

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

Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний факультет

(факультет)

Кафедра електропривода

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Шалімова Павла Євгеновича

(ПІБ)

академічної групи 141-17-4

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему: Автоматизований електропривод шпинделя фрезерного верстату з ЧПК

(назва за наказом ректора)

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

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер	Казачковський М.М.			
----------------	--------------------	--	--	--

Дніпро
20____

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

електропривода

(повна назва)

_____ (підпис)

Казачковський М.М.
(прізвище, ініціали)

«_____» _____ 20__ року

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

студенту _____ Шалімов П.Є. _____ академічної групи _____ 141-17-4 _____
(прізвище та ініціали) (шифр)
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації _____
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(офіційна назва)

на тему Автоматизований електропривод шпинделя фрезерного верстату з ЧПК

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічна частина	Проаналізувати основні вимоги до електропривода	12.05.2021 р.
Автоматизований електропривод	Вибрати елементи силового кола, розрахувати параметри САР двозонного електропривода	24.05.2021 р.
Охорона праці	Проаналізувати основні небезпечні фактори	11.06.2021 р.
Економіко-технічне обґрунтування	Розрахувати капітальні та експлуатаційні витрати	14.06.2021 р.

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

_____ (прізвище, ініціали)

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

_____ (прізвище, ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка 40 с., 12 рис., 13 табл., 8 джерел.

Об'єкт розробки: електропривод шпинделя фрезерного верстату з ЧПК.

Мета роботи: автоматизація електроприводу шпинделя фрезерного верстату з ЧПК

Проаналізовані основні елементи та принцип роботи сучасних верстатів з ЧПК

Вибрані елементи силового кола (двигун головного руху, комплектний електропривод, мережний реактор, силовий трансформатор). Здійснено розрахунок параметрів САР двозонного електропривода.

Проаналізовані небезпечні та шкідливі фактори та запропоновані кроки для їх усунення.

Розраховані капітальні та експлуатаційні витрати

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

Abstract

Explanatory note 40 pp., 12 im., 13 tables., 8 sources.

Object of development: electric drive of the spindle of a milling machine with CNC.

Purpose: automation of the electric drive of the spindle of the milling machine with CNC

The main elements and the principle of operation of modern CNC machines are analyzed

Selected elements of the power circuit (main engine, complete electric drive, mains reactor, power transformer). The calculation of the parameters of the SAR of the two-zone electric drive is carried out.

The dangerous and harmful factors are analyzed and the steps for their elimination are offered.

Calculated capital and operating costs

						Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	5
2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД.....	9
3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	25
4. ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	30
ВИСНОВКИ.....	39
ЛІТЕРАТУРА.....	40

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

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.					Технологічна частина	Лит.	Лист	Листов
Провер.								
Реценз.								
Н. Контр.								
Зав. каф.								

Технологічна частина

Фрезерні верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) - це обладнання, призначене для механічної обробки різних листових матеріалів за допомогою спеціального інструменту - фрези. Фрезеруванням обробляється самий різний матеріал: пластик, графіт, алюміній, мідь, чавун, сталь або дерево.

Залежно від розташування робочого інструмента, фрезерування може бути горизонтальним або вертикальним. Великого поширення набули універсальні верстати, що дають можливість фрезерувати складні деталі під будь-яким кутом, застосовуючи різні фрези.

Фреза, закріплена в цанзі, є основним елементом, що знаходяться в безпосередньому контакті з оброблюваним матеріалом. Цанга із закріпленою в ній фрезою встановлюється в шпиндель, що забезпечує обертання фрези. У свою чергу шпиндель з фрезою встановлений на рухомий балці - порталі, який переміщує шпиндель і фрезу в трьох осях координат над оброблюваним матеріалом, закріпленому на робочому столі. Переміщення порталу, а також переміщення шпинделя по порталі забезпечують три мікрошаговий двигуна. Портал, станина, двигуни, шпиндель і фреза являють собою механічну частину фрезерного верстата. Кожен двигун забезпечує переміщення порталу і шпинделя по своїй осі за заданою програмою.

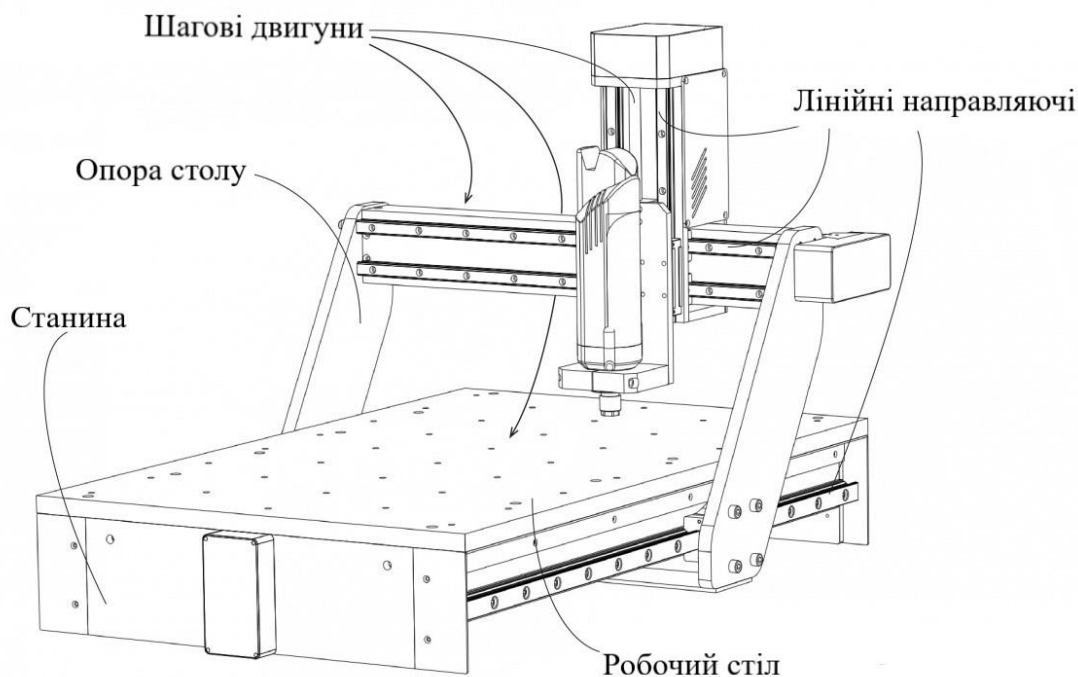


Рис.1.1. CAD проект фрезерного верстату з ЧПК.

Основними складовими верстатів є:

- **Пристрої введення даних:** використовуються для введення програми обробки деталі на верстаті. Існує три найбільш часто використовуваних виду пристроїв введення: зчитувач перфострічки, зчитувач магнітних стрічок і комп'ютер, що працюють через порт RS-232-C.

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

- **Блок управління верстатом (БУС).** Він виконує все управління верстата та наступні функції:
 1. Читання кодових інструкцій, що вводяться в БУС;
 2. Розшифровка кодових інструкцій;
 3. Інтерполяція (лінійна, кругова і спіральна) для генерації команд руху осі;
 4. Передача команд руху осі в схеми підсилювача, для управління механізмами осі;
 5. Отримання сигналів зворотного зв'язку про положення і швидкість кожної осі приводу;
 6. Допоміжні функції управління, такі як включення / вимикання охолоджувача або шпинделя і зміна інструменту.
- **Виконавчий механізм:** верстат з ЧПУ часто має рухомий стіл і шпиндель, для контролю положення і швидкості.
- **Система приводу:** складається з схем підсилювача, приводних двигунів і механічної передачі. Блок управління верстатом подає сигнали схемами підсилювача про положення і швидкість руху кожної осі. Потім сигнали управління посилюються, щоб привести в дію двигуни приводу, які обертають КГП, щоб налаштувати потрібне розташування робочого столу.
- **Система зворотного зв'язку:** складається з перетворювачів, або датчиків. Її також називають вимірювальною системою. Датчики безперервно контролюють положення і швидкість ріжучого інструменту. БУС приймає сигнали від цих перетворювачів і використовує різницю між вихідними сигналами і сигналами зворотного зв'язку для генерації нових сигналів, з метою корекції положення і швидкості.
- **Пульт керування:** на дисплеї відображаються програми, команди та інші необхідні дані верстата з ЧПУ. Може бути переміщений в зручне для оператора становище рис.1.2.

Керуючі станції фрезерних верстатів з ЧПК представляють собою електронну частину обладнання і поставляються разом з верстатом. Програмне забезпечення верстата обробляє векторні зображення з графічних файлів, переводить їх в G-коди, що керують роботою мікрошаговий двигунів. Таким чином, для виготовлення тієї чи іншої деталі необхідна її побудова в графічному редакторі такої комп'ютерної програми, як, наприклад, AutoCad або Corel Draw. Після установки розробленої програми в ОЗУ верстата (оперативній пристрій або оперативна пам'ять), оператор може почати роботу, попередньо обравши потрібні режими і параметри відповідно до поставленої технологічним завданням і оброблюваних матеріалом.

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

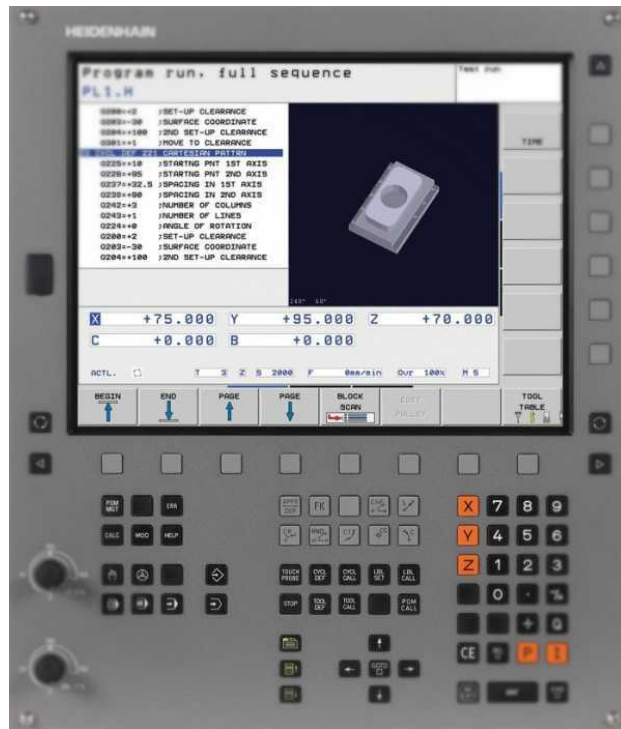


Рис. 1.2. Пульта керування верстату з ЧПК.

Програми, які керують роботою верстату можуть бути декількох типів:

- **Позиційні**, які передбачають фіксацію координат кінцевих точок, за якими і виконується обробка заготовки. Такі програми використовуються для управління верстатами свердлильної і розточної групи.
- **Контурні**, що управляють траєкторією обробки заготовки. Вони використовуються для управління верстатами круглошліфувальної групи.
- **Комбіновані**, які об'єднують в собі можливості програм контурного і позиційного типу. Такими програмами управляються верстати, які стосуються багатоцільової категорії.
- **Багатоконтурні**. З їх допомогою можна управляти всіма функціональними можливостями верстата, вони є найбільш складним типом ПО. За допомогою таких програм забезпечується управління широкоформатним обладнанням.

Числове програмне керування дозволяє автоматизувати складні технологічні процеси по обробці тих чи інших матеріалів. Верстат з ЧПУ в процесі роботи не вимагає ніяких складних дій від оператора. Верстат працює за програмою, закладеною в нього до початку процесу обробки. Введення програми здійснюється оператором з пульта, призначеного для управління станком в ручному режимі. У разі аварійної ситуації пульт використовується для відключення верстата. Вся поточна інформація про роботу верстата відображається на панелі оператора, який візуально контролює виконання технологічних операцій.

					Арк.
					7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

2. АВТОМАТИЗОВАННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.					АВТОМАТИЗОВАННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	Лит.	Лист	Листов
Провер.								
Реценз.								
Н. Контр.								
Зав. каф.								

Вихідні дані

Діаграми статичного моменту на валі шпинделя $M_{\text{шп}}$ та швидкості шпинделя $\omega_{\text{ш}}$ наведені на рис. 1, а параметри діаграм – у табл. 1. Тривалість циклу обробки деталі T . На інтервалах $t_2 \dots t_4$ та $t_6 \dots t_8$ має місце фрезерування, на інтервалах t_1, t_5, t_9 – зміна швидкості обертання фрези та її переміщення до нової зони обробки, протягом часу t_{10} здійснюється заміна деталі.

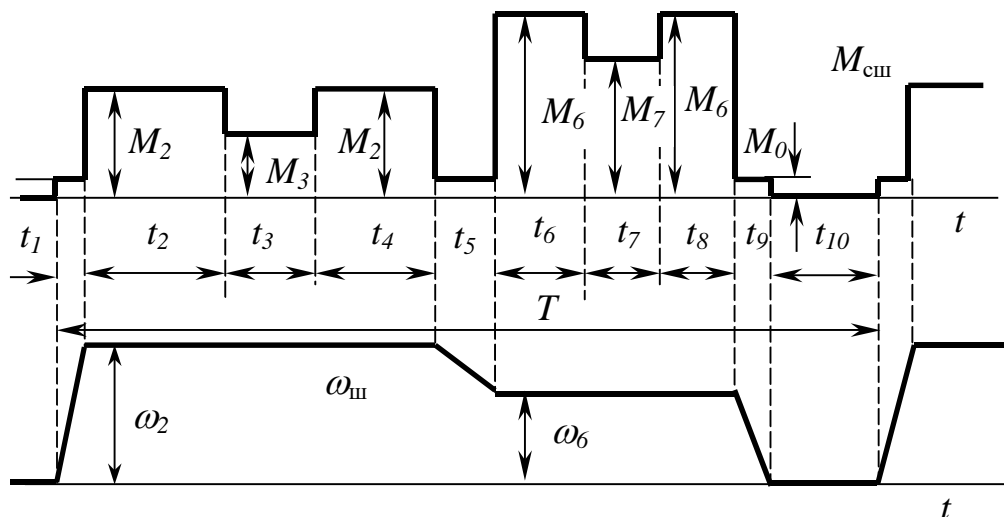


Рис. 2.1 Діаграми статичного моменту та швидкості шпинделя
 Кінематичну схему приводу головного руху показано на рис. 2. Зубчасті пари передачі – циліндричні (кількість зубів зубчастих коліс також зведено до табл. 1). На валі II розташовано пересувне спарене колесо $z_3 - z_4$, яке має змогу переміщатися вздовж валу. У верхньому його положенні мають зачеплення колеса z_3 та z_5 , у нижньому – z_4 та z_6 . У табл. 1 також наведені моменти інерції шпинделя $J_{\text{шп}}$, а також сумарний момент інерції зубчастої передачі $J_{\text{пер}}$, зведений до валу I. Живлення верстату здійснюється від промислової мережі $3 \times 0,4$ кВ.

Таблиця 2.1
 Вихідні дані

Параметр	Значення
№ варіанту	2
z_1	45
z_2	56
z_3	56
z_4	36
z_5	30
z_6	66
$t_1, \text{с}$	0,5
$t_2, \text{с}$	18
$t_3, \text{с}$	6

$t_4, \text{с}$	14
$t_5, \text{с}$	6
$t_6, \text{с}$	12
$t_7, \text{с}$	4
$t_8, \text{с}$	10
$t_9, \text{с}$	1
$t_{10}, \text{с}$	4
$M_0, \text{Нм}$	3
$M_2, \text{Нм}$	32
$M_3, \text{Нм}$	15
$M_6, \text{Нм}$	14
$M_7, \text{Нм}$	10
$\omega_2, \text{рад/с}$	250
$\omega_6, \text{рад/с}$	110
$J_{\text{шп}}, \text{кгм}^2$	0,05
$J_{\text{пер}}, \text{зведений до валу } I, \text{кгм}^2$	0,0008
У зачеплені колеса	z_4 та z_6
Система електроприводу	КВ-Д (двоступенчатою)

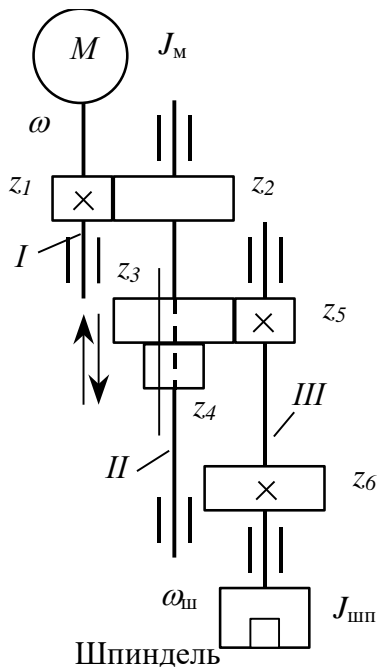


Рис. 2.2 Кінематична схема привода шпинделя

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

Таблиця 2.2

Коефіцієнти корисної дії передач

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

Таблиця 2.3

Коефіцієнти тертя

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

2.1. Розрахунок навантажень та попередній вибір двигуна

Передатне число передачі:

$$i = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_6}{z_4} = \frac{56}{45} \cdot \frac{66}{36} = 2.28$$

ККД передачі:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 = 0.985 \cdot 0.985 = 0.97$$

Зведемо статичні моменти до валу двигуна (I):

$$M_{0I} = \frac{M_0}{i\eta} = \frac{3}{2,28 \cdot 0,97} = 1.36$$

$$M_{2I} = \frac{M_2}{i\eta} = \frac{32}{2,28 \cdot 0,97} = 14.47$$

$$M_{3I} = \frac{M_3}{i\eta} = \frac{15}{2,28 \cdot 0,97} = 6.78$$

$$M_{6I} = \frac{M_6}{i\eta} = \frac{14}{2,28 \cdot 0,97} = 6.33$$

$$M_{7I} = \frac{M_7}{i\eta} = \frac{10}{2,28 \cdot 0,97} = 4.52$$

Зведемо частоти обертання до валу двигуна (I):

$$\omega_{2I} = \omega_2 i = 250 \cdot 2,28 = 570$$

$$\omega_{6I} = \omega_6 i = 110 \cdot 2,28 = 250.8$$

Двигун обираємо за моментом двигуна та максимальною швидкістю двигуна, щоб виконувались умови:

$$M_H \geq 1.3 * M_{\text{сск}} \quad (2.1)$$

$$\omega_{\text{д max}} \geq \omega_{\text{ш max}} \quad (2.2)$$

$$M_{\text{сск}} = \sqrt{\frac{M_{0I}^2 * t_1 + M_{2I}^2 * t_2 + M_{3I}^2 * t_3 + M_{2I}^2 * t_4 + M_{0I}^2 * t_5 + M_{6I}^2 * t_6 + M_{7I}^2 * t_7 + M_{6I}^2 * t_8 + M_{0I}^2 * t_9}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10}}}$$

$$M_{\text{сск}} = \sqrt{\frac{1.36^2 * 0.5 + 14.47^2 * 18 + 6.78^2 * 6 + 14.47^2 * 14 + 1.36^2 * 6 + 6.33^2 * 12 + 4.52^2 * 4 + 6.33^2 * 10 + 1.36^2 * 1}{0.5 + 18 + 6 + 14 + 6 + 12 + 4 + 12 + 1 + 4}}$$

$$= 10.13 \text{ (Nm)}$$

Де, $M_0 \dots M_7$ – моменти на валу двигуна на ділянці, $t_1 \dots t_9$ – тривалість ділянок.

Попередньо обираємо двигун який відповідає умовам 2.1 та 2.2, з наступними характеристиками:

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

Табл. 2.4 Параметри двигуна

Тип	P _н , кВт	Частота обертання, об/хв		ККД, %	Опори обмоток, Ом (за 15°С)			Індуктивності обмоток		Момент інерції, кгм ²
		ном.	макс.		R _я	R _{дп}	R _з	L _я +L _{дп} , мГн	L _з , мГн	
2ПФ132МГ	3	1080	2500	73	4,06	2,97	134	74	35	0,038

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{3000}{113.1} = 26.53 \text{ (Hm)}$$

Де, $\omega_H = \frac{n_H * \pi}{30} = \frac{1080 * 3.14}{30} = 113.1 \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}}\right)$ – номінальна кутова швидкість двигуна.

$$J = J_{\text{дв}} + J_{\text{пер}} + J_{\text{шп}}/i^2$$

$$J = 0.038 + 0.0008 + \frac{0.05}{2.28^2} = 0.06 \text{ (кгм}^2\text{)}$$

Динамічні моменти на кожному з переходів:

$$M_j = J \frac{\omega_k - \omega_{\text{п}}}{t}$$

$$M_{j1} = 0.06 * \frac{570 - 0}{0.5} = 68.4 \text{ (Hm)}$$

$$M_{j5} = 0.06 * \frac{250.8 - 570}{6} = -3.19 \text{ (Hm)}$$

$$M_{j9} = 0.06 * \frac{0 - 250.8}{1} = -15.05 \text{ (Hm)}$$

Де, ω_k та $\omega_{\text{п}}$ – кінцева та початкова кутова швидкість відповідно.

Динамічні моменти на кожному з переходів з урахуванням знаків:

$$M_{jI} = M_0 + M_j$$

$$M_{j1I} = 3 + 68.4 = 71.4 \text{ (Hm)}$$

$$M_{j5I} = 3 - 3.19 = -0.19 \text{ (Hm)}$$

$$M_{j9I} = 3 - 15.05 = -12.05 \text{ (Hm)}$$

2.2. Перевірка попередньо обраного двигуна

Двигун шпинделя

Критеріями перевірки двигуна є нагрів та перевантажувальна здатність.

Еквівалентний за нагріванням момент для розрахованої діаграми навантажень дорівнює

$$M_e = \sqrt{\sum M_{ci}^2 t_i / T}$$

$$M_e = \sqrt{\frac{71.4^2 * 0.5 + 14.47^2 * 18 + 6.78^2 * 6 + 14.47^2 * 14 - 0.19^2 * 6 + 6.33^2 * 12 + 4.52^2 * 4 + 6.33^2 * 10 - 12.05^2 * 1}{75.5}}$$

= 11.52 (Hm)

Де, T – тривалість циклу обробки.

Двигун не перевантажується, тому що найбільший момент M_{j1I} більше M_{2I} :

$$M_{j1I} = 71.4 > M_{2I} = 32$$

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

2.3. Вибір елементів силового кола

Для верстатів з ЧПК вітчизняною промисловістю випускається гамма комплектних тиристорних електроприводів постійного струму (серії ЕПУ1, ЕТУ3601, ЕТУ2, БТУ3601 тощо), 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 (якщо потрібно), блок захистів, блокувань та сигналізації. Номінали ТВ узгоджені з параметрами вітчизняних двигунів.

Комплектний електропривід обираємо за номінальними струмом та напругою якоря:

$$I_{dH} \geq I_{ян} \quad (2.3)$$

$$U_{dH} \geq U_{ян} \quad (2.4)$$

Де, $U_{ян} = 440(B)$ – номінальна напруга якоря;

$$I_{ян} = \frac{P_H}{U_H \cdot \eta_H} = \frac{3000}{440 \cdot 0.73} = 9.34(A).$$

Обираємо комплектний електропровід, що відповідає умовам 2.3 та 2.4, табл 2.5

Табл. 2.5 Параметри комплектного електропривода

Тип електропривода			Напруга живлячої мережі для блоків керування, В	Тип та параметри блока керування БС				
				Тип	Параметри кола якоря		Параметри кола збудження	
					Ін, А	Un, В	Ін, А	Un, В
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЕПУ1-2	34	40П	380-440	БС3203	25	460	-	-

$$25 > 9.34 (A)$$

$$460 > 440 (B)$$

Обираємо мережний реактор L2 з наступними параметрами:

Табл. 2.6 Параметри мережного реактора

Ін, А	Lp, мГн	rp, Ом
25	1,33	0,025

Силовий трансформатор для живлення ТВ приводів подач вибираємо за напругою та потужністю:

$$U_{2л} \geq \frac{U_{dH}}{1.35} \quad (2.5)$$

$$S_T \geq 1.4 n_{п} k_{п} U_{dH} I_{dH}, (BA) \quad (2.6)$$

Де, $n_{п} = 3$ – кількість приводів подач на верстаті (2 на токарному та як мінімум 3 на фрезерному);

- $k_{п} = 0,65$ – коефіцієнт попиту, що враховує неодноразовість роботи приводів подач

Обираємо силовий трансформатор який відповідає умовам 2.5 та 2.6:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Табл. 2.7 Параметри силового трансформатора

Тип	Ст, кВА	Номинальна напруга		ук, %	ΔРкз, Вт
		U1л, В	U2л, В		
ТСЗ-40/0,66	40	380	230; 400	4,5	800

$$400 \geq 340,74 \text{ (В)}$$

$$40000 \geq 27300 \text{ (ВА)}$$

2.4. Розрахунок параметрів САР

2.4.1. Параметри об'єкта керування

Параметри об'єкта, опори та індуктивність фазної обмотки силового трансформатора, зведені до вторинного кола:

$$r_T = \Delta P_{кз} * U_{2л}^2 / S_T^2 = 800 * 400^2 / 40000^2 = 0.08 \text{ (Ом)}$$

$$Z_T = \frac{3u_k^2 U_{2л}^2}{100S_T} = \frac{3 * 4.5^2 * 400^2}{100 * 40000} = 2.43$$

$$x_T = \sqrt{Z_T^2 - r_T^2} = \sqrt{0.000243^2 - 0.08^2} = 2.43$$

$$L_T = \frac{x_T}{314} = \frac{2.43}{314} = 0.0078$$

Опір, обумовлений перекриттям вентилів:

$$R_Y = \frac{px_T}{2\pi} = \frac{6 * 2.43}{2 * 3.14} = 2.32 \text{ (Ом)}$$

де p – пульсність випрямляча (для трифазної мостової схеми випрямлення $p=6$).

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

$$R_e = (R_{я} + 2r_p)[1 + (90 - t_0^\circ)\alpha] + R_Y$$

$$= (4.06 + 2 * 0.025)[1 + (90 - 15) * 0.004] + 2.32 = 3,55 \text{ Ом}$$

$$L_e = L_{я} + 2L_p = 0,074 + 2 * 0.00133 = 0,0767 \text{ Гн}$$

$$T = \frac{L_e}{R_e} = \frac{0,0767}{3,55} = 0,0216 \text{ с}$$

де $\alpha=0,004$ – температурний коефіцієнт опору для міді;

- $t_0^\circ = 15$ (°C) – температура “холодної” обмотки (табл. 2.4);
- r_p, L_p – опір та індуктивність мережних реакторів (L_2 на табл. 2.6) .

Коефіцієнт передачі тиристорного випрямляча з пилкоподібною опорною напругою в СІФК:

$$k_{в\dot{я}} = \frac{U_{d0}\pi}{U_{опм}} = \frac{540 * 3.14}{10} = 169.56$$

Де, $U_{d0} = k_U U_{ж} = 1.35 * 400 = 540$ (В) – максимальне можлива середня випрямлена напруга випрямляча;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- $U_{ж} = 400$ (В) – діюча лінійна напруга живлення випрямляча (для трансформаторних схем – напруга вторинної обмотки трансформатора, для безтрансформаторних – напруга мережі);
- $k_U = 1.35$ – коефіцієнт схеми (для однофазної мостової 0,9; для трифазної нульової 0,667; для трифазної мостової 1,35);
- $U_{опм} = 10$ (В) – амплітуда опорної напруги СІФК (звичайно 8...12 В).

2.4.2. Параметри САР двозонного електропривода

Вихідними даними для синтезу параметрів регуляторів є параметри об'єкта керування, потрібна резонансна частота замкненого контуру швидкості ω_p та коефіцієнти А, В та С, які характеризують форму перехідного процесу.

Рекомендовані для різних ситуацій параметри форми наведені у табл. 2.8. Обираємо привід головного руху і приймаємо $A = 1.54$; $B = 0.44$; $C = 1.1$; $\Omega_p = 115, (с^{-1})$.

табл. 2.8 Параметри форми

Привід	A	B	C	$\Omega_p, с^{-1}$
Подач (слідкуючий)	0,823	0,25	0,7	200...250
Подач (позиційний)	1,47	0,528	1,07	200...250
Головного руху (якір)	1,54	0,44	1,1	100...130
Головного руху (збудження)	-	-	-	15...35

Під час синтезу регуляторів вважаємо, що тиристорні випрямляч безінерційний, однак верхня межа резонансної частоти, яка визначає швидкодію контуру, вибирають такою, що реальні інерційність та неповна керуваність перетворювача не проявляються. Функціональна схема САР наведена на рис. 2.3, а структурна – на рис. 2.4.

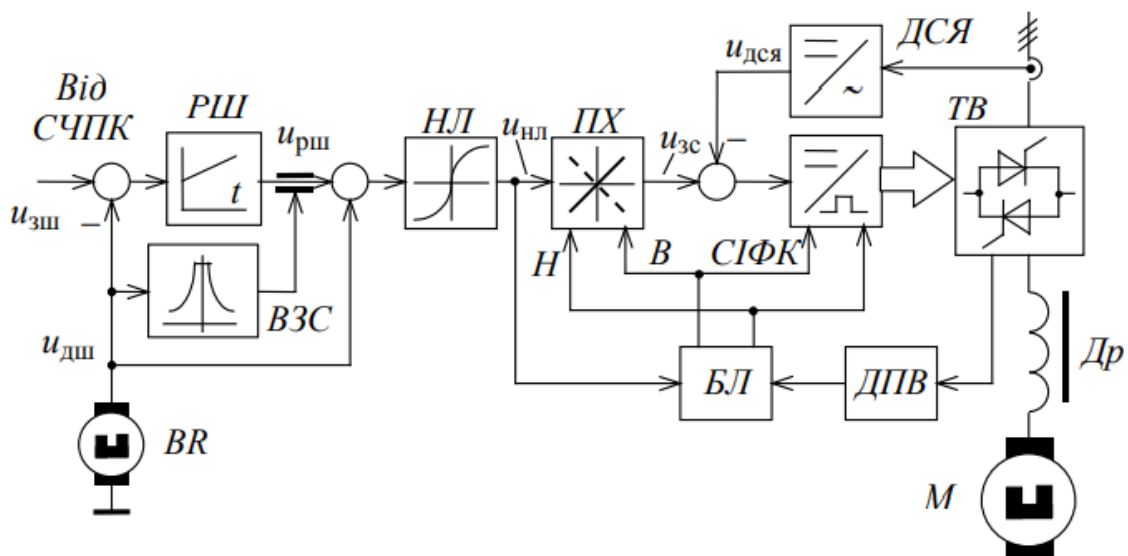


Рис. 2.3. Функціональна схема електропривода з ВМД

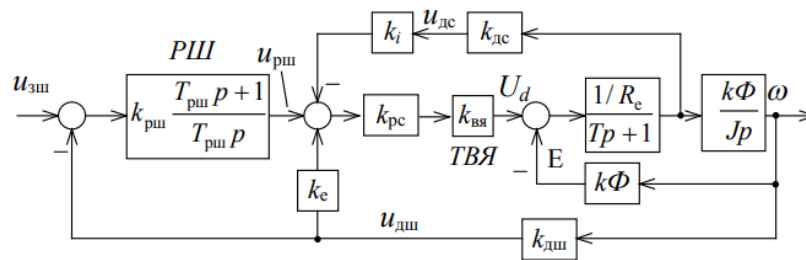


Рис. 2.4. Структурна схема електропривода з ВМД

Система регулювання швидкості – двоконтурна, із внутрішнім контуром струму та пропорційним регулятором струму. Вузол залежного струмообмеження ВЗС забезпечує зміну рівня обмеження струму залежно від швидкості згідно з переваантажувальною здатністю двигуна. Нелінійна ланка НЛ призначена для компенсації нелінійності регулювальної характеристики випрямляча та контуру струму в зоні переривчастих струмів. Перемикач характеристик ПХ забезпечує незмінну полярність завдання на струм під час реверсу випрямляча (це необхідно внаслідок зміни полярності сигналу датчика струму ДСЯ). Блок логіки БЛ забезпечує роздільне керування групами реверсивного випрямляча. Датчик провідності вентилів ДПВ контролює провідний стан тиристорів та після їх закриття формує сигнал дозволу на реверс комплектів. Сигнал позитивного зворотного зв'язку за швидкістю, що поданий до входу НЛ, призначений для компенсації внутрішнього негативного зворотного зв'язку за ЕРС двигуна.

Функціональна схема САР двозонного електроприводу наведена на рис. 2.5, структурна – на рис. 2.6. 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.

Де, $k_{дся} = \frac{4.5}{I_{max0}} = \frac{4.5}{2I_H} = \frac{4.5}{2 \cdot 9.34} = 0.24$ – коефіцієнт передачі датчика струму якоря, (В/А).

Передатна функція та параметри регулятора швидкості:

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

$$k_{рш} = \frac{AJ}{k_c T_c k_{дш} k\Phi} = \frac{1.54 \cdot 0.06}{20.1 \cdot 0.0096 \cdot 0.315 \cdot 2.84} = 0.57$$

$$T_{рш} = \frac{AT_c}{B} = \frac{1.54 \cdot 0.0096}{0.44} = 0.0336, (с)$$

де $k_{дш} = 0.315$ – коефіцієнт передачі датчика швидкості для двигуна типу 2ПФ(табл. 2.9).

табл. 2.9 Параметри тахогенераторів

Тип двигуна	Тахогенератор		
	Тип	$k_{дш}$, В·с	Опір навантаження, Ом, не менше
2ПФ	ТС1	0,315	2
ДР	ТС1-м	0,0955	1,25
ДПУ, 2ПБВ	ТП80	0,191	10
ПБВ	ТС1-1м	0,191	4
ДК1	ТГ1	0,287	1
ДВУ, 2ДВУ	ТС1-71	0,0239	20

Коефіцієнт позитивного зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_e = \frac{k\Phi}{k_{в\dot{y}} k_{дш}} = \frac{2.84}{169.56 \cdot 0.315} = 0.053$$

Приклади принципів схем основних вузлів САР наведені на рис. 2.5 та 2.6.

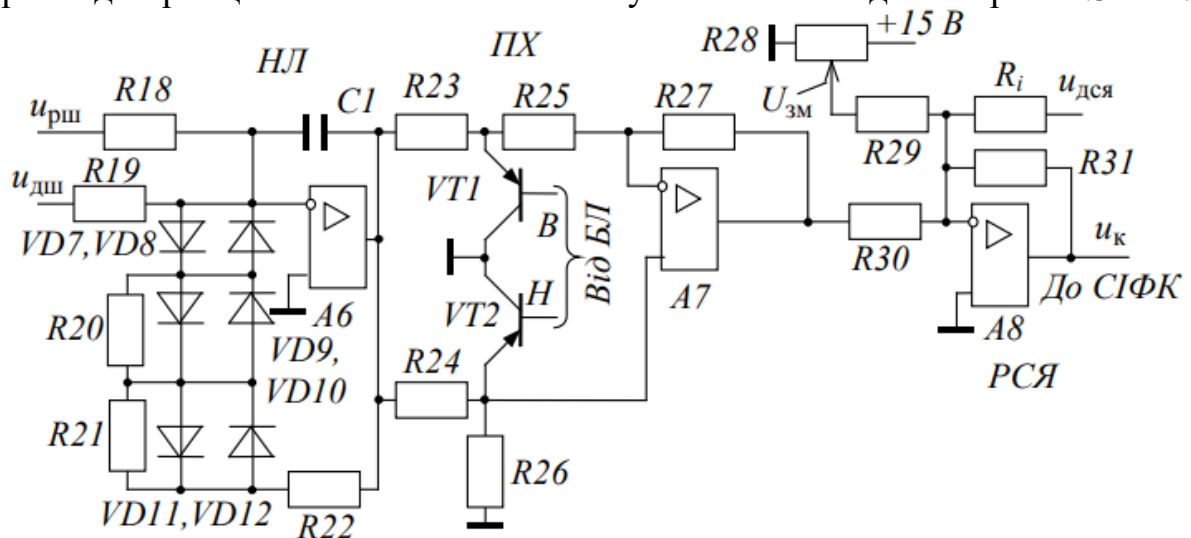


Рис. 2.7. Нелінійна ланка, перемикач характеристик та регулятор струму якоря

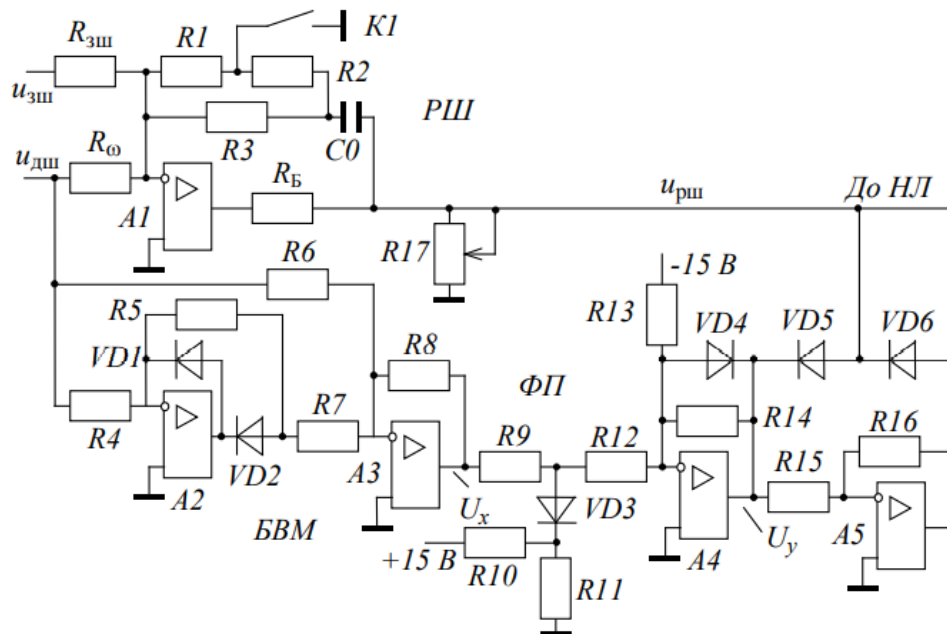


Рис.2.8. Регулятор швидкості та вузол залежного струмообмеження

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

$$R30=R31=47 \text{ (кОм)}.$$

Опір у каналі компенсації проти-ЕРС:

$$R19 = \frac{R31}{k_H} = \frac{47}{0.256} = 183.59 \text{ (кОм)}$$

Де, $k_H = \frac{1}{k_{в\gamma}k_{дн}} = \frac{1}{169.56 \cdot 0.023} = 0.256$ – коефіцієнт позитивного зворотного зв'язку за напругою;

- $k_{дн} = \frac{10}{U_{ян}} = \frac{10}{440} = 0.023$ – коефіцієнт передачі датчика напруги якоря;

- $k\Phi = \frac{M_H}{I_{ян}} = \frac{26.53}{9.34} = 2.84$.

Крім того, у принциповій схемі РШ (Рис.2.6) відсутнє перемикання інтенсивності зворотного зв'язку і резистори R1 та R2, тому

$$C0 = \frac{T_{рш}}{R_{зш}} = \frac{0.0336}{2} = 0.0168, (\Phi)$$

Оскільки форми кривих допустимого моменту перевантаження двигуна у другій зоні та ВМД подібні, методики розрахунку вузлів залежного струмообмеження також аналогічні. За швидкості, меншій номінальної (лінія АF рис. 2.9), допустимий момент

$$M_{доп} = M_{max} = 2M_H = 2 * 26.53 = 53.06 \text{ (Нм)}$$

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

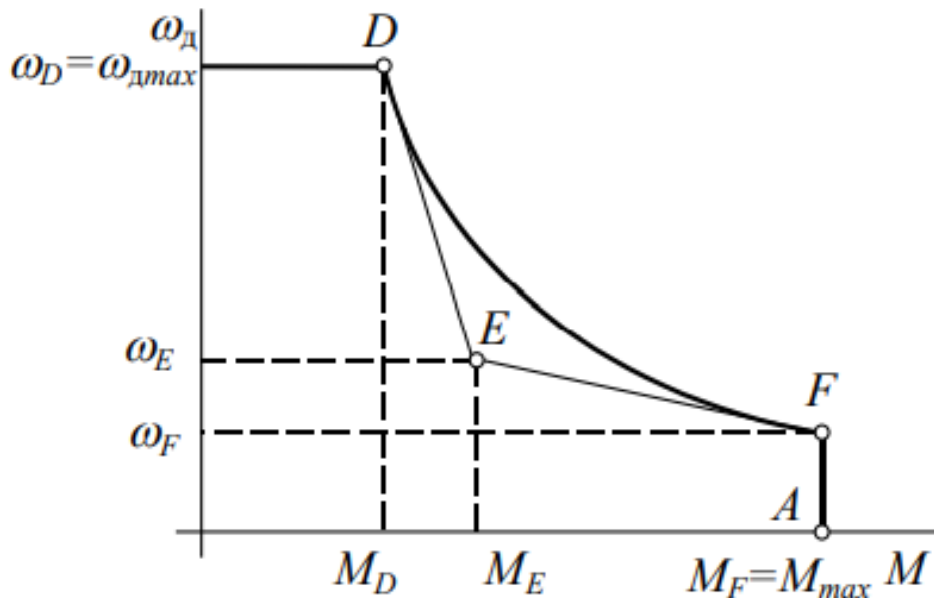


Рис. 2.9. До розрахунку вузла залежного струмообмеження
У другій зоні допустимий струм лишається незмінним, а момент перевантаження змінюється за законом гіперболи

$$M_{\text{доп}} = \frac{2M_H \omega_{\text{дн}}}{\omega_D}$$

Тому $\omega_F = \omega_{\text{дн}} = 113.1 \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}}\right)$, $M_F = 2M_H = 2 * 26.53 = 53.06 \text{ (Нм)}$, $\omega_D = \omega_{D \text{ max}} = 261.8$, $M_D = \frac{2M_H \omega_{\text{дн}}}{\omega_{D \text{ max}}} = \frac{2 * 26.53 * 113.1}{261.8} = 22.9$. Принципові схеми регуляторів напруги та струму збудження зображені на рис. 2.10.

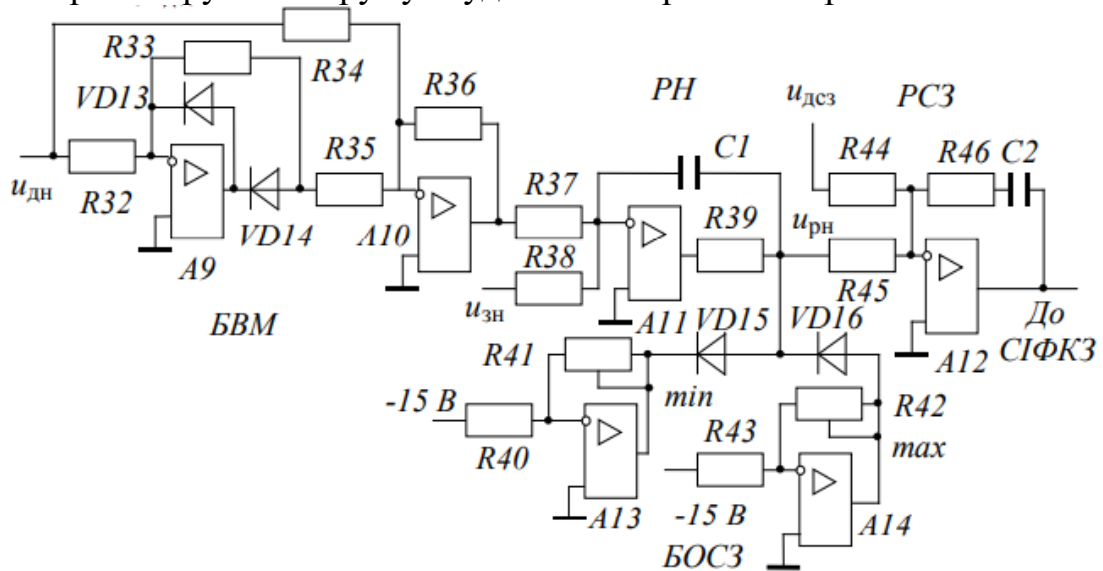


Рис. 2.10. Принципова схема регуляторів напруги та струму збудження
Передатна функція регулятора струму збудження має вигляд

$$W_{\text{рез}}(p) = k_{\text{рез}} \frac{T_{\text{рез}} p + 1}{T_{\text{рез}} p}$$

параметри якої вибираються, як

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

$$T_{\text{рез}} = T_3 = \frac{L_3}{R_3} = \frac{0.035}{134} = 0.00028$$

$$k_{\text{рез}} = \frac{T_3 R_3 \omega_p}{k_{\text{вз}} k_{\text{дсз}}} = \frac{0.00028 * 134 * 115}{169.56 * 1.83} = 0.014$$

де L_3 , R_3 – індуктивність (Гн) та активний опір (Ом) обмотки збудження;

- $k_{\text{вз}} = \frac{U_{\text{доп}}}{U_{\text{опм}}} = \frac{540 * 3.14}{10} = 169.56$ – коефіцієнт передачі тиристорного збудника (розраховується з урахуванням рівня напруги живлення збудника та його схеми випрямлення);
- $\omega_p = \Omega_p = 115$ – резонансна частота замкненого контуру струму збудження, с-1 (табл. 2.1);
- $k_{\text{дсз}} = \frac{3}{I_{\text{зн}}} = \frac{3}{1.64} = 1.83$ – коефіцієнт передачі датчика струму збудження, В/А;
- $I_{\text{зн}} = \frac{U_{\text{зн}}}{R_3} = \frac{220}{134} = 1.64$ – номінальний струм збудження, А.

Тоді стала часу та коефіцієнт передачі замкненого контуру струму збудження будуть

$$T_{\text{сз}} = \frac{1}{\Omega_p} = \frac{1}{115} = 0.0087, \quad (c)$$

$$k_{\text{сз}} = \frac{1}{k_{\text{дсз}}} = \frac{1}{1.83} = 0.55$$

Стала часу інтегрального регулятора напруги

$$T_{\text{рн}} = \frac{\alpha_n T_{\text{сз}} k_{\text{дн}} k_3}{k_{\text{сз}}} = \frac{39.46 * 0.0087 * 0.023 * 453.36}{0.55} = 6.5, \quad (c)$$

де, α_n – коефіцієнт настроювання контуру напруги;

- $k_3 = \frac{\Delta E}{\Delta I_n} = \frac{k\Phi \omega_{\text{д max}}}{I_{\text{зн}}} = \frac{2.84 * 261.8}{1.64} = 453.36$ – коефіцієнт передачі каналу збудження за максимальної швидкості.

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

$$\alpha_n = \frac{\delta t_n}{D_\Phi} = \frac{0.1 * 913.52}{2.315} = 39.46$$

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

- $t_n = \frac{J \omega_n}{M_n T_3} = \frac{0.06 * 113.1}{26.53 * 0.00028} = 913.52$ – відносна тривалість розгону до номінальної швидкості;
- $D_\Phi = \frac{\omega_{\text{д max}}}{\omega_{\text{дн}}} = \frac{261.8}{113.1} = 2.315$ – діапазон регулювання швидкості зміною потоку.

Якщо задатися напругою $u_{\text{зн}} = k_{\text{дн}} U_{\text{ян}} = 10$ (В) та опорами у каналах завдання $R38=R45=30$ (Ом), то номінали інших елементів регуляторів будуть

$$R37 = R38 \frac{U_{\text{дн max}}}{u_{\text{зн}}} = R38 = 30$$

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

$$C1 = \frac{T_{рн}}{R38} = \frac{6.5}{30} = 0.216$$

$$R44 = R45 \frac{U_{дсз\ max}}{U_{рн\ max}} = R45 \frac{U_{дсз\ max}}{U_{нас}} = R45 \frac{3}{8} = 11.25$$

$$R46 = \frac{k_{рез}}{R45} = \frac{0.014}{30} = 0.0046$$

$$C2 = \frac{T_{рез}}{R46} = \frac{0.00028}{0.0046} = 0.06$$

де $U_{дн\ max} = 10$ (В), $U_{дсз\ max} = 3$ (В), $U_{рн\ max} = U_{нас} = 8$ (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

$$I_{з\ min} = \frac{I_{зн} n_{дн}}{n_{д\ max}} = \frac{1.64 * 1080}{2500} = 0.71$$

$$U_{рн\ max} = k_{дсз} I_{зн} = 1.83 * 1.64 = 3$$

$$U_{рн\ min} = k_{дсз} I_{з\ min} = 1.83 * 0.71 = 1.3$$

Задавшись вхідними опорами інверторів А13 та А14 (рис. 2.10), визначають опори в каналах їх зворотних зв'язків

$$R41 = \frac{U_{рн\ min} R40}{15} = \frac{1.3 * 30}{15} = 2.6$$

$$R42 = \frac{U_{рн\ max} R43}{15} = \frac{3 * 30}{15} = 6$$

Опори блока виділення модуля розраховуються так само, як і опори

БВМ на рис. 2.8 з тією лише різницею, що $k_{БВМ} = 1$.

					Арк.
					23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.					ОХОРОНА ПРАЦІ	Лит.	Лист	Листов
Провер.								
Реценз.								
Н. Контр.								
Зав. каф.								

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників при обслуговуванні електропривода верстата з ЧПК.

У дипломному проєкті розраховувався автоматизований електропривод шпинделя фрезерного верстату з ЧПК. Шкідливі виробничі чинники які впливають на слюсарів які обслуговують електропривод верстата.

1. Підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці;
2. Стружка деталей, які обробляються;
3. Підвищена запиленість та загазованість робочої зони;
4. Рухомі частини фрезерного верстата та незахищений робочий інструмент;

3.2 Інженерно-технічні заходи з Охорони праці

3.2.1 Захист від шуму.

Під час обробки деталі робота двигунів може бути доволі гучною, що може нашкодити здоров'ю працівників. Запропоновано, зменшити вплив шуму наступними методами:

- Застосування засобів індивідуального захисту(затички, навушники)
- Розміщення джерела шуму на можливо більш віддаленій відстані
- Застосування засобів колективного захисту

3.2.2 Захист від запиленості повітря

Захисні пристрої, огорожуючі зону обробки, повинні захищати працюючого від стружки і змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР). Конструкція захисних пристроїв не повинна обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, а при відкриванні — не забруднювати підлогу змащувально-охолоджувальною рідиною. У всіх випадках кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним і не допускати самовідкривання.

Автомати та напівавтомати обладнають автоматичним блокуванням, що не допускає включення робочого циклу при відкритому захисному кожусі, якщо це може призвести до травмування. Поверхні захисних кожухів, як і самих верстатів, органів управління, верстатних приладдя і пристосувань, не повинні мати гострих країв і задирок, які можуть травмувати працюючого.

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

3.3 Протипожежна безпека

За пожежною безпекою дане виробництво відноситься до категорії Г., будівля по вогнестійкості відноситься до III ступеня, де стіни, колони - вогнетривкі, несучі конструкції міжповерхових і горищних перекриттів - важкозгораємі, плити, настили тощо. Несучі конструкції покриттів - спаленні.

Всі електропроводки на установці проходять в захисних трубах і коробах. З метою виявлення початкової стадії пожежі у виробничих приміщеннях встановлюються системи електричної пожежної сигналізації (ЕРС) GST-IFP8. Застосовуємо вогнегасник ОУ-5 (2 шт.), Один розташований в кабіні оператора, другий у сходового трапа. Так само щоденний огляд справності стану обладнання, облік ведеться щозмінне в журналі технічного стану верстату, підписується начальником зміни.

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

3.4. Розрахунок теплових надлишків в приміщенні

Робота в приміщеннях, обладнаних обчислювальною технікою неможлива без забезпечення в них оптимальних показників температури повітря, вологості та його швидкості руху. Для дотримання комфортних умов праці необхідно розрахувати всі виділення і витрати тепла в приміщенні. Оскільки більш складна ситуація виникає при забезпеченні метрологічних показників в літню пору, тому основну увагу приділимо визначенню теплових надходжень у приміщення з обчислювальною технікою, та вибору методів для їх виведення.

Джерелами тепловиділень в громадських приміщеннях є штучне освітлення, електроприлади, люди, що знаходяться в приміщенні, сонячне тепло, яке потрапляє через вікна і стіни.

Виділення тепла від джерел штучного освітлення

Розрахунок виділення тепла від джерел штучного освітлення $Q_{осв}$, кВт, визначається по формулі

$$Q_{осв} = N\eta = 0.05 * 0.95 = 0.0475 ,$$

де N - сумарна потужність джерел освітлення, кВт; η - коефіцієнт теплових витрат ($\eta = 0,92...0,97$ для ламп накаливання, $0,55$ - для люмінесцентних ламп).

Виділення тепла від радіотехнічних приладів і комп'ютерних систем

Для розрахунку виділення тепла від комп'ютерних систем, радіотехнічних установок і пристроїв обчислювальної техніки використовується попередня формула, у якій $\eta=0,3...0,5$ для радіотехнічних пристроїв і $0,4...0,7$ для пристроїв обчислювальної техніки і комп'ютерних систем.

Виділення тепла від працюючих машин, механізмів, станків, електродвигунів

Найбільше розповсюдженим двигуном машини, механізмів, станків є електродвигун, на валу якого відбувається видозміна електричної енергії в механічну. Механічна енергія завдяки тертю частин механізмів переходить в тепло. Теплові виділення від електродвигунів можна визначити по формулі:

$$Q_{ов} = N_{ов} (1 - \eta_{кпд}) = 3 * (1 - 0,73) = 0,81$$

де $N_{дв}$ – номінальна потужність електродвигуна, кВт; $\eta_{кпд}$ – к.п.д. електродвигуна.

Виділення тепла від людей

Тепловиділення організму людини залежать від важкості роботи, температури і швидкості руху навколишнього повітря. Розрізняють явне і скрите тепло, що виділяється з організму людини. Їх співвідношення залежить як від мускульної роботи так і від параметрів навколишнього середовища. Зі збільшенням інтенсивності роботи і температури збільшується доля скритого тепла. При температурі повітря 36°C все тепло, що виробилось в організмі,

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	27

віддається шляхом випаровування, а при більш високих температурах виводиться з організму виводиться і тепло, що передається за допомогою повітря.

Тепловиділення від однієї людини в залежності від температури повітря та інтенсивності роботи наведені в табл. 3.1

Таблиця 3.1

Тепловиділення від однієї людини в залежності від температури повітря та інтенсивності роботи наведені

Умови, що впливають на тепловиділення людей	t _п , °С	Тепловиділення, кВт/ч		
		Явне тепло	Скрите тепло	Загальне тепло
Люди в стані спокою (театри, клуби, зали та ін.)	15	85	40	125
	20	70	35	105
	25	50	30	80
	30	30	50	80
При спокійній праці (громадські заклади, вузи, офіси та ін.)	15	100	35	135
	20	85	45	130
	25	55	70	125
	30	35	90	125
При легкій та середній фізичній праці (укомплектування приборів, шиття, виконання дослідницьких робіт та ін.)	15	115	65	180
	20	90	85	175
	25	60	110	170
	30	40	130	170

Кількість тепла, що виділяється від однієї людини визначається за формулою

$$Q_n = nq = 180 * 2 = 360, \text{ кВт},$$

де q – кількість загального тепла, що виділяє одна людини, кВт; n – кількість людей в приміщенні.

Вважається, що жінка виділяє 85%, а дитина - 75% тепла яке виділяє дорослий чоловік.

4. ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.					Лит.	Лист	Листов
Провер.							
Реценз.							
Н. Контр.							
Зав. каф.							

**ЕКОНОМІКО-
ТЕХНІЧНЕ
ОБГРУНТУВАННЯ**

Вступ.

З метою покращення якості продукції, зменшення часу на виготовлення одиниці продукції та зменшення відходів. У дипломному проекті з автоматизації електропривода шпинделя фрезерного верстату с ЧПК, розраховали необхідні параметри та обрали двигун головного руху, комплектний електропривод, силовий трансформатор та мережний реактор.

Для обґрунтування економічної доцільності пропонувано:

в дипломному проекті автоматизації електропривода необхідно вирішити такі завдання:

1. Розрахувати обсяг капітальних витрат;
2. Визначити розмір експлуатаційних витрат;

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

4.1. Розрахунок капітальних витрат.

Для визначення капітальних витрат можна скористатися формулою

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} (\Sigma \text{Ці}) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}}, \text{ грн}$$

де $K_{\text{об}} (\Sigma \text{Ці})$ - вартість придбання електрообладнання (електродвигун, силовий трансформатор і тд.), необхідного для реалізації прийнятого технічного рішення.

K - кількість необхідних комплектуючих елементів;

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

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

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

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

Таблиця 4.1 Зведення капітальних витрат.

№ п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Комплектний електропровід ЕПУ1-2-4027П	1	15000	15000
2	Силовий трансформатор ТСЗ-40/0,66	1	20000	20000
3	Мережний реактор L2	1	7000	7000
4	Електродвигун 2ПФ123МГУХЛ4 3,0 кВт 1080/2500 об 220/440 В	1	60080	60080
	ВСЬОГО			102080

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

Транспортно-заготівельні і складські витрати(Зтзс):

За даними компанії «Нова Пошта» доставка вантажу, з міста Запоріжжя до міста Дніпро, вартістю 102080 грн, приблизною вагою 150 кг, становить 6580 грн з урахуванням ПДВ.

Витрати на монтажні (Зм) роботи:

$$Z_m = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 2 \cdot 94 \cdot 12 \cdot 1,15 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 3323, \text{грн.}$$

Витрати на налагоджувальні (Зн) роботи:

$$Z_n = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 2 \cdot 94 \cdot 5 \cdot 1,15 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 1385, \text{грн.}$$

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

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

a_4 - годинна тарифна ставка 4-го розряду дорівнює 94 грн / год;

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

K_d - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

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

K_{np} - коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Інші одноразові вкладення коштів (Зпр) можуть включати витрати на:

1. Демонтаж застарілого обладнання;
2. Проведення проектно-конструкторських робіт;
3. Підготовку персоналу;
4. Придбання готового програмного забезпечення.

$$K_{np} = 102080 + 6580 + 3323 + 1385 = 113368 \text{ (грн),}$$

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

4.2 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 по електротехнічного устаткування відносяться:

- амортизаційні відрахування (Ca);
- витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (Cт);
- вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування (Ce);
- інші експлуатаційні витрати (Cінш).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = Ca + Ct + Ce;$$

$$C = 20406 + 13720 + 4370 = 38496 \text{ грн}$$

4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається за видами основних фондів та нематеріальних активів за розділами зведення капітальних витрат.

Мінімально допустимий терміни корисного використання машин і обладнання – 5 роки (Tп)

Розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів :

$$Л = 11336 \text{ грн.}$$

Прямолінійний метод амортизації

$$H_a = \frac{K_{\text{пр}} - Л}{K_{\text{пр}} * T_{\text{п}}} * 100\% = \frac{113368 - 11336}{113368 * 5} * 100\% = 18\%$$

Таблиця 4.2 Амортизаційні відрахування.

№	Найменування показників	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
1	Проектний варіант	113368	18	20406

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

4.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати.

Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу Сз не проводимо, тому що поточне обслуговування та ремонт виконує черговий електрослюсар. Розрахунок заробітної платі чергового електрослюсаря включено до визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт п.4.2.3. табл. 4.3.

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

4.2.3. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.

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

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

$$Z_{m.p.} = \sum_{i=1}^n \left(R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\phi} \right)$$

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 залежно від виду ремонту год./ од.:

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

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

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

- ✓ асинхронний двигун від 0,5 до 5 кВт - 1,3;
- ✓ асинхронний двигун від 5 до 10 кВт - 2,1;
- ✓ асинхронний двигун від 55 до 75 кВт - 6,0;
- ✓ машини постійного струму від 0,5 до 5 кВт - 2,5;
- ✓ електродвигуни та генератори постійного струму від 55 до 75 кВт -

10,0.

S_i - вартість однотипних замінних елементів, грн.;

Π – кількість однотипних замінних елементів;

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

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

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

Табл. 4.3 Капітальні ремонти розраховуються:

Найменування	Одиниці вимірювання	Кількість	Опис
Елементи, що підлягають ремонту	Шт	4	Двигун ,трансформатор, комплектний електропривод, мережний реактор
Ставка робітників, що виконують ремонт	Грн/год.	80	Черговий електрослюсар
Кількість ремонтів	Од./рік	0,1	-
Тривалість ремонту	Год.	12	-
Вартість замінних елементів	Грн.	6740	Підшипники(4шт), тиристор(2шт), трансформаторне масло(20л)
Середній термін служби апаратури	Год./рік	4000	-
Число годин роботи апаратури	Год./рік	2000	-

$$Z_{m.p.} = \sum_{i=1}^n \left(R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\phi} \right)$$

= 13720 грн

4.2.4. 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:

$$C_{\Sigma} = (P_{вст} \cdot t_{вик} \cdot k_{втр}) \cdot C_e, \text{ де}$$

$P_{вст}$ – встановлена потужність, кВт ;

$t_{вик}$ – час роботи обладнання, год./рік;

$k_{втр}$ – коефіцієнт, що враховує електричні витрати;

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

Встановлена потужність – 5 кВт.

Час використання 2000 год./рік.

Коефіцієнт, що враховує електричні витрати – 1,15.

Тариф на електроенергію станом на травень 2021 року згідно даним сайту dr.yasno.com.ua) : 3,8 грн/кВт · год .

Тоді витрати на споживану електроенергію за рік становить :

$$C_{\Sigma} = (5 \cdot 2000 \cdot 1,15) \cdot 3,8 = 4370 \text{ грн.}$$

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

Висновок.

Капітальні витрати складають 102080 грн. Річні експлуатаційні витрати 39447 грн, зокрема амортизаційні відрахування 20406 грн ,річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт 13720 грн, вартість спожитої електроенергії 4370грн.

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

Висновки

Розвиток автоматизованих систем виробництва таких як верстатів з ЧПК має позитивні наслідки для швидкості виробництва, якості продукції та зменшення відходів.

Основні тенденції розвитку верстатів з ЧПК:

- Збільшення швидкості обробки деталі
- Збільшення точності обробки деталі
- Розвиток CAD програм
- Зниження вартості малогабаритних верстатів

Задля покращення роботи з верстатом можна реалізувати декілька додаткових функцій:

- Автоматична заміна фрези(ріжучого інструмента)
- Вакуумний стіл для утримання плоских матеріалів

						Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. https://elprivod.nmu.org.ua/ua/student/disciplines/pdpdp/%D0%95%D0%9F_%D0%A7%D0%9F%D0%A3.pdf
2. <http://electricalschool.info/elprivod/1598-jelektroprivody-stankov-s-chpu.html>
3. <https://elprivod.nmu.org.ua/ua/student/disciplines/pdpdp.php>
4. <https://mtech.com.ua/product/frezernyj-stanok-s-avtosmenoj-instrumenta-mtech-f3020-atc/>
5. <https://3d-stanki.ru/spravochnik/primenenie-i-tehnologii-frezernogo-oborudovaniya/osnovnye-printsipy-raboty-frezernogo-stanka-s-chpu/#:~:text=%D0%A4%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B8%20%D1%81%20%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%BC,%2C%20%D1%87%D1%83%D0%B3%D1%83%D0%BD%2C%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%20%D0%B8%D0%BB%D0%B8%20%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE.>
6. <http://bcpl.pto.org.ua/index.php/dopomoga/itemlist/category/412-2-11-osnovni-nebezpechni-i-shkidlivi-virobnichi-faktori-pri-roboti-na-tokarnikh-verstatakh-mozhlivi-avarijni-situatsiji-metodi-zapobigannya-jim>
7. <http://vpumit.com.ua/files/dokuments/8211%20operator-verstativ-z-programnim-keruvannyam.pdf>
8. <http://met-all.org/oborudovanie/stanki-frezernye/frezernye-stanki-chpu.html>

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