузевим нормам передбачається аварійне та ремонтне освітлення (називаються типи ламп, освітлювачів, їх виконання, номінальна напруга).

Захист від виробничого шуму і вібрації. В проектах повинен бути розроблений комплекс заходів застереження, зниження та захисту від шуму і вібрації. За необхідністю передбачаються засоби індивідуального захисту (протишумні шоломи, навушники, вкладиші), погоджується режим праці та відпочинку працюючих, а також засоби контролю параметрів шуму і вібрації. Для вібропоглинання на віброуючі елементи машини наносять в'язкі або пружні матеріали, яким притаманні значні внутрішні втрати.

Електробезпека. Безпека експлуатації електрообладнання досягається системою організаційних і технічних засобів та засобів, що забезпечують захист від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики. Правила електробезпеки регламентується правовими і технічними документами, нормативно-технічною базою.

					<i>ЕП.ПД.17.19.04.ПЗ</i>	Арк. 3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знання основ електробезпеки обов'язкове для персоналу, що обслуговує електроустановки та електроустаткування.

Способи захисту:

- електрична ізоляція;
- захист від випадкового дотику до струмовідних частин;
- захисне заземлення, занулення, зрівнювання електричних потенціалів;
- захисне відключення;
- застосування наднизької (безпечної) напруги;
- контроль і профілактика пошкодження ізоляції;
- захист від небезпеки при переході з вищої сторони на нижчу;
- електричне розділення кіл;
- застосування індивідуальних захисних засобів.

Наднизька (безпечна) напруга – це напруга не більше 48 В змінного струму та не більше 120 В постійного струму.

Шар діелектрика, яким покривають поверхню струмопровідних елементів, або конструкція з непровідні матеріалу, за допомогою якої струмопровідні частини відокремлюються від інших частин електрообладнання, називається електричною ізоляцією. Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 МОм.

Для виключення небезпеки дотику до струмопровідних частин електрообладнання необхідно забезпечити їх недоступність. Це досягається за допомогою розташування струмопровідних частин на недоступній висоті або в недоступному місці, а якщо таке розташування неможливе — застосування огорож і бар'єрів.

Захист від рухомих машин та механізмів. В проекті повинен бути розроблений план приміщення, встановлені захисні пристрої, огорожі, аварійні засоби (кнопки, вимикачі). Захисні пристрої повинні відповідати таким вимогам:

- бути досить міцними;
- простими у застосування;

					<i>ЕП.ПД.17.19.04.ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- виключати можливість травмування;
- надійно фіксуватися в потрібному положенні;
- не заважати роботі та технічному обслуговуванню;
- не створювати нових небезпечних чинників.

Захисні огорожі, пристосування та пристрої повинні виключати:

- можливість зіткнення працівника з рухомими частинами машини;
- випадання або виліт оброблювальних деталей (матеріалів), а також частин робочих органів при їх поломках;
- потрапляння в працюючих частинок оброблювального матеріалу;
- можливість травмування при установці і зміні робочих органів, інструментів.

4.3 Пожежна профілактика

Пожежна небезпека електроприводу обумовлена наявністю горючих ізоляційних матеріалів в електрообладнанні яке використовується. Електроізоляційні матеріали, що застосовуються при проектуванні, відносять до відповідного класу нагрівостійкості. У проектованому електроприводі найбільш пожежонебезпечною є ізоляція проводів і кабелів. Таким чином, процес утворення пожежонебезпечної ситуації полягає в тому, що при проходженні по ізоляції електричного струму виділяється тепло та підіймається температура. У разі значних перевантажень провідників, особливо при проходженні струмів короткого замикання, температура ізоляції зростає настільки, що матеріал розкладається з виділенням горючих газів, що часто є причиною загоряння.

Електричні машини, застосовані в електроустановках, повинні забезпечувати як необхідний ступінь захисту їх ізоляції від шкідливої дії навколишнього середовища, так і достатню безпеку щодо пожежі.

Пожежна профілактика включає в себе комплекс заходів, спрямованих на попередження або зниження рівня наслідків пожеж:

					<i>ЕП.ПД.17.19.04.ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- проектування та монтаж електрообладнання проводиться відповідно до правил улаштування електроустановок;
- контроль справності пожежонебезпечних частин обладнання та негайне вживання заходів щодо усунення несправностей в разі їх виявлення;
- забезпечення постійної готовності до роботи засобів пожежної безпеки по спрацьовуванню пожежної сигналізації.

Система автоматичної пожежної сигналізації складається з датчиків, що встановлюються в приміщеннях, джерелах електроживлення та електричної мережі, а також приймальну станцію, до якої і підключаються датчики.

При проектуванні була обрана порогова система пожежної сигналізації, перевагою якої є постійне «очікування» сигналу про зміну стану датчика. Та- кож вона має димовий датчик призначений для виявлення димових частинок, що утворюються в процесі горіння. Даний датчик застосовується для ідентифікації тління на ранніх стадіях загоряння.

Для гасіння пожежі можуть використовуватися вуглекислотні вогнегасники (якими треба оснастити приміщення), вода, повітряно-механічна піна, інертний газ ті інші пристосування, для пожежогасіння.

4.4 Заходи з ергономіки

Важливим завданням ергономіки є підвищення ефективності праці працівників систем «людина — машина — середовище». При цьому, як свідчать наукові та практичні дослідження, ефективність праці персоналу прямо пропорційно залежить від раціональності організації робочих місць.

Під робочим місцем розуміють зону, оснащену необхідними технічними засобами, у якій відбувається трудова діяльність виконавця або групи виконавців, що спільно виконують ту чи іншу операцію чи роботу.

					<i>ЕП.ПД.17.19.04.ПЗ</i>	Арк. 6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Організацією робочого місця називається система заходів щодо оснащення робочого місця засобами і предметами праці та їх розміщення в певній послідовності в просторі.

За рівнем механізації робочі місця поділяються на автоматизовані, механізовані і робочі місця, де виконуються ручні роботи. Робочі місця поділяються також на індивідуальні та колективні. Залежно від спеціалізації робочі місця можуть бути універсальними, спеціалізованими, спеціальними.

В ергономіці, як правило, розглядають робоче місце людини — оператора автоматизованої системи управління, тобто найпоширенішої системи «людина — машина — середовище». Під робочим місцем оператора розуміють місце в системі «людина — машина — середовище», оснащене засобами відображення інформації, органами управління та допоміжним устаткуванням, де відбувається трудова діяльність даного спеціаліста.

Залежно від функцій, що виконує оператор у системі, робочі місця класифікують таким чином:

- робоче місце оперативного керування (існує для виконання завдання управління, видачі команд, розпоряджень, ін.);
- інформаційно-довідкове робоче місце (служує для запиту й отримання довідок про стан системи в цілому або її окремих ланок, а також для формування, передачі та прийому символної або графічної інформації);
- робоче місце ручного введення інформації (існує для оперативного введення символів чи графічної інформації);
- робоче місце функціонально-технологічного контролю (забезпечує оперативний функціональний контроль за станом технічних засобів і каналів зв'язку);
- робоче місце програміста ПЕОМ (служує для зв'язку з обчислювальними машинами, а також для налагодження машинних програм);

					<i>ЕП.ПД.17.19.04.ПЗ</i>	Арк. 7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– комбіноване робоче місце (являє собою робоче місце змішаного типу із суміщенням функцій, які перераховано вище).

Проектуючи робоче місце, необхідно обов'язково враховувати специфіку трудової діяльності оператора та психофізіологічні, антропометричні, біомеханічні характеристики людини.

Просторова організація робочого місця являє собою заходи щодо розміщення в певній послідовності у просторі засобів та предметів праці з урахуванням антропометричних даних, вибору раціонального розміщення робочих зон, робочих поверхонь, фізіологічно раціональної робочої пози, а також проектування раціональних конструкцій засобів організаційного оснащення.

Взагалі, у конструюванні та організації робочих місць операторів рекомендовано враховувати такі основні ергономічні умови, що забезпечать:

– достатній робочий простір для працівника, що дозволяє робити всі необхідні рухи і переміщення під час експлуатації та технічного обслуговування устаткування;

– обладнанням, а також між людьми в процесі виконання єдиного трудового завдання;

– оптимальне розміщення робочих місць у виробничих приміщеннях, а також безпечні та достатні проходи для працівників;

– необхідне природне й штучне освітлення для виконання трудових завдань, технічного обслуговування;

– дозволений рівень акустичного шуму і вібрації, що утворюються через роботу обладнання робочого місця чи іншими джерелами шуму та вібрації;

– оснащення робочих місць засобами захисту від впливу шкідливих речовин, виробничих факторів (фізичних, хімічних, біологічних, психофізіологічних).

Урахування вищезазначених умов дозволяє запобігати швидкій втомлюваності працівників та знизити ймовірність виникнення стресових ситуацій і

					<i>ЕП.ПД.17.19.04.ПЗ</i>	Арк. 8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

появи помилок у роботі операторів.

Вже доведено, що ергономічно організоване робоче місце насамперед раціональне й економічне з позицій втрати енергетичних сил людиною. По-друге, воно забезпечує швидкість, безпечність, простоту технічного обслуговування робочого місця в нормальних і аварійних умовах. По-третє, відповідає функціональним характеристикам роботи.

Важливими моментами, які необхідно врахувати для організації робочого місця, є такі:

- робоча поза;
- конфігурація та спосіб розміщення панелей індикаторів та органів управління;
- потреба в огляді робочого місця;
- необхідність використання робочої поверхні для писання або інших робіт, установлення телефонних апаратів, іншої техніки, допоміжних засобів;
- простір для ніг та стоп при роботі сидячи.

Конструктивне рішення щодо організації робочого місця обов'язково має забезпечити оптимальність усіх зон досяжності моторного та інформаційного полів. Під інформаційним полем розуміють простір робочого місця з розміщеними засобами відображення інформації та іншими джерелами інформації, якими користується людина в процесі праці. Оптимальною зоною інформаційного поля називається та його частина, у якій забезпечується найкраще сприйняття інформації, при цьому враховують кут огляду, оскільки більшість інформації оператори сприймають очима. Рекомендуються такі параметри: кут огляду має становити 30—40(по відношенню до горизонталі робочого місця та 0—30(у вертикальній площині по відношенню до горизонталі (тобто максимум 15(вгору і 15(вниз від нормальної лінії погляду).

Проектування робочих місць також передбачає врахування динаміки рухів людини в процесі трудової діяльності, оскільки раціональна їх організація є

					<i>ЕП.ПД.17.19.04.ПЗ</i>	Арк. 9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фактором зниження втрати працівників, а, отже, підвищення продуктивності роботи, збереження досить високого рівня працездатності.

					<i>ЕП.ПД.17.19.04.ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 10
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

					<i>ЕП.ПД.17.19.05.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кацішин А.О.</i>			<i>Техніко – економічне обґрунтування</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Тимошенко Л.В</i>					48	552
<i>Реценз.</i>		<i>Колб А.А.</i>				<i>НТУ 141-16-4</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								

У даній частині дипломного проекту розглядаються техніко-економічні показники роботи електроприводу головного руху токарного верстату з числовим програмним керуванням моделі 16Б16Т1С1 після модернізації. Модернізація пропонується для застарілого електроприводу верстата, який являється економічно не вигідним, та потребує великих витрат на своє обслуговування. Модернізація дозволить знизити витрати на поточне обслуговування електроприводу, збільшити надійність роботи системи, зменшити споживання електроенергії та визначити кількість робочих місць обслуговуючого персоналу.

Зроблено розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат; визначено кількість робочих, які безпосередньо зайняті обслуговуванням механізму; розрахований річний фонд заробітної плати.

5.1 Розрахунок капітальних витрат

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

Капітальні витрати по реалізації проектного технічного рішення можуть включати:

- витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;

- витрати, пов'язані з виконанням монтажними та налагоджувальними роботами, також відносяться до капітальних;

- витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

Проектні капіталовкладення визначаються на основі договірних цін на електрообладнання, розцінок на виконання монтажних та налагоджувальних робіт та інших вихідних даних, зібраних на попередньому етапі.

					<i>ЕП.ПД.17.19.05.ПЗ</i>	Арк. 2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При визначенні величини проектних капіталовкладень ($K_{пр}$) можна скористатися формулою:

$$K_{пр} = K_{об}(\sum_{i=1}^k U_i) + Z_{тзс} + Z_m + Z_n + Z_i$$

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

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

Z_m – витрати на монтажні роботи

Z_n – витрати на налагоджувальні роботи;

Z_i – інші одноразові вкладення коштів.

Витрати на придбання технічних засобів та комплектуючих виробів представлено у вигляді зведення капітальних витрат (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Зведення капітальних витрат

№ п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
1	Електродвигун 16К20Ф3	1	63 100	63 100
2	Транспортування електродвигуна	1	150	150
3	Транспортування перетворювача частоти	1	162	162
4	Проведення монтажних робіт	1	341,88	341,88
5	Проведення налагоджувальних робіт	1	128	128
6				
Всього				63,800

					<i>ЕП.ПД.17.19.05.ПЗ</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат ($Z_{ТЗС}$) визначається виходячи з:

- відстані доставки обладнання від місця придбання до місця експлуатації;
- кількості, маси і габаритів обладнання;
- виду транспортних засобів;
- транспортних тарифів;
- розцінок на вантажно-розвантажувальні роботи;
- витрат на складську обробку.

для електродвигуна: місце придбання – місто Дніпро, проспект Кірова 107-г, офіс 217.

Місце експлуатації – місто Дніпро, вулиця Молодогвардійська 32.

Відстань перевезення – 15 км.

Витрати на перевезення за допомогою власного авто – 150 грн.

Для комплектного електропривода: місце придбання – місто Київ.

$$Z_{м(н)} = \sum (Ч_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{СМ} \cdot K_i, \quad (5.2)$$

де $Ч_i$ – чисельність працівників i – го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, чол;

a_i – годинна тарифна ставка i – го розряду, грн;

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

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

					<i>ЕП.ПД.17.19.05.ПЗ</i>	Арк. 4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_{cm} – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи;

K_i – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (нала- годжувальних) робіт.

Витрати на монтаж обладнання:

Кількість робітників – 1;

Часова тарифна ставка монтажника 5 – го розряду – 21,55 грн/год;

Час виконання робіт – 8 годин;

Коефіцієнт що враховує розмір доплат –1,1;

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

Коефіцієнт що враховує інші витрати – 1,1;

Згідно зі ст.7 Закону України «Про Державний бюджет України на 2020 рік» від 21.12.2016 р. № 1801-VIII з 01.01.2020 р. мінімальна заробітна плата, яка має відповідати першому тарифному розряду, складає 4723 грн на 1 січня 2020 року.

Витрати на наладку обладнання:

Кількість робітників – 1;

Часова тарифна ставка наладчика 5 – го розряду – 21,55 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;

$Z_n = (1 \cdot 21,55 \cdot 3) \cdot 1,1 \cdot 1,22 = 95$ грн

					<i>ЕП.ПД.17.19.05.ПЗ</i>	Арк. 5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат електротехнічного устаткування відносять:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_3);
- 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 (C_e);
- інші експлуатаційні витрати ($C_{пр}$).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$Z = C_a + C_3 + C_c + C_T + C_e + C_{пр}$$

5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигід, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання.

Проектований об'єкт відноситься до 4 – ї групи основних засобів з мінімальним терміном корисного використання $T_{п} = 5$ років.

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод, при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується на строк корисного використання об'єкта основних засобів. Вартість основних засобів і нематеріальних активів є первісна або

					<i>ЕП.ПД.17.19.05.ПЗ</i>	Арк. 6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх

ліквідаційної вартості:

$$\Phi_a = \Phi_{\pi} - Л$$

де – 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 методу амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

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

$$H_a = \frac{\Phi_l - Л}{\Phi_l - T_{\pi}} \cdot 100\% = \frac{63800 - 0}{63800 \cdot 5} \cdot 100\% = 20\%$$

де T_{π} – строк корисного використання (амортизаційний період).

Тоді річні амортизаційні відрахування (АВ) за прямолінійним методом:

$$AB = \frac{\Phi_l \cdot H_a}{100} = \frac{63,800 \cdot 20\%}{100} = 128 \text{ Грн}$$

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається за видами основних фондів і нематеріальних активів по розділах зведення капітальних витрат для проектного варіанту і за даними підприємства про балансову вартість замінного обладнання для базового варіанту. Результати розрахунків заносяться в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування	Капітальні витрати, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн
Електропривод (електродвигун та перетворювач частоти)	63,800	20	128

5.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється за категоріями персоналу, який обслуговує об'єкт проектування, відповідно до їх чисельності, режиму роботи, годинними тарифними ставками, посадовими окладами, що застосовуються на підприємстві формами і системами оплати праці та преміювання.

Основна заробітна плата працівників – це винагороди 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 та 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 та надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством.

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника визначається відповідно до режиму роботи (кількість робочих днів, число та тривалість змін).

Розрахунок номінального річного фонду робочого часу одного працівника можна визначити за формулою:

$$T_H = (F_k - F_{св} - F_{вих}) \cdot t_{зм} = (365 - 10 - 104) \cdot 8 = 2008 \text{ год.}$$

Де F_k – кількість календарних днів за 2020 рік;

$F_{св}$ – кількість святкових днів за 2020 рік;

$F_{вих}$ – кількість вихідних днів;

$T_{зм}$ – зміни.

Результати розрахунку основної заробітної плати обслуговуючого персоналу представляються у вигляді табл. 5.4.

					<i>ЕП.ПД.17.19.05.ПЗ</i>	Арк. 8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.4 – Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу

№ п/п	Найменування професій працівників	Обліковий штат, чол	Годинна тарифна ставка, грн	Номінальний річний фонд робочого часу, год	Разом, основна заробітна плата за тарифом, грн
1	Електрик	1	21,55	2 008	43 272
2	Слюсар	1	21,55	2 008	43 272
3	Механік	1	21,55	2 008	43 272
Всього			-	-	129 816

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

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot 10\% = 129\,816 \text{ грн}$$

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати становить:

$$C_3 = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 43\,272 + 43\,272 = 86\,544$$

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

5.2.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) — обов'язковий платіж до системи загальнообов'язкового державного соціального страхування, що справляється в Україні з метою забезпечення страхових виплат за поточними видами загальнообов'язкового державного соціального страхування та складає 22% від загальної заробітної плати:

$$C_c = 86\,544 \cdot 22\% = 190\,396$$

					<i>ЕП.ПД.17.19.05.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

5.2.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт

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

Витрати на поточні ремонти апаратури автоматики і систем автоматизації за рік можна розрахувати за формулою:

$$C_T = \sum_{i=1}^n (R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\sum i} + \frac{S_i \cdot \pi_1}{t_1}) \cdot T_{\phi} \quad \text{—}$$

де n – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

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

t_i – трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю в залежності від виду ремонту ч/од: малого – 1,2; середнього – 7,0; капітального 15,0;

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

$R_{\sum i}$ – сумарна категорія складності ремонту в залежності від виду електрообладнання (для машини постійного струму від 0,5 до 5 кВт – 2,5);

S_i – вартість однотипних елементів, що замінюються, грн;

π_i – кількість однотипних елементів, що замінюються;

T_i – середній термін служби деталей даного типу, год;

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

$$C_T = 21,55 \cdot (2 \cdot 1,2 + 7 + 0,1) \cdot 3 \cdot 2,5 + \frac{81 \cdot 6}{800} \cdot 2008 = 2755,05 \text{ грн.}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.17.19.05.ПЗ

Арк.

570

5.2.5 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:

$$C_e = W_p \cdot C_e = 6024 \cdot 1,68 = 10120$$

Де $W_p = P \cdot T_n = 3 \cdot 2008$ – кількість спожитої за рік електроенергії, кВт год;

C_e – тариф на електроенергію станом на конкретну дату (з 1 червня 2020 року становить для підприємств 1,68), грн/ кВт год.

5.2.6 Визначення інших витрат

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

$$C_i = C_3 \cdot 4\% = 86544 \cdot 4\% = 3461.76$$

Висновки:

В економічному розділі проведені розрахунки капітальних та експлуатаційних витрат. За рахунок підвищення надійності обладнання, зменшення споживаної електроенергії, зниження витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт проєктований об'єкт є більш економічно вигідним.

Згідно до розрахунків:

1. Капітальні витрати складають – 63800 грн, у тому числі:
 - закупівля необхідних машин і механізмів та їх транспортування – 67200
 - проведення монтажних робіт – 341,88 грн;
 - проведення налагоджувальних робіт – 128,2 грн.

					<i>ЕП.ПД.17.19.05.ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 581
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2. Річні експлуатаційні витрати складають – 256763,9 грн, у тому числі:
- заробітна плата обслуговуючому персоналу за рік становитиме: основна -129 816; додаткова-12981,6; повна -142 797.6;
 - ЄСВ –19039 грн;
 - за графіком ремонту обладнання на 2020 рік, електропривод підлягає 2 – м малим ремонтам, 1 – му середньому та 0,1 капітального, що вартує 3282,54грн;
 - витрати на електроенергію становлять – 10120 грн за рік;

					<i>ЕП.ПД.17.19.05.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		592

Висновки

В даному дипломному проекті виконана модернізація електропривода головного руху токарного верстата з числовим програмним керуванням моделі 16K20Ф3 .

Проведений розрахунок статичних, динамічних і повних моментів двигуна та побудовані механічні характеристики по отриманим даним. Двигун пройшов перевірку по теплу та навантажувальній здатності протягом 10 с.

Розраховані параметри САР двозонного електропривода. У середовищі «Simulink» програмного забезпечення Matlab зібрано схему двозонного електропривода та досліджено його роботу.

У розділі «Охорона праці» виконано аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проєктованого об'єкту. Проведені інженерно – технічні заходи з охорони праці заходи щодо пожежної профілактики та ергономіки.

Виконаний розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат, які становлять 63800грн та 256763,9 грн відповідно.

					<i>ЕП.ПД.17. 19.В.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кащшин А.О</i>			<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Казачковський</i>					60	55
<i>Реценз.</i>		<i>Колб А.А.</i>				<i>НТУ 141-16-4</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								

Перелік посилань:

1. Справочник технолога – машиностроителя: В 2 – х т./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. т.1. – 456 с.; т.2. – 688 с.
2. Справочник по электрическим машинам: В 2 – х т./ Под общ. Ред. И.П. Копылова и В.К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. т.1. – 655 с.; т.2.– 496 с.
3. Чернов Е.А., Кузьмин В.П. Комплектные электроприводы станков с ЧПУ. – Горький: Волго – Вятск. кн. изд., 1989. – 320 с.
4. Казачковський М.М. Комплектні електроприводи: Навч. Посібник. – Дніпро: НГУ, 2003. – 226 с.
5. Казачковський М.М. Керовані випрямлячі: Навч. посібник. – Дніпро: НГА України, 1999. – 228 с.
6. Методичні вказівки к самостійній роботі студентів до розділу «Розрахунок електроприводів верстатів з числовим програмним керуванням» – Дніпро: НГУ, 2014. – 50 с.
7. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах (роботах) бакалаврів інституту електроенергетики. – Дніпро: НГУ, 2012. – 8 с.
8. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, Н.В. Дементьєва – Дніпро: НТУ «ДП», 2019.

					<i>ЕП.ПД.17.19.П.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кащущин А.О</i>			<i>Перелік посилань</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Казачковський</i>					61	55
<i>Реценз.</i>		<i>Колб А.А.</i>				<i>НТУ 141-16-4</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								