

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонська філія

Енерготехнічний факультет
кафедра автоматики та електроустаткування

Пояснювальна записка

кваліфікаційної роботи магістра

на тему: **Дослідження можливості використання вентильного двигуна для електропривода подачі шпинделя фрезерного верстата**

Здобувач 6 курсу, групи 6377м
спеціальності 141 "Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка"

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Освітньо-професійна програма:
"Електромеханічні системи автоматизації та
електропривод"

(назва)

Здобувач Токаренко В.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник Фролов О.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Якимчук Г.С.

(прізвище та ініціали)

Херсон - 2020 рік

Міністерство освіти та науки України
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
Херсонська філія

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет, відділення _____ Енерготехнічний _____
 Кафедра, циклова комісія _____ Автоматики та електроустаткування _____
 Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ другий (магістерський) _____
 Галузь знань _____ 14 Електрична інженерія _____
 Спеціальність _____ 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" _____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод" _____
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматки
та електроустаткування**

_____ Михаліченко П.Є.
 “ _____ ” _____ 2020 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

_____ Токаренко Віталію Сергійовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ Дослідження можливості використання вентильного двигуна для електропривода подачі шпинделя фрезерного верстата _____

керівник проекту (роботи) _____ Фролов Олександр Миколайович, к.т.н., доцент, _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від “ _____ ” _____ 2020 року № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 07 грудня 2020 р. _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи): _____ Фрезерний верстат типу 6P13Ф3 та його мікропроцесорна система керування електроприводом подач шпинделя. _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): _____ Загальна характеристика фрезерних верстатів з ЧПК. Розрахунок та вибір типу двигуна. Математична модель системи керування електроприводом подач шпинделя. Функціональна та структурна схема керування зі зворотним зв'язком по швидкості. Показники якості перехідних процесів. Охорона праці та техніка безпеки. Висновки. Список використаних джерел. _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____ Компоновочні схеми фрезерних верстатів. Конструкція фрезерного верстату типу 6P13Ф3 Функціональна схема та структурна схема системи керування швидкості. Функціональна схема системи керування електроприводом подач шпинделя. Структурна схема системи с П-регулятором в середовищі MATLAB. Графіки перехідних процесів з П-регулятором та ІІІ- регулятором. _____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технічна частина	Фролов О.М.		
Охорона праці	Фролов О.М .		

Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз фрезерних верстатів з ЧПК та конструкції верстата типу 6P13Ф3	05.10.2020 р.	
2.	Аналіз системи керування електроприводом подач шпинделя верстата типу 6P13Ф3	10.10.2020 р.	
5.	Розрахунок та вибір електродвигуна	20.10.2020 р.	
4.	Визначення перетворювача частоти та комплектного електропривода	30.10.2020 р.	
5.	Математична модель системи керування.	05.11.2020 р.	
6.	Розробка функціональних та структурних схем систем керування з П-регулятором	15.11.2020 р.	
	Показники якості перехідних процесів		
8.	Охорона праці	01.12.2020 р.	
9.	Оформлення ПЗ та графічного матеріалу	07.12.2020 р.	

Студент

_____ Токаренко В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Фролов О.М
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота на тему «Дослідження можливості використання вентильного двигуна для електропривода подачі шпинделя фрезерного верстата» складається з пояснювальної записки з 5 розділів та має 85 стор., 19 посилань на джерела інформації.

В роботі розглянуто питання модернізації фрезерного верстата шляхом заміни двигуна постійного струму в електроприводі подач шпинделя на вентильний синхронний двигун з використанням перетворювача частоти та системи програмного керування. Проведений аналіз структурних схем та розраховані графіки перехідних процесів.

Ключові слова: електропривод, фрезерний верстат, вентильний двигун.

ABSTRACT

The master's work on the topic "Research of the possibility of using a valve motor for an electric drive of the spindle feed of a milling machine" consists of an explanatory note of 5 sections and contains 85 pages, 19 links to information sources.

In the thesis, the issues of modernization of a milling machine are considered by replacing a DC motor in the electric drive of the spindle feeds to a valve synchronous motor using a frequency converter and a programmed control system. The analysis of structural diagrams is carried out and the graphs of transient processes are calculated.

Key words: electric drive, milling machine, valve motor.

	Зміст	стор
	Вступ	6
1	Аналіз конструкцій фрезерних верстатів з ЧПК	8
1.1	Компоновочні схеми фрезерних верстатів з ЧПК та область їх застосування	9
1.2	Аналіз систем керування фрезерних верстатів з ЧПК	13
1.3.	Опис вертикально-фрезерного верстата 6P13Ф3 та його характеристики	
1.4.	Завдання на модернізацію електропривода подач шпинделя фрезерного верстата	24
2	Розрахунок та визначення елементів системи керування	26
2..1	Розрахунок потужності двигуна та вибір його типу	27
2..2	Вибір комплектного електропривода та опис його роботи	30
2.2.1	Функціональна схема електропривода та його складові частини	31
2.2.2	Перетворювач частоти та його параметри	34
2.3.	Схема підключення електропривода в режимі контролю швидкості	36
2.4	Визначення гальмівного опору	37
2.5	Визначення параметрів програми керування	39
2.6	Вибір пристрою для програмного керування електроприводом	42
3	Розробка математичної моделі системи керування електроприводом	45
3.1	Математичний опис двигуна без демпферної обмотки	46
3.2	Функціональна схема системи керування електроприводом	50
3.3	Структурна схема системи керування електроприводом подач шпинделя	53

4	Розрахунок перехідних процесів електропривода подач шпинделя	56
4.1	Регулятор швидкості та його налаштування	57
4.2	Визначення показників якості перехідних процесів	59
4.3	Аналіз перехідних процесів на основі структурних схем в середовищі MATLAB	60
5	Охорона праці та техніка безпеки	68
5.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів впливаючих на людину при експлуатації фрезерного верстата	70
5.2	Розрахунок захисного заземлення	77
5.3	Заходи з техніки безпеки	80
	Висновки	83
	Список використаних джерел	84
	Додаток А. Презентація кваліфікаційної магістерської роботи	86

ВСТУП

Фрезерні верстати з ЧПК одержали широке розповсюдження в промисловості. Вони призначені для фрезерування поверхонь кришок, планок, важелів, корпусів та кронштейнів простої конфігурацій, контурів складної конфігурації типу кулачків, шаблонів і т.п., поверхонь корпусних деталей з декількома сторонами і під різними кутами з розфрезуванням отворів великих діаметрів та інших.

Конструктивна різноманітність фрезерних верстатів з ЧПК викликана необхідністю обробки різноманітних деталей різними інструментами: циліндричними кінцевими, фасонними фрезами, розточними різцями, зенкерами. З цього випливає, що стирається грань між верстатами фрезерної і свердлильно-розточної групи. У зв'язку з роширенням кола робіт фрезерні верстати часто оснащуються поворотними револьверними голівками або магазинами інструментів. Номенклатура фрезерних станків, які випускаються нашою промисловістю, відображає сучасні тенденції у розвитку верстатобудування.

Виготовляються наступні основні типи верстатів: безконсольні з хрестовим столом, консольно-фрезерні і поперечно-фрезерні.

Верстати виконують з вертикальним положенням шпинделя для односторонньої обробки і горизонтальним положенням шпинделя для багатосторонньої обробки. Значно збільшилась жорсткість і точність фрезерних верстатів ЧПК.

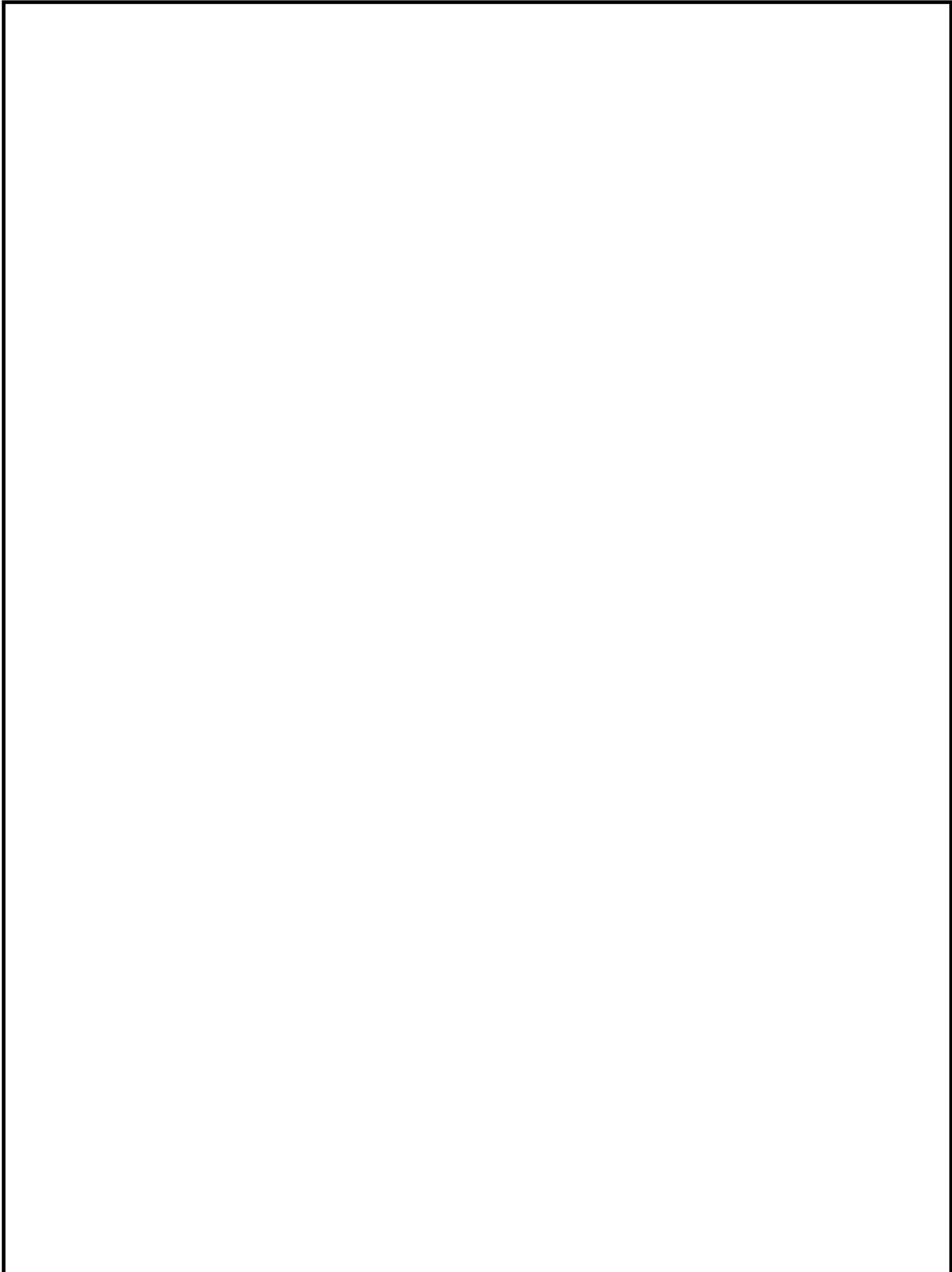
Корпусні деталі виконуються ребристими, станини можуть приймати великі статичні і динамічні навантаження. В станинах встановлюють високопрецизійні ходові гвинти. Для важких верстатів застосовують напрямні кочення. Обробку можна вести попутним і зустрічним фрезеруванням з однаковою точністю, так як в коробках подач передбачається пристрій для вибору отвору.

Для важких верстатів застосовують напрямні кочення. Обробку можна вести попутним і зустрічним фрезеруванням з однаковою точністю, так як в коробках подач передбачається пристрій для вибору отвору.

Для обробки заготовок порівняно з невеликими розмірами і меншою точністю використовують верстати

консольної компоновки з револьверною голівкою і без неї. Верстати виготовляються класів точності Н і П.

В групі фрезерних верстатів застосовуються різноманітні системи ЧПК: контурні (незамкнені і замкнені); комбінуючи, які дозволяють виконувати контурну обробку та позиціонування; рідше прямокутні для обробки простих контурів. Число керованих координат, як правило, 3, з них одночасно керованих 2, а в верстатах, які мають поворотні фрезерні голівки і поворотні столи їх може бути 4 або 5. Дискретність задавання переміщення 0,001; 0,01 мм. Верстати без автоматичної зміни інструмента і заготовок з неповоротним столом оснащуються пристроями ЧПК.



					141.6377. МР. ПЗ. Р1			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Здобувач	Токаренко				Аналіз конструкцій фрезерних верстатів з ЧПК	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Фролов О.М.						8	
						ХФ НУК		
Н.контроль	Фролов О.М.					ім. адм. Макарова		
Зав. каф.	Михаліченко							

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

1.1 . Компоновочні схеми фрезерних верстатів з ЧПК та область їх застосування

Фрезерні верстати з ЧПК широко розповсюджені в промисловості. Вони мають розширені технологічні можливості при збереженні великої надійності роботи. Конструкція верстатів з ЧПК повинна, як правило, забезпечити поєднання різних видів обробки (течія- фрезерування, фрезерування-шліфування), зручність завантаження заготовок, вивантаження деталей (що особливо важливо при використанні промислових роботів), автоматичне або дистанційне керування зміною інструменту і т.п.

Підвищення точності обробки досягається високою точністю виготовлення і жорсткістю верстата. Для досягнення необхідної жорсткості скорочують довжину його кінематичних ланцюгів, тобто застосовують автономні приводи, по можливості скорочують число механічних передач. Приводи верстатів з ЧПК повинні також забезпечувати високу швидкодію.

Підвищенню точності сприяє і усунення зазорів в передавальних механізмах приводів подач, зниження втрат на тертя в напрямних та інших механізмах, підвищення вібростійкості, зниження теплових деформацій, застосування у верстатах датчиків зворотнього зв'язку. Для зменшення теплових деформацій необхідно забезпечити рівномірний температурний режим у механізмах верстата, чому, наприклад, сприяє попередній розігрів верстата і його гідросистеми. Температурну похибку верстата можна також зменшити, вводячи корекцію в привід подач від сигналів датчиків температур.

Базові деталі (станини, колони) виконують більш жорсткими за рахунок введення додаткових ребер жорсткості. Підвищену жорсткість мають і рухливі несучі елементи (супорти, столи, полозки). Столи, наприклад, конструюють коробчатої форми з поздовжніми і поперечними

ребрами. Базові деталі виготовляють литими або зварними. Намітилася тенденція виконувати такі деталі з полімерного бетону або синтетичного граніту, що в ще більшій мірі підвищує жорсткість і вібростійкість верстата.

Направляючі верстатів з ЧПК мають високу зносостійкість і малу силу тертя, що дозволяє знизити потужність слідкуючого привода, збільшити точність переміщень, зменшити неузгодженість у слідкуючій системі. Це досягається за рахунок виготовлення пари тертя станіна-супорт з сталі (чавуна) і платикового покриття.

Направляючі кочення мають високу довговічність, характеризуються невеликим тертям, причому коефіцієнт тертя практично не залежить від швидкості руху. В якості тіл кочення використовують ролики. Попередній натяг підвищує жорсткість направляючих в 2...3 рази, для створення натягу використовують регульовальні пристрої.

Конструкції фрезерних верстатів з ЧПК аналогічні конструкціям обичних фрезерних верстатів наявною систем автоматизації переміщень столів по заданим керуючим програмам (КП).

В основі класифікації фрезерних верстатів з ЧПК лежать наступні ознаки:

- розташування шпинделя (горизонтальне і вертикальне);
- число координатних переміщень столу або фрезерної бабки;
- число використовуваних інструментів (одноінструментні і багатоінструментні);
- спосіб установки інструментів в шпиндель верстата (вручну або автоматично).

За компонуванням фрезерні верстати з ЧПК ділять на чотири групи:

- вертикально-фрезерні із хрестовим столом;
- консольно-фрезерні;
- поздовжньо-фрезерні;
- широкоуніверсальні інструментальні.

У вертикально-фрезерних верстатах з хрестовим столом (рисунок 1.1, а) стіл переміщується в поздовжньому (вісь X) і поперечному (вісь Y)

горизонтальному напрямку, а фрезерна бабка – у вертикальному напрямку (вісь Z).

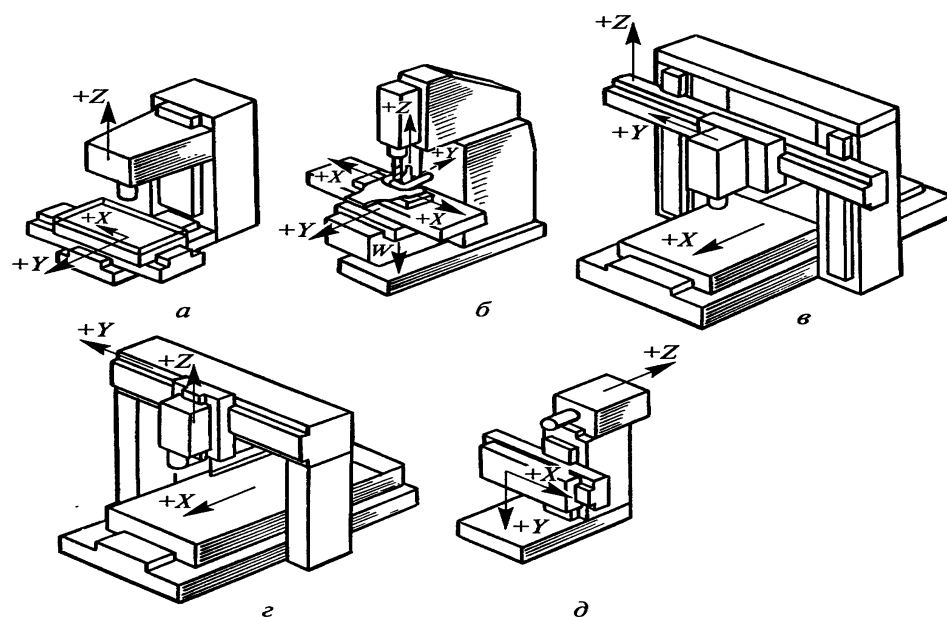


Рисунок 1.1 – Компоновочні схеми фрезерних верстатів з ЧПК з позначенням осей координат X, Y, Z і W:

а – вертикально-фрезерний верстат з хрестовим столом;

б – консольно-фрезерний верстат;

в – поздовжньо-фрезерний верстат;

г – поздовжньо-фрезерний верстат з нерухомою поперечиною;

д – широкоуніверсальний інструментальний фрезерний верстат

У консольно-фрезерних верстатах (рисунок 1.1, б) стіл переміщується по трьом координатним осям (X, Y і Z), а бабка нерухома.

У поздовжньо-фрезерних верстатах з рухомою поперечиною (рисунок 1.1, в) стіл переміщується по осі X, шпindelна бабка – по осі Y, а поперечина – по осі Z. В поздовжньо-фрезерних верстатах з нерухомою поперечиною (рисунок 1.1, г) стіл переміщується по осі X, а шпindelна бабка – по осях Y і Z.

У широкоуніверсальних інструментальних фрезерних верстатах (рисунок 1.1, д) стіл переміщується по осях X і V, а шпindelна бабка – по осі Z.

Фрезерні верстати в основному оснащують прямокутними і контурними ПЧПК.

При прямокутному керуванні (умовне позначення у моделі верстата – Ф2) стіл верстата здійснює рух у напрямку, паралельному однієї з координатних осей, що робить неможливою обробку складних поверхонь. Верстати з прямокутним керуванням застосовують для фрезерування площин, скосів, уступів, пазів, різновисоких бобишек та інших аналогічних поверхонь.

При контурному керуванні (умовне позначення у моделі верстата – Ф3 і Ф4) траєкторія переміщення столу більш складна. Верстати з контурним керуванням використовують для фрезерування різних кулачків, штампів, прес-форм та інших аналогічних поверхонь. Число керованих координат, як правило, дорівнює трьом, а в деяких випадках – чотирьом і п'яти. При контурному керуванні рух формоутворення проводиться не менше ніж з двох координатних осей одночасно.

В окремих випадках на фрезерних верстатах при обробці заготовок простої форми в умовах середньо-і великосерійного виробництва також застосовують системи ЧПК.

В фрезерних верстатах з ЧПК в якості привода головного руху використовують асинхронні електродвигуни (у цих випадках є коробка швидкостей) або електродвигуни постійного струму.

На невеликих фрезерних верстатах з прямокутним ЧПК застосовують один приводний електродвигун постійного струму і коробку передач з автоматично перемикаючими електромагнітними муфтами, а на важких верстатах з контурним керуванням кожне кероване координатне переміщення здійснюється від автономного електропривода постійного струму.

Приводи руху подач фрезерних верстатів з ЧПК мають короткі кінематичні ланцюги, передають рух від двигуна безпосередньо виконавчому органу.

Склад вертикально-фрезерного верстата консольного з ЧПК (рисунку 1.2) мало відрізняється від складу традиційного верстата без ЧПК.

На станині 8 монтують вузли і механізми верстата. Станина спереду має напрямні, закриті кожухом 9, по яких переміщається консоль 1. На горизонтальних направляючих змонтовані санчата 2, по поздовжніх напрямних яких пересувається стіл 3. На привалочній площині станини закріплена фрезерна бабка 6, по вертикальних напрямних якої переміщається повзун 7 з шпинделем 5. Відповідно до вимог безпеки праці повзун має захисний щиток 4. Позаду верстата розташована шафа 10 з електроустаткуванням і ПЧПК [1].

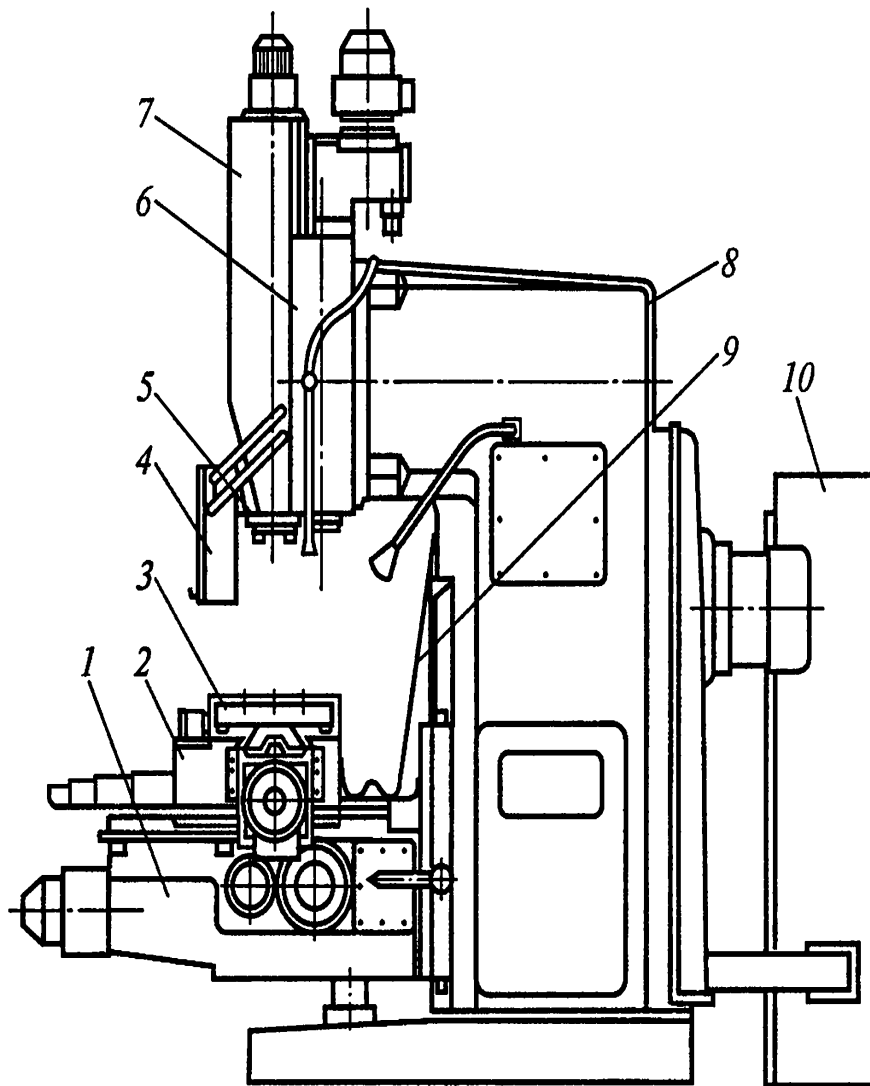


Рисунок 1.2 – Фрезерний верстат з ЧПК

1 – консоль; 2 – салазка; 3 – стіл; 4 – захисний щиток; 5 – шпиндель;
6 – фрезерна бабка; 7 – повзун; 8 – станина; 9 – кожух; 10 – шафа

1.2 Аналіз систем керування фрезерних верстатів з ЧПК

Числове програмне керування (ЧПК) – це керування, при якому програму задають у вигляді записаного на будь-якому носії масиву інформації. Керуюча інформація для систем ЧПК є дискретною і її обробка в процесі керування здійснюється цифровими методами. У таблиці 1.1

перераховані рівні та функції сучасного багаторівневого пристрою ЧПК (ПЧПК).

Таблиця 1.1 – Рівні та функції багаторівневого пристрою ЧПК

Рівні	Мета	Функції
I	Забезпечення обробки заготовок на верстаті	Керування циклом роботи верстата. Контроль переміщення робочих органів верстата
II	Отримання інформації про функціонування верстата	Прийняття інженером-технологом і оператором рішення про правильність роботи верстата
III	Отримання вихідних даних для організації виробництва в цеху (на заводі)	Прийняття інженером технологом і оператором на підставі інформації про роботу верстата кваліфікованих рішень з керування виробництвом

За технологічним призначенням і функціональними можливостями системи ЧПК поділяють на чотири групи:

- позиційні, в яких задають тільки координати кінцевих точок положення виконавчих органів після виконання ними певних елементів робочого циклу;
- контурні або безперервні, що керують рухом виконавчого органу по заданій криволінійній траєкторії;

- універсальні (комбіновані), в яких здійснюється програмування як переміщень при позиціонуванні, так і руху виконавчих органів по траєкторії, а також зміни інструментів і завантаження-вивантаження заготовок;
- багатоконтурні системи, що забезпечують одночасне або послідовне керування функціонуванням ряду вузлів і механізмів верстата.

Прикладом застосування систем ЧПК першої групи є свердлильні, розточні і координатно-розточувальні верстата. Прикладом другої групи служать системи ЧПК різних токарних, фрезерних і круглошліфувальних верстатів. До третьої групи відносяться системи ЧПК різних багатоцільових токарних і свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів.

За способом підготовки і введення керуючої програми розрізняють так звані оперативні системи ЧПК (у цьому випадку керуючу програму готують і редагують безпосередньо на верстаті, в процесі обробки першої деталі з партії чи імітації її обробки) і системи, для яких керуюча програма готується незалежно від місця обробки деталі. Причому незалежна підготовка керуючої програми може виконуватися або за допомогою засобів обчислювальної техніки, що входять до складу системи ЧПК даного верстата, або за її межами (вручну або за допомогою системи автоматизації програмування).

Програмовані контролери – це пристрої керування електроавтоматики верстата. Більшість програмувальних контролерів мають модульну конструкцію, до складу якої входять джерело живлення, процесорний блок і програмована пам'ять, а також різні модулі входів/виходів. Для створення та налагодження програм роботи верстата застосовують програмуючі апарати. Принцип роботи контролера: опитуються необхідні входи/виходи і отримані дані аналізуються в процесорному блоці. При цьому вирішуються логічні завдання і результат обчислення передається на відповідний логічний або фізичний вихід для подачі у відповідний механізм верстата.

У програмованих контролерах використовують різні типи пам'яті, в якій зберігається програма електроавтоматики верстата: електричну перепрограмовану енергонезалежну пам'ять; оперативну пам'ять з вільним доступом.

Програмований контролер має систему діагностики: входів/виходів, помилки в роботі процесора, пам'яті, батареї, зв'язку та інших елементів. Для спрощення пошуку несправностей сучасні інтелектуальні модулі мають самодіагностику.

Програмоносій може містити як геометричну, так і технологічну інформацію. Технологічна інформація забезпечує певний цикл роботи верстата, а геометрична – характеризує форму, розміри елементів оброблюваної заготовки та інструменту і їх взаємне положення в просторі.

Верстати з програмним керуванням (ПК) з вигляду керування поділяють на верстати з системами циклового програмного керування (ЦПК) і верстати з системами числового програмного керування (ЧПК). Системи ЦПК більш прості, тому що в них програмується тільки цикл роботи верстата, а величини робочих переміщень, тобто геометрична інформація, задаються спрощено, наприклад за допомогою упорів. У верстатах з ЧПК керування здійснюється від програмоносія, на який в числовому вигляді занесена й геометрична, і технологічна інформація.

В окрему групу виділяють верстати з цифровою індикацією і преднабором координат. У цих верстатах є електронний пристрій для завдання координат потрібних точок (преднабор координат) і хрестовий стіл, який датчиками положення дає команди на переміщення до необхідної позиції. При цьому на екрані висвітлюється кожне поточне положення столу (цифрова індикація). У таких верстатах можна застосовувати або преднабор координат або цифрову індикацію; вихідну програму роботи задає верстатник.

У моделях верстатів з ПК для позначення ступеня автоматизації додається літера Ф з цифрою: Ф1 – верстати з цифровою індикацією і преднабором координат; Ф2 – верстати з позиційними і прямокутними системами ЧПК; Ф3 – верстати з контурними системами ЧПК і Ф4 – верстати з універсальною системою ЧПК для позиційної і контурної обробки. Особливу групу складають верстати, що мають ЧПК для багатоконтурною

обробки, наприклад, безцентрові круглошліфувальні верстати. Для верстатів з цикловими системами ПК в позначенні моделі введений індекс Ц, з оперативними системами – індекс Т (наприклад, 16К20Т1).

ЧПК забезпечує керування рухами робочих органів верстата і швидкістю їх переміщення при формоутворенні, а також послідовністю циклу обробки, режимами різання, різними допоміжними функціями.

Система числового програмного керування (СЧПК) – це сукупність спеціалізованих пристроїв, методів і засобів, необхідних для здійснення ЧПК верстатами. Пристрій ЧПК (ПЧПК) верстатами – це частина СЧПК, виконана як єдине ціле з нею і здійснює видачу керуючих впливів за заданою програмою.

У міжнародній практиці прийнято наступні позначення: NC-ЧПК;

ННС – різновид пристрою ЧПК з завданням програми оператором з пульта за допомогою клавіш, перемикачів і т.п.; SNC – пристрій ЧПК, що має пам'ять для зберігання всієї керуючої програми; CNC – керування автономним верстатом з ЧПК, що містить міні-ЕОМ чи процесор; DNC – керування групою верстатів від загальної ЕОМ.

Для верстатів з ЧПК стандартизовані напрямки переміщень і їх символіка. Стандартом ISO-R841 прийнято за позитивний напрямок переміщення елемента верстата вважати те, при якому інструмент або заготівля відходять один від одного. Вихідною віссю (вісь Z) є ось робочого шпинделя. Якщо ця ось поворотна, то її положення вибирають перпендикулярно площини кріплення деталі. Позитивний напрямок осі Z – від пристрою кріплення деталі до інструменту. Використання конкретного виду обладнання з ЧПК залежить від складності виготовленої деталі і серійності виробництва. Чим менше серійність виробництва, тим більшу технологічну гнучкість повинен мати верстат.

При виготовленні деталей зі складними просторовими профілями в одиничному і дрібносерійному виробництві використання верстатів з ЧПК є майже єдиним технічно виправданим рішенням. Це обладнання доцільно

застосовувати і в разі, якщо неможливо швидко виготовити оснастку. У серійному виробництві також доцільно використовувати верстати з ЧПК.

Принципова особливість верстата з ЧПК – це робота по керуючій програмі (КП), на якій записані цикл роботи обладнання для обробки конкретної деталі і технологічні режими. При зміні оброблюваної на верстаті деталі необхідно просто змінити програму, що скорочує на 80...90% трудомісткість переналагодження в порівнянні з трудомісткістю цієї операції на верстатах з ручним керуванням.

Основні переваги верстатів з ЧПК:

- продуктивність верстата зростає у 1,5...2,5 рази в порівнянні з продуктивністю аналогічних верстатів з ручним керуванням;
- поєднується гнучкість універсального обладнання з точністю і продуктивністю верстата-автомата;
- знижується потреба у кваліфікованих робітниках-верстатниках;
- деталі, виготовлені за однією програмою, є взаємозамінними, що скорочує час пригонювальних робіт у процесі складання;
- скорочуються строки підготовки та переходу на виготовлення нових деталей;
- знижується тривалість циклу виготовлення деталей і зменшується запас незавершеного виробництва.

1.2 . Опис вертикально-фрезерного верстата 6P13Ф3 та його характеристики

Вертикально-фрезерний верстат 6P13Ф3 з ЧПК (рисунок 1.3) призначений для обробки заготовок складного профілю із сталі, чавуна, важкооброблених сталей і кольорових металів в умовах одиничного та серійного виробництва. В якості інструменту застосовують кінцеві, торцеві, кутові, сферичні і фасонні фрези, свердла [2].



Рис. 1.3. Загальний вигляд вертикально-фрезерного верстата
6P13Ф3

У верстаті 6P13Ф3 використовується пристрій ЧПК контурного типу НЗЗ-2М. Його програмоносій – восьмистрічкова перфолента, код ISO. Геометрична інформація задається в приростах. Інтерполятор – лінійно-кутовий.

Таблиця 1.2. Технічні характеристики верстата

Назва параметрів	Одиниці вимірювання	Величини
Клас точності		Н
Розмір робочої поверхні стола	мм	400×1600
Переміщення стола X, V, Z	мм	1000×400×42
Потужність головного привода	Вт	7,5
Границі частот обертів шпинделя	хв ⁻¹	40 – 200
Габарити верстата:		
– довжина	мм	2595
– ширина	мм	3200
– висота	мм	2965
Маса верстата	кг	4450

Число керованих координат 3, число одночасних керованих координат при лінійній інтерполяції 3, при кутовій 2. Дискретність відліку по осях координат X' , V' , Z 0,01 мм. Просторова обробка досягається поєднанням руху стола по двох координатах (X' и Y') і вертикального положення повзуна з ріжучим інструментом (координата Z). Можлива робота у режимі преднабору з введенням програми в пристрій ЧПК безпосередньо оператором за допомогою клавіатури.

Рух подвіжних деталей верстату забезпечується електроприводами за кінематичною схемою, яка наведена на рисунку 1.4.

Базою верстата (рисунок 1.4) є статина А, яка має жорстку конструкцію за рахунок розвиненої основи і великого числа ребер.

По вертикальних направляючих корпусу станини рухається консоль Е (встановлений шлях).

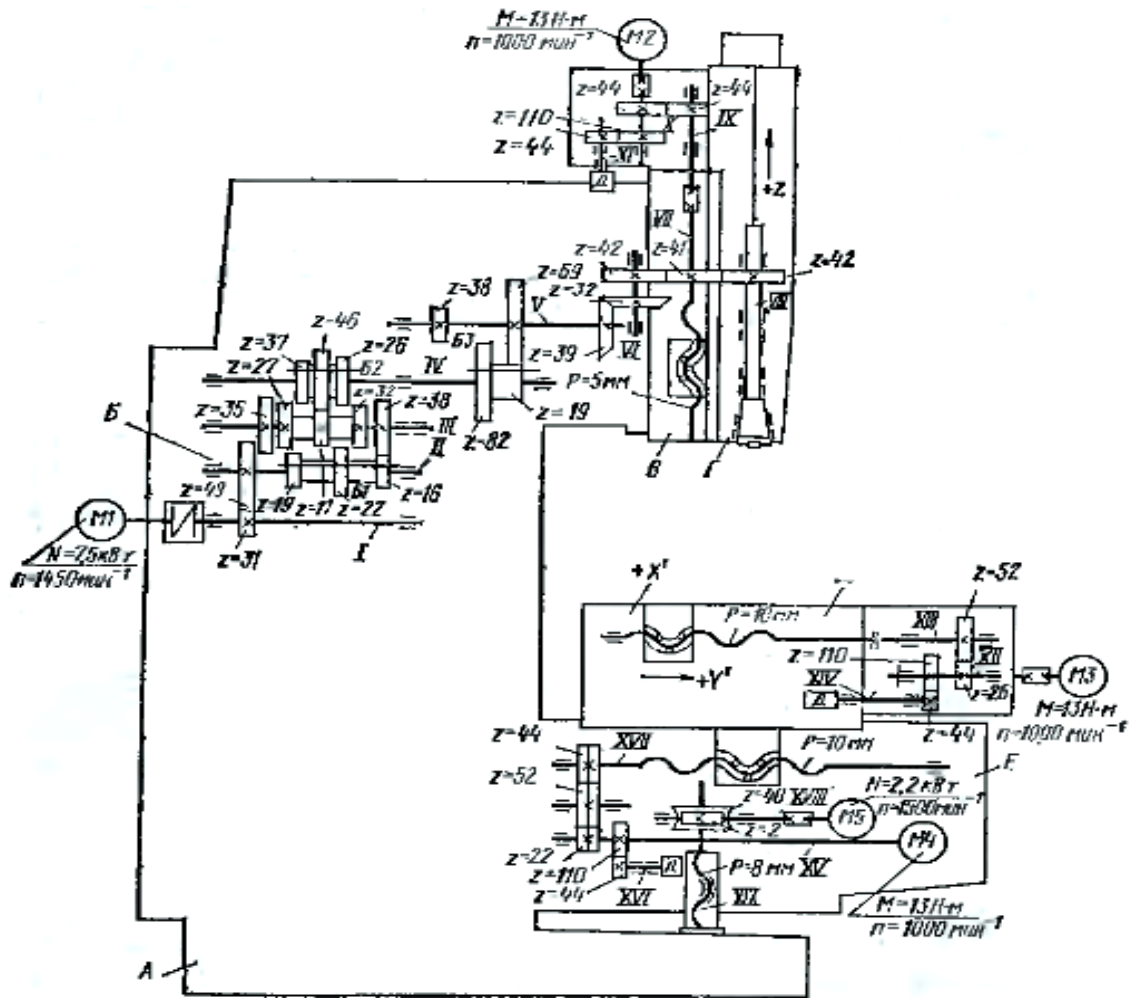


Рис. 1.4. Кінематична схема вертикально-фрезерного верстата 6Р13Ф3 з ЧПК

По горизонтальних (прямокутного) профілю напрямних консолі переміщуються в поперечному напрямку механізм стол-салазки Д (подача по осі V'), а по напрямних салазок в продольному напрямку – стіл (подача по осі X'). В корпусі консолі змонтовані приводи поперечної і вертикальної подач, а в корпусі салазок – привід продольної подачі. Головний рух фрези отримує від коробки швидкостей Б. В шпиндельній голівці В установлений привід вертикальних переміщень повзуна Г по осі Z.

Кінематика верстата. *Головний рух.* Шпindelь VIII одержує оберти від асинхронного електродвигуна $M1$ ($N=7,5$ кВт, $n=1450$ хв⁻¹). Через коробку швидкостей з трьома пересувними блоками зубчастих колес Б1, Б2, Б3 і передачі $z=39-39$, $z=42-41-42$ у шпindelьній голівці. Механізм перемикання

блоків забезпечує одержання 18 частот обертів і дозволяє вибрати потрібну частоту обертів безпослідовного проходження проміжних ступенів.

Рівняння кінематичного ланцюга для мінімальної частоти обертання шпindelя має вигляд

$$n_{\min} = 1460 \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{16}{38} \cdot \frac{17}{46} \cdot \frac{19}{69} \cdot \frac{39}{39} \cdot \frac{42}{41} \cdot \frac{41}{42} = 40 \text{ хв}^{-1}.$$

Інструмент в оправі закріплюють за верстатом за допомогою змінних шомполів. Оправка має конус 50 і внутрішній конус Морзе № 4.

Для закріплення інструменту з конусами Морзе № 2 і 3 застосовуються змінні втулки. Для кріплення інструменту з конусами Морзе № 2 і 3 застосовують змінні втулки. Затиск інструменту здійснюється електромеханічним пристроєм. Змащування підшипників і зубчастих колес коробки швидкостей здійснюється від плунжерного насоса, розташованого в середині коробки швидкостей.

Рух подач. Вертикальна подача повзуна із змонтованим у ньому шпindelем здійснюється від високомоментного двигуна $M2$ ($M=13$ Н·м, $n=1000$ хв⁻¹) через зубчасту пару $z=44-44$ і передачу гвинт-гайка кочення VII з шагом $P=5$ мм. Передбачено ручне переміщення повзуна. На валу XI встановлений датчик зворотнього зв'язку – трансформатор типу ВТМ-1.

Поперечна подача салазок здійснюється від високомоментного двигуна $M4$ ($M=13$ Н·м, $n=1000$ хв⁻¹), через беззазорний редуктор $z=22-52-44$ і гвинт-гайку кочення XVII з шагом $P=10$ мм. Зазор в косозубих циліндричних колесах 1, 3, 5 редуктора (рис. 1.5) усувають шліфуванням напівкілець 2 і 4, які встановлюються між колесами 3 і 5.

Продольна подача стола відбувається від високомоментного двигуна МЗ (рис. 1.4) через беззазорний редуктор $z=26-52$ і гвинт-гайку кочення VIII з шагом $P=10$ мм. В редукторах продольного і поперечного переміщень встановлені датчики зворотнього зв'язку – трансформатори типу ВТМ-1В. Зазор в напрямних стола і салазок усувають клинами. Зазор в передачах

гвинт-гайка кочення усувають поворотом обох гайок в один бік на потрібне число зубців

Додаткові рухи. Спеціальними шестигранними виводами можна виконувати ручні переміщення по координатам X' і Y' . Встановлювальна вертикальна подача консолі здійснюється від електродвигуна М5 ($N=2,2$ кВт, $n=1450$ хв⁻¹) через черв'ячну пару $z=2-40$ і ходовий гвинт XIX.

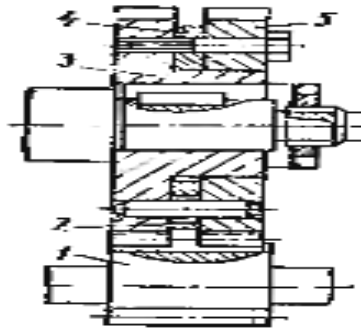


Рис. 1.5. Схема усунення зазору у редукторі поперечної подачі верстата 6Р13Ф3

Розріз редуктора продольної подачі показано на рис. 1.6. Від двигуна 6 рух передається гвинту кочення 1 через зубчасту передачу 2–3. Трансформатор 7 пов'язаний з валом двигуна через зубчасті колеса 4–5. Змащення редуктора здійснюється розбрискуванням.

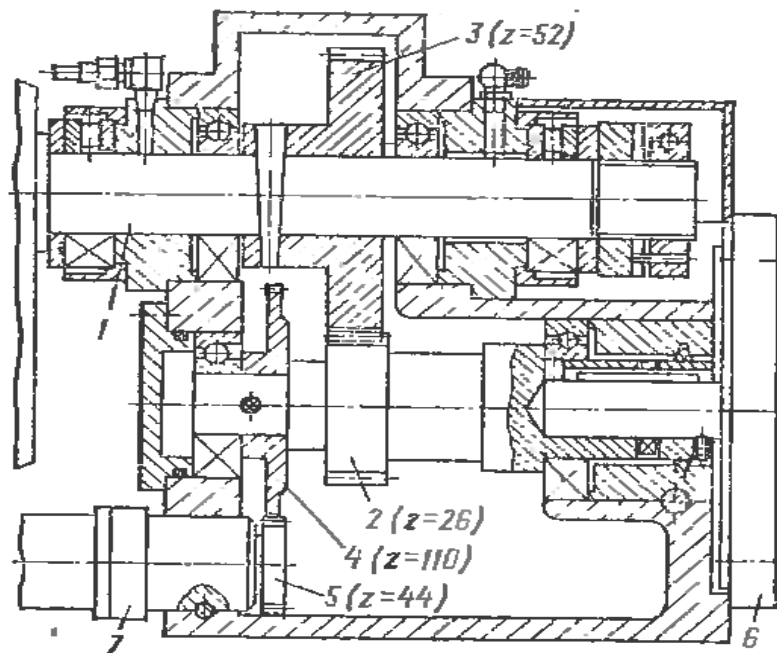


Рис. 1.6. Редуктор продольної подачі верстата 6P13Ф3

1.4 Завдання на модернізацію електропривода подач шпинделя фрезерного верстата

Модернізація – поліпшення характеристик обладнання і переведення його на новий технічний рівень разом зі збільшенням терміну його служби.

До модернізації входить:

- установка нової сучасної системи керування.;
- збільшення швидкостей обробки;
- збільшення продуктивності верстатів та машин;
- зменшення вартості фрезерних операцій;
- зниження енергоспоживання на 15...20%;
- діалогово-графічний режим підготовки технологічної програми оператором верстата;
- об'єднання устаткування в цехову локальну мережу – MES технології;
- виключення перфострічки;

- підвищення точності обробки за рахунок високоточних приводів, систем контролю, введення і врахування великої кількості точок корекції похибок гвинта, люфтів;
- зниження зносу механічних частин і оптимізується якість руху за рахунок нових функцій згладжування прискорень;
- виключення техобслуговування електродвигунів і др.

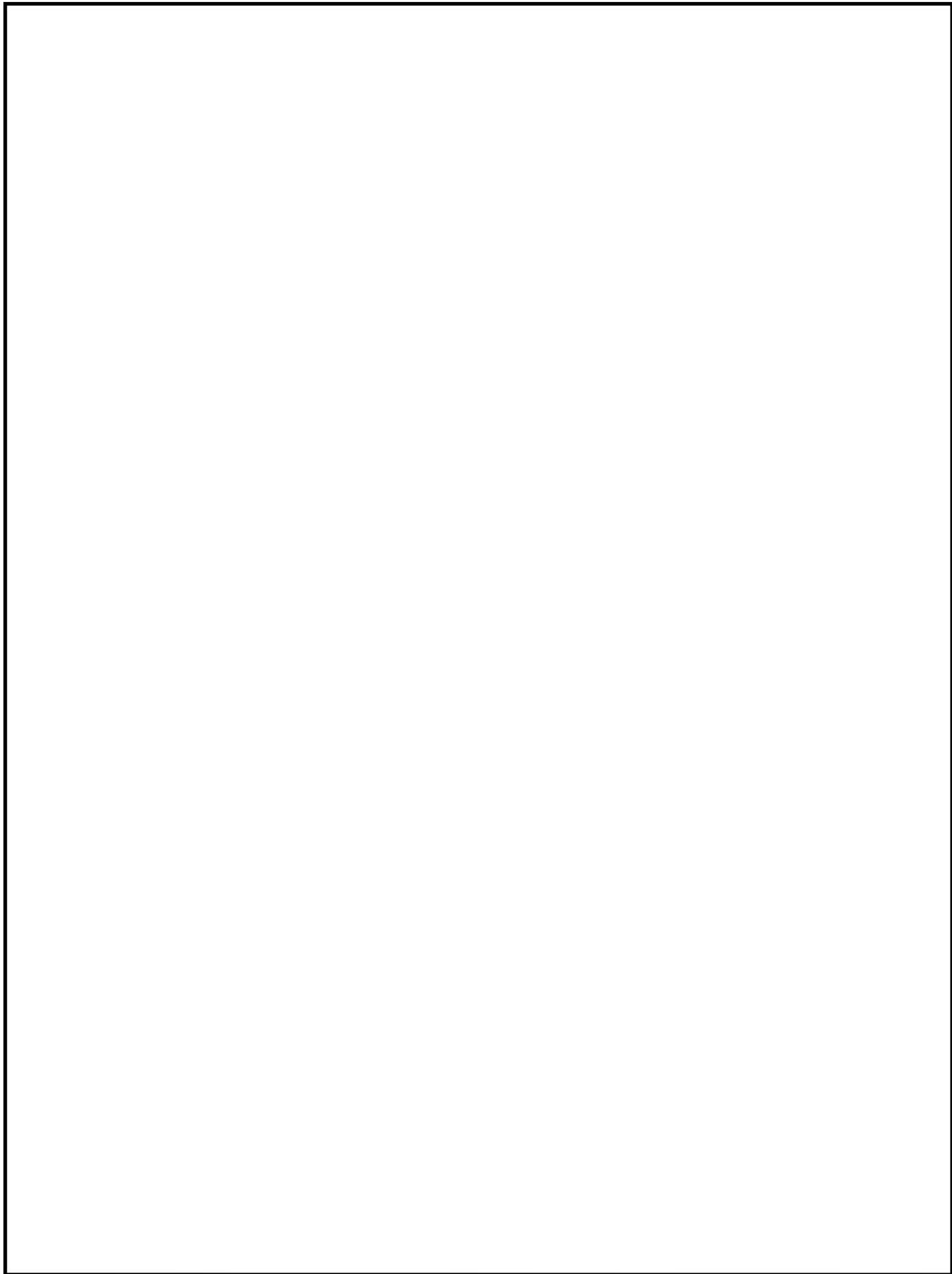
Основа модернізації:

- заміна старої системи ЧПК на сучасну ЧПК NC-220;
- заміна електроприводів, електродвигунів, електроавтоматики;
- новий електромонтаж за новою документацією, що відповідає сучасним вимогам;
- нове сучасне програмне забезпечення;
- установка програмованих контролерів замість релейної автоматики;
- професійна установка лінійних перетворювачів (лінійок);
- установка систем керування SIJECT (SIEMENS) і UC-05 на термопластавтомати;
- автоматизація;
- заміна гідравлічних і пневматичних систем.

Метою модернізації є оснащення верстата сучасною системою ЧПК і приводом подач шпинделя; забезпечення надійності, підвищення точності верстата.

Вихідні дані проекту модернізації:

- допустиме максимальне відносне перерегулювання $\sigma=15\%$;
- час перехідного процесу.



					141.6377. МР. ПЗ. Р2			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Здобувач	Токаренко				Розрахунок та визначення елементів системи керування	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Фролов О.М.						26	
Н. контроль	Фролов О.М.							
Зав. каф.	Михаліченко							
						ХФ НУК 22 ім. адм. Макарова		

2. РОЗРАХУНОК ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розрахунок потужності двигуна та вибір його типу

Сучасний електропривід являє собою конструктивну єдність електромеханічного перетворювача енергії (двигуна), силового перетворювача й пристрою керування. Він забезпечує перетворення електричної енергії в механічну відповідно до алгоритму роботи технологічної установки. Сфера застосування електричного привода в промисловості, на транспорті і в побуті постійно розширюється. В даний час вже понад 60 % усієї виробленої в світі електричної енергії споживається електричними двигунами. Отже, ефективність енергозберігаючих технологій значною мірою визначається ефективністю електропривода. Розробка високопродуктивних, компактних і економічних систем привода є пріоритетним напрямком розвитку сучасної техніки .

В даний час визначилося коло систем регульованого електропривода, які отримали широке розповсюдження:

- короткозамкнений асинхронний двигун з живленням від напівпровідникового перетворювача частоти – ПЧ-АД;
- вентильний двигун на базі синхронної машини – ВД;
- двигун постійного струму з живленням від транзисторного або тиристорного перетворювача – ТП-Д;
- асинхронний вентильний каскад на базі асинхронного двигуна з фазним ротором і тиристорного перетворювача – АВК;

До числа перспективних можна також віднести крокові електродвигуни і вентильно-індукторний електропривід. У модернізації фрезерного верстата 6Р13Ф3 використаємо систему керування слідкуючого електропривода НА-075-НМ-13-15,0-030-Z у приводі вертикальної подачі повзуна, замінемо ЧПК Н33-2М на сучасне ЧПК NC-220. Початковим етапом розрахунку привода є вибір виконавчого двигуна. Від правильного вибору двигуна залежать

забезпечення всіх технологічних режимів обробки і необхідних динамічних характеристик, а також конструкція механічної частини привода.

Постійне здешевлення магнітних матеріалів, а також прискорений розвиток апаратної бази систем керування і пристроїв силової електроніки зробили можливим застосування вентильних двигунів (ВД) у тих областях техніки, де традиційно застосовувалися тільки машини постійного струму або спеціальні асинхронні двигуни. Це пояснюється цілим рядом конструктивних і техніко-експлуатаційних переваг синхронного двигуна з постійним магнітом (СДПМ) в порівнянні з іншими існуючими типами електричних машин, до числа яких можна віднести наступне:

- безконтактність і відсутність вузлів, що вимагають обслуговування. Відсутність у вентильних електродвигунів ковзаючих електричних контактів істотно підвищує їхній ресурс і надійність в порівнянні з електричними машинами постійного струму або асинхронними двигунами з фазним ротором, розширює діапазон досяжних частот обертання. Обмотка якоря СДПМ може бути заживлена більш високою номінальною напругою, тому конструктивна постійна моменту C_m ВД істотно перевищує аналогічну величину класичних машин постійного струму, що дозволяє використовувати при підключенні вентильного електропривода (ВЕП) кабелі меншого перерізу і перетворювачі електричної енергії на менші струми;

- велика перевантажувальна здатність по моменту (короткочасно допустимий момент і струм СДПМ можуть перевищувати номінальні значення в 5 і більше разів);

- висока швидкодія в перехідних процесах за моментом. Абсолютно жорстка механічна характеристика і практично необмежений діапазон регулювання частоти обертання (1:10000 і більше). Можливість регулювання частоти обертання як вниз від номінальної (з постійністю тривало допустимого і максимального моментів), так і вгору (з постійністю потужності);

- найкращі енергетичні показники (ККД і коефіцієнт потужності). ККД вентильних двигунів перевищує 90 % і незначно відхиляється від номінального при варіаціях навантаження, у той час як у серійних асинхронних двигунів потужністю до 10 кВт максимальний ККД становить не більше 87,5 % і істотно залежить від моменту;

- мінімальні струми холостого ходу;

- мінімальні масогабаритні показники при інших рівних умовах. Так як основні електричні та магнітні втрати в роторі СДПМ відсутні, а сучасні рідкоземельні постійні магніти, наприклад, на основі з'єднання «неодим-залізо-бор» здатні забезпечити максимальну індукцію в повітряному зазорі навіть без концентрації потоку на рівні асинхронних машин (до 0,8 Тл.), в СДПМ може бути значно підвищене лінійне навантаження при збереженні сумарних втрат у машині на постійному рівні, що і пояснює більш високу електромеханічну ефективність вентильних двигунів в порівнянні з іншими типами безконтактних електродвигунів змінного струму [3].

У дипломному проекті враховуючи дані високомоментного двигуна $M2$ ($M=13 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $n=1000 \text{ хв}^{-1}$) зробимо заміну на синхронний вентильний електродвигун змінного струму зі збудженням від постійних магнітів НМ-13-15,0-030-Z. [4]

Електродвигун НМ-13-15,0-030-Z є синхронний вентильний електродвигун змінного струму зі збудженням від постійних магнітів, розташованих на роторі. Він має трьохфазну обмотку якоря. Фазні обмотки якоря електродвигуна з'єднані трикутником. Синусоїдальна форма струму через фазні обмотки якоря двигуна дозволяє забезпечити згладжування кривої моменту при низькій швидкості обертання, необхідну в металообробці.

Електродвигун має безконтактний комбінований фотоелектричний датчик (енкодер), який поєднує функції датчика положення ротора (ДПР) і датчика кутових переміщень (2500 імпульсів на один оборот). ДПР забезпечує правильну роботу електронного комутатора під час пуску електродвигуна і в його робочому режимі. Датчик кутових переміщень

перетворює вимірюване переміщення в послідовність електричних сигналів, яка несе в собі інформацію про величину і напрямок переміщення. Цей датчик виконує функцію датчика зворотнього зв'язку (ДЗЗ) в системах, що стежать.

Таблиця 2.1 – Основні параметри електродвигуна

Параметр	Позначення
Максимальна швидкість $n_{\text{макс}}$, об/хв	3000
Довготривалий момент $M_{\text{д0}}$, Н·м	15
Максимальний момент $M_{\text{макс}}$, Н·м	45
Номінальний струм $I_{\text{н}}$, А	11
Момент інерції ротору J , кг·см ²	48
Номінальна потужність $P_{\text{н}}$, кВт	4,5
Маса, кг	18

2.2 Вибір комплектного електропривода та опис його роботи

До приводу вертикальної подачі повзуна пред'являються такі вимоги:

1) привід подач повинен регулюватися при постійному моменті ($M=\text{const}$). У механізмах подач основне зусилля витрачається на подолання сил тертя при переміщенні вузла верстата;

2) приводи подач повинні забезпечувати надширокий діапазон регулювання ($D>10000$), так як у верстатах з ЧПК мінімальна подача визначається дискретністю керування та зворотнього зв'язку. Тільки при відпрацюванні приводом кожної дискрети можуть бути забезпечені висока точність і мала шорсткість при обробці;

3) приводи подач повинні мати високі швидкість швидкого ходу і швидкодію при розгоні-гальмуванні і при скиданні-накиданні навантаження.

У даному проекті запропоновано модернізувати привід вертикальної подачі фрезерного верстата за допомогою впровадження системи керування слідкуючого електропривода НА-075-НМ-13-15,0-030-Z замість існуючого електропривода постійного струму.

Електропривід НМ-13-15,0-030-Z представляє собою регульований (слідкуючий) однокоординатний реверсивний електропривід змінного струму з тривалим моментом на валу від 1,0 до 48,0 Н·м. Електроприводи застосовуються для швидкодіючих механізмів подачі металообробних верстатів, у тому числі з числовим програмним керуванням, для виконавчих механізмів промислових роботів, механізмів гнучких виробничих систем і для інших механізмів слідкуючих систем, які вимагають точних переміщень і регулювання швидкості обертання в широкому діапазоні.

2.2.1 Функціональна схема електропривода та його складові частини

До складу електропривода НА-075-НМ-13-15,0-030-Z входять перетворювач серії НА-075 і електродвигун серії НМ-13-15,0-30-Z. Функціональна схема електропривода у режимі контролю швидкості зображено на рис. 2.2.

Перетворювач НА-075 забезпечує керування електродвигуном. Перетворювач НА-075 побудований на базі силових ключів на IGBT транзисторах, які являють собою комбінацію біполярного та польового транзисторів. Перетворювач НА-075 забезпечує керування електродвигуном.

Перетворювач НА-075 побудований на базі силових ключів на IGBT транзисторах, які являють собою комбінацію біполярного та польового транзисторів. Перетворювач має мікропроцесорне керування на основі вдосконаленого 16 розрядного DSP контролера (Digital Signal Processor) забезпечення цифрового контролю за швидкістю і за положенням.

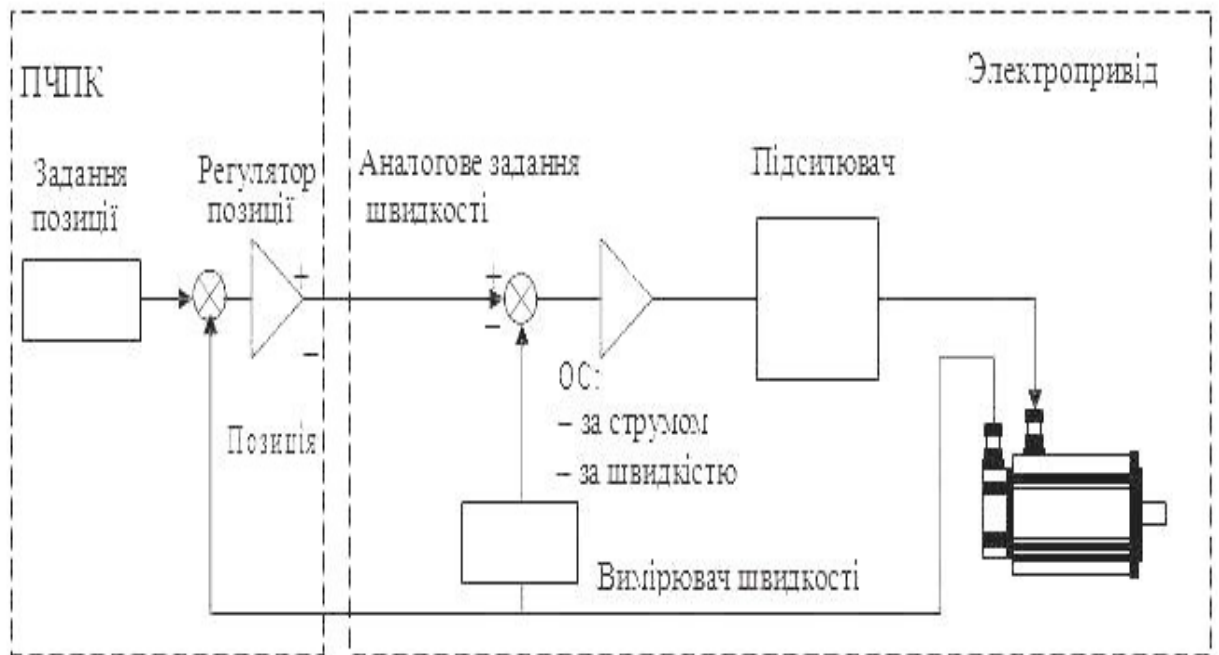


Рисунок 2.2 - Функціональна схема електропривода у режимі контролю швидкості

Перетворювач НА-075 має вбудований блок живлення. Конструктивно перетворювачі НА-075 випускають у блочному варіанті виконання, вони мають цифрову панель оператора з дисплеєм і чотири кнопки керування.

Використовуючи програмне забезпечення, панель індикації і кнопки керування, можна встановити один з режимів роботи перетворювача, вибрати електродвигун, з яким може працювати перетворювач, і налаштувати його робочі параметри, відобразити на панелі індикації стан електропривода, редагувати раніше введені параметри.

Живлення електропривода відбувається від трифазної промислової мережі змінного струму частотою 50 Гц з лінійною напругою 380 В.

Електроприводи НА-НМ можуть бути двох типів: без гальма і з вбудованим гальмом для фіксації осі верстата при відсутності живлячої напруги. Ми вибираємо електропривід з вбудованим гальмом.

За видом керування електропривід є цифроаналоговим. Електропривід має зворотній зв'язок за швидкістю.

Таблиця 2.2 – Основні параметри комплектного електропривода

Параметр	Позначення
Максимальна швидкість $n_{\text{макс}}$, об/хв	3000
Довготривалий момент $M_{\text{до}}$, Н·м	15
Максимальний момент $M_{\text{макс}}$, Н·м	45
Номинальна потужність $P_{\text{н}}$, кВт	4,5
Наявність гальма	є
Номинальна напруга живлення $U_{\text{живл}}$, В	3-х фазна змінна мережа з лінійною напругою 380 В, 50 Гц

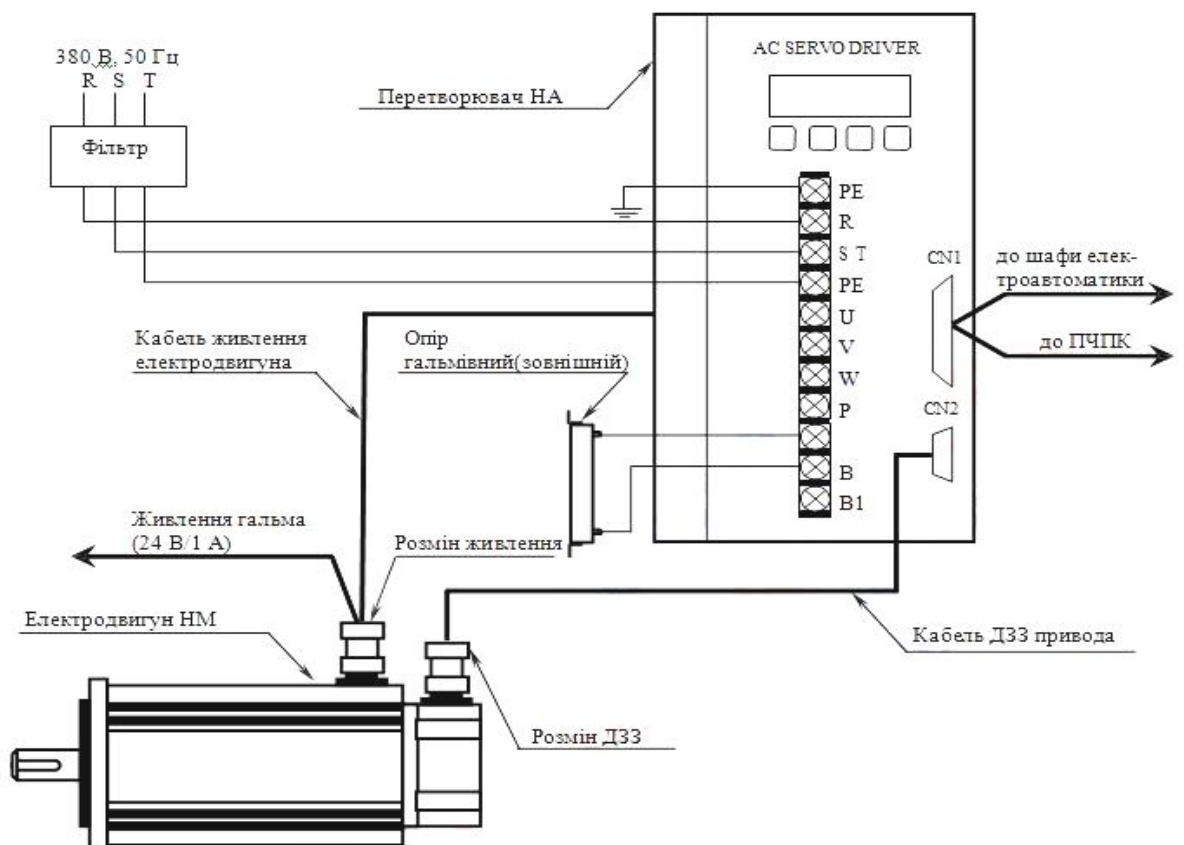


Рисунок 2.3 – З'єднання складових частин електропривода НА-НМ

Електропривід НА-075-НМ-13-15,0-030-Z складається з перетворювача серії НА-075 і електродвигуна НМ-13-15,0-030-Z. З'єднання складових частин електропривода між собою показано на рисунку 2.3.

2.2.2 Перетворювач частоти та його параметри

Основні параметри перетворювача НА-075 наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні параметри перетворювача НА-075

Позначення	НА-075
Вид	НМ-13-15,0-030-Z
Номінальний струм $I_{н}$, А електродвигуна	8
Максимальний струм електродвигуна $I_{макс}$, А	75
Маса, кг	7,2
Габаритні розміри, мм	280,0×134,5×225,5
Напруга живлення $U_{живл}$, В	3-х фазна мережа змінного струму з лінійною напругою 380 В/ 60 Гц

До інтерфейсу перетворювача відноситься наступні характеристики:

- 1) вид вхідного сигналунапруга постійного струму;
- 2) рівень вхідного сигналу
 - а) логічний «0» 0-7 В;
 - б) логічна «1»..... 15-30 В;
- 3) номінальний вхідний струм 16 мА/24 В;
- 4) електрична міцність оптоізоляції понад 1500 В.

Характеристики вихідних сигналів:

- 1) тип виходу..... відкритий колектор;
- 2) комутуюча напруга 15-30 В;
- 3) номінальний вихідний струм 40 мА/24 В.

Вид керування:

1) цифровий:

- а) тип входу..... диференціальний;
- б) амплітуда сигналів 0-5 В;
- в) діапазон вхідного струму 7-15 мА;

2) аналоговий:

- а) тип входу..... диференціальний;
- б) вхідний опір 10 кОм;
- в) вхідна напруга ± 10 В.

Вихідні сигнали датчика зворотнього зв'язку:

- 1) номенклатура імпульсних сигналів..... А+, А-, В+, В-, Z+, Z-;
- 2) рівень імпульсних сигналів:
 - а) логічний «0»..... 0-0,5 В;
 - б) логічна «1» 2,40-5,25 В.

Вид перетворювача транзисторний.

Полоса пропуску частот замкненого контуру

регулювання швидкості понад 100 Гц.

Діапазон регулювання швидкості 1:10000.

Зовнішнє додаткове живлення..... +24 В/100 мА.

Гальмівний опір для двигунів з $M_d \geq 10$ Нм.... зовнішній 100 Ом, 100В.

Ступінь захисту оболонки.....IP20.

Експлуатаційні характеристики:

- температура навколишнього повітря0...45 °С;
- відносна вологість повітря 95 % при 25 °С;
- температура перетворювача.....0...55 °С;
- температура електродвигуна0...85 °С;
- вібрація 0,5 G.

Допустимі відхилення живлячої мережі:

- напруга живлячої мережі від -20 до +15 % номіналу;
- частота живлячої мережі±2 % від номіналу.

2.3 Схема підключення електропривода в режимі контролю швидкості

Схема підключення електропривода серії НА-НМ в режимі контролю швидкості представлена на рисунку 2.4.

У комплект поставки електропривода серії НА-НМ входять відповідні частини зовнішніх роз'ємів перетворювача та електродвигуна, які на схемі підключення мають позначення Х1-Х4. Ці роз'єми використовуються для виготовлення кабелів зв'язку:

Х1 – вилка DBH 44-М з корпусом Н-25 використовується для розпаювання кабелю зовнішнього інтерфейсу перетворювача (гніздо «CN1»);

Х2 – вилка DBH 15-М з корпусом Н-9 використовується для розпаювання кабелю ДОС привода НА-НМ з боку перетворювача (гніздо «CN2»);

Х3 – розетка для розпаювання кабелю живлення двигуна НМ;

Х4 – розетка для розпаювання кабелю ДОС двигуна НМ.

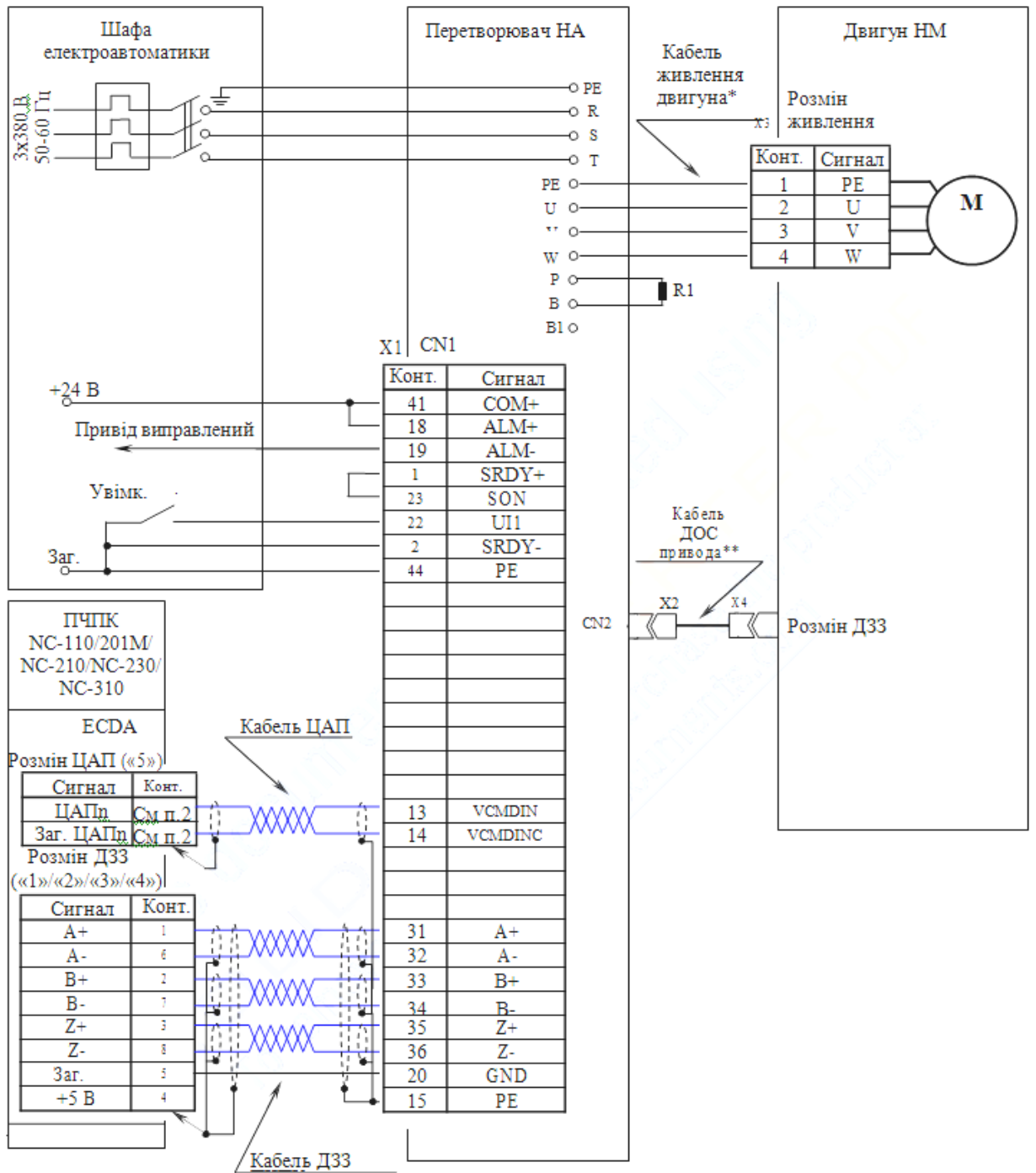


Рисунок 2.4 - Схема підключення електропривода НА-НМ у режимі контролю швидкості

2.4 Визначення гальмівного опору

У електроприводі НА-075-НМ-13-15,0-030-Z використовується зовнішній гальмівний опір RXHG-200W30RJ, який показаний на рисунку 2.5.

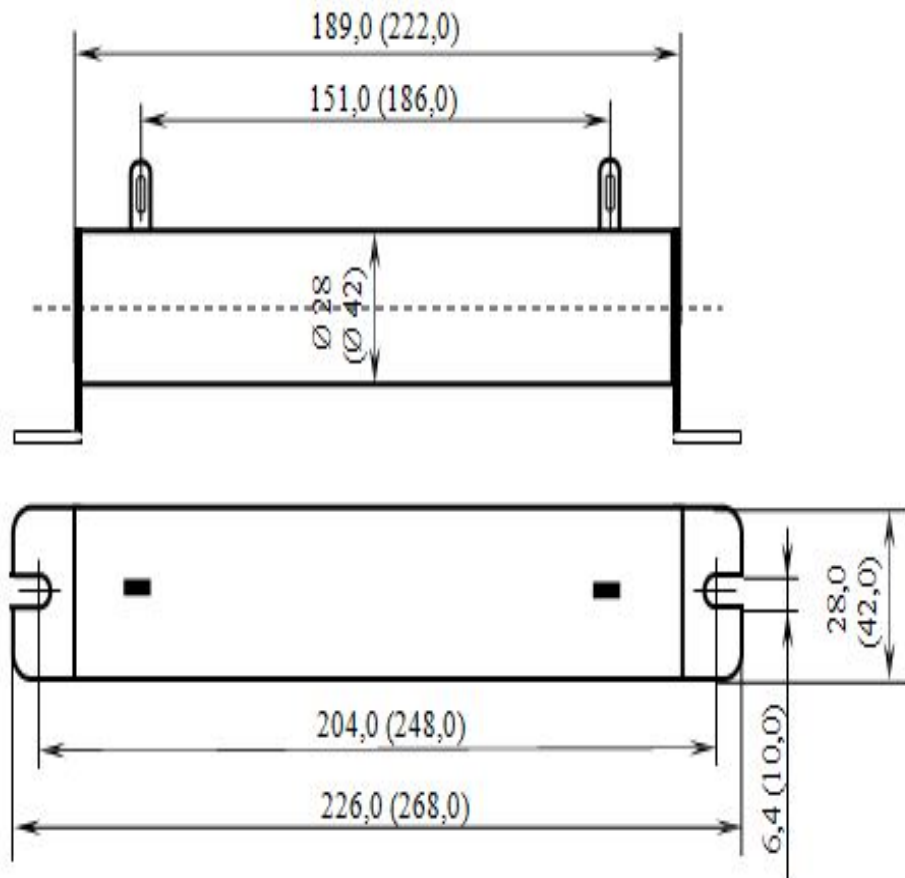


Рисунок 2.5 – Габаритні й установчі розміри гальмівного опору типу RXHG-200W30R

Перетворювач HA-075 електропривода має мікропроцесорне HA-075-НМ-13-15,0-030-Z керування з цифровим внутрішнім інтерфейсом на базі DSP контролера.

Основна керуюча програма (КП) контролера зберігається в ППЗП перетворювача. Алгоритм керуючої програми включає необхідні операції, що визначають налагодження електропривода та його роботу, операції з діагностики аварійних ситуацій в роботі електропривода, а також операції по роботі з цифровою панелю оператора (введення/виведення інформації, відображення інформації).

Програмування електропривода здійснюється через систему параметрів. Через параметри перетворювача можна задати комплектний електродвигун, задати режим роботи і перелік виконуваних функцій, зробити необхідне

налагодження робочих параметрів електродвигуна, відобразити на індикаторі цифрової панелі інформацію про стан електропривода, а також дозволити або заблокувати видачу на індикатор цифрової панелі номери повідомлення про причини аварії.

Виконання функцій програмування, керування і контролю в системі оператор-електропривід здійснюється через цифрову панель оператора, яка розташована на панелі перетворювача НА.

2.5 Визначення параметрів програми керування

Перелік параметрів програмування електропривода наведено в таблиці 2.4. Прийнято наступне позначення режимів роботи електропривода: S – контроль по швидкості.

Таблиця 2.4 – Програмне забезпечення

Позначення параметра	Найменування параметра	Режим	Діапазон зміни параметра	Одиниця вимірування параметра	Заводська установка параметра
PA00	Рівень доступу	–	–	–	0
PA01	Вибір електродвигуна	–	0-63		
PA03	Режим «Монітор»	–	0-20	–	0
PA04	Вибір режиму роботи	–	0-7	–	1
PA21	Задання швидкості у режимі ручних переміщень	S	0–30000	0,1 (об/хв)	2000

Продовження таблиці 2.4

Позначення параметра	Найменування параметра	Режим	Діапазон зміни параметра	Одиниця вимірування параметра	Заводська установка параметра
РА24	Внутрішня швидкість 1	S	±30000	0,1 (об/хв)	0
РА25	Внутрішня швидкість 2	S	±30000	0,1 (об/хв)	0
РА26	Внутрішня швидкість 3	S		0,1 (об/хв)	0
РА27	Внутрішня швидкість 4	S	±30000	0,1 (об/хв)	0
РА28	Задана швидкість	S	0–30000	0,1 (об/хв)	5000
РА21	Задання швидкості режимі ручних переміщень	S	0–30000	0,1 (об/хв)	2000
РА24	Внутрішня швидкість 1	S	±30000	0,1 (об/хв)	0
РА25	Внутрішня швидкість 2	S	±30000	0,1 (об/хв)	0
РА26	Внутрішня швидкість 3	S		0,1 (об/хв)	0
РА38	Обмеження	S	0–500	%	300

Продовження таблиці 2.4

Позначення параметра	Найменування параметра	Режим	Діапазон зміни параметра	Одиниця вимірування параметра	Заводська установка параметра
РА43	Налагодження «нульового» сигналу задання швидкості	S	± 32767	–	0
РА44	Налагодження значення швидкості при обертанні часової стрілки	S	0–8192	–	4096
РА45	Налагодження значення швидкості при обертанні проти часової стрілки	S	0-8192	–	4096
РА	Налагодження малих значень швидкості при обертанні проти часової стрілки	S			

2.6 Вибір пристрою для програмного керування електроприводом

Компактний модульний пристрій ЧПК NC-220 (рисунок 2.6), в якому об'єднані в єдине ціле блок керування, пульт оператора, верстатний пульт і програмне забезпечення з високим ступенем функціональності. Ці якості пристроїв ЧПК в поєднанні з низькою ціною дозволяють ефективно використовувати їх для керування токарними, фрезерними, лазерними, газоплазмового та іншим типами верстатів укомплектованими цифровими і кроковими.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд NC-220

Основні характеристики NC-220:

- дисплей: 10,4”;
- коректори: F%, S%, MODE;
- герметизована кнопкова клавіатура;
- кнопки: «ПУСК», «СТОП»;
- кнопка аварійного вимкнення (Грибок);
- функціональна клавіатура для реалізації верстатного пульта;

- стандартне фрезерно-токарне програмне забезпечення;
- канал FDD, RS-232, Ethernet, USB;
- мережева підтримка LAN (Ethernet);
- накопичувач USB: 128 Мб;
- кабелі FDD, USB-FLASH;
- емулятор ПЧПК для PC;
- розміри: 439×340×140.

Пристрій числового програмного керування (ПЧПК) є програмно керованим пристроєм, має апаратну і програмну частини. Структурна схема ПЧПК представлена на рисунку 2.7. Структура ПЧПК включає блок керування (БК), пульт оператора (ПО) і блок живлення (БЖ).

БК керує роботою ПЧПК і зовнішнього обладнання, що підключається. БК включає модулі CPU ECDP, I/O і модуль шини ПЧПК NC220-4. Ядром БК є плата CPU. Взаємодія плат CPU і ECDP забезпечують сигнали зовнішньої локальної шини процесора ISA BUS. Сигнали інтерфейсу керування додатковими пристроями вводу/виведення виробляє CPU через інтерфейси зовнішніх пристроїв: RS-232/485, FDD, VGA, KEYBOARD, LAN.

ПО забезпечує виконання всіх функцій керування і контролю в системі «ОПЕРАТОР – ПЧПК – ОБ’ЄКТ КЕРУВАННЯ». Структура ПО включає в себе блок дисплея, блок клавіатури, плату перемикачів, плату індикації, мережевий та аварійний вимикачі. Сигнали керування від CPU надходить на дисплей від інтерфейсу LCD 24bit по внутрішньому кабелю. Зв’язок блоку клавіатури з платою CPU здійснюється сигналами інтерфейсу клавіатури ЕХКВ через плату ECDP, модуль шини і кабель. БЖ забезпечує ПЧПК необхідним набором живлячих напруг. Живлення на складові частини ПЧПК від БЖ надходить через модуль шини ПЧПК.

Зв’язок ПЧПК з об’єктом керування та додатковими пристроями вводу/виведення здійснюється через зовнішні роз’єми.

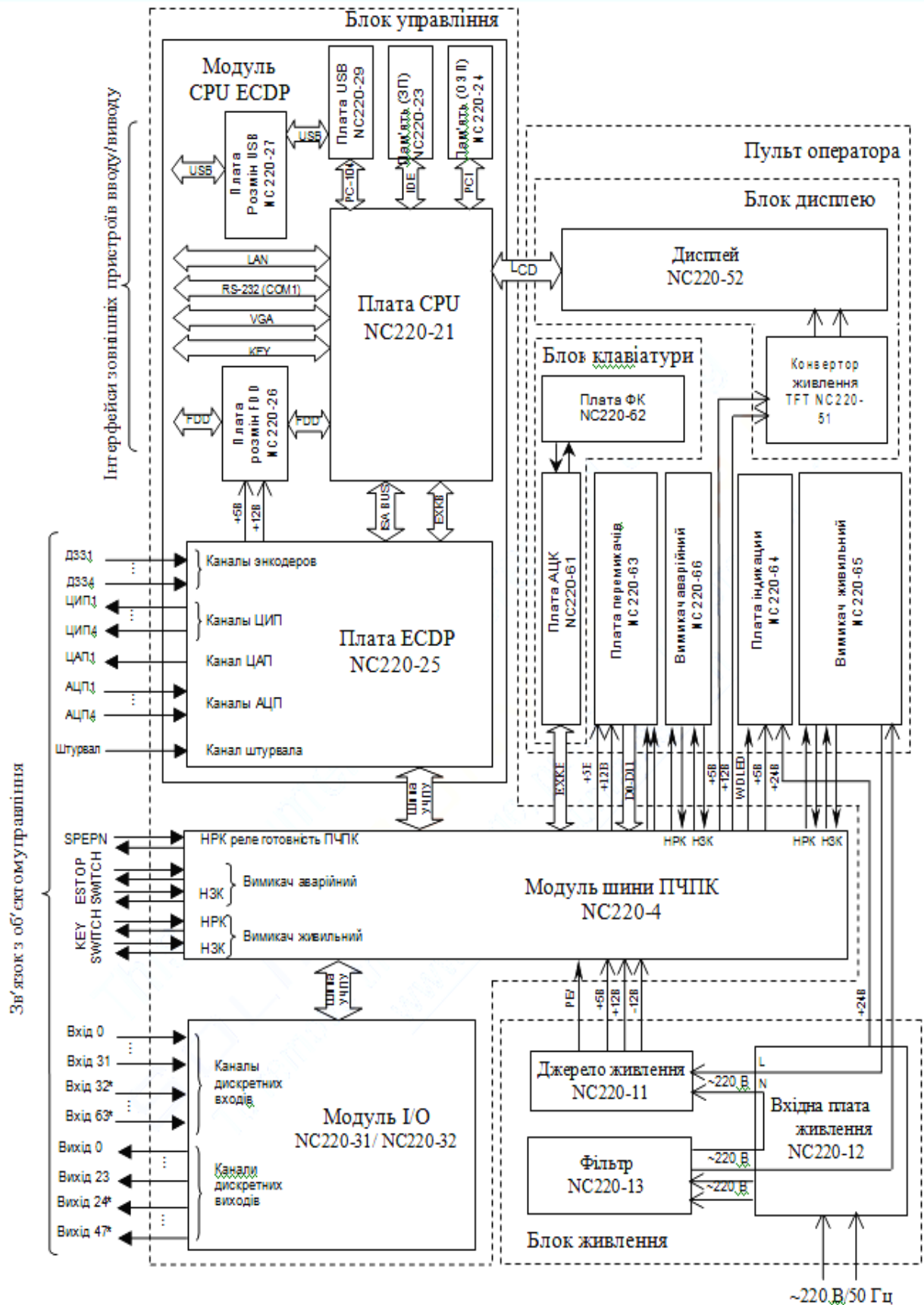
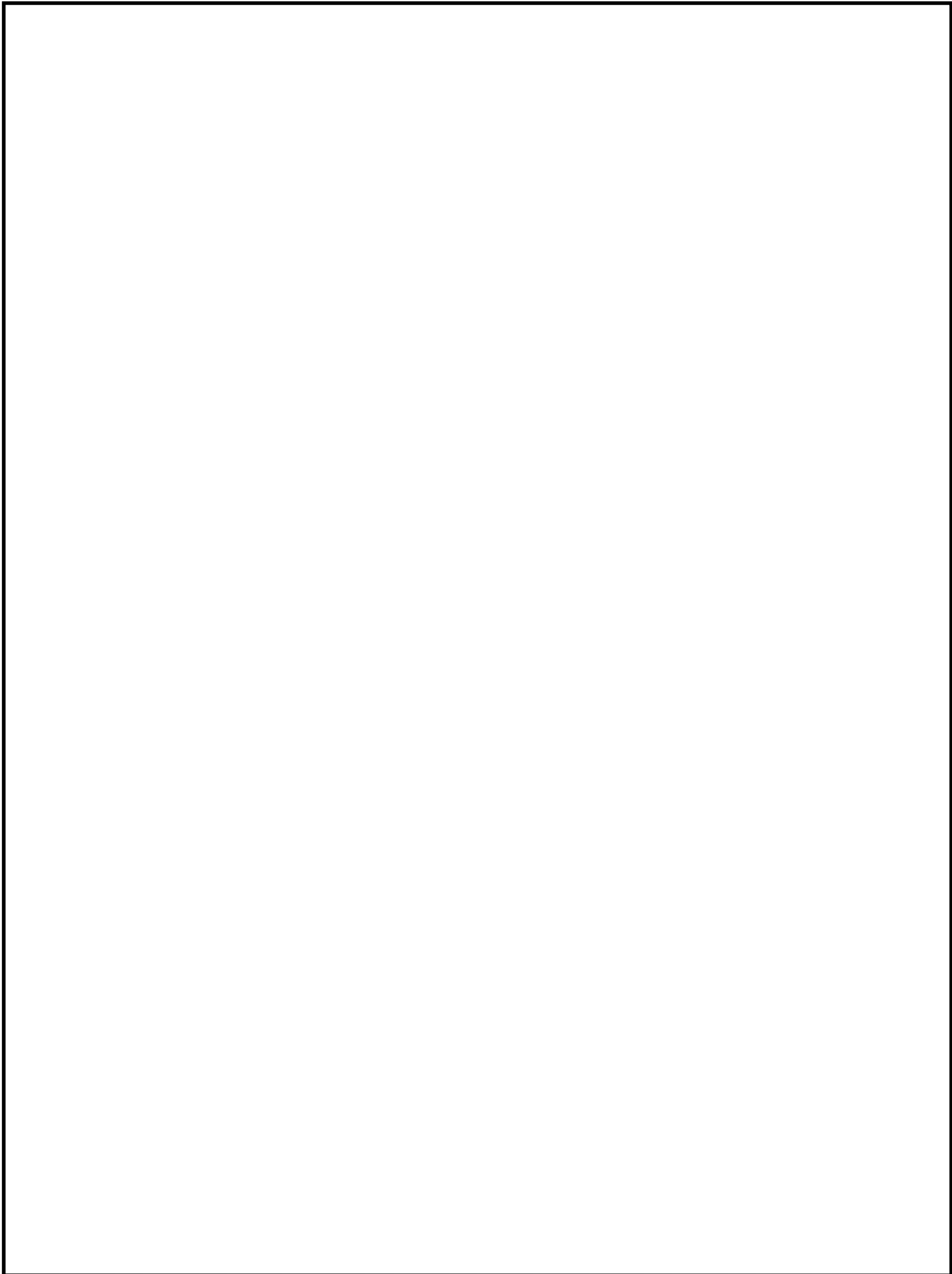


Рисунок 2.7 - Структурна схема ПЧПК NC-220



					141.6377. МР. ПЗ. РЗ			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Розробка математичної моделі системи керування електроприводом	Літ.	Аркуш	Аркушів
Здобувач	Токаренко						45	
Керівник	Фролов О.М							
Н.контроль	Фролов О.М							
Зав. каф.	Михаліченко							
						ХФ НУК ім. адм. Макарова		

3. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

3. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

3.1 Математичний опис двигуна без заспокійливої обмотки

На статорі синхронного двигуна розташовується трьохфазна обмотка. При живленні обмотки від трьохфазного джерела напруги струми, що протікають в ній, створюють магнітне поле, що обертається з синхронною швидкістю. На роторі розташована однофазна обмотка збудження, яка живиться від джерела постійного струму. Наявність постійного струму збудження приводить до виникнення власного магнітного поля ротора, нерухомого щодо ротора. Це поле зчіплюється з обертовим полем статора і змушує ротор обертатися з тією ж швидкістю, що і поле статора. Тому швидкість двигуна в установленому режимі завжди дорівнює синхронній швидкості ω_0 , яка однозначно визначається значенням частоти напруги живлення і числом пар полюсів обмотки статора, тобто дорівнює ω_{0el}/p_p . Миттєве відхилення швидкості двигуна від синхронної має місце лише в перехідних процесах, викликаних, наприклад, зміною навантаження на валу двигуна. Після закінчення перехідного процесу, якщо момент навантаження не перевищує деякого максимально допустимого значення, швидкість знову повертається до значення ω_0 .

Синхронні двигуни в залежності від їх конструктивного виконання поділяються на двигуни з явнополюсним і неявнополюсним роторами. У першому випадку полюса ротора виготовляються окремо від заготівлі ротора. На сердечники з електротехнічної сталі встановлюються котушки обмотки збудження, і потім готові полюса з котушками кріпляться на роторі. У другому

випадку в листах електротехнічної сталі, з яких набирається магнітопровід ротора, передбачаються радіальні вирізи. Після складання ротора на його поверхні утворюються поздовжні пази, в які укладаються котушки обмотки збудження. У спеціальні пази в полюсних наконечниках по довжині ротора закладаються стержні демпферної (пускової) обмотки. Стержні з торців ротора об'єднуються короткозамикаючими сегментами, а сегменти окремих полюсів об'єднуються перемичками, в результаті чого утворюється короткозамкнена обмотка типу білячої клітки. Ця обмотка забезпечує пуск синхронного двигуна. У процесі пуску він розганяється, а після виходу на підсинхронну швидкість на обмотку ротора подається напруга збудження і двигун втягується в синхронізм. На час пуску обмотка збудження, щоб уникнути появи великого ЕРС на її затискачах, замикається накоротко або на опір. Демпферна обмотка сприяє так само демпфіруванню коливань ротора, що виникають у перехідних процесах. В установленному синхронному режимі, коли швидкість поля статора та швидкість ротора рівні один одному, струм в демпферній обмотці відсутній.

Наслідком конструктивної відмінності машини з явнополюсним ротором (явнополюсної машини) і машини з неявнополюсним ротором (неявнополюсної машини) є те, що в першому випадку індуктивності обмотки статора по прямій осі, яка співпадає з віссю полюсів ротора і позначається як ось d , і по квадратурній осі, що позначається як ось q , неоднакові. У другому випадку ці індуктивності рівні одна одній.

Зазвичай синхронні двигуни – це великі машини потужністю від десятків до десятків тисяч кіловат при синхронній швидкості від 100 до 3000 об/хв, які використовуються у потужних нерегульованих електроприводах. Тим не менш регулювання швидкості синхронного двигуна при роботі від регульованого джерела живлення можливо шляхом зміни частоти напруги на статорі.

Розглянемо електромагнітні процеси в синхронному двигуні з найбільш простого випадку, коли демпферна обмотка на роторі відсутня. Будемо розглядати двигун з явнополюсним ротором, маючи на увазі, що для переходу

від явнополюсної до неявнополюсної машині достатньо в математичному описі двигуна прирівняти одну одній індуктивності обмотки статора по двох осях.

При математичному описі двигуна, введемо в розгляд систему координат $d-q$, пов'язану з ротором і обертається разом з ним.

Рівняння рівноваги напруг статора

$$p\tilde{\Psi}_1 = \tilde{U}_1 - R_1\tilde{I}_1 - j\omega_{\text{сел}}\tilde{\Psi}_1$$

може бути безпосередньо використане в математичному описі синхронного двигуна, якщо входять до нього просторові вектори представити через їх проекції на осі координат:

$$\tilde{U}_1 = u_{1d} + ju_{1q}; \quad \tilde{I}_1 = i_{1d} + ji_{1q}; \quad \tilde{\Psi}_1 = \Psi_{1d} + j\Psi_{1q}.$$

У обмотці збудження синхронної машини протікає постійний струм. Напруга на обмотці збудження u_f , струм в ній i_f потокозчеплення ротора Ψ_f можуть бути представлені просторовими векторами, нерухомими відносно ротора і, які обертаються разом з ним, а отже, разом із системою координат $d-q$. У цьому сенсі вони не відрізняються від просторових векторів, утворених у результаті розгляду трьохфазної системи статорних напруг, струмів та потокозчеплення. Тому, направивши ось речових d по осі обмотки збудження, тобто за вектором потокозчеплення ротора і збігається з ним у напрямку векторах напруги і струму збудження, роторні величини, пов'язані між собою рівністю $u_f = R_f i_f + p\Psi_f$ можна розглядати як проекції просторових векторів на ось координат d .

Для розгляду зв'язку між струмами і потокозчеплення зручно скористатися моделлю двигуна, представленої на рис. 3.1. У моделі трьохфазна обмотка статора замінена двома, нерухомими відносно обертаючої системи

координат d - q , обмотками, які характеризуються активним опором R_1 , і індуктивностями L_{1d} і L_{1q} . Осі цих обмоток направлені по осях координат d і q .

До них включені напруги постійного струму по прямій і квадратурній осях u_{1d} і u_{1q} , в результаті чого по обмотках протікають струми i_{1d} і i_{1q} . До обмотки ротора з опором R_f і індуктивністю L_f докладена напруга збудження i_f , струм в ній позначений як i_f . З рис. 3.1 видно, що при прийнятому напрямку осей координат потокозчеплення статора по осі d визначається струмами i_{1d} і i_f , а по осі q – тільки струмом i_{1q} .

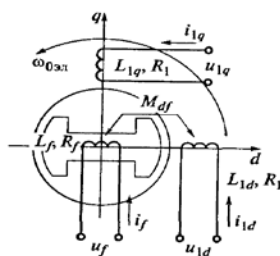


Рис. 3.1. Модель синхронного двигуна в оберտальній системі координат

З урахуванням сказаного математична модель електромагнітних процесів в синхронному двигуні без демпферної обмотки може бути представлена у вигляді системи рівнянь для проєкцій узагальнених векторів на осі обертаючої системи координат:

$$u_{1d} = R_1 i_{1d} + p\Psi_{1d} - \omega_{0\text{ел}} \Psi_{1q};$$

$$u_{1q} = R_1 i_{1q} + p\Psi_{1q} + \omega_{0\text{ел}} \Psi_{1d};$$

$$u_f = R_f i_f + p\Psi_f;$$

$$\Psi_{1d} = L_{1d} i_{1d} + M_{df} i_f;$$

$$\Psi_{1q} = L_{1q} i_{1q};$$

$$\Psi_f = L_f i_f + M_{fd} i_{1d},$$

де R_1, R_f – опори фази обмотки статора і обмотки збудження відповідно;

L_{1d}, L_{1q} і L_f – повні індуктивності обмоток статора по осях d і q і повна індуктивність обмотки збудження відповідно;

M_{df} – коефіцієнт взаємної індукції між обмоткою збудження і обмоткою статора по осі d , $M_{df} = M_{fd}$ [5].

3.2 Функціональна схема системи керування обраного електропривода

Для керування вентильним двигуном (ВД) застосована двоконтурна структура електропривода змінного струму з контурами струму і швидкості.

Задача контуру струму – забезпечити сталість струму інвертора і, отже, сталість середнього моменту двигуна в заданому діапазоні швидкостей і в межах допустимого значення струму. Контур швидкості повинен забезпечити необхідну жорсткість механічної характеристики ВД і необхідні динамічні показники електропривода. Дана двоконтурна система керування може будуватися за принципом підпорядкового регулювання. При цьому завдання на струм надходить з виходу регулятора швидкості РШ. Для ВД з постійним магнітом і живленням від мережі через некерований випрямляч, що характерно для електроприводів невеликої потужності. Досить простим і забезпечує практично астатичні регулювання струму є релейний регулятор струму РРС. Функціональна схема замкненої системи керування електроприводом наведена на рисунку 3.2. В якості регулятора швидкості використовуємо ПІ-регулятор, на вхід якого надходить різниця сигналів завдання швидкості $u_{зш}$ і зворотнього зв'язку. Сигнал зворотнього зв'язку подається з датчика швидкості ВР. Схема доповнена вузлом фазосмещення ФЗВ, що здійснюють автоматичний випереджальний зсув кута комутації ключів в області високих швидкостей для зменшення пульсацій динамічного струму в двигуні. Сигнали з виходу розподільника імпульсів РІ подаються через ключі D1 і D2 на формувач імпульсів ФІ. Вихідні сигнали ФІ надходять на плечі автономного інвертора АІ, підключеного до джерела живлення ДЖ з випрямленою напругою U_d .

Регулятор струму, який керує ключами інвертора, підтримує релейним способом задане значення струму в межах

$$I_3 - \Delta I_{\text{доп}} \leq i \leq I_3 + \Delta I_{\text{доп}} \quad (3.1)$$

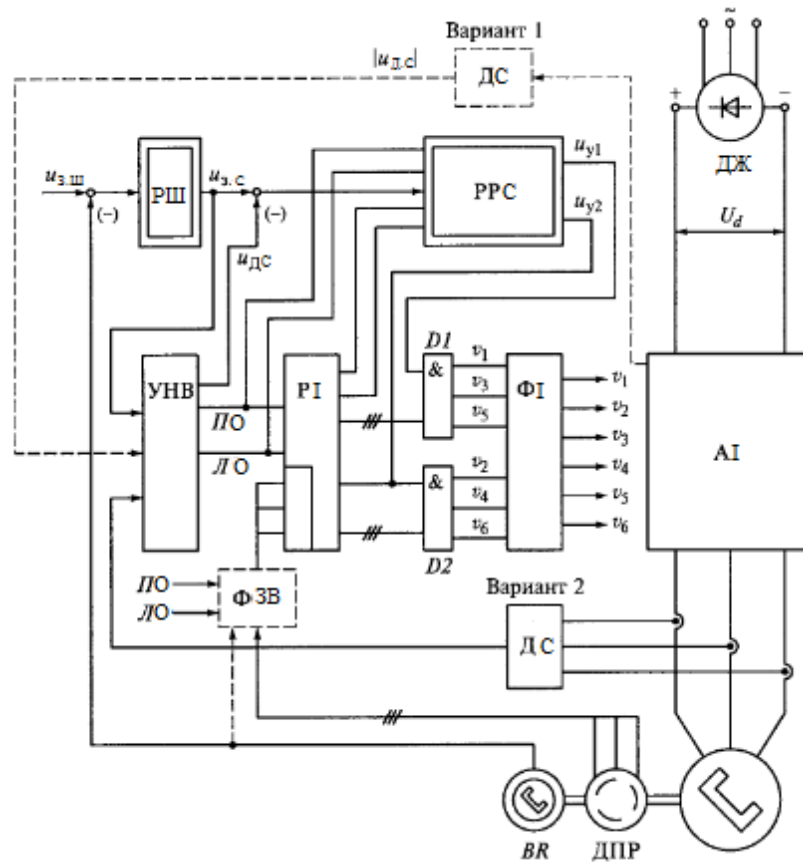


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи керування електропривода подач шпинделя

Умова (3.2) виконується за рахунок відповідної комутації ключів інвертора, яка створює чергування трьох режимів інвертора:

R2 – комутація всіх ключів обох груп комутатора для ПО або ЛО (споживання струму двигуном);

R0 – заборона на комутацію обох груп (струм від двигуна через зворотній міст спрямований зустрічно напрузі випрямляча, його енергія витрачається на підзарядку конденсатора і в розрядному резисторі –короткочасний генераторний режим з поверненням енергії);

P1 – заборона на комутацію ключів однієї групи (ланцюг струму замикається накоротко через працюючу групу і зворотній міст – режим динамічного гальмування).

Алгоритм РРС побудований таким чином, що при $i=I_3$, вмикається режим P1. Через невелику тимчасову затримку $\tau_1 \approx 1$ мс відбувається перемикання з режиму P1 на режим P2, якщо $I_3 - \Delta I_{\text{доп}} < i < I_3$, або на режим P0, якщо $I_3 - \Delta I_{\text{доп}} > i > I_3$.

Проміжний режим P1 може бути і дуже короткочасним, якщо струм за менший, ніж τ_1 , час $\tau_{1\text{min}} \approx 0,3$ мс досягає граничного значення $I_3 - \Delta I_{\text{доп}}$ або

$$I_3 + \Delta I_{\text{доп}}.$$

Дане перемикання режимів комутатора в функції струму релейним способом дозволяє підтримувати задане значення струму в допустимих межах.

Релейний регулятор струму складається з двох блоків (рисунок 3.3) – вибору режимів комутатора (БРК) та керування ключами комутатора (БУК).

Вхідний аналоговий сигнал $\Delta u = u_{3,c} - u_{d,c}$ перетворюється блоком БРК в два логічних сигнали – u_1 , відповідний режимам P2 для ПО і P0 для ЛО, і u_2 , відповідний режимам P0 для ПО і P2 для ЛО. Вихідний логічний блок БУК перетворює сигнали u_1 і u_2 з урахуванням заданого напрямку обертання в два вихідних керуючих сигнали u_{y1} і u_{y2} .

Швидкодія контуру струму з РРС можна наближено оцінити за мінімальною періоду відпрацювання циклового задання на струм

$$T_{\text{к.с min}} \approx 2(\tau_{1\text{ min}} + \tau_1 + \tau_0 + \tau_{\text{ДС}}),$$

де τ_0 – час затримки при перемиканні напрямлення обертання, мс; $\tau_{\text{ДС}}$ – тимчасова затримка сигналу датчика струму, мс.

Контур струму з релейним регулятором по динаміці близький до безінерційного ланцюга. З урахуванням невеликої постійної часу фільтра $T_{\text{ф}}$ в

ланцюзі датчика струму передаточна функція замкнутого контуру струму буде мати вигляд

$$W_{KC}(p) = \frac{i}{u_{zc}} = \frac{1/k_{zc}}{T_{\phi}p + 1}, \quad (3.2)$$

де $T_{\phi} \approx 1,0 \dots 1,5$ мс.

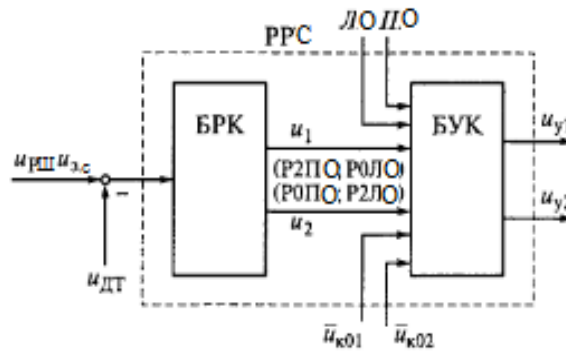


Рисунок 3.3 – Схема релейного регулятора струму

При постійному струмі інвертора $I = u_{zc}/k_{zc} = \text{const}$ момент двигуна, що має пульсації на кожному обороті ротора, в середньому залишається постійним і рівним $p_n I_q \psi_v$ оскільки середня величина I_q , пропорційна струму інвертора I . Механічна характеристика двигуна представляє собою вертикальну лінію в межах, обмежених напругою живлення інвертора.

3.3 Структурна схема системи керування електроприводом подач шпинделя

Контур регулювання струму входить до складу контуру регулювання швидкості, в якому використовується ПІ-регулятор швидкості. З урахуванням отриманої передаточної функції (3.2) може бути побудована наближена лінеаризована і невраховуюча ЕРС двигуна структурна схема двоконтурного електропривода з ВД (рисунок 3.4).

Налаштовуючи контур швидкості на модульний оптимум, згідно структурній схемі і виразу:

$$W_{\text{PII}}(p) = \frac{k_{\text{зс}}}{k_{\text{зш}} \cdot K_{\text{Д}} \cdot R_{\text{я}}} \cdot \frac{T_{\text{м}}}{4 \cdot T_{\mu}} = k_{\text{PII}}, \quad (3.3)$$

отримуємо передавальний коефіцієнт для П-регулятора швидкості:

$$k_{\text{PII}} = \frac{k_{\text{зс}} \cdot J}{2 \cdot T_{\mu} \cdot k_{\text{зш}} \cdot c_{\text{м}}}, \quad (3.4)$$

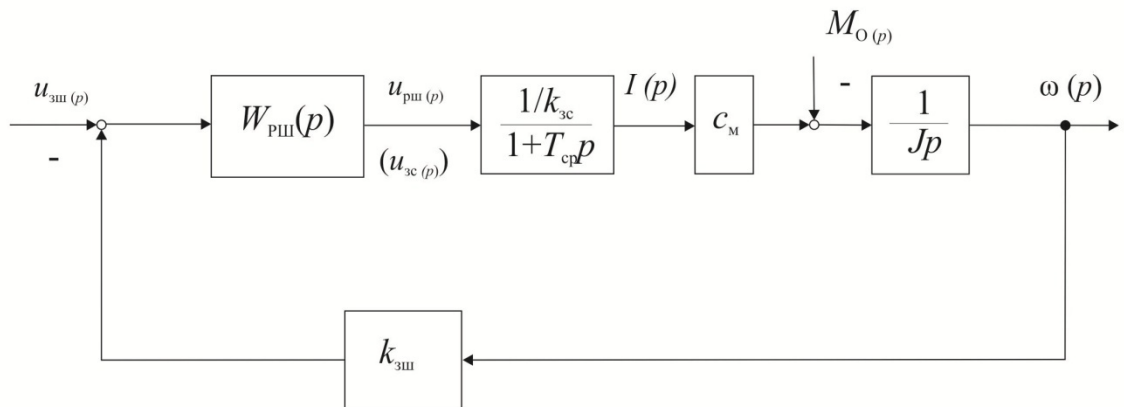


Рисунок 3.4 – Структурна схема системи керування зі зворотнім зв'язком по швидкості

де T_{μ} – сума сталих часу фільтрів датчиків струму і швидкості,

$$c(T_{\mu} = T_{\phi 1} + T_{\phi 2});$$

$c_{\text{м}}$ – коефіцієнт пропорційності між моментом двигуна і струмом інвертора [6].

Визначаючи $k_{\text{зс}}$ по допустимому струму $I_{\text{доп}}$ чи моменту $M_{\text{доп}}$,

$$k_{\text{зс}} = \frac{u_{\text{зс max}}}{I_{\text{доп}}} = \frac{u_{\text{PC max}} \cdot c_{\text{м}}}{M_{\text{доп}}} \quad (3.5)$$

отримуємо

$$k_{\text{PII}} = \frac{J}{2 \cdot T_{\mu}} \cdot \frac{u_{\text{PC}_{\text{нас}}}}{M_{\text{доп}} \cdot k_{\text{зи}}} \quad (3.6)$$

де $u_{\text{PC}_{\text{нас}}}$ – напруга насичення регулятора швидкості.

При налагодженні контуру швидкості на симетричний оптимум отримуємо згідно виразу (3.7)

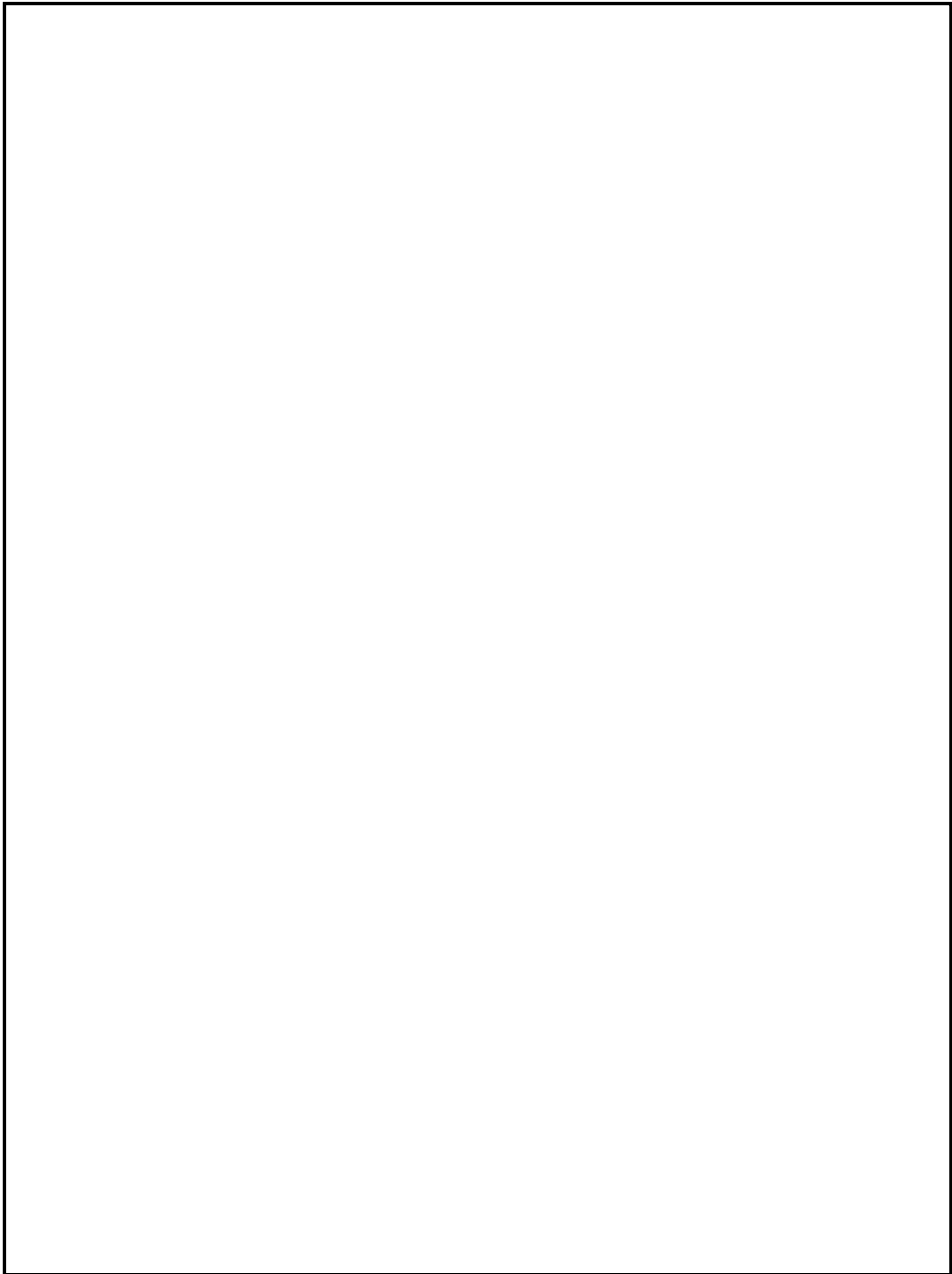
$$W_{\text{PII}}(p) = \frac{8 \cdot T_{\mu} p + 1}{8 \cdot T_{\mu} p} k_{\text{PII}}, \quad (3.7)$$

передаточну функцію ПІ-регулятора швидкості

$$W_{\text{PII}}(p) = k_{\text{PII}} \cdot \frac{4 \cdot T_{\mu} p + 1}{4 \cdot T_{\mu} p}, \quad (3.8)$$

Якщо $T_{\mu} \approx 2$ мс, смуга пропускання замкненого контуру швидкості при ПІ-регулятора швидкості

$$\omega_{\text{г.г}} = \frac{1}{2T_{\mu}}.$$



					141.6377. МР. ПЗ. Р4			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Розрахунок перехідних процесів електропривода подач шпинделя	Літ.	Аркуш	Аркушів
Здобувач	Токаренко						56	
Керівник	Фролов О.М.							
Н.контроль	Фролов О.М							
Зав. каф.	Михаліченко					ХФ НУК ім. адм. Макарова		

4. РОЗРАХУНОК ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОДАЧ ШПИНДЕЛЯ

4.1 Регулятор швидкості та його налаштування

Для налаштування регулятора швидкості на модульний оптимум скористаємося формулами (3.3) – (3.8).

Налаштовуючи контур швидкості на модульний оптимум згідно структурній схемі і виразу (3.3), маємо:

$$W_{\text{Д}\emptyset}(\delta) = \frac{k_{\text{сн}}}{k_{\text{с}\emptyset} \cdot \hat{e}_{\ddot{A}} \cdot R_{\ddot{y}}} \cdot \frac{\dot{O}_1}{4 \cdot \dot{O}_\mu} = k_{\text{Д}\emptyset}.$$

Звідси знаходимо

$$k_{\text{РШ}} = \frac{k_{\text{зс}} \cdot J}{2 \cdot T_\mu \cdot k_{\text{зм}} \cdot c_m},$$

де T_μ – сума сталих часу фільтрів датчиків струму і швидкості, с

$$(T_\mu = T_{\text{ф1}} + T_{\text{ф2}});$$

$c_m = 2 \text{ Н} \cdot \text{м}/\text{А}$ – коефіцієнт пропорційності між моментом двигуна і струмом інвертора.

Визначаючи $k_{\text{сн}}$ по допустимому струму $I_{\text{доп}}$ чи моменту $M_{\text{доп}}$:

$$k_{\zeta\tilde{n}} = \frac{u_{\zeta\tilde{N} \max}}{I_{\tilde{\Delta}\tilde{\Pi}}} = \frac{u_{\tilde{D}\tilde{N} \max} \cdot C_{\dot{I}}}{\dot{I}_{\tilde{\Delta}\tilde{\Pi}}},$$

$$k_{\zeta\tilde{n}} = \frac{10 \cdot 2}{15} = 1,33 \hat{\text{н}},$$

знаходимо

$$k_{\text{Д}\emptyset} = \frac{J}{2 \cdot \dot{O}_{\mu}} \cdot \frac{u_{\tilde{D}\tilde{N} \hat{i}\tilde{n}}}{\dot{I}_{\tilde{\Delta}\tilde{\Pi}} \cdot k_{\zeta\emptyset}},$$

$u_{PC \text{ нас}}$ – напруга насичення регулятора швидкості, $u_{PC \text{ нас}} = 10 \text{ В}$.

$T_{\mu} = 2 \text{ мс}$; $M_{\text{доп}} = 15 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

$$k_{\text{Д}\emptyset} = \frac{0,0048 \cdot 10}{2 \cdot 0,0015 \cdot 15 \cdot 0,032} = 25,12 ,$$

$$k_{\text{Д}\emptyset} = \frac{U_{PC \hat{i}\tilde{n}}}{\omega_{\tilde{\Pi}}},$$

де $\omega_{\text{ном}}$ – кутова швидкість обертання магнітного поля ВД при номінальній частоті напруги живлення $f_{\text{ном}} = 50 \text{ Гц}$.

$$k_{\text{Д}\emptyset} = \frac{10}{314} = 0,0318 \text{ В}\cdot\text{с/рад},$$

$$\omega_{\tilde{\Pi}} = \frac{\pi \cdot n}{30},$$

$$\omega_{\text{III}} = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} = 314 \text{ c}^{-1}$$

При налагодженні контуру швидкості на симетричний оптимум отримаємо передаточну функцію ПІ - регулятора швидкості

$$W_{\text{PI}}(p) = k_{\text{PI}} \frac{4 \cdot T_{\mu} p + 1}{4 \cdot T_{\mu} p} = k_{\text{PI}} \frac{4 \cdot 0,02 p + 1}{4 \cdot 0,02 p},$$

де $T_{\mu} \approx 2$ мс, смуга пропускання замкненого контуру швидкості при ПІ-РШ.

4.2 Визначення показників якості перехідних процесів

Для оцінки якісних показників роботи САК в динамічних режимах аналізується її реакція на ступінчасту одиничну дію. При цьому перехідна характеристика повинна знаходитися в межах заданої області, параметри якої визначають вимоги технологічного агрегату. Виходячи з параметрів перехідної характеристики, можна визначити реальні запаси стійкості системи автоматичного керування (САК) по модулю і фазі.

Перехідна характеристика оцінюється сукупністю параметрів, які називаються показниками якості. До них відносяться:

- перерегулювання σ – відношення максимального відхилення керованої змінної щодо її сталого значення в напрямі, протилежному початковому відхиленню;
- коливальність μ – число максимумів або мінімумів перехідної характеристики за час регулювання;
- тривалість перехідного процесу $t_{\text{п}}$ – це час, після закінчення якого відхилення керованої змінної щодо сталого значення стає і залишається по

абсолютній величині менше заданого значення Δ , визначуваного вимогами, що пред'являються до САК;

– час досягнення першого максимуму t_{\max} – момент часу, в який керована змінна досягає свого максимального значення;

– час встановлення $t_{\text{тmax}}$ – проміжок часу після закінчення якого керована змінна вперше досягає свого сталого значення;

– частота власних коливань САК.

1. Запас стійкості САК оцінюють по величині перерегулювання:

$$\sigma = \frac{y_{\max} - y_{\infty}}{y_{\infty}} 100\%$$

2. Швидкодію САК оцінюють за часом закінчення перехідного процесу $t_{\text{п}}$ при заданій допустимій помилці (трубці):

$$\Delta \in 5; 2,5; 1,5; 0,5; \dots [\%] \text{ від } y_{\infty}$$

3. Частоту одиничного посилення розімкненої системи $\omega_{\text{ср}}$ можна оцінити по частоті коливань перехідної функції.

4.3 Аналіз перехідних процесів на основі структурних схем в середовищі MATLAB

В данному підрозділі за допомогою програмного модуля Simulink будуються схемі моделювання перехідних процесів в системі керування приводом подач шпинделя вертикально-фрезерного верстата.

Дані для розрахунку взяті з параметрів обраних елементів системи та аналізу входів/виходів кожного ланцюга структурної схеми системи.

Налагодження контуру швидкості на модульний оптимум з П-регулятором представлено на рисунку 4.1, а графіки переходних процесів по

кутової швидкості та моменту двигуна з П-регулятором наведено на рисунку 4.2.

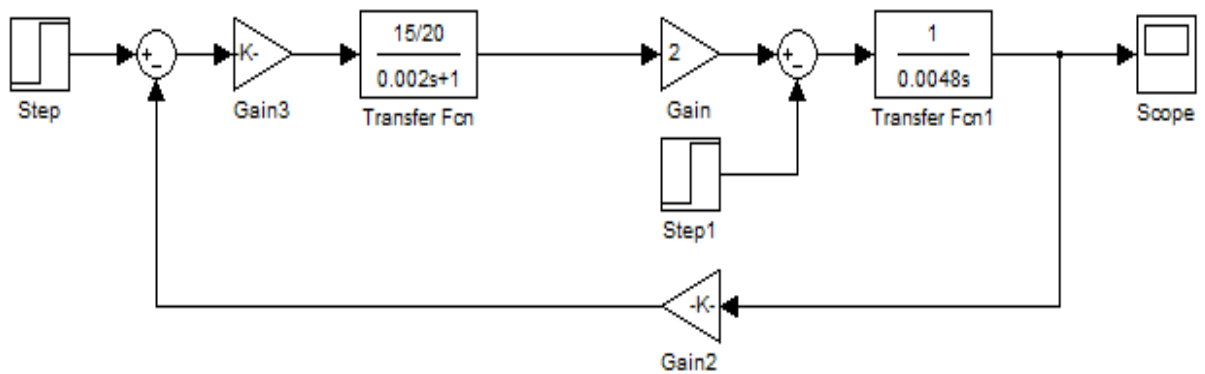


Рисунок 4.1 – Структурна схема системи з П-регулятором у середовищі MATLAB

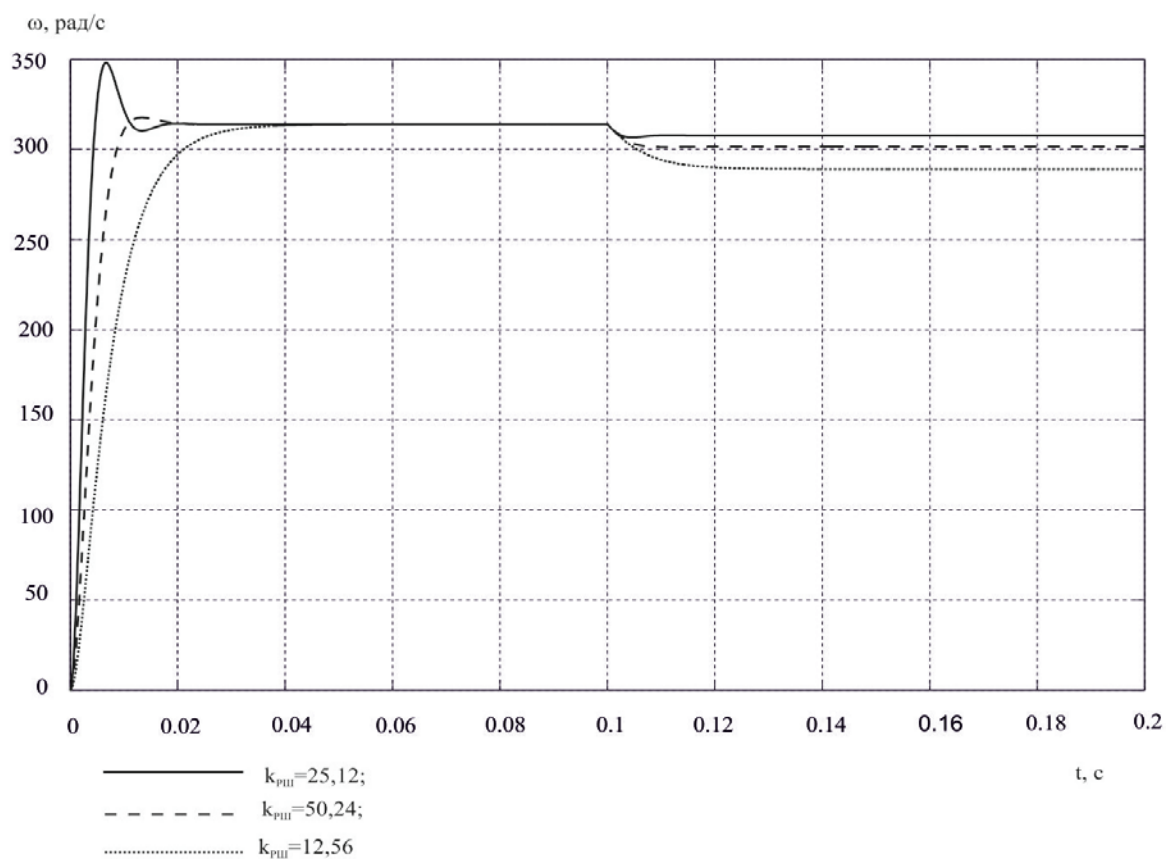


Рисунок 4.2 – Графік перехідних процесів системи керування з П-регулятором

Аналізуючи отримані перехідні процеси, отримаємо наступні значення показників якості (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Дані перехідних процесів П-регулятора

Найменування	k_{PC}	$\sigma, \%$	$t_{п}, c$
Спроектвана система	25,12	1,18	0,013
При збільшенні k_{PC} у 2 рази	50,24	10,8	0,01
При зменшенні k_{PC} у 2 рази	12,56	0	0,026

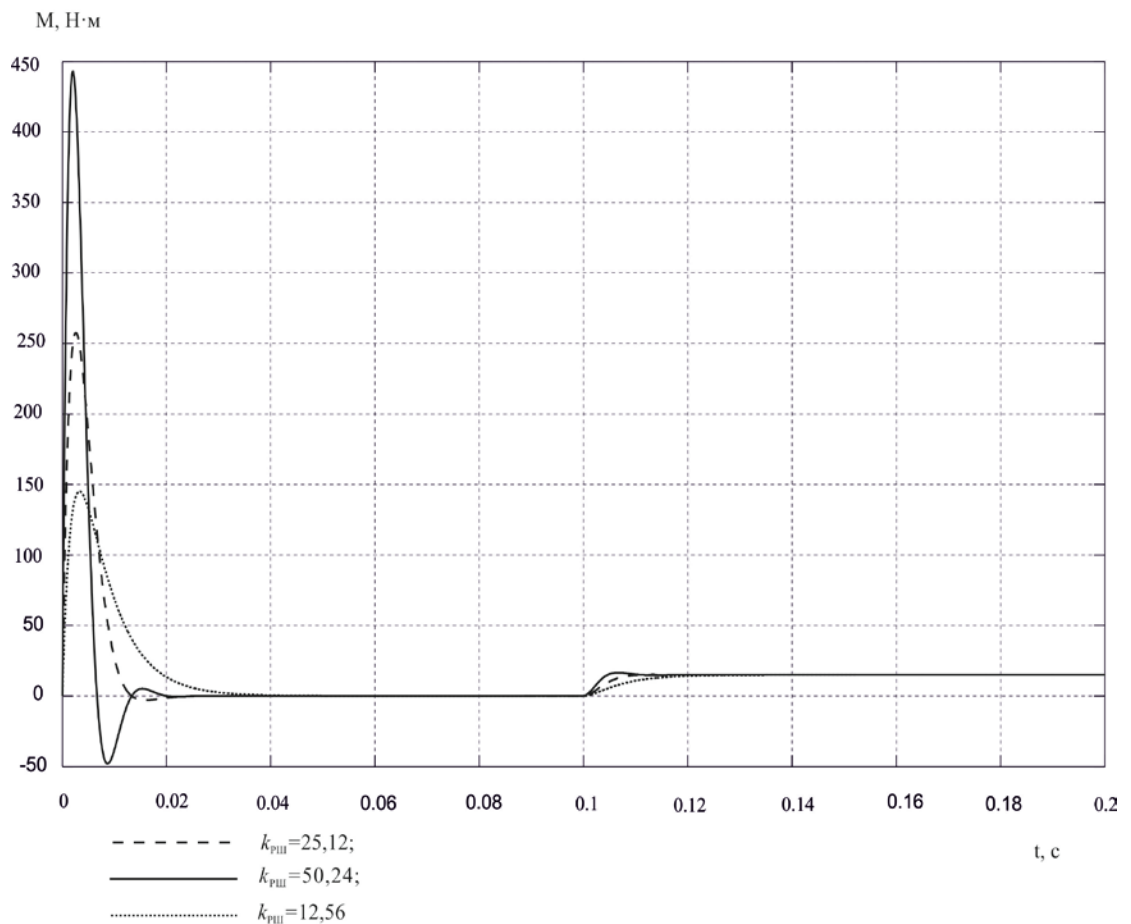


Рисунок 4.3 – Графік залежності моменту від часу системи керування з П-регулятором

Налагодження контуру швидкості на симетричний оптимум з ПІ-регулятором швидкості приведено на рисунку 4.4. Графіки перехідних процесів з цим регулятором показані на рисунках 4.4 і 4.5-4.7, а показники якості в таблиці 4.2.

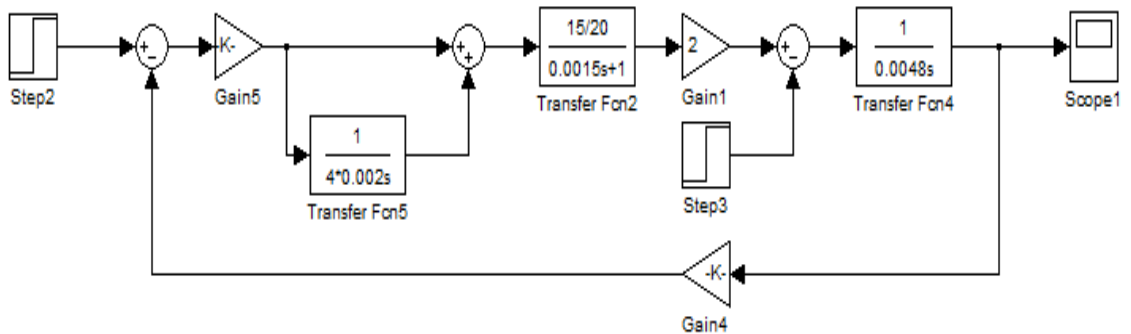


Рисунок 4.4 – Структурна схема системи з ПІ-регулятором у середовищі MATLABних процесів системи керування ПІ-регулятором при зміні постійної часу регулятора швидкості

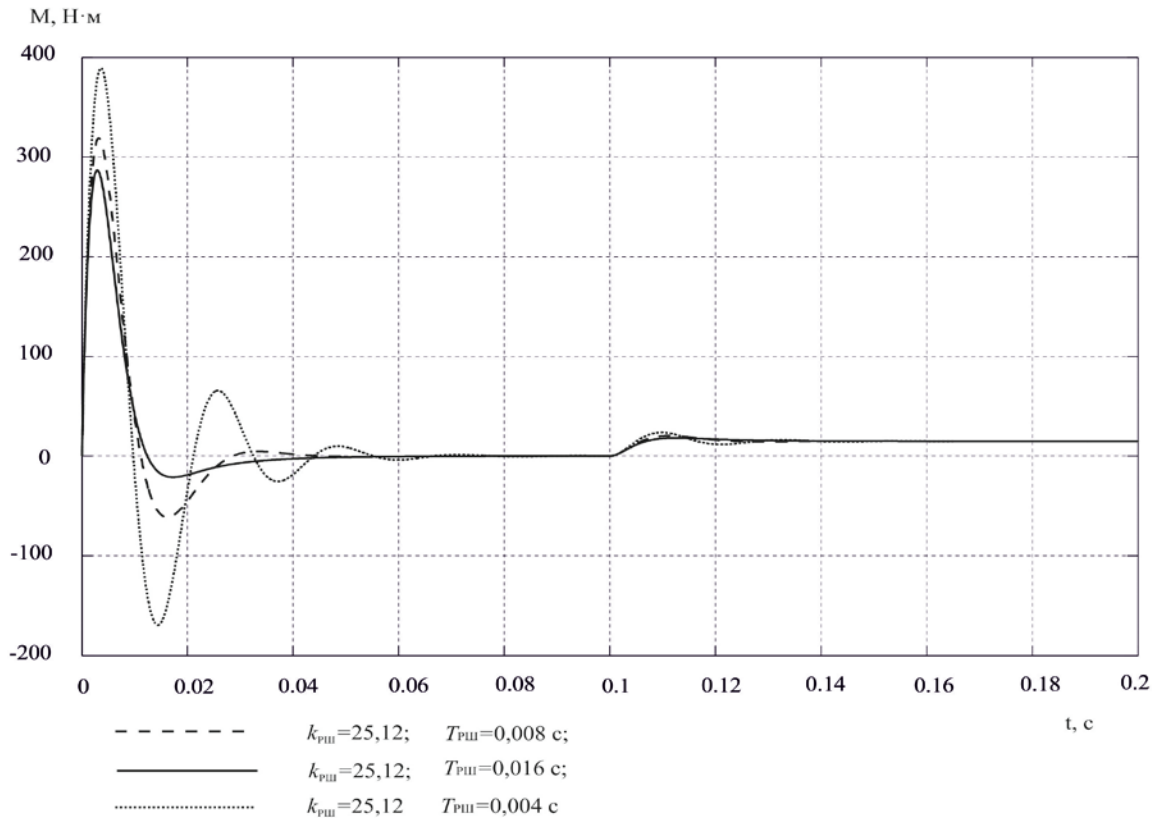


Рисунок 4.5 – Графік залежності моменту від часу системи керування з ПІ-регулятором при зміні постійної часу регулятора швидкості

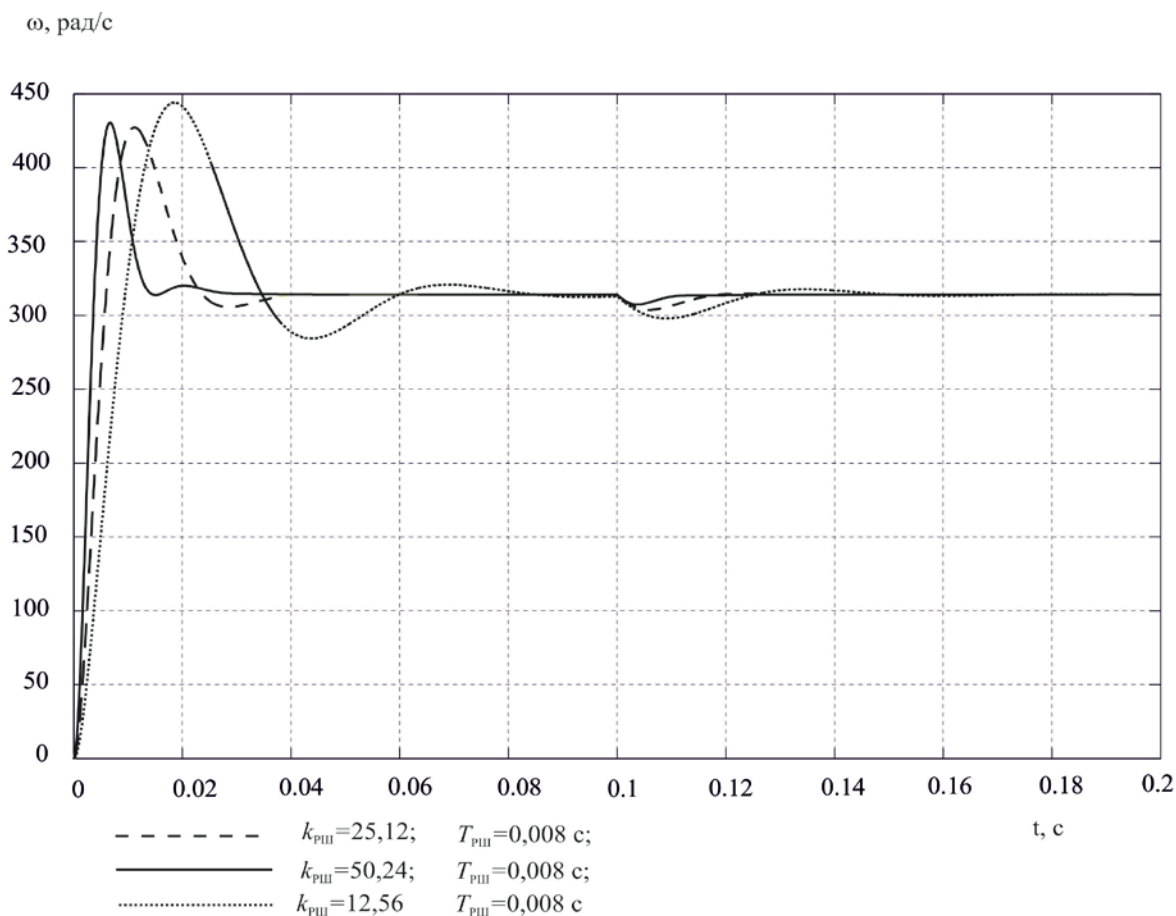


Рис. 4.6 – Графік перехідних процесів системи керування з ПІ-регулятором при зміні коефіцієнта передачі регулятора швидкості

Таблиця 4.2. Дані перехідних процесів ПІ-регулятора

Найменування	k_{PC}	T_{PII} , с	σ , %	$t_{п}$, с
Спроектована система	25,12	0,008	36,1	0,032
При збільшенні T_{PII} у 2 рази	25,12	0,0016	21,5	0,04
При зменшенні T_{PII} у 2 рази	25,12	0,004	57,5	0,047
При збільшенні k_{PC} у 2 рази	50,24	0,08	37,1	0,013
При зменшенні k_{PC} у 2 рази	12,56	0,08	41,4	0,072

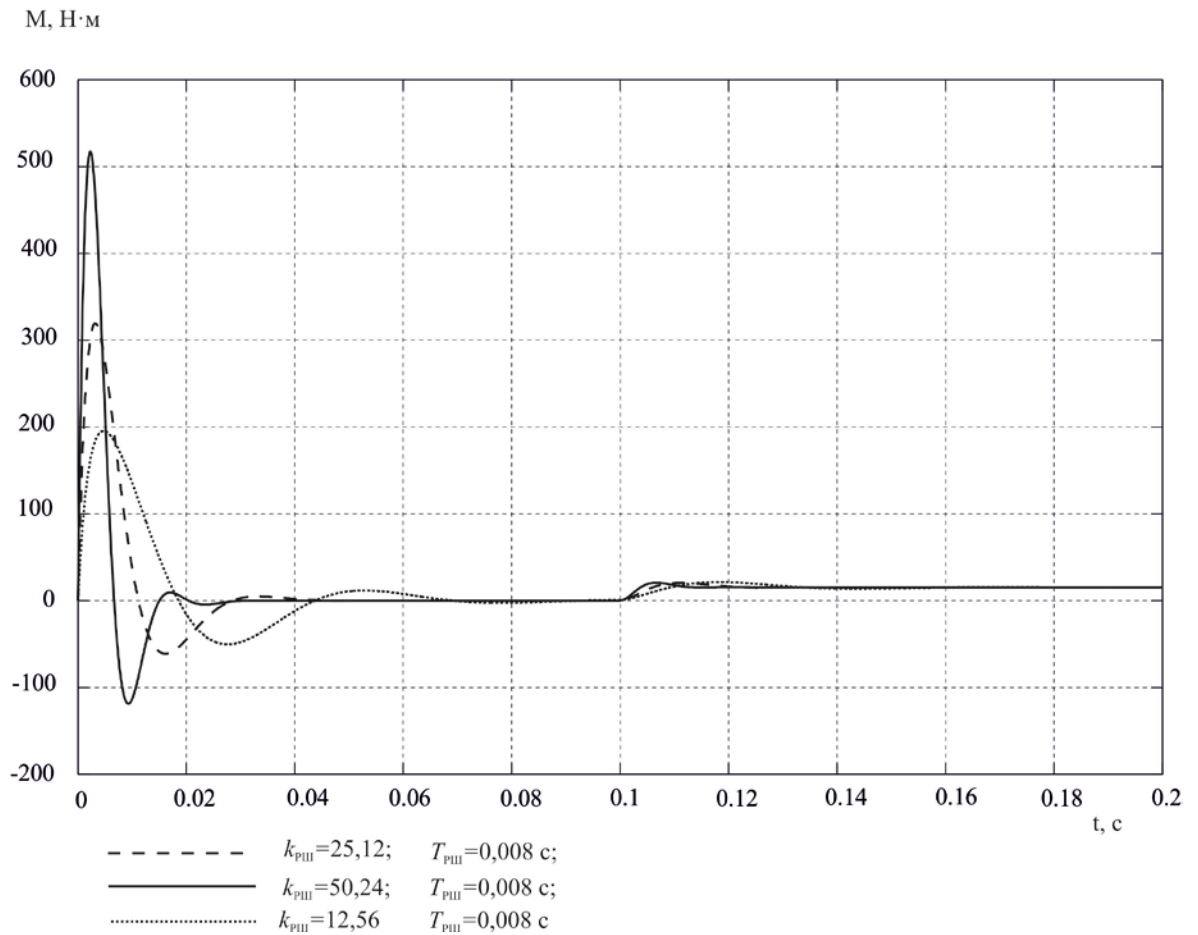


Рисунок 4.7 – Графік залежності моменту від часу системи керування з ПІ-регулятором при зміні коефіцієнта передачі регулятора швидкості

На рисунку 4.8 наведено схему моделювання системи керування з фільтром.

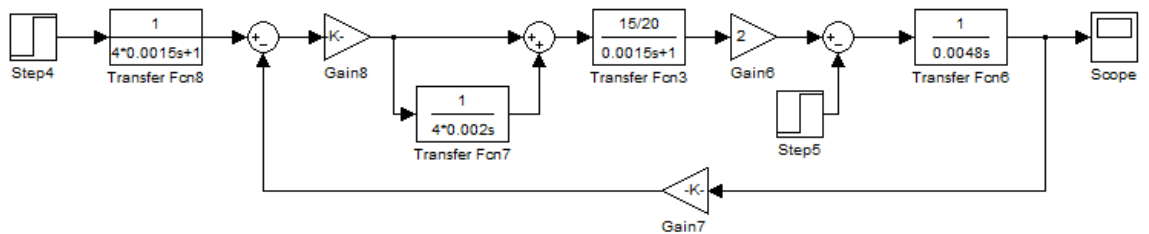


Рисунок 4.8 - Структурна схема системи ПІ-регулятора з фільтром у середовищі MATLAB

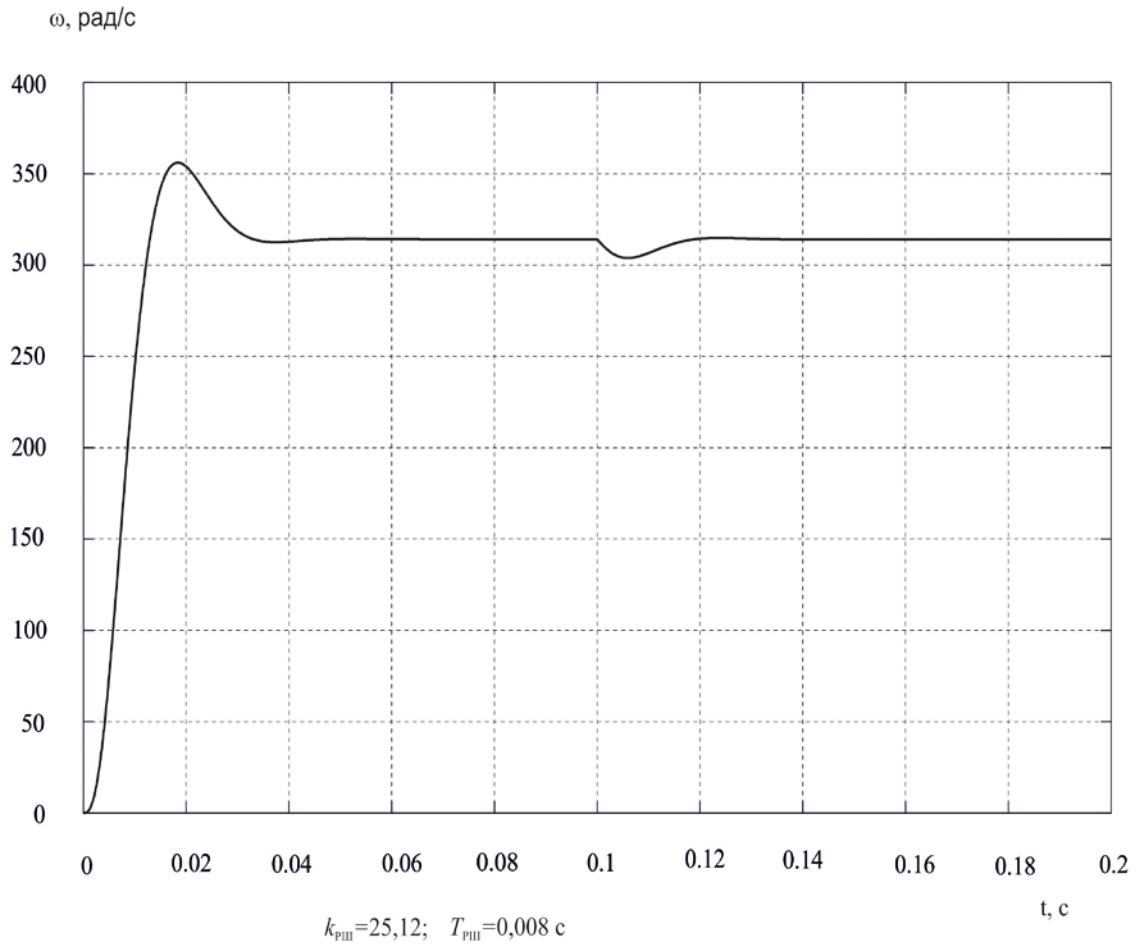


Рис. 4.9 - Графік перехідного процесу системи ПІ-регулятора з фільтром

В таблиці 4.3 дані показники якості, які знайдені за рисунком 4.8

Таблиця 4.3 - Дані перехідного процесу ПІ-регулятора з фільтром

Найменування	k_{PC}	$T_{PI}, \text{ c}$	$\sigma, \%$	$t_p, \text{ c}$
Спроектована система	25,12	0,004	13,4	0,029

Графіки залежності моменту від часу системи ПІ-регулятора з фільтром наведено на рисунку 4.1.

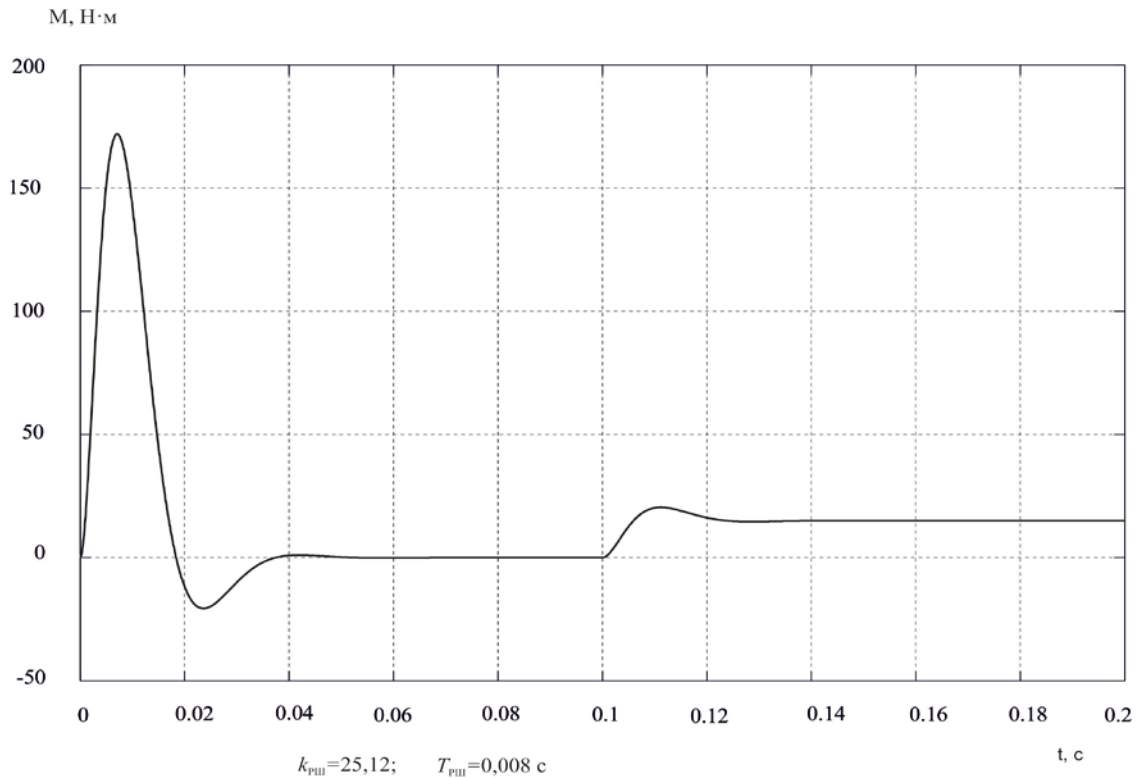
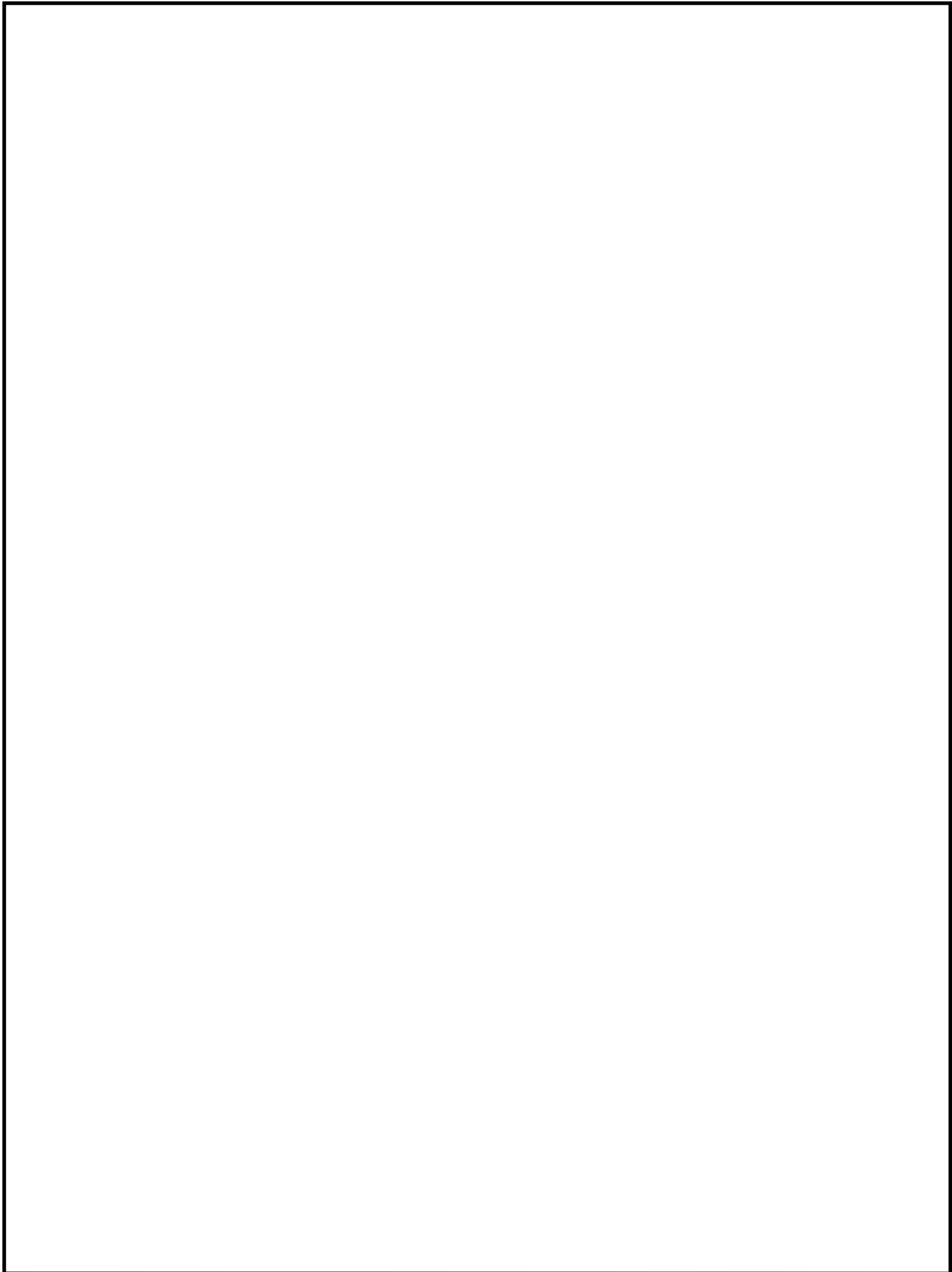


Рис 4.10. Графік залежності моменту від часу системи ПІ-регулятора з фільтром

Аналіз перехідних процесів показує, що настройка системи на модульний оптимум найкраща, а використання фільтра призводить до поліпшення якісних показників системи керування електропривода подач шпинделя фрезерного верстата.



					141.6377. МР. ПЗ. Р5			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Охорона праці та техніка безпеки	Літ.	Аркуш	Аркушів
Здобувач	Токаренко.						68	
Керівник	Фролов О.М							
Н.контроль	Фролов О.М							
Зав. каф.	Михаліченко							
						ХФ НУК ім. адм. Макарова		

5 . ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Вступ

Термін "охорона праці" вживається в двох значеннях: в широкому його розумінні та більш вузькому, спеціальному розумінні. При вживанні терміну "охорона праці" в широкому розумінні, до його поняття відносять ті гарантії для працівників, що передбачають усі норми трудового законодавства, наприклад норми, що забороняють власнику звільняти працівників з роботи тоді, коли немає підстав, передбачених статтями 40, 41 Кодексу законів про працю України. Ці норми становлять надзвичайно важливу гарантію, спрямовану на охорону трудових прав працюючих.

Проте термін "охорона праці" в чинному трудовому законодавстві вживається не в такому широкому, тобто буквальному, значенні цих слів, а в більш вузькому. У вузькому значенні під охороною праці розуміється сукупність заходів щодо створення безпосередньо в процесі роботи нормальних та безпечних технічних і санітарно-гігієнічних умов для всіх працюючих.

Базовими нормативними актами в галузі охорони праці є Кодекс законів про працю України (КЗпП) [7], Закон України "Про охорону праці" [8] та Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" [9].

Визначення поняття охорони праці дається в ст. 1 Закону України "Про охорону праці". Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. В поняття охорони праці входять і всі ті заходи, що спеціально призначені для створення особливих полегшених умов праці для жінок і неповнолітніх, а також працівників зі зниженою працездатністю.

З охороною праці тісно пов'язана також низка правових норм, що відносяться до інших галузей права України. Це норми цивільного права, що встановлюють майнову відповідальність при ушкодженні здоров'я або смерті громадянина; норми адміністративного права, що визначають адміністративну відповідальність і порядок притягнення до неї громадян органами охорони праці; норми кримінального права, що встановлюють відповідальність при вчиненні злочину у галузі охорони праці і техніки безпеки.

Ці правові норми хоча формально й виходять за межі трудового права, за своїм призначенням безпосередньо спрямовані на забезпечення безпечних і здорових умов праці.

Тому правове регулювання охорони праці охоплює розробку і прийняття загальних норм охорони праці, правил техніки безпеки і виробничої санітарії; проведення профілактичних заходів, спрямованих на створення сприятливих умов праці, що попереджують виробничий травматизм та професійні захворювання; створення сприятливих умов праці і забезпечення її охорони на діючих підприємствах в процесі виконання працівниками своїх трудових обов'язків; систематичне поліпшення і оздоровлення умов праці безпосередньо з участю самих трудових колективів; розробку додаткових заходів щодо охорони праці окремих категорій працюючих - жінок, неповнолітніх, осіб зі зниженою працездатністю тощо.

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів впливаючих на людину при експлуатації фрезерного верстата

По природі дії на організм людини небезпечні і шкідливі виробничі чинники (НВЧ і ШВЧ) підрозділяються на чотири групи:

1. Фізичні;
2. Хімічні;
3. Біологічні;
4. Психофізіологічні.

Небезпечним виробничим фактором називають такий виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах приведе до травми або до іншого раптового різкого погіршення здоров'я. Результатом впливу цього фактора на людину є нещасний випадок.

Шкідливим виробничим фактором називають такий виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах приведе до захворювання або зниження працездатності. Результатом впливу цього фактора є професійне захворювання.

Відрізняють небезпечні виробничі фактори від шкідливих у такий спосіб: якщо небезпечні викликають безпосередньо негативні наслідки (наприклад, різні машини, механізми), то шкідливі поступово приводять до професійних захворювань (наприклад, хімічні речовини, канцерогени).

До фізичних ШВЧ відносяться частини машин; гострі крайки; підвищений рівень вібрації, шуму; аномальне значення мікроклімату; підвищена запиленість і загазованість, випромінювання .

Хімічні чинники діляться на токсичні, що дратують (алергени), канцерогенні, мутагенні.

Біологічні НВЧ: патогенні мікроорганізми і продукти їхньої життєдіяльності; рослини; тварини; людина.

Психофізіологічні НВЧ: нервово-емоційні перевантаження; монотонність; статичне, динамічне навантаження; робота в нічну зміну.

У залежності від енерговитрат усі роботи діляться на три категорії:

- легкі;
- середньої ваги;
- важкі.

Легкі фізичні роботи проводяться стоячи, сидячи або пов'язані з ходьбою, але без систематичних фізичних напруг або піднять і перенесення ваг. Енерговитрати до 172 Дж/с або 174 Вт або 150 Ккал/год. Іа – легкі роботи до 120 Кал/год, Іб – 121–150 Ккал/год.

Фізичні роботи середньої ваги: 151-250 Ккал/год або 175-290 Вт. Па - енерговитрати (172-232 Дж/с або 151-200 Ккал/год) пов'язані з постійною ходьбою, але без перенесення ваг. Пб - перенесення ваг до 10 кілограмів (232-293 Дж/с або 201-250 Ккал/год).

Важка фізична робота пов'язана із систематичними фізичними напругами, а також підйомом і переносом ваги більш 10 кг (>293 Дж/с або 250 Ккал/год або 290 Вт) [10].

Шкідливі речовини. Ведення ряду технологічних процесів супроводжується виділенням у повітря робочої зони шкідливих хімічних речовин у виді парів, газу і пилюки. По ступеню дії на організм людини шкідливі речовини підрозділяються на чотирьох класу небезпеки:

- I. Надзвичайно небезпечні: ПДК <0,1 мг/м³;
- II. Дуже небезпечні: ПДК від 0,1 до 1,0 мг/м³;
- III. Помірно небезпечні: ПДК від 1,1 до 10,0 мг/м³;
- IV. Малонебезпечні: ПДК >10,0 мг/м³.

В основу даної класифікації входить середня смертельна концентрація (ССК) і гранично припустима концентрація (ГПК).

ГПК шкідливих речовин – це концентрації, що при щоденній роботі протягом восьми годин або іншої тривалості, але не більш 41 години в тиждень, протягом усього робочого стажу не можуть викликати захворювання або відхилення в стані здоров'я, що виявляються сучасними методами досліджень у процесі роботи або у віддалені терміни життя дійсних і наступних поколінь.

По характеру дії вони підрозділяються на:

- 1. Загальнотоксичні – отруєння всього організму, що викликають чадний газ, бензол, ртуть, свинець, ціаніди, арсениди – з'єднання миш'яку;
- 2. Подразні (хлор, аміак, сірчастий газ, ацетон); сенсibiliзують – алергени (формальдегід, розчинники і лаки на основі нітросполук);

3. Канцерогені – які викликають рак (нікель, з'єднання кульгави, азбест, аміни і т.п.);

4. Мутагені – які впливають на репродуктивну функцію (магній, ртуть).

Освітлення. 90% інформації людина одержує через органи зору. Світло робить позитивний вплив на обмін речовин, серцево-судинну систему, нервово-психічну сферу. Рациональне освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці, його безпеки. При недостатньому освітленні і поганій його якості відбувається швидке стомлення зорових аналізаторів, підвищується травматичність. Занадто висока яскравість викликає явище осліплення, порушення функції ока.

Частина електромагнітного спектра з 1 від 10...340000 нм називається оптичною областю спектра, що підрозділяється на інфрачервоне випромінювання (770...340000), видиме випромінювання (380...770), УФ область – 10...380 нм. У межах видимої області, випромінювання різноманітної викликають різні світлові і колірні відчуття: від фіолетового до червоного кольорів. Найбільше дошкульне людське око до 550 нм випромінювання. До меж спектра чутливість зменшується.

Вібрація. Переміщення точки або механічної системи при якому відбувається почергове зростання й убавання в часу значень хоча б однієї координати.

Причиною порушення вібрації є виникаючі при роботі машин неурівноважені силові впливи: ударні навантаження; зворотньо-поступальні переміщення; дисбаланс. Причиною дисбалансу є: неоднорідність матеріалу; розбіжність центрів мас і осей обертання; деформація.

Вібрація – загальнобіологічний шкідливий чинник, що призводить до фахових захворювань – віброзахворювань, лікування котрих можливо тільки на ранніх стадіях. Хвороба супроводжується стійкими порушеннями в

організмі людини (опорно-руховий апарат, необоротні зміни в кістках і суглобах, зсуви в черевній порожнині, нервово-психічній сфері). Людина частково або цілком утрачає працездатність. По способу передачі на людину вібрація підрозділяється на загальну і локальну. Загальна – діє через опорні поверхні ніг на весь організм у цілому. Локальна – на окремі ділянки тіла. Загальну поділяють по характеру передачі на: транспортну (при прямуванні машин); транспортно-технологічну (при виконанні роботи машиною прямування: кран, бульдозер); технологічну(при роботі механізмів і людина знаходиться поруч).

Параметри вібрації:

1. Частота, Гц. Людина є замкнутою системою з частотою коливань 5–9 Гц. Якщо підвести зовнішні коливання з тієї ж частотою – резонанс: повне припинення роботи серця.

2. Амплітуда A , м.

3. Середнє квадратичне значення віброшвидкості V_t , м/с.

4. Середнє квадратичне віброприскорення w_t , м/с.

5. Відносний показник віброшвидкості L_v , Дб.

6. Відносний показник віброприскорення L_w , Дб.

Нормування вібрацій.

Нормативними характеристиками, що служать для оцінки впливу вібрацій на людину є:

середньоквадратичні значення віброшвидкості і віброприскорення та їхні показники. Понад 10 Гц – нормуються V_t і w_t . Менше 10 – L_w L_v .

По способу передачі на людину вібрація вимірюється в 3 ортогональних осях: x , y , z . Нормування здійснюється в різних інтервалах частот:

для загальної вібрації – 2, 4, 8, 16, 31.5, 63 Гц

для локальної – 8, 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Виробничий шум. Любий небажаний для людини звук, робить негативний вплив на здоров'я і працездатність.

Як фізичне явище звук – механічні коливання упругого середовища, яке сприймається людським вухом в інтервалі частот 16 – 20 000 Гц. До 16 Гц – инфразвукові коливання; понад 20 000 Гц – ультразвук.

Параметри шуму:

1. Частота f , Гц.

2. Звуковий тиск P , Па - перемінна складового атмосферного тиску, що виникає при звуковій хвилі.

3. Інтенсивність (сила звука) J , Вт/м

4. Відносний показник (рівень звукового тиску) L .

ρ – щільність середовища, через який проходить звук.

c – швидкість поширення звука в середовищі

Нормування шуму.

З метою нормування діапазон розбивається на октавні смуги: f_1, f_2, f_3, f_4 . У кожній смузі знаходяться $f_{\text{ср}}$. Отримано середньгеометричні частоти: 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Нормованою характеристикою шуму є рівень звукового тиску L , тому що самий звуковий тиск і інтенсивність змінюються в широких межах і їх нормувати неможливо. Також людське вухо підпорядковується закону Вебера – Фехнера: принцип відносності сприйняття шуму людиною. Поширено частотний метод аналізу шуму. Вимір рівня звукового тиску на середньгеометричних частотах із наступним порівнянням по ГОСТам.

Електробезпека. Система організаційно-технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливих впливів електричного струму, електричної дуги, ЕМ поля і статичної електрики. Порушення вимог ел. безпеки призводить до електричних травм.

Електрична травма – травма, викликана впливом електричного струму і дуги. Сукупність таких травм – електротравматизм.

Електрична установка – сукупність машин, апаратів, ліній і допоміжного устаткування, перетворення, трансформації, передача і розподілу електричної енергії.

Причини електротравматизма:

1. Однофазна (однополюсна) дотик людини до неізолюваних струмоведучих частин.
2. Одночасний доторк людини до 2 струмоведучих неізолюваних частин під напругою.
3. Наближення на небезпечну відстань людини, до неізолюваного від землі або до неізолюваних струмоведучих частин під напругою.
4. Доторк людини до металевих корпусів під напругою.

Біологічна дія струму на організм людини. Проходячи через організм людини електричний струм робить 4 види впливу:

1. Термічна дія – яка проявляється в опіках окремих частин, які нагріті до високих температур кровеносних судин, крові, нервів, серця, мозку, що викликає серйозний розлад
2. Електролітична дія – розкладання органічної рідини (лімфи і крові) із порушенням її складу.
3. Механічна дія – (динамічне) розшарування, розрив тканин організму (м'язів серця, судин) у результаті електричного динамічного ефекту; миттєвого вибухоподібного утворення пару від перегрітої струмом тканинної рідини і крові.
4. Біологічне – подразнення живих тканин організму; порушення внутрішніх біоелектричних процесів, що протікають у нормальному організмі.

Дії току призводять до різноманітних електричних травм – місцевим і загальним. До місцевого ставляться електроопіки, електрознаки (мітки),

металізація шкіри (електротатування), механічні ушкодження; електрофтальмія (запалення переднього відділу ока).

Опіки бувають: струмові, контактні, дугові (супроводжуються обвуглюванням тканин).

Механічні ушкодження відбуваються через судорожне скорочення м'язів.

До загального відносять: електричні удари – уражається або створюється погроза поразки всього організму через порушення нормальної діяльності життєважливих органів (серця, мозку, легень).

Електричні удари діляться на 4 ступеня:

1. Судорожне скорочення м'язів без втрати свідомості.
2. Судорожне скорочення м'язів із втратою свідомості, але зі збереженою роботою серця.

3. Втрата свідомості і порушення серцевої діяльності або подиху (або і того, і іншого).

4. Клінічна смерть – (відсутність подиху і кровообігу). Перехідний процес від життя до смерті, що настає з моменту припинення роботи серця і легенів. У людини відсутні ознаки життя, розширені зіниці (мозок погано постачається кров'ю), проте життєві процеси йдуть на старому рівні (мозок ще живий). Це дозволяє шляхом впливу на органи повернути постраждалого до життя. Першими гинуть клітини головного мозку (нейрони), дуже вразливі до кисневого голодування. Тому тривалість коми обмежується з моменту припинення серцебиття 5–7 хвилинами.

Біологічна смерть – незворотне явище, що характеризується припиненням біологічних процесів у клітинах організму, розпадом білкових структур. Настає після клінічної смерті.

5.2 Розрахунок захисного заземлення

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитись під напругою.

Мета захисного заземлення: знизити до безпечної величини напругу щодо землі на металевих частинах обладнання, що нормально не перебувають під напругою.

Потрібно зробити розрахунок захисного заземлення для електроустановки з напругою до 1000 В, для $R_d = 4 \text{ Ом}$. [11]

Тип заземлювача – стержневий у землі.

Тип ґрунту – садова земля.

Довжина стержня – $l = 5,5 \text{ м}$.

Діаметр стержня – $d = 16 \text{ мм} = 0,016 \text{ м}$.

Глибина закладення труби – $t_0 = 0,7 \text{ м}$.

Сполучна смуга – протяжна полосова в землі.

Ширина смуги – $d = 45 \text{ мм} = 0,045 \text{ м}$.

Ми використаємо метод коефіцієнтів використання електродів:

1. Припустимий опір заземлюючого пристрою: $R_d = 4 \text{ Ом}$;
2. Визначаємо питомий опір ґрунту по даним (табл. 1.18 [11]), що рекомендує для розрахунку: $\rho = 50 \text{ Ом/м}$;
3. Матеріал і розмір заземлювача:

$$l = 5,5 \text{ м}, d = 16 \text{ мм} = 0,016 \text{ м}, t_0 = 0,7 \text{ м}, b = 45 \text{ мм} = 0,045 \text{ м};$$

4. Для обраного типу й розмірів визначаємо опір розтіканню одного заземлювача:

$$t = t_0 + \frac{1}{2} \cdot l = 0,7 + 0,5 \cdot 5,5 = 3,45 \text{ (м)},$$

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln\left(\frac{2l}{d}\right) + \frac{\ln\left(\frac{4,2 \cdot t + l}{4,2 \cdot t - l}\right)}{2} \right) =$$

$$= \frac{50}{2 \cdot 3,14 \cdot 5,5} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot 5,5}{0,016}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{4,2 \cdot 3,45 + 5,5}{4,2 \cdot 3,45 - 5,5}\right) \right) = 10,063 \text{ (Ом)}.$$

Так як $R_1 > R_d$, то необхідно використовувати декілька заземлювачів, сполучених паралельно:

$$n = \frac{R_1}{\eta R_d}, \text{ при } \eta = 1, n = \frac{R_1}{R_d} = \frac{10,063}{4} = 2,516 \approx 3;$$

5. При $n = 3$, відношенні відстані між кутовими до їх довжини рівною 1 і розміщенні кутових в ряд фактичний коефіцієнт використання заземлювачів $\eta_\phi = 0,77$;

6. Фактичний опір вертикальних заземлювачів:

$$R_{\phi} = \frac{R_1}{\eta_\phi n} = \frac{10,063}{0,77 \cdot 3} = 4,356 \text{ (Ом)};$$

7. Опір сполучної смуги визначимо по наступній формулі:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi \cdot l_n} \cdot \ln \frac{l_n^2}{b \cdot t},$$

$$l_n = 1,05 \cdot l \cdot (n - 1) = 1,05 \cdot 5,5 \cdot 2 = 11,55 \text{ (м)}, t = t_0 = 0,7 \text{ м},$$

$$R_n = \frac{50}{2 \cdot \pi \cdot 11,55} \cdot \ln \frac{11,55^2}{0,045 \cdot 0,7} = 5,76 \text{ (Ом)};$$

8. При $n = 3$, відношенні відстані між кутовими до їх довжини рівною 1 і розміщенні кутових в ряд фактичний коефіцієнт використання сполучної смуги $\eta_{n\phi} = 0,78$;

9. Фактичний опір сполучної смуги:

$$R_{n\phi} = \frac{R_n}{\eta_{n\phi}} = \frac{5,76}{0,8} = 7,2 \text{ (Ом)};$$

10. Загальні опір заземлюючого пристрою:

$$R_3 = \frac{R_{\text{эф}} R_{n\phi}}{R_{\text{эф}} + R_{n\phi}} = \frac{4,356 \cdot 5,76}{4,356 + 5,76} = 2,71 \text{ (Ом)}.$$

Отриманий еквівалентний опір менше припустимого ($R_3 < R_d$), отже розрахунок захисного заземлення електроустановки виконаний вірно.

5.3 Заходи з техніки безпеки

Засоби індивідуального захисту від шкідливих речовин.

Засоби індивідуального захисту органів подиху підрозділяються на: протипильові маски-распіратори; протигазові распіратори (від пилюки і газу); противогази (що фільтрують і ізолюють).

Засоби індивідуального захисту тіла.

Для захисту тіла застосовують спеціальні костюми. Для захисту рук застосовують спеціальні рукавиці, гідрофобні або гідрофільні мазі. Для захисту голови – спеціальні каски.

Засоби індивідуального захисту очей. Для захисту очей використовуються спеціальні окуляри, скафандри, особисті захисні щитки.

Весь персонал, що працює зі шкідливими речовинами періодично і попередньо проходить контроль.

Засоби при освітленні. Освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи; рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні і відсутність різких тіней; розмір освітлення, постійність в часі (відсутність пульсації світлового потоку); оптимальна спрямованість світлового потоку й оптимальний спектральний склад; всі елементи освітлювальних установлень повинні бути довговічні.

Експлуатація освітлювальних установок і контроль. Експлуатація включає: регулярне очищення засклених прорізів і світильників від бруду; своєчасну заміну перегорілих ламп; контроль напруги в мережі; регулярний ремонт арматури світильників; регулярний косметичний ремонт помешкання. Для цього передбачені спеціальні пересувні візки з платформами, телескопічні сходи, підвісні устрої. Всі маніпуляції проводяться при відключеній нарузі. Якщо висота підвісу до 5м – обслуговуються сходовими драбинами (обов'язково 2 людини). Контроль освітлення здійснюється не рідше 1 разу в рік шляхом виміру освітленості або сили світла за допомогою фотометра; наступне порівняння з нормативами.

Засоби боротьби з вібрацією. В автоматичних виробництвах мірою боротьби є дистанційне управління (виключає контакт). В неавтоматичних виробництвах:

1. Зниження вібрації в джерелах їхніх виникнень: підвищення точності опрацювання деталей; оптимізація технологічного процесу; поліпшення балансування.

2. Налагодження від режимів резонансу (збільшення жорсткості системи); вібродемпфірування (пружинні віброізолятори).

3. Поліпшення організації праці вібронезбезпечних процесів: загальна кількість часу в контакті з віброобладнанням не повинно перевищувати зміни; одноразову дію не повинно перевищувати для локальної – 20 хвилин, для загальної – 40 хвилин.

До лікувально-профілактичних мір відносяться: масаж; заходи, що загально укріплюють; гідропроцедури. Вібрація має властивість кумуляції (накапливання в організмі).

Методи і засоби захисту від шуму. Захист від шуму досягається розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів і методів індивідуального і колективного захисту, будівельно-акустичними методами. Засоби колективного захисту діляться стосовно джерела шуму: понижуючі шум у джерелі виникнення (найбільше ефективно); понижуючі шум на шляхах його поширення.

По способу реалізації:

- акустичні – ґрунтуються на акустичному вимірі помешкання і за принципом дії підбираються засоби звукоізоляції, звукопоглинання, віброізоляції, демпфірування, застосування глушників шуму;
- будівельно-акустичні методи застосовують: екрани, звукоізоляцію, кабіни спостереження, дистанційне управління, кожухи, ущільнення і т.п. Найбільше ефективні звукоізолюючі матеріали: трипласт (композиційний матеріал); пластобетони з наповненням з опилок деревини, соломи і т.п. Звуковбирні матеріали: мармур, бетон, граніт, цеглина, войлок, мінераловата, матеріали з щільною перфорацією;
- архітектурно-планувальні: раціональне розміщення робочих місць; раціональний режим праці і відпочинку.

Активна форма захисту – генерація шуму в протифазі до джерела.

Засоби індивідуально захисту: навушники, вушні вкладки, шлемофони, каски.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційної магістерської роботі було виконана модернізація системи керування електропривода подач шпинделя вертикально-фрезерного верстата. В процесі модернізації двигун постійного струму, що використовувався в електроприводі, замінено на синхронний вентильний змінного струму зі збудженням від постійних магнітів. Для керування цим двигуном використано комплектний електропривод з частотним перетворювачем.

Розроблено одноконтурну функціональну схему з регулятором швидкості, отримані передавальні функції, складена структурна схема та виконі розрахунки параметрів системи керування електроприводом. Проведено настроювання параметрів регулятора швидкості на модульний оптимум.

На підставі отриманих результатів був проведений аналіз перехідних характеристик в програмному пакеті Simulink. Аналіз отриманих перехідних процесів по кутовій швидкості з П- і ПІ- регулятором та фільтром на вході показав, що розроблена система задовольняє всім заданим критеріям якості та працездатна.

У кваліфікаційної магістерської роботі проведена оцінка стійкості роботи фрезерного верстата у надзвичайних ситуаціях. Були розглянути питання охорони праці.

Список використаних джерел

1. Черпаков Б. И. Металлорежущие станки: Учебник для нач. проф. образования / Б. И. Черпаков, Т. А. Альперович. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 368с.
2. Локтева С. Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы : Учебник для машстроительных техникумов. – изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение , 1986. -320с.
3. <http://masters.donntu.edu.ua/2010/fkita/maksimchuk/library/article06.htm>
4. http://www.stanoks.com/index.php?option=com_content&view=article&id=423:-6133-nc-220-&catid=48:catalogcnc-mashinas&Itemid=76
5. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учеб. пособие / Г.Г.Соколовский. — СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «Academa», 2006. - 259 с.
6. Терехов В. М., Элементы автоматизированного электропривода : учебник для студ. вузов / В. М. Терехов, Осипов О. И. — М. : Энергоатомиздат, 1987. — 296 с.
7. Хлопенко М.Я., Білюк І.С., Шевченко В.В. Оптимальне керування об'єктами: Навч. посібник для студентів висш. навч. закладів. – Миколаїв: НУК, 2013. – 172 с.
8. Кодекс законів про працю України.
9. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.92 №2694-ХІІ.
10. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» від 23.09.99 №1105-ХІV.
10. Винокурова Л.Е., Васильчук М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. Підручник. – К., 2001. -276 с.

11. Боград В. М., Голубенко Т.А., Павлов Г.В. Электробезопасность: Методические указания по дипломному проектированию.— Николаев: НКИ,1987. – 50с.
12. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи загальної екології. — К.: Либідь. 1995 — 368 с.
13. Чернова Н.М. , Білова О.М. Екологія К.2002.
14. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И. Охрана окружающей среды. – Л., 1991. – 423с.
15. Бойчик І.М. Економіка підприємства: Навчальний посібник. – АТАКА, 2004.- 216 с.
16. Гурченков О.П. Економіка та організація діяльності об'єднань підприємств: Навч. посібн. – Миколаїв: НУК, 2007.
17. Мельник Л.Г. Экономика предприятия: Учебное пособие. – Сумы: ИТД Университетская книга, 2002.- 197 с.
18. В.Г. Атаманюк, Л.Г. Ширшев, Н.И. Акимов Гражданская оборона. М: Высшая школа, 1986.- 415 с.
19. Михайлюк В.О., Ізотов В.І., Штейн П.В. Методичні вказівки до виконання розділу з питань безпеки життєдіяльності та цивільної оборони у дипломних роботах (проектах) студентів. – Миколаїв: НУК, 2008. – 49 ст.