

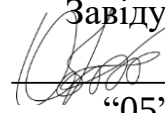
**Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова**

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки
(повне найменування інституту, назва факультету)

Суднових електроенергетичних систем
(повна назва кафедри)

Рекомендовано до захисту

Завідувач кафедри СЕЕС

 д.т.н., доц. Обрубов А.В.
"05" червня 2026 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти "бакалавр"

на тему:

"Проектні дослідження електропривода головного руху токарного верстата"

Виконав: студент IV курсу, групи 4301з
напряму підготовки (спеціальності)

141 "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

 Цидуля Олексій Володимирович

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Ставинський Р.А.

(прізвище та ініціали)

 Рецензент к.т.н., доц. Білюк І.С.

(прізвище та ініціали)

м. Миколаїв 2026 р.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки
Кафедра Суднових електроенергетичних систем
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Напрямок підготовки 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"
(шифр і назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

д. т. н., проф.

Волянська Я. Б.



"15" лютого 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Цидуля Олексій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): Проектні дослідження електропривода головного руху токарного верстата.

керівник проекту (роботи) Ставинський Р.А., к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "22" квітня 2026 р. №286-уч.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) до 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) технічна документація токарного верстата 1М63.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 4.1. Стан питання та постановка задачі дослідження.

4.2. Розрахунок електропривода та електрообладнання головного руху токарного верстата.

4.3. Синтез системи керування токарним верстатом.

4.4. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5.1. Загальний вигляд токарного верстату.

5.2. Схема електрична принципова верстата 1М63.

5.3. Спрощені кінематичні схеми верстата.

5.4. Функціональна та структурна схеми системи.

5.5. Імітаційна модель системи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Ставинський Р.А.		
			3.06.2026

7. Дата видачі завдання 15.02.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Стан питання та постановка задачі дослідження.	6.04.2026	виконано
2	Розрахунок електропривода та електрообладнання головного руху токарного верстата.	20.04.2026	виконано
3	Синтез системи керування токарним верстатом.	7.05.2026	виконано
4	Охорона праці.	3.06.2026	виконано

Студент

(підпис)

Цидуля О.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

к.т.н., доц. Ставинський Р.А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У випускної кваліфікаційної роботі розглядаються питання автоматизації токарного верстата 1М63. В процесі автоматизації виконується заміна електродвигунів головного руху та руху подач верстата, встановлення елементів ЧПК та комплектного електропривода.

Під час виконання роботи було виконано аналіз шляхів поліпшення характеристик верстата. Проведено розрахунок електропривода та електрообладнання подачі верстата, розраховано систему автоматичного регулювання. Обґрунтовано та синтезовано систему керування верстатом.

Виконано синтез системи керування електроприводом і обрано перетворювач частоти, що задовольняє поставленій задачі.

Ключові слова: токарний верстат, електропривід, система керування.

ANNOTATION

The final qualification work deals with the automation of the 1M63 lathe. In the process of automation, the electric motors of the main drive and the feed drive of the machine are replaced, the elements of the control system and the complete electric drive are installed.

During the execution of the work, an analysis of ways to improve the characteristics of the machine was performed. The calculation of the electric drive and the electrical equipment of the machine feed was carried out, and the automatic regulation system was calculated. The machine control system is substantiated and synthesized.

The synthesis of the electric drive control system was performed and a frequency converter was selected that satisfies the given task.

Keywords: lathe, electric drive, control system.

					141.43013.БР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	7
1.1. Аналіз токарних верстатів, що використовуються у виробництві ..	8
1.2. Шляхи поліпшення характеристик верстатів.....	10
1.3. Опис і технічні характеристики верстата.....	17
1.4. Постановка задачі дослідження	21
2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ГОЛОВНОГО РУХУ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА	22
2.1. Стисла технологія, механічна будова, вимоги до привода	23
2.2. Вибір роду струму і величини напруги	26
2.3. Розрахунок і вибір потужності двигуна	27
2.4. Вибір основного силового обладнання	29
2.5. Вибір системи автоматичного регулювання, статичний розрахунок системи автоматичного регулювання	32
2.6. Розрахунок і вибір апаратури захисту	33
2.7. Розрахунок і вибір ліній живлення.....	34
3. СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТОКАРНИМ ВЕРСТАТОМ	36
3.1. Класифікація та показники якості систем керування електроприводів.....	37
3.2. Система скалярного управління частотно-регульованого асинхронного електропривода	38
3.3. Розімкнені системи керування.....	39
3.4. Замкнені системи частотного керування	42
3.5. Знаходження моделі лінеаризованої системи у середовищі MathWorks Matlab	50
3.6. Вибір та опис перетворювача частоти.....	54
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	55

					141.4301з.БР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ.....	56
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	58
4.2. Загальні відомості щодо виробничого освітлення.....	61
4.3. Розрахунок захисного заземлення установки.....	62
4.4. Заходи щодо техніки безпеки при експлуатації установки.....	66
4.4.1. Експлуатаційні заходи щодо контролю параметрів системи.....	67
4.4.2. Технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки.....	69
4.4.3. Організаційні заходи щодо забезпечення безпеки виробництва	70
4.4.4. Засоби протипожежної безпеки.....	70
4.5. Заходи профілактики виробничих отруєнь.....	72
ВИСНОВКИ	73
ЛІТЕРАТУРА	74

					141.4301з.БР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Стрімкий розвиток сучасного суспільства вимагає не тільки постійного пошуку новітніх технологій, але й швидкого та вчасного їх впровадження у виробничо-споживчий процес задля швидкого подолання дефіциту ресурсів та засобів, що обов'язково виникає в існуючих умовах. Тому економіки тих країн, що швидко орієнтуються і впроваджують технології, використовують набуті знання, не створюючи собі перешкод на цьому шляху, мають домінуючі позиції в світовому розподілі благ і отримують більше можливостей для подальшого розвитку та вдосконалення.

Автоматизація являється одним з напрямів розвитку технологічних промислових технічних засобів та спрямована на покращення умов праці, збільшення обсягів та зменшення собівартості продукції виробництва шляхом впровадження саморегульованого технічного устаткування. Застосування автоматизації на виробництві дозволило значно зменшити використання людського ресурсу та суттєво збільшити швидкість виготовлення готової продукції, що спричинило черговий стрибок суспільства в подоланні дефіциту благ. В цій якості значення автоматизації неможливо переоцінити, особливо в умовах хвороби більшості великих радянських підприємств – застарілій виробничій базі, що вимагає використання значної кількості людино-годин у процесі.

Розглянуто автоматизацію типового токарно-гвинторізного верстату без ЧПК 1М63, що широко розповсюджений на підприємствах України.

В ході виконання роботи буде обґрунтовано вибір саме запропонованої моделі верстату, розраховано і обрано найбільш оптимальний привод подач для забезпечення необхідних режимів роботи верстату. Також метою роботи є розробка та обґрунтування схеми автоматизації верстату, у тому числі системи автоматичного керування, комплектного електроприводу та заходів із переналагодження устаткування на нові методи роботи.

					141.4301з.БР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Стан питання та постановка задачі дослідження	Літ.	Аркуш	Аркушів
Студент		Цидуля О.В.						
Керівник		Ставинський Р.						
Н. контроль						НУК		
Зав. каф.		Обрубов А.В.						

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз токарних верстатів, що використовуються у виробництві

В парку промислового обладнання сучасних підприємств, серед великої кількості різноманітних типів верстатів, домінуючу позицію має токарна група верстатів.

Розглянемо, які саме типи верстатів входять до вказаної групи.

Основу групи складають саме токарні верстати, які у машинобудівної галузі являються найбільш поширеними. Сюди також відносять модифікацію токарних верстатів, які називаються токарно-гвинторізними. До складу вказаного устаткування входить механізм, який узгоджує головний рух з рухом подачі, що дозволяє виконувати нарізання різьб різних типів (модульну, метричну, пітчеву, дюймову, торцеву). Тому дана група верстатів також являється достатньо поширеною і широко використовується поряд з токарними. Вказане обладнання зазвичай має високу жорсткість, достатню велику потужність, високі швидкості обертання шпинделя. Все це дозволяє обробляти деталі в режимах підвищених швидкостей різання. Для забезпечення можливості оброблення криволінійних складних поверхонь на верстатах застосовують гідрокопіювальний супорт, який дозволяє автоматизувати процес оброблення. При оброблюванні отворів задня бабка з'єднується з супортом за допомогою спеціального замка, що дозволяє одержувати механічну подачу. У фартуху міститься пружинна муфта, яка використовується при обробленні деталей по упорах, що також прискорює процес обробки. Парк токарно-гвинторізних верстатів підприємства представлений такими розповсюдженими моделями, як 16В20, 1В62, 16К20, 1К62 (універсальні верстати для різноманітних токарських робіт), 1В625

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(обробка поверхонь деталей типу тіл обертання і нарізування різьблень), 1A616 (призначений для оброблення порівняно малих деталей з різноманітних матеріалів), 1M63 (для різноманітних токарних робіт, включаючи точіння конусів та нарізання різьб).

Другим типом верстатів, що входять до групи являються токарно-лобові. Основним призначення лобових токарних верстатів є виготовлення деталей малої довжини і великого діаметра. Заготівля, яка оброблюється встановлюється на планшайбі, яку закріплено на шпинделі. Різець встановлюють у різцетримачі. У передній бабці розташована коробка швидкостей (подач). Через вказану коробку і ходовий вал здійснюється подача супорта від шпинделя [1].

Іншим різновидом є токарно-карусельні верстати, які призначені для виготовлення деталей великих діаметрів і довжин. Особливістю токарно-карусельних верстатах є вертикальне розташування осі шпинделя і розташування в горизонтальній площині торцевої частини планшайби, внаслідок чого суттєво полегшується встановлення, перевірка і закріплення заготовок. Вага заготовки і сили різання прикладаються до кругових напрямних планшайб, тому шпиндель розвантажується напруги крутіння та загинання, що відрізняє вказані верстати від лобових. Унікальні карусельні верстати, що використовуються для виготовлення деталей турбін, мають планшайбу діаметром близько 18 метрів. Представлені верстатами 1Л532, 1512-1516, 1525 для чорнового і чистового оброблення різноманітних заготовок з чорних та кольорових металів.

Наступним різновидом є токарно-револьверні верстати, які замість задньої бабки мають револьверну головку. Вони використовуються для мультіінструментального оброблення складних за конфігурацією поверхонь з пруткового матеріалу і штучних заготовок. На револьверних верстатах можна виконувати операції точіння, свердління, розточування, зенкерування, накатування різьб та деякі інші [1].

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш розповсюдженим на підприємстві "Зоря"- "Машпроект" є токарно-гвинторізні верстати моделі 1М63, які є швидкісним універсальним станками і призначені для виконання великого спектру токарських і гвинторізних робіт з кольоровими та чорними металами, до якого входять операції точіння конусів, нарізування метричних, модульних, дюймових та пітчевих різьб. Вказані верстати характеризуються жорсткою конструкцією, високим номіналом швидкості обертання шпинделя (1250 об/хв) та відносно великою потужністю приводу (13 кВт), що надає можливість його використання для швидкісної обробки, встановлення різців з швидкоріжучої сталі та твердих сплавів.

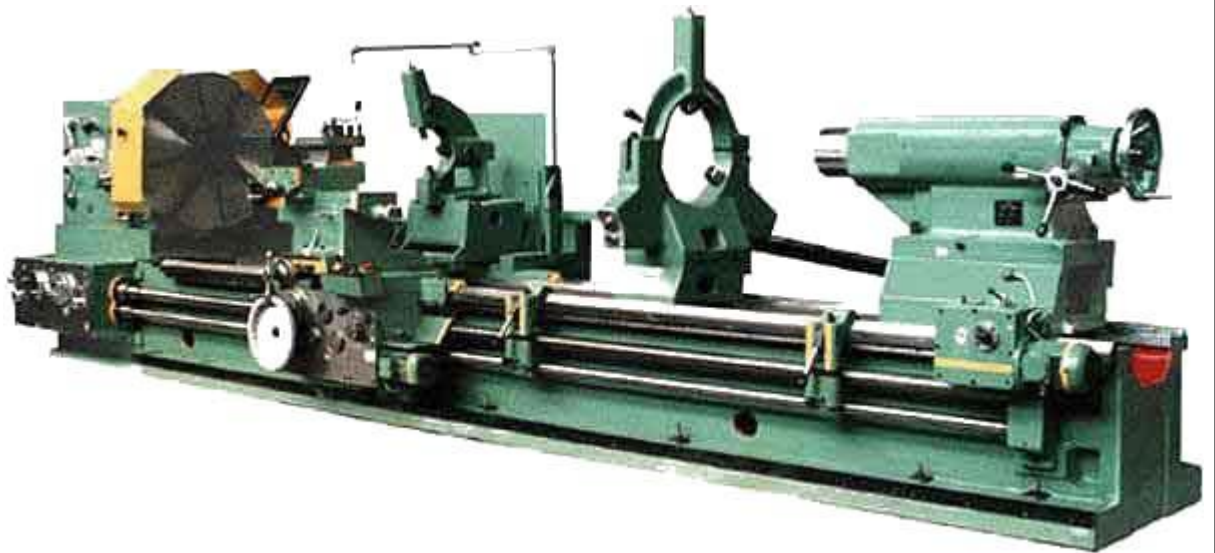


Рисунок 1.1 – Верстат токарно-гвинторізний 1М63

1.2. Шляхи поліпшення характеристик верстатів

Під автоматизацією будь якого верстату розуміють його вдосконалення шляхом додаткової комплектації механічної системи двома елементами комплектним електроприводом і блоком числового програмного управління. Як результат, отримуємо складну автоматизовану систему, яка дозволяє прискорити швидкість та збільшити точність серійного виробництва. В такому вигляді верстат вимагає від людини оператора попереднє

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

налаштування системи, вибірковий контроль якості деталей, які виготовляються та зміни програми верстату, коли є необхідність переходу до виготовлення іншої продукції.

Для того, щоб заходи з автоматизації були найбільш ефективними, необхідно заглибитись у технологію обробки деталей на токарному верстаті, визначити основні процеси і складові роботи установки.

Головний рух - рух, що забезпечує переміщення робочої точки, лінії чи поверхні інструменту відносно заготовки та що виконує при цьому обробку. У токарних верстатах таким рухом є обертання заготовки, зажатої в патроні шпинделя. Як правило головний рух має найбільшу встановлену потужність приводу, тому що саме головний привод верстату забезпечує необхідне зусилля різання.

Рух подач - рух по осях геометрії верстату, що забезпечує переміщення виконавчого органу верстату за визначеною пласкою або просторовою траєкторією (контурі) із заданою швидкістю. Діапазон зміни швидкостей приводів подач дуже великий і визначається технологічними режимами обробки. Однак задля дотримання заданих технологічних режимів задається контурна швидкість руху точки інструменту. Необхідні при цьому швидкості подач по осях верстату вираховуються системою керування у процесі виконання завдання.

Головний рух і рух подач називають основними рухами. Окрім основних рухів, у верстатах є допоміжні рухи, що безпосередньо не виконують процес різання, але сприяють йому або виконують допоміжні операції, що забезпечують роботу верстату. Вони виконують подачу охолоджувальної змащувальної рідини, затиск та відтискання заготовки та механізмів верстатів, автоматичне підведення та відведення інструментів, автоматичний контроль розмірів у процесі обробки і т.ін.

Основні і допоміжні рухи на верстатах виконуються від електро- та гідроприводів. При використанні у приводі електрорушійного пристрою він є

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроприводом. Електроприводи найбільш розповсюджені серед приводів основних рухів.

Електропривод головного руху включає приводний електричний двигун, для передачі руху виконавчому органу верстата передбачається редуктор або коробку швидкостей. При безпосередньому з'єднанні електродвигуна з виконавчим органом необхідність застосування передаючого пристрою виключається.

Для приводу головного руху токарних верстатів найбільш розповсюдженими є приводи від АД з декількома обмотками на статорі (багатошвидкісні) або від звичайного АД з короткозамкненим ротором зі ступінчастим регулюванням швидкості шляхом перемикання шестерень в коробці швидкостей. Для дистанційного перемикання швидкості можуть використовуватися різноманітні пристрої, серед яких найбільш часто можна зустріти фрикційні електромагнітні муфти, які вбудовані в коробку швидкостей, а також з електричні виконавчі електродвигуни і гідравлічні механізми.

Ступінчасте регулювання швидкості різання при використанні електроприводу змінного струму не спроможне забезпечити максимальну продуктивність. Складна кінематична схема коробки швидкостей зменшує точність роботи верстату і відповідно погіршує якість продукції і підвищує її вартість. Тому привод головного руху доцільно виконувати у вигляді регульованого електропривода з простим редуктором або двохступінчастою коробкою швидкостей з дистанційним перемиканням [2].

Найбільш раціональним рішенням для приводів головного руху являється регулювання швидкості обертання з постійною потужністю, так як при реалізації вказаного способу більшим швидкостям різання відповідають менші зусилля різання, а меншим швидкостям, відповідно більші зусилля.

Діапазон регулювання швидкості обертання визначається межами швидкостей різання та діаметрами оброблюваних деталей. Це обумовлено

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тим, що на універсальних верстатах можуть оброблюватися деталі з різноманітних матеріалів і різних геометричних розмірів та різноманітних діаметрів. Для оброблення деталей однакового діаметра з різноманітних матеріалів на обхідно забезпечити певний діапазон регулювання швидкості різання. З іншого боку, механічна обробка деталей з одного матеріалу, які відрізняються діаметрами, потребує постійної швидкості при різанні.

Постійна швидкість обертання при різанні досягається діапазоном регулювання швидкості привода, що визначається відповідним співвідношенням діаметрів заготовок. Наприклад, для токарних верстатів з діаметрами встановлюваних деталей від 32 до 100 см потрібний діапазон регулювання частот обертання приблизно 50:1, а для токарно-карусельних верстатів з діаметрами оброблюваних деталей від 125 до 400 см він доходить до 80:1 [3].

Числовим програмним керування (ЧПК) називається комп'ютеризована система управління, яка сприймає командні інструкції, які надаються завдяки спеціалізованої мови програмування і відповідно до них своєю дією здійснює керуючі дії на приводи верстатів та верстатне оснащення. Верстати, які обладнано вказаними системами відповідно називаються верстатами з ЧПК. Інтерпретатор системи ЧПК проводить переведення програм з вхідної мови в команди управління приводами подач і головним приводом, а також контролерами управління окремими вузлами верстата. Для визначення необхідної траєкторії переміщення робочого органу відповідно до програми управління, використовується інтерполятор, який визначає положення проміжних точок траєкторії руху відповідно до заданих у програмі кінцевих точок.

У верстатах з системою числового програмного управління значно ускладнюються функції, що виконуються електроприводом головного руху.

Якщо швидкості нижче номінального значення, то регулювання виконується за умови постійного моменту. При цьому отримуємо двозонне

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулювання швидкості. Однозонне регулювання швидкості з постійним моментом може використовуватись, якщо потужності головного приводу не велика.

У електроприводах подач широке застосування мають передачі "гвинт-гайка" або "шестірня-рейка". Також широке застосовуються високомоментні електродвигуни зі збудженням від постійних магнітів, які встановлюються безпосередньо на ходовий гвинт, що значно спрощує механічну частину приводу, підвищує його ККД і знижує момент інерції.

Для збільшення продуктивності переміщення виконавчих органів до зони обробки виконується на великій швидкості за допомогою тих самих електроприводів подачі.

Внаслідок незадовільних динамічних властивостей регульованого електропривода, особливо якщо збурювання відбувається за навантаженням, можуть з'являтися шорсткість поверхні. Цього можна усунути шляхом забезпечення високої швидкодії приводу при підключенні та відключенні навантаження, а також при реверсі електродвигуна під навантаженням на мінімальних швидкостях обертання. Для електроприводів подач зміна частоти обертання при підключенні та відключенні навантаження $0,5M_{ном}$ відносно заданого рівня не повинно перевищувати 100% при $n=0,001n_{ном}$ та часі відновлення 0,1 с [3].

Розглянемо основні вимоги, які пред'являються до електроприводів подач:

- мінімальні розміри приводного електричного двигуна при високих значеннях моменту обертання;
- висока максимальна частота обертання;
- висока перевантажувальна здатність електропривода в короткочасному та повторно-короткочасному режимах навантаження;
- великий діапазон регулювання;
- значна стабільність характеристик;

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- велика швидкодія в перехідних режимах при розгоні та гальмуванні, підключенні та відключенні навантаження та при реверсі під навантаженням на мінімальних швидкостях обертання;

- висока рівномірність руху за різного навантаження на всіх швидкостях включаючи найменші;

- надійність і ремонтпридатність;

- зручність конструктивного встановлення електродвигуна на верстаті та вбудовування обладнання у шафі керування;

- зменшені масогабаритні показники.

Автоматизація в області дрібносерійного виробництва повинна допускати швидке переналаштування виробництва при зміні деталей, змінах в конструкції, заміні старих деталей на нові.

Використання звичайних верстатів, облаштованих числовим програмним керуванням. Цей напрямок характеризується використанням звичайних верстатів з ЧПК, налагоджених для виконання конкретних операцій. Верстати цього типу зазвичай включаються у гами універсального обладнання, що забезпечує високу уніфікацію виготовлюваних верстатів з базовими моделями. Таке рішення дає очевидні переваги для виробника верстатів і підвищує рівень автоматизації в споживача, але зберігає відомі недоліки дрібносерійного виробництва: втрати часу при переналагодженні обладнання; великі затрати на незавершене виробництво; довгі цикли виготовлення комплектів деталей; надлишкові транспортні та складські видатки.

Впровадження верстатів з ЧПК зазвичай виконують у два етапи. На першому етапі, після економічного обґрунтування, виконується заміна застарілого обладнання діляниць цеху на верстати з ЧПК. Техніко-економічний ефект при цьому досягається далеко не повний, оскільки трудові та матеріальні витрати на планування, транспорт, складування та

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інші операції залишаються незмінними і виробничі лінії працюють в тому ж ритмі так як застосовуються старі методи організації виробництва.

На другому етапі, при модернізації або заміні великої кількості верстатів, створюються предметно-замкнені ділянки або лінії з використанням верстатів з ЧПК на усіх операціях. Виникає необхідність використання ЕОМ для підготовки і управління усім технологічним виробничим циклом.

Деталі тіл обертання звичайно переважають у конструкціях верстатів і машин як за кількістю найменувань, так і за кількістю штук оригінальних і уніфікованих деталей. Трудомісткість обробки тіл обертання складає до 70% загальної трудомісткості механічної обробки деталей металоріжучих верстатів.

Значна трудомісткість механічної обробки деталей тіл обертання ті велика кількість верстатів для цієї групи деталей викликають необхідність постійного вдосконалення технологічних процесів. Найважливішим напрямком удосконалення технології обробки таких деталей є максимально можлива концентрація технологічного процесу на основі скорочення числа операцій і установок деталей.

Виникає необхідність автоматично забезпечити досягнення розмірних і геометричних параметрів оброблюваних деталей, виключивши пробні підходи інструменту і проміри оброблюваних поверхонь, таким чином виникає необхідність наблизити умови роботи на універсальному обладнанні до методів обробки на спеціальних чи спеціалізованих верстатах. Це досягається за допомогою оснащення універсальних верстатів приладами цифрового показу, що реєструють фактичне положення виконавчих органів верстату, а також використанням системи розмірного налагодження інструменту зовні верстату.

Цифровий показ разом з розмірною накладкою інструменту виключає витрати допоміжного часу на пробні переходи і проміри, забезпечує обробку

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталі без браку, підвищує загальну культуру праці і є перехідним етапом до автоматизації виконання окремих операцій і всього технологічного процесу механічної обробки.

1.3. Опис і технічні характеристики верстата

Верстат токарно-гвинторізний моделі 1М63 є універсальним швидкісним верстатом, який призначено для виконання широкого спектру токарних і гвинторізних операцій по кольоровим і чорним металам, серед яких точіння конусів і нарізування метричної, дюймової, модульної та пітчевої різьб.

Супорт верстата має можливість механічного переміщення верхньої частини, що дозволяє виконувати точіння довгих конусів. Точіння коротких конусів виконується рухом верхньої частини супорту.

Зміна величини подач і налаштування на крок нарізуваної різьби здійснюється перемиканням зубчатих колес коробки подач і налаштуванням гітари змінних шестірней.

Супорт має швидке переміщення в продольному та поперековому напрямках, яке здійснюється від індивідуального електродвигуна.

Наведемо основні технічні характеристики обраного верстату:

- максимальний діаметр деталі, яку можна обробляти над станиною - 630 мм;
- максимальний діаметр деталі, що обробляється над супортом - 350 мм;
- найбільша довжина заготовки, яка обробляється - від 750 до 10000 мм, що залежить від модифікації верстату;
- кількість номіналів частот обертання шпинделю - 22;
- діапазон зміни швидкості обертання шпинделю - 10..1250 об/хв;

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- максимальна вага заготовки - 3500 кг;
- головний привод типу АО2-61-4 з потужністю 13 кВт та частотою обертання 1460 об/хв;
- клас точності верстата Н.

Нижче наведено принципову електричну (рис. 1.3) та кінематичну (рис. 1.4) схеми верстату 1М63.

На жорсткій станині верстата розташовані похили вікна для відводу стружки. До лівої головної частини станини кріпиться коробка швидкостей, яка за допомогою приводного шківів поєднується з приводним електричним двигуном через клиноременну передачу.

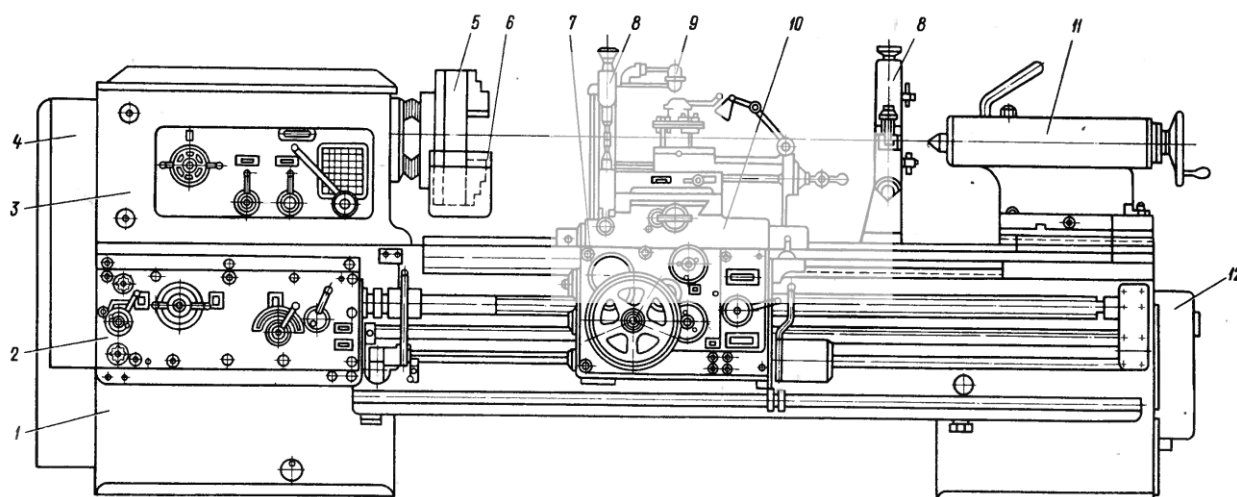
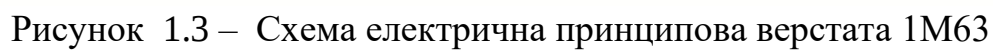


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд верстата:

- 1 - станина, 2 - коробка подач, 3 - коробка швидкостей, 4 - приклин і змінні шестерні, 5 - приладдя, 6 - кожух захисний, 7 - фартух, 8 - люнети, 9 - система охолодження, 10 - супорт, 11 - задня бабка, 12 - електрообладнання.

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					141.430/з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фартух виконується закритого типу. Для внутрішнього доступу його передня стінка виконується знімною. Фартух з'єднується з коробкою подач через ходовий вал, а при нарізанні різьб – через ходовий гвинт.

Коробка подач, яка має дві осі, також виконується закритого типу. Шляхом перемикання відповідних рукояток та, у разі необхідності, встановлення змінних зубчастих коліс можна змінювати налаштування механізму подач для нарізування нормального ряду метричних, дюймових, модульних та пітчевих різьб, а також для отримання необхідних подач при токарній обробці.

1.4. Постановка задачі дослідження

Виходячи з аналізу, що проведений для токарних верстатів, визначення шляхів поліпшення характеристик для верстата 1М63, який використовується на підприємствах України, зроблено наступну постановку задачі:

- 1) розрахувати та обрати комплектний електропривод для автоматизації цього верстата;
- 2) вибрати систему керування;
- 3) синтезувати регулятори з параметрами настроювання $\sigma_{\max} \leq 5\%$;
- 4) зробити аналіз отриманих результатів.

					141.4301з.БР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					141.4301з.БР.ПЗ.Р2			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Цидуля О.В.			<i>Розрахунок електропривода та електрообладнання головного руху токарного верстата</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Ставинський Р.						
Н. контроль						НУК		
Зав. каф.		Обрубов А.В.						

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ГОЛОВНОГО РУХУ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА

2.1. Стисла технологія, механічна будова, вимоги до привода

У верстаті типу 1М63 приводи головного руху та подач приводяться до руху окремими електричними двигунами. Завдання автоматизації верстата вимагає його вдосконалення шляхом заміни наявних електроприводів на такі, що більш оптимально виконують поставлену задачу. Спершу розглянемо кінематичні схеми і тахограми роботи цих електроприводів.

Привод головного руху токарного верстата виконує задачу обертання заготовки, тобто виконує головний рух. Такий привод є найбільш потужним приводом в установці, але самий рух є простим - виконується лише нереверсивне обертання.

Привод подач забезпечує рух виконавчого органу по осях геометрії верстата. Він має великий діапазон зміни швидкостей та можливість реверсивної роботи.

У цьому розділі буде зроблено розрахунок одного з наявних приводів з метою оптимізації роботи проекрованої установки.

З метою вибору об'єкта розрахунку представимо кінематичні схеми і тахограми роботи цих двох приводів та обґрунтуємо доцільність вибору.

Спрощені кінематичні схеми приводу головного руху та приводу руху подач верстата показані на рис. 2.1 (а і б) [11].

Тахограма роботи привода головного руху приведена на рис. 2.2.

Тахограма роботи привода подачі приведена на рис. 2.3.

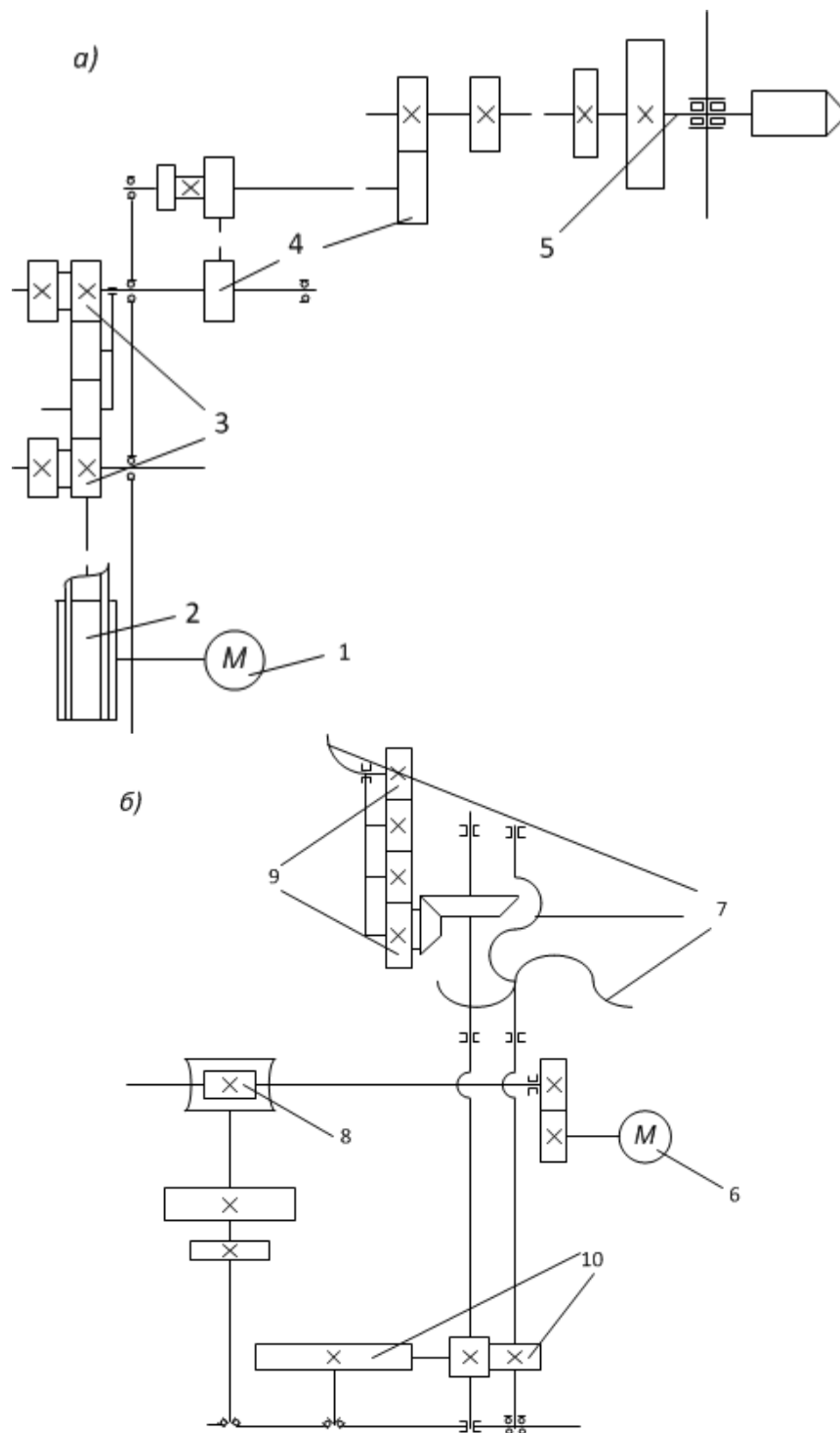


Рисунок 2.1 – Спрощені кінематичні схеми (а) приводу головного руху та (б) приводу руху подач верстата

На кінематичних схемах позначено: 1 - електродвигун головного руху, 2 - клиноремінна передача, 3 - змінні зубчасті колеса, 4 - зубчасті колеса

коробки швидкостей, 5 - вал шпинделя обертання із зубчастими колесами налаштування, 6 - електродвигун подачі, 7 - гвинти приводу подачі, 8 - черв'ячна пара, 9 - зубчасті колеса подачі верхніх полозків супорта, 10 - зубчасті колеса зворотної подачі.

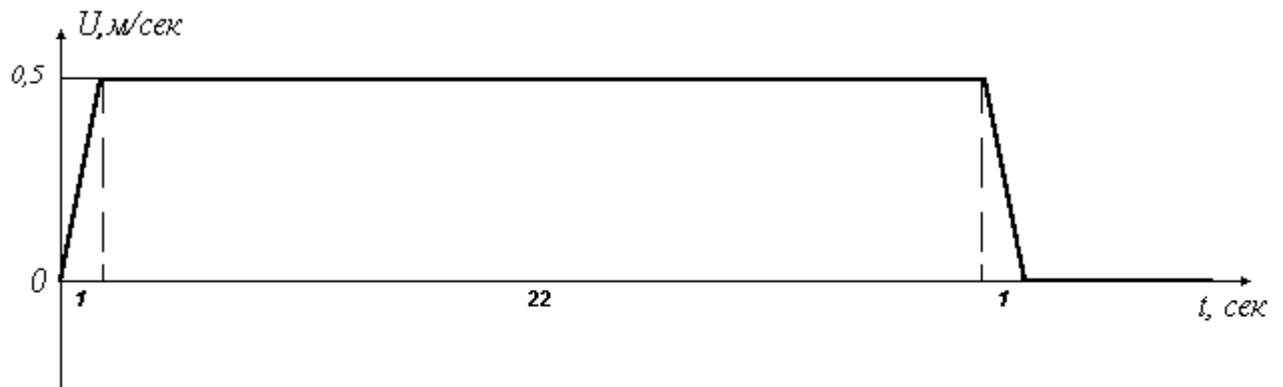


Рисунок 2.2 – Тахограма роботи привода головного руху

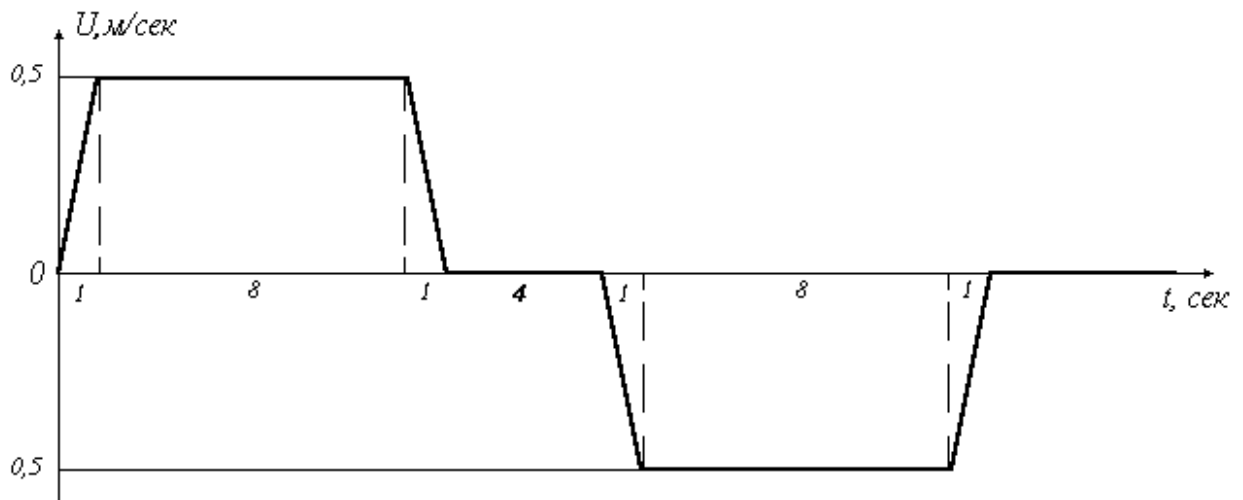


Рисунок 2.3 – Тахограма роботи привода подачі

З аналізу рис. 2.2 та рис. 2.3 слідує, що відповідно до тахограми роботи, привод подачі більш складний, ніж привод головного руху. Тому проектні дослідження будемо виконувати саме для приводу подачі.

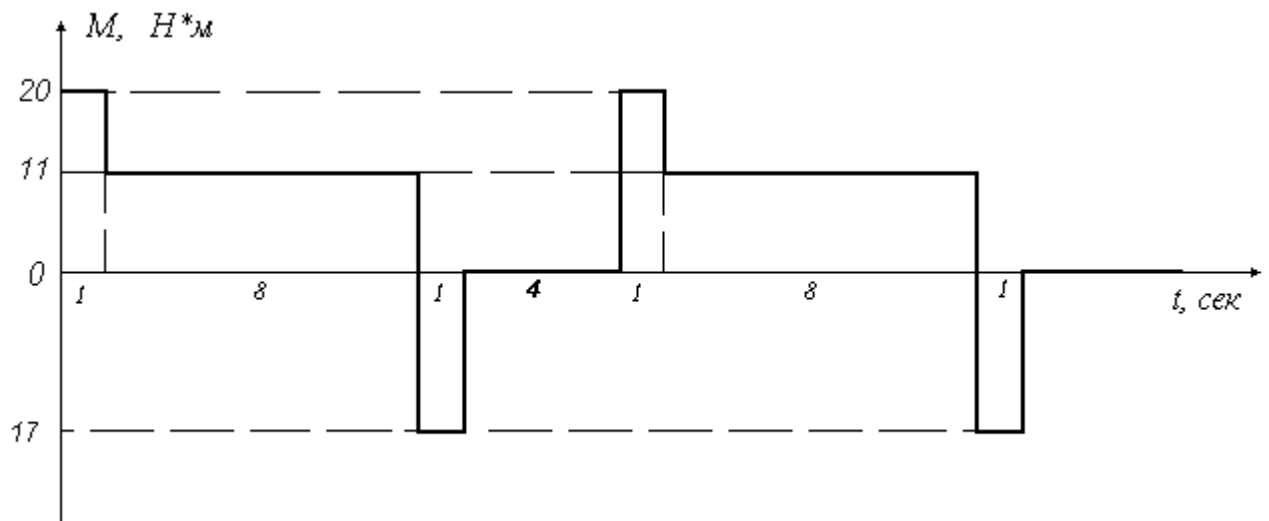


Рисунок 2.4 – Навантажувальна діаграма роботи приводу подачі

$M_{\max} = 20 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $U = 0,5 \text{ м/с}$, темп розгону один і той самий – $0,5 \text{ м/с}^2$.

2.2. Вибір роду струму і величини напруги

На металургійному виробництві використовуються приводи як змінного, так і постійного струму. Кожен вид приводу має свої переваги та недоліки.

Привод змінного струму простий і надійний, зручний та невимогливий в експлуатації, простий в підключенні (основний рід струму живлячої мережі: змінний 50 Гц), але можливості регулювання швидкості обертання дуже обмежені і нема простого способу плавного регулювання частоти обертання. Але разом з тим асинхронний привод змінного струму забезпечує постійну швидкість за різних навантажень, можливість великих перевантажень та високий $\cos\phi$ і ККД.

У відповідності з технологією процесу, механізми привода подачі верстата повинні задовольняти вимогам швидкого пуску, витримки перевантажень та стійкості роботи за зміни навантаження, що дуже складно забезпечити за допомогою приводу постійного струму. Таким чином для

приводу подачі верстату потрібно обирати привод змінного струму, а саме асинхронний привод з короткозамкненим ротором.

Так як потужність двигунів привода невелика (менше 250 кВт), то для його живлення необхідна напруга менше 1 кВ. Отже, будемо використовувати привод змінного струму із стандартним значенням напруги 220 В.

2.3. Розрахунок і вибір потужності двигуна

Визначаємо еквівалентний момент двигуна, M_e .

$$M_e = \sqrt{\frac{M_n^2(t_{n1} + t_{n2}) + M_r^2(t_{r1} + t_{r2}) + M_y^2(t_{y1} + t_{y2})}{t_{y1} + t_{y2} + \beta(t_{n1} + t_{n2} + t_{r1} + t_{r2})}},$$

де $\beta = 0,7$ - коефіцієнт, який враховує, що під час перехідних процесів умови охолодження погіршуються;

M_n - пусковий момент;

M_r - гальмівний момент;

M_y - момент сталого режиму;

t_n - час пуску;

t_r - час гальмівних режимів;

t_y - час сталих режимів.

$$M_e = \sqrt{\frac{20^2(1+1) + 17^2(1+1) + 11^2(8+8)}{8+8+0,7(1+1+1+1)}} = 13,277 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначення швидкості двигуна.

$$n = \frac{60 \nu i}{\pi D},$$

де i – передаткове число редуктора;

D - діаметр барабану, м;

ν - швидкість руху, м/с.

Відповідно до тахограм визначимо швидкість:

$$n = \frac{60 \cdot 0,2 \cdot 125}{3,14 \cdot 0,5} = 945,414 \text{ об/хв.}$$

Тривалість включення привода.

$$ПВ_{роз} = \frac{t_{роб}}{t_{ц}} \cdot 100 \% ,$$

де $t_{роб}$ - загальний час роботи;

$t_{ц}$ - час циклу;

за тахограмою $t_{ц}=28$ с, $t_{роб}=20$ с.

$$ПВ_{роз} = \frac{20}{28} \cdot 100 \% = 71,4 \% .$$

Потужність двигуна.

Виконуємо перерахунок моменту на стандартну тривалість вмикання:

$$M'_e = M_e \sqrt{\frac{ПВ_{роз}}{ПВ_{см}}} ;$$
$$M'_e = 13,277 \sqrt{\frac{71,4}{60}} = 14,484 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Визначаємо потужність двигуна, Р, кВт:

$$P = \frac{M'_e \cdot n}{9,55} ;$$
$$P = \frac{14,484 \cdot 945,414}{9,55} = 1433,861 \text{ Вт.}$$

Внаслідок додаткового нагріву внаслідок пульсацій випрямленого струму в системі ТП-АІ-Д необхідно збільшити потужність двигуна на 20%.

$$P' = P \cdot 1,2 = 1,434 \cdot 1,2 = 1,72 \text{ кВт.}$$

Вибір двигуна.

За довідником [9] обираємо асинхронний двигун типу АО2-31-6. Паспортні дані двигуна зведено до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Паспортні дані двигуна

тип	P, кВт	об/мин	I _{с ном} , А	U, В	R _с , Ом
АО2-31-6	1,5	950	8,6	220	3,45

2.4. Вибір основного силового обладнання

Вибір тиристорного перетворювача.

Виходячи з постійного значення магнітного потоку двигуна та використанні однозонної системи регулювання, визначимо сталу $C_m\Phi$ і побудуємо навантажувальну діаграму струмів:

$$M_{ном} = \frac{P_{ном} \cdot 9550}{n_{ном}} ;$$

$$M_{ном} = \frac{1,5 \cdot 9550}{950} = 15,079 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

За каталогом номінальний струм двигуна 8,6 А.

$$M_{ном} = C_m\Phi \cdot I_{ном},$$

$$C_m\Phi = M_{ном} / I_{ном},$$

$$C_m\Phi = 15,079 / 8,6 = 1,753.$$

Для перетворення навантажувальної діаграми в діаграму струмів необхідно значення моментів (рис. 2.4) поділити на сталу безрозмірну величину $C_m\Phi$.

Після виконання вказаних дій отримаємо діаграму струмів, яку приведено на рис. 2.6.

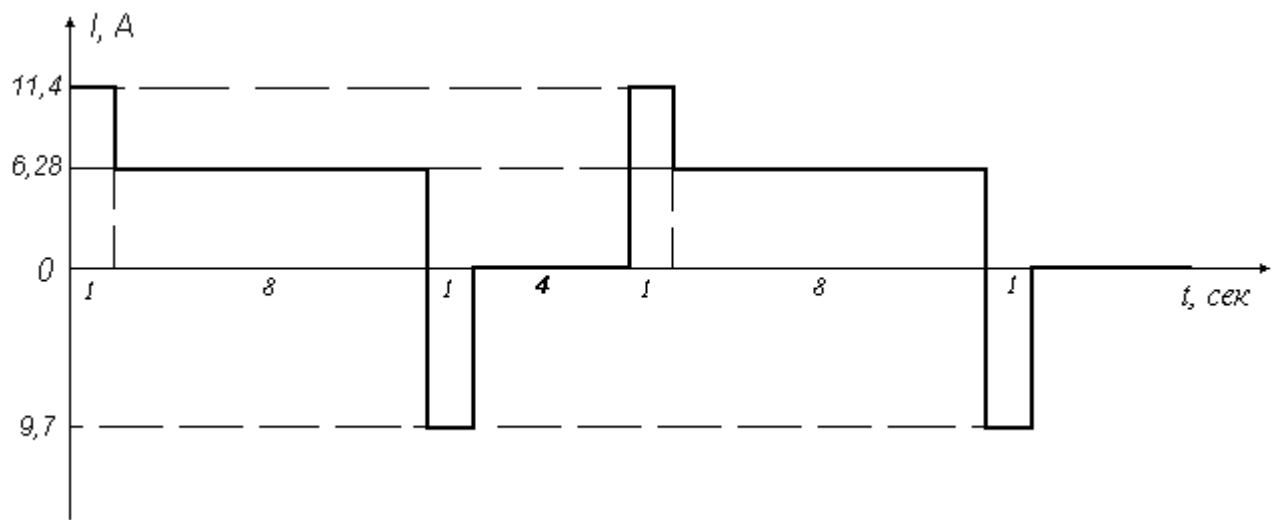


Рисунок 2.6 – Діаграма струмів привода подачі

Визначаємо середньоквадратичний струм двигуна.

$$I_{сер} = \sqrt{\frac{I_1^2(t_{п1} + t_{п2}) + I_2^2(t_{р1} + t_{р2}) + I_3^2(t_{y1} + t_{y2})}{t_{п1} + t_{п2} + t_{р1} + t_{р2} + t_{y1} + t_{y2}}};$$

$$I_{сер} = \sqrt{\frac{11,4^2(1+1) + 9,7^2(1+1) + 6,28^2(8+8)}{1+1+1+1+8+8}} = 7,346 \text{ A}.$$

Обираємо перетворювач типу КТЕУ 25/230 (комплектний тиристорний електропривод універсальний). Його дані: $I_d = 25 \text{ A}$, $U_d = 230 \text{ В}$, $\lambda = 2,25$ [6].

Вибір живлячого трансформатора.

Відповідно до значення номінальної напруги перетворювача у 230 В, вторинна лінійна напруга трансформатора повинна складати 205 В.

Максимальне значення випрямленої напруги визначається за формулою:

$$U_{d0} = U_{2ф} \cdot k_c,$$

де k_c - коефіцієнт випрямлення, для трифазної мостової схеми (яка використовується у перетворювачі КТЕУ) дорівнює 2,34 [6].

$$U_{2\phi} = U_{2k} / \sqrt{3} = 205 / 1,73 = 118,36 \text{ В}$$

$$U_{d0} = 118,36 \cdot 2,34 = 276,95 \approx 277 \text{ В.}$$

Визначаємо потужність трансформатора за формулою:

$$S = k_B \cdot U_{d0} \cdot I_{dH}$$

де k_B - коефіцієнт використання трансформатора, що знаходиться у межах 0,6...0,8 (при навантаженні у 60-80% від номінального ККД трансформатора максимальний).

$$S = 0,8 \cdot 277 \cdot 25 = 5540 \text{ В*А} = 5,54 \text{ кВ*А.}$$

За даними [6] обираємо трансформатор типу ТСП-10/0,7-УХЛ4, паспортні дані якого приведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Паспортні дані трансформатора

Тип	Ном. S, кВ*А	Вентильна обмотка		Втрати, Вт		U _к , %	I _{х,х} , %	U ₁ , В
		U, В	I, А	P _{х.х.}	P _{к.з}			
ТСП-10/0,7- УХЛ4	7,3	205	20,5	130	320	4,7	16	380

Побудова регулювальної характеристики трансформатора.

Визначаємо величини номінальної, максимальної і мінімальної швидкостей:

$$\omega_{\text{ном}} = n_{\text{ном}} / 9,55 = 950 / 9,55 = 99,476 \text{ рад/сек;}$$

$$\omega_{\text{max}} = n_{\text{max}} / 9,55 = 945,414 / 9,55 = 98,996 \text{ рад/сек;}$$

$$\omega_{\text{min}} = n_{\text{min}} = 0 \text{ рад/сек.}$$

За законом Ома визначимо номінальний опір електродвигуна

$$R_{\text{ном.дв}} = U_{\text{ном}} / I_{\text{ном}} = 220/8,6 = 25,581 \text{ Ом.}$$

Визначаємо номінальний ККД двигуна:

$$\eta_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} / (U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{ном}}) \cdot 100\% = 1500 / (220 \cdot 6,6) \cdot 100\% = 79 \%$$

2.5. Вибір системи автоматичного регулювання, статичний розрахунок системи автоматичного регулювання

Схема системи і її параметри.

У відповідності з завданням будуємо двохконтурну схему САР із контуром швидкості (зовнішнім) і контуром струму (внутрішнім). Для забезпечення необхідного темпу розгону використаємо задатчик інтенсивності.

У якості датчика швидкості обираємо асинхронний тахогенератор, який має крутизну характеристики $\gamma = 0,15 \text{ В/об/хв.}$

Схема отримує живлення від мережі з напругою 220 В.

Розрахунок кола зворотного зв'язку за швидкістю, вихідної напруги задавача інтенсивності (ЗІ).

Вихідна напруга тахогенератора якщо швидкість двигуна максимальна:

$$U_{\text{тг. max}} = \gamma \cdot n_{\text{max}} = 0,15 \cdot 945,414 = 141,812 \text{ В.}$$

Для визначення виходу датчика швидкості на максимальній швидкості необхідно його поділити на величину, яка є оберненою до значення діапазону регулювання або просто поділити вказане значення. Величина діапазону регулювання дорівнює 6:

$$U_{\text{вих. min}} = U_{\text{вих. max}} / 6 = 110 / 6 = 18,33 \text{ В.}$$

Необхідний вихідна напруга задавача інтенсивності:

- при максимальній швидкості $U_{\text{вих. ЗІ max}} = 110 \text{ В};$
- при мінімальній швидкості $U_{\text{вих. ЗІ min}} = 18,33 \text{ В.}$

Розрахунок параметрів задавача інтенсивності.

За заданою тахограмою визначається темп розгону привода. Наростання напруги ЗІ визначається як відношення величини максимальної напруги на час розгону привода до величини максимальної швидкості:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{110}{1} = 110 \text{ В/с} .$$

2.6. Розрахунок і вибір апаратури захисту

Призначення релейного захисту.

Під релейним захистом електричних систем рахують пристрій або сукупність пристроїв, основою яких є реле, які реагуючи на короткі замикання (КЗ) в основних елементах електричної системи, автоматично виявляють і відключають пошкоджену ланку. У деяких випадках елементи релейного захисту здатні реагувати і на інші порушення нормального режиму роботи системи такі як збільшення струму або напруги, включати сигналізацію або відключати відповідний елемент системи. КЗ по частоті виникнення і по масштабах негативних наслідків є основним видом аварійного режиму і викликає значні пошкодження в електричних системах. КЗ у більшості випадків викликає різке і нерівномірне зниження напруги в системі і значне збільшення струму в її елементах, що приводе до припинення електропостачання споживачів і виходу устаткування з ладу. Використання релейного захисту зводить шкідливі наслідки КЗ до мінімуму [5].

Вибір максимального струмового реле.

Реле обирається відповідно до номінального значення струму електродвигуна і уставки спрацювання. Номінальний струм АД складає 8,6А.

Уставка спрацювання реле приймається на 10% більшою ніж величина струму обмеження.

$$I_{\text{обм}} = I_{\text{мах}} \cdot 1,2 = 11,4 \cdot 1,2 = 13,68 \text{ А.}$$

$$I_{\text{уст}} = 1,1 \cdot I_{\text{обм}} = 1,1 \cdot 13,68 = 15,05 \text{ А.}$$

Обираємо реле змінного струму типу РТ 40/20 в якому регулювання уставки можливо в діапазоні від 10А до 20 А. Коефіцієнт повернення реле не менший ніж 0,85 на першому значенні уставці і не менший ніж 0,8 на решті значень. Додаткове регулювання забезпечує значення коефіцієнту не менш ніж 0,85 на будь якій уставці.

Реле захисту від перевищення напруги.

Для захисту від можливого перевищення напруги спрацювання реле повинне відбуватися при напрузі, яка перевищує припустиму напругу електродвигуна. Обираємо значення напруги спрацювання реле у 260 В.

Виходячи з означеного вище, обираємо реле РН 53/400 на номінальну напругу 220 В. Коефіцієнт повертання реле складає 0,8. Потужність дорівнює 2 Вт. Шкала реле виконуються з двома діапазонами. Поділki на шкалі нанесено для нижнього діапазону. Перехід з першого діапазону на другий виконується шляхом вмикання у коло додаткового резистора.

Величина номінального струму реле:

$$I_p = \frac{P}{U} = \frac{2}{220} = 0,009 \text{ А}$$

Визначаємо опір котушки реле за законом Ома:

$$R_k = \frac{U_{ном}}{I_p} = \frac{220}{0,009} = 24,444 \text{ кОм}$$

2.7. Розрахунок і вибір ліній живлення

Вибір кабеля живлення.

Необхідно обрати кабель живлення для з'єднання тиристорного перетворювача з приводом верстата. Кабелі живлення являється силовим кабелем.

Силовим називається електричний кабель, який призначено для передачі електроенергії від місця її виробництва або перетворення, тобто джерела, до об'єктів промислових підприємств, силових і освітлювальних установок типу, а також інших об'єктів.

Довжина кабелю складає 5 м. Відповідно до значення напруги у 220 В та робочого струму двигуна у 8,6 А, обираємо три одножильні алюмінієві кабелі з пластмасовою ізоляцією у свинцевій оболонці, переріз струмопровідних жил яких складає 2,5 мм². Допустимий струм кабелів відповідає значенню 23 А.

Вибір контрольних кабелів.

Контрольний називається багатожильний кабель, який служить для передачі інформації про стан, положення і режим роботи контрольованих об'єктів, доступ до яких ускладнений або зовсім неможливий. За своїми характеристиками та показниками контрольні кабелі займають проміжне положення між кабелями зв'язку і силовими кабелями. Вони широко використовуються для з'єднання електричних апаратів, для вторинної комутації апаратури пуску, регулювання, дистанційного управління, релейного захисту і автоматики.

У якості контрольних кабелів обираємо кабелі з перерізом у 1,5 мм², кількість жил для кожного кабелю дорівнює на одиницю більше ніж кількість необхідних каналів, тобто одна додаткова жила є резервною.

					141.4301з.БР.ПЗ.Р2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					141.4301з.БР.ПЗ.РЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Студент		Цидуля О.В.			<i>Синтез системи керування токарним верстатом</i>				Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Ставинський Р.									
Н. контроль									НУК		
Зав. каф.		Обрубов А.В.									

3. СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТОКАРНИМ ВЕРСТАТОМ

3.1. Класифікація та показники якості систем керування електроприводів

Автоматизовані системи поділяються на два типи :

- 1) незамкнені - без урахування керуючого впливу на об'єкт керування;
- 2) замкнені - з урахуванням результату впливу (через зворотній зв'язок) на об'єкт управління [11].

Для замкнених систем основним принципом керування є принцип зворотного зв'язку, що означає керування за відхиленням результату від завдання. Додатком до цього принципу є комбіноване керування, коли, окрім відхилення від завдання, вводиться в керування збурювальний вплив або додатково похідні величини завдання.

До задач, що покладені на системи керування, у загальному випадку відносять:

- стабілізацію деякої координати об'єкта керування;
- програмне керування за заздалегідь визначеним законом;
- слідування за деякою вимірюваною величиною, закон зміни якої заздалегідь відомий;
- самоналагодження (адаптацію) системи керування на оптимум якого-небудь показника об'єкта керування.

Додатковими ознаками класифікації СКЕП є:

- рівень керування: верхній (технологічний); нижній (що формує властивості електропривода);
- тип алгоритму керування: лінійний; нелінійний; аналітичний; логічний на базі жорсткої (класичної) логіки; логічний на базі нежорсткої фаззи-логіки;
- способи керування: модальне керування; каскадне (підлегле) керування; частотне скалярне керування; частотне векторне керування;

					141.4301з.БР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- технологічна координата електропривода: швидкість робочого органа;
положення робочого органа;

- тип двигуна: двигун постійного струму; вентильний; індукторний;
вентильно-індукторний; асинхронний; синхронний.

Загальне призначення СКЕП - сформувати і впровадити сукупність керуючих впливів на двигун, що забезпечують необхідне за технологічними і техніко-економічними вимогами рух робочого органа виробничої установки. При цьому якість виконання покладених на систему керування задач оцінюється різноманітними техніко-економічними показниками якості (ПЯ). Виділяються дві групи якостей. До першої групи відносяться якості власне системи керування (надійність, маса і габарити, вартість, змінність алгоритму керування і т.п.), до другої - якості, які характеризують результати впливу на об'єкт дослідження системи управління, тобто властивості електропривода загалом (ступінь автоматизації руху електропривода, нахил механічних характеристик, точність регулювання координат, діапазон регулювання швидкості приводних електродвигунів, їх перерегулювання, плавність руху, швидкодія і т.п.).

3.2. Система скалярного управління частотно-регульованого асинхронного електропривода

Принцип скалярного управління частотно-регульованого асинхронного електропривода оснований на одночасної зміні частоти і поточних значень модулів змінних асинхронних двигунів (потокоточечень, магнітних потоків ті струмів ланцюгів двигуна). Керованість АД при цьому може забезпечуватись спільним регулюванням або частоти f_1 і напруги U_1 . Даний спосіб управління прийнято називати частотним керуванням. В іншому випадку регулюється частота f_1 і струм I_1 обмотки статора. Називають цей спосіб частотно-струмовим управлінням.

					141.4301з.БР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір принципу і способу управління визначається сукупністю вимог (динамічних, статичних та енергетичних) до асинхронного електропривода.

Скалярний принцип частотного управління є самим розповсюдженим у асинхронному електроприводі. Йому властива технічна простота виміру та регулювання змінних АД, а також можливість будування розімкнених систем керування швидкістю.

Головним недоліком даного принципу управління в складність реалізації необхідних законів регулювання моменту та швидкості асинхронного електродвигуна в динамічних режимах. Це зумовлено досить складними робочими електромагнітними процесами, що відбуваються в АД.

Скалярне частотно-струмове управління асинхронного двигуна характеризується малим значенням критичного ковзання і постійним значенням критичного моменту при постійному струмі статора двигуна при зміні частоти струму живлення. Але в розімкнених системах подібний спосіб управління практично виключається, оскільки зі збільшенням ковзання (навантаження) різко зменшується магнітний потік двигуна і для забезпечення заданої перевантажувальної здатності асинхронного двигуна за моментом необхідно значне перевищення значення напруги живлення і відповідно струму статора [9].

3.3. Розімкнені системи керування

За невисокої точності і обмеженого діапазону регулювання швидкості АД найбільш доцільним є його частотне керування в розімкненій системі електропривода (рис. 3.1). У вказаних системах частота f_1 і живляча напруга U_1 асинхронного двигуна формуються пропорційною до напруги управління u_k в автономному інверторі напруги, що входить до складу перетворювача частоти (ПЧ). Для компенсування падіння напруги на внутрішніх опорах перетворювача і коливань напруги мережі живлення, що можуть виникнути,

					141.4301з.БР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в ПЧ як джерелах напруги передбачено використання внутрішніх контурів стабілізації вихідної напруги.

Для того, щоб отримати постійну перевантажувальну здатність асинхронного двигуна за моментом, у функціональному перетворювачі (ФП) передбачають співвідношення між напругами завдання частоти u_f і напруги u_u на виході ПЧ, при якому забезпечено компенсацію падіння напруги на активному опорі статорної обмотки. Вказані співвідношення можна охарактеризувати нелінійною функцією, коли величина u_u зменшується в меншій мірі, ніж величина u_f .

Для більшості ПЧ, які випускаються серійно вказана функція наближається до лінійної шляхом вибору в статичній характеристиці функціонального перетворювача двох базових координат, якими є u_{u1} при u_{f1} і u_0 якщо $u_f = 0$ (рис. 3.1). Перша координата задає мінімальне значення частоти f_1 і напруги U_1 , що їй відповідає на виході перетворювача, при яких зберігаються справедливими співвідношення $U_1/f_1 = U_{1ном}/f_{1ном}$. Для серійних асинхронних двигунів загального призначення при діапазоні регулювання швидкості в розімкненій системі частотного управління до $(8 \dots 10) : 1$ мінімальне значення частоти на практиці обирається у межах $(0,3 \dots 0,4) f_{1ном}$.

Другу координату обирають з врахуванням зменшення тепловідводу загальмованого АД (у режимі динамічного гальмування) з умов обмеження статорного струму на рівні $(0,7 \dots 0,8) I_{1ном}$.

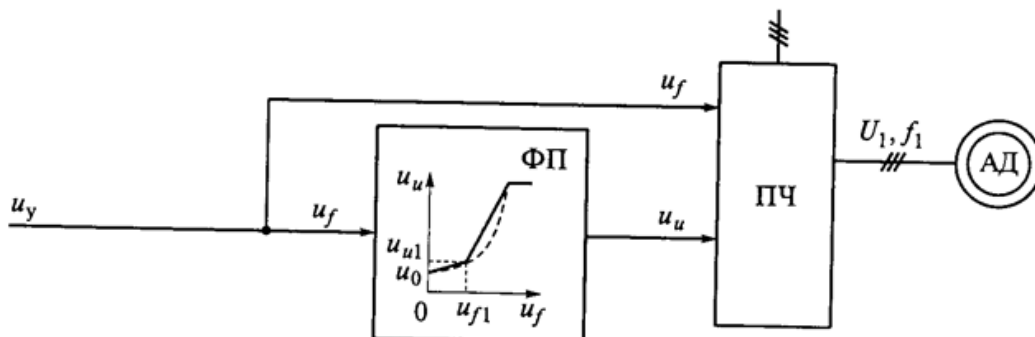


Рисунок 3.1 – Функціональна схема розімкненої системи ПЧ-АД

Це відповідає установці вихідної напруги ПЧ при $u_{f1}=0$ на рівні

$$U_1 \cong (0,7 \dots 0,8) I_{ном} R_1,$$

де R_1 – значення активного опору обмотки статора двигуна.

Реально найменше значення вихідної частоти ПЧ і значення u_{f1} , що йому відповідає доцільно обирати виходячи з умови

$$f_{1min} \cong \omega_{0ном} p_{ПС} / 2\pi.$$

При цьому пусковий момент двигуна буде близьким за значенням до моменту сил опору. В формулі позначено s_c – величина ковзання двигуна при статичному навантаженні. За подібного вибору зона нечутливості за сигналом управління швидкістю двигуна буде мінімальною і рух електроприводу почнеться в той самий час коли відбудеться збільшення сигналу управління.

У випадку вентиляторного навантаження на валу двигуна, при якому $M_c \cong \omega^2$, співвідношення між u_f та u_u повинно забезпечувати закон управління, близький до $U_1/f_1^2 = const$. На рис. 3.1 вказане співвідношення показано в блоці ФП штриховою лінією. Початкові значення напруги і частоти на виході перетворювача, які обираються з вказаних міркувань, що і за $M_c = const$, стануть значно меншими внаслідок зменшення значень пускових моментів.

При змінненні швидкості асинхронного двигуна більше ніж номінальне значення для привода механізмів з постійною потужністю навантаження в даному діапазоні швидкостей, напруга живлення електродвигуна не змінюється і дорівнює номінальному значенню. При цьому припустимий момент двигуна спадає в першому наближенні зворотно пропорційно збільшенню частоти, а перевантажувальна здатність за моментом зменшується обернено-пропорційно до частоти.

Для обмеження пускових струмів і моментів асинхронного двигуна прийнято обмежувати швидкість зміни напруги управління u_k за рахунок вмикання в коло управління завдавача інтенсивності.

					141.4301з.БР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розімкнена система частотного управління у статичному режимі (рис. 3.1) з розглянутими співвідношеннями між напругою та частотою практично забезпечує номінальну перевантажувальну здатність асинхронного двигуна в діапазоні зміни частоти не більше ніж 10:1 при незмінному навантаженні і 25:1, якщо навантаження вентиляторне. При збереженні заданої точності регулювання швидкості АД діапазон її регулювання в розімкненій системі частотного керування значно менше, при постійному навантаженні і точності регулювання 10% він не перевищує діапазону 3:1. Недоліком розімкненої системи частотного управління є також відсутність обмежень моментів, струмів, напруг, тобто змінних електропривода внаслідок можливості виникання перевантажень при відхиленнях напруги мережі живлення з боку робочого механізму.

3.4. Замкнені системи частотного керування

Формування потрібних динамічних і статичних властивостей частотно-регульованого асинхронного електроприводу можливо тільки в замкненій системі регулювання координат. До узагальненої функціональної схеми вказаної системи (рис. 3.2) окрім асинхронного двигуна і керованого ПЧ входять датчики змінних Д електроприводу і регулятори Р. Управляючими впливами u_k на вході Р можуть бути сигнали завдання деяких координат електропривода, а саме швидкості, кута оберту ротора двигуна, магнітного потоку, струму статора та інші. Моменти сил опору M_c на валу двигуна або коливання напруги мережі живлення U_m можуть бути збурюючими впливами на електропривод. Вхідними сигналами датчиків є змінні АД, доступні для безпосередньої їх зміни (частота, напруга і струм статора, швидкість ротора, магнітний потік у повітряному проміжку двигуна) або ті, що визначаються шляхом розрахунків за допомогою математичних моделей двигуна (електрорушійна сила, потокозачеплення статора, ротора та інші). Вихідні

					141.4301з.БР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигнали регуляторів, які залежать від впливів управління, сигналів зворотних зв'язків $u_{3.3.}$ і алгоритмів регулювання, є сигналами управління частотою u_f , вихідною напругою u_u і струмом i_i ПЧ.

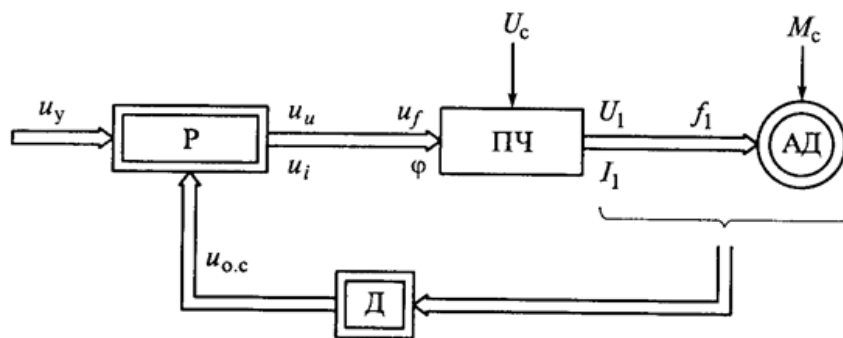


Рисунок 3.2 – Функціональна схема замкненої системи ПЧ-АД зі скалярним керуванням

Розглянемо приклади систем замкненого скалярного управління, які найбільш розповсюджені в промислових електроприводах.

Функціональна схема системи частотного управління асинхронним двигуном зі зворотним зв'язком за струмом статора представлена на рис. 3.3. Сигнали i_{sa} і i_{sc} , які пропорційні миттєвим значенням струмів фаз A і C обмоток статора, з виходу датчиків струму ДТ_a і ДТ_c поступають у функціональний перетворювач струму (ФС), де формуються вихідні сигнали I_1 і I_{1a} , відповідно пропорційні діючому значенню струму статора і активній складовій цього струму. У вузлах Σ_1 і Σ_2 підсумовуються сигнали управління і зворотних зв'язків, які поступають з функціональних пристроїв А1, А2 і А3. Пристрій А4 використано для забезпечення проходження сигналу I_1 на вихід А3 лише за його перевищення на суматорі Σ_3 сигналу I_{1max} , який пропорційний діючому значенню максимального струму статора двигуна.

Розглянемо окремо призначення кожного з контурів зворотних зв'язків і їх вплив на систему електроприводу. Якщо діє лише позитивний зворотній зв'язок за струмом з боку А1, то при збільшенні моменту статичного навантаження двигуна (збільшення струму статора) до входу суматора Σ_2 поступає лише додатковий сигнал u_u , якій посилює сигнал u_u . При цьому зі

					141.4301з.БР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшенням струму статора відбувається збільшення вихідної напруги перетворювача частоти. Вихідна частота ПЧ, яка визначається сигналом u_f , залишається постійною. Збільшення напруги на статорі двигуна викликає компенсацію падіння напруги на її повному опорі і, як наслідок, збільшення потоку намагнічування електродвигуна.

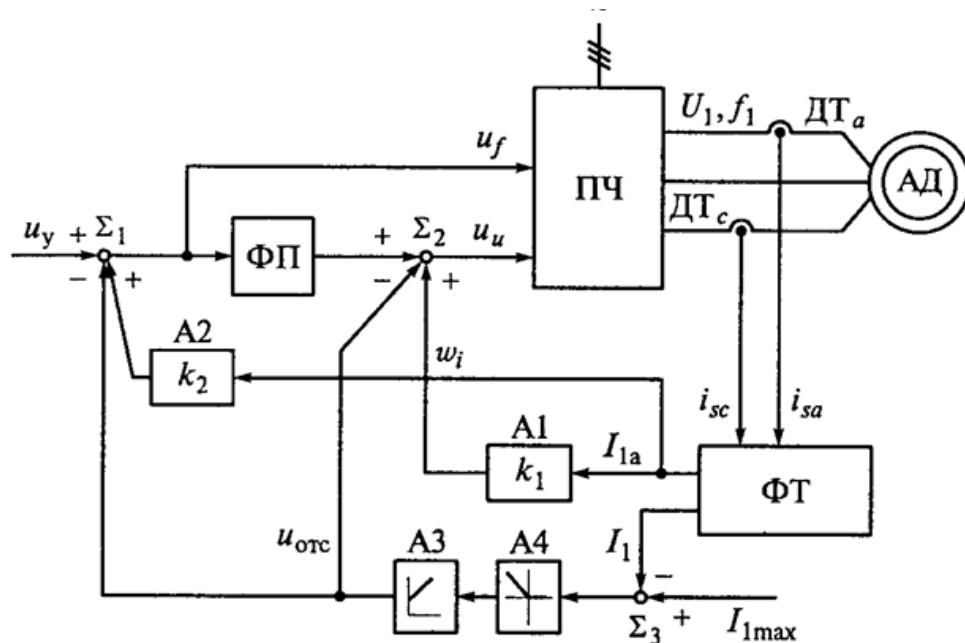


Рисунок 3.3 – Функціональна схема системи ПЧ-АД зі зворотним зв'язком за струмом статора

Ступінь компенсації визначається коефіцієнтом підсилення k_1 ланцюгу додатного зворотного зв'язку за струмом. Вочевидь, чим більший k_1 , тим більшим буде магнітний потік при тому ж значенні ковзання. Межа збільшення k_1 визначається умовами стійкості замкненої системи управління і припустимими значеннями напруги живлення і потоку намагнічування.

Зі зниженням частоти струму живлення повний опір кола намагнічування і, відповідно, падіння напруги в статорі двигуна знижуються. Тому для стабілізації і обмеження намагнічувального потоку в замкненої за струмом системі ступінь компенсації падіння напруги, тобто значення коефіцієнта k_1 , необхідно зменшувати по мірі зниження частоти вихідної напруги перетворювача.

Вказаний недолік буде відсутнім при створенні зворотного зв'язку за активною складовою статорного струму. Якщо за сигнал зворотного зв'язку прийняти активну складову статорного струму (рис. 3.3), то при незмінному коефіцієнті k_1 потокозачеплення статора буде залишатися постійним.

При частотному управлінні асинхронним двигуном зі зворотним зв'язком за струмом можливо отримати механічні характеристики електропривода з підвищеною перевантажувальною здатністю за моментом і жорсткістю, яка відповідає природної характеристики лише в невеликому діапазоні регулювання швидкості.

Вплив позитивного зворотного зв'язку за струмом з боку пристрою А2 пов'язаний з одночасною взаємодією на вихідну частоту і напругу перетворювача. За рахунок одночасного їх збільшення при збільшенні навантаження на валу двигуна відповідно збільшується швидкість ідеального неробочого руху, при цьому забезпечується стабілізація швидкості, і зберігається постійна перевантажувальна здатність за моментом. Збільшення коефіцієнту підсилення k_2 пристрою А2, що сприяє зменшенню нахилу механічної характеристики двигуна, обмежується умовами стійкості замкненої системи управління і припустимими значеннями напруги живлення і частоти струму АД.

Сукупність позитивних зворотних зв'язків за струмом з використанням пристроїв А1 і А2 за рахунок стабілізації швидкості останніми дозволяє суттєво зменшити нахил механічних характеристик електродвигуна і при постійному статичному навантаженні збільшити діапазон регулювання швидкості до значення 10:1. Перевагою вказаних систем являється відсутність тахогенератору в системі керування.

Для захисту ПЧ і АД від перевантажень за струмом використовується режим струмової відсічки за допомогою суматора Σ_3 і пристрою А4 (рис. 3.3). При $I_1 > I_{1max}$ на вхід ПЧ-регулятора А3 струму відсічки подається сигнал перевищення статорного струму вище припустимого. Вихідний сигнал $u_{відс}$

					141.4301з.БР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елемента АЗ може впливати одночасно на зменшення вихідної напруги ПЧ (вузол Σ_2) і на зменшення частоти живлення двигуна (вузол Σ_1).

При впливі тільки на вихідну напругу ПЧ, за умови, що регулятор АЗ має інтегральний канал регулювання, за рахунок від'ємного зворотного зв'язку за струмом перетворювач частоти з режиму джерела напруги переходить до режиму джерела струму. Якщо струм статора двигуна за рахунок більшого коефіцієнту зворотного зв'язку регулятора АЗ, ніж пристрою А1 постійний, при зменшенні швидкості будуть знижуватися магнітний потік і момент АД, викликаючи перекидання механічної характеристики. Вказаний режим роботи відсічки використовується сумісно з одночасним впливом на вихідну частоту ПЧ.

За рахунок сигналу від'ємного зворотного зв'язку за статорним струмом (більш сильного, ніж з боку пристрою А2), який подається на суматор Σ_1 , разом зі стабілізацією струму виконується зниження його частоти і, відповідно, швидкості ідеального неробочого руху двигуна. При цьому забезпечується постійний магнітний потік, абсолютне ковзання і, як слідство, момент АД. Однак статична і динамічна точність стабілізації даних змінних обмежуються умовами стійкості замкнених контурів регулювання.

Збільшення діапазону регулювання за швидкістю АД можна отримати шляхом введення в систему управління від'ємного зворотного зв'язку за швидкістю. Функціональну схему вказаної системи при живленні від перетворювача частоти, як джерела напруги наведено на рис. 3.4. Канал від'ємного зворотного зв'язку за швидкістю складається з тахогенератора ТГ у якості датчика зворотного зв'язку, вузла Σ_5 підсумовування напруг управління швидкістю двигуна u_k і зворотного від'ємного зв'язку за швидкістю $u_{з.з.}$, регулятора абсолютного ковзання А5, блоку обмеження БО вихідної напруги u_{PK} , а також вузла Σ_4 підсумовування напруги u_{PK} та результуючої напруги u_{kl} з виходу пристрою сумування Σ_1 .

					141.4301з.БР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

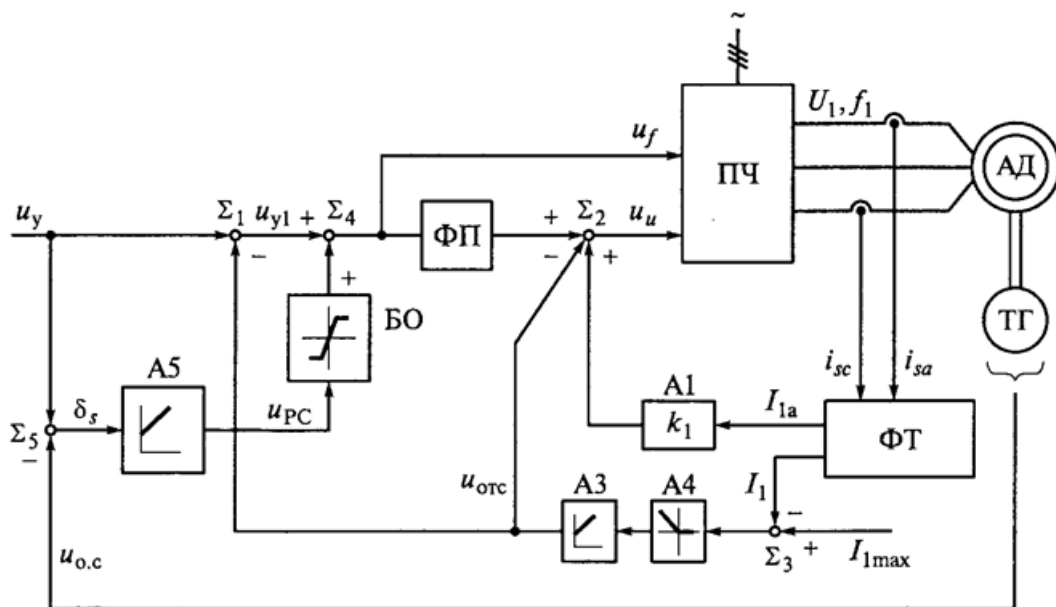


Рисунок 3.4 – Функціональна схема системи ПЧ-АД зі зворотним зв'язком за швидкістю

Зі збільшенням навантаження на валу двигуна від моменту M_1 до моменту M_2 (рис. 3.5) за рахунок зменшення швидкості i , відповідно, сигналу $u_{3.3.}$, збільшується сигнал розузгодження $\delta_s = u_k - u_{3.3.} \approx \omega_{00} - \omega \approx s_a$, який пропорційний до абсолютного ковзання АД. ω_{00} – задана швидкість ідеального неробочого руху двигуна, яка відповідає вихідному сигналу керування u_k ; ω – реальна швидкість двигуна при заданому навантаженні. При $\delta_s \neq 0$ сигнал u_{PK} на виході регулятора ковзання, складаючись з сигналом $u_{kl} = u_k$ (при $I_1 < I_{1max}$), за рахунок інтегральної складової передаточної функції регулятора А5 забезпечує необхідний приріст сигналу управління ПЧ u_f , при якому частота вихідної напруги перетворювача дорівнює $f_{10}(1+s_a)$. Одночасно зі зміною частоти за рахунок ФП змінюється у порівнянні з початковою напругою U_{10} і вихідна напруга ПЧ U_1 (рис. 3.5, б). При цьому швидкість АД відновлюється до заданого значення ω_{00} . Таким чином можна забезпечити абсолютну жорсткість механічної характеристики асинхронного двигуна (лінія 1 на рис. 3.5, а).

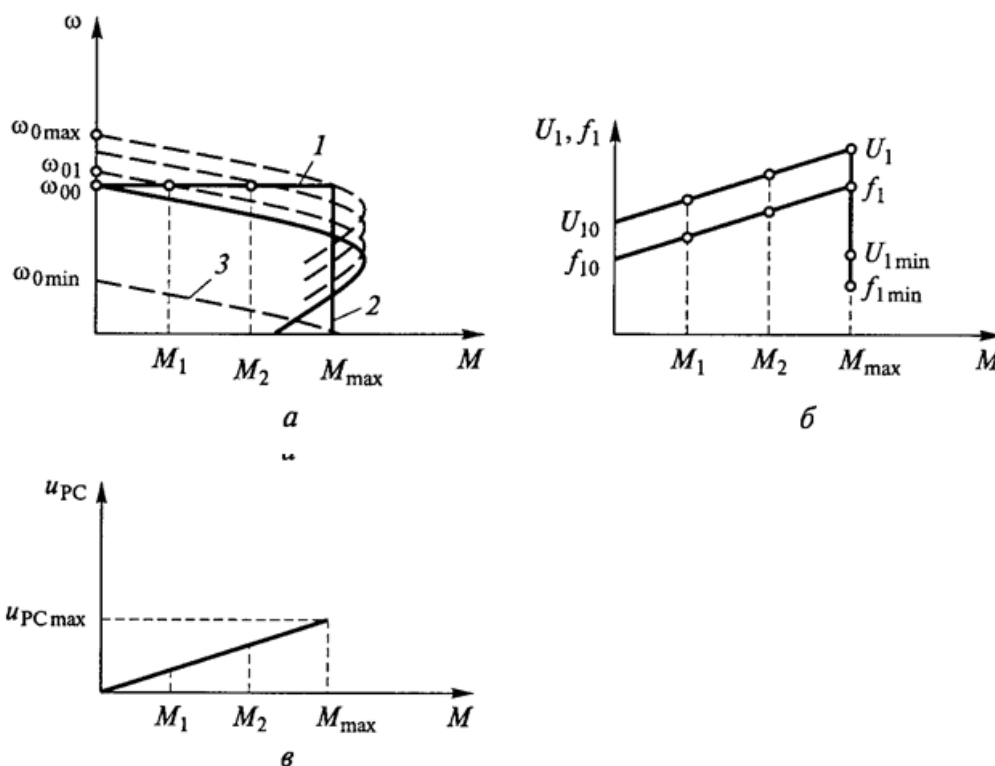


Рисунок 3.5 – Механічні характеристики (а), залежності вихідних напруги і частоти ПЧ (б), а також напруги регулятора швидкості (в) від моменту в системі ПЧ-АД зі зворотним зв'язком за швидкістю

При перевищенні максимально допустимого значення статрного струму асинхронного двигуна ($I_1 \geq I_{1max}$) і, відповідно, моменту ($M \geq M_{max}$), регулятор ковзання виключається з роботи, наприклад, шляхом обмеження його вихідного сигналу u_{PK} на рівні u_{PKmax} (рис. 3.5, в). При цьому в роботу вступають від'ємні зворотні зв'язки за струмом статора з регулятором АЗ, забезпечуючи обмеження моменту двигуна при $\omega=0$ на рівні M_{max} (лінія 2 на рис. 3.5, а) за рахунок одночасного зменшення напруги статора і частоти до їх мінімальних значень f_{1min} і U_{1min} . Мінімальна швидкість обертання поля АД ω_{0min} буде відповідати значенням f_{1min} і U_{1min} , а механічна характеристика являє собою лінію 3 на рис. 3.5, а.

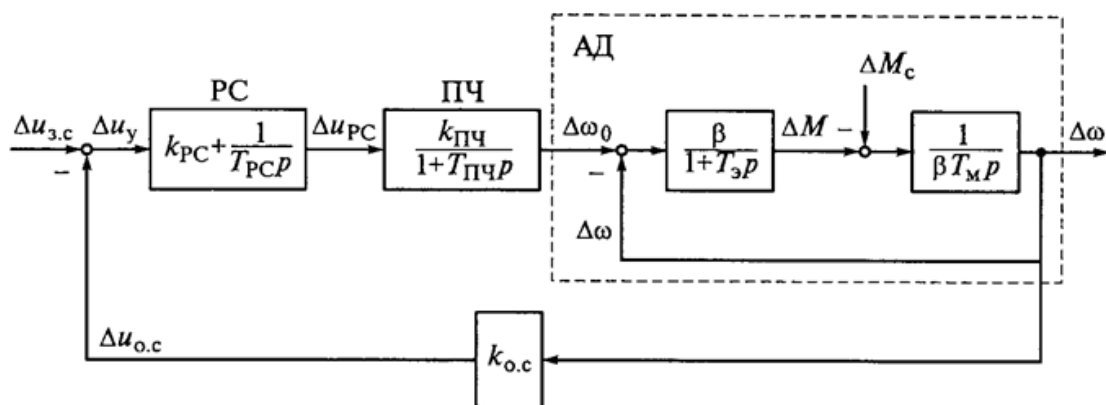


Рисунок 3.6 – Структурна схема системи ПЧ-АД зі зворотним зв'язком за швидкістю

Динамічні показники якості регулювання швидкості і стійкість АД визначаються вибором параметрів пропорційної і інтегральної складових передаточних функцій регуляторів А5 і А3.

На рис. 3.6 представлено структурну схему лінеаризованої системи, функціональну схему якої приведено на рис. 3.4, при роботі електродвигуна на ділянці механічної характеристики в межах значень абсолютного ковзання $s_a \leq s_k$. На схемі прийняті наступні позначення:

β - модуль жорсткості лінеаризованої механічної характеристики асинхронного двигуна ($\beta = 2M_k / (\omega_{0ном} s_k)$);

T_e - еквівалентна електромагнітна постійна часу кіл статора і ротору, яка визначається за співвідношенням $T_e = 1 / (\omega_{0ел.ном} s_k)$, де $\omega_{0ел.ном}$ - синхронна кутова швидкість двигуна при номінальній частоті живлення $f_{1ном} = 50$ Гц ($\omega_{0ел.ном} = 2\pi f_{1ном} = 314$ с⁻¹). Для серійних асинхронних двигунів загальнопромислового призначення $s_k \approx 0,05..0,5$ (менші значення характерні для потужних двигунів), $T_e(0,006...0,06)$ с;

$k_{ПЧ}$ - передаточний коефіцієнт перетворювача частоти ($k_{ПЧ} = \Delta\omega_0 / \Delta u_{ПК} = 2\pi \Delta f_1 / (p_{ПЧ} \Delta u_{ПК})$). При роботі двигуна в зоні частот $f_1 \leq f_{1ном} = 50$ Гц і номінальному сигналі управління ПЧ $u_{кПЧном}$ співвідношення $\Delta f_1 / \Delta u_{ПК} = f_1 / u_{кПЧном}$;

$T_{ПЧ}$ - постійна часу кола управління перетворювача частоти, яка при високих частотах модуляції вихідної напруги промислових перетворювачів (від 2 до 50 кГц) не перевищує 0,001с.

Передаточна функція кола зворотного зв'язку за швидкістю АД

$$W_{з.з.}(p) = \frac{\Delta u_{з.з.}}{\Delta \omega} = k_{з.з.}.$$

При номінальному сигналі керування електроприводом, що дорівнює $u_{з.с.ном}$, і відповідній йому номінальній швидкості АД $k_{з.з.} = u_{з.с.ном} / \omega_{ном}$.

Відповідності до структурної схеми результуюча передаточна функція АД по відношенню до відхилення $\Delta \omega_0$ має вигляд

$$W_{л}(p) = \frac{\Delta \omega}{\Delta \omega_0} = \frac{1}{T_e T_m p^2 + T_m p + 1}.$$

3.5. Знаходження моделі лінеаризованої системи у середовищі MathWorks Matlab

Виконаємо моделювання системи керування проектованим електроприводом з використанням структурної схеми на рис. 3.6 за допомогою комп'ютерного програмного комплексу The MathWorks Matlab та програми Simulink у його складі.

Позначення об'єктів на структурних схемах, побудованих у програмі Simulink:

Step - генератор ступінчастого сигналу;

Sine Wave - джерело синусоїдального сигналу;

Transfer Fcn - передавальна функція;

Gain - підсилююча ланка.

Під час моделювання перехідного процесу було отримано три варіанти схем із різними коефіцієнтами і параметрами.

					141.43013.БР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

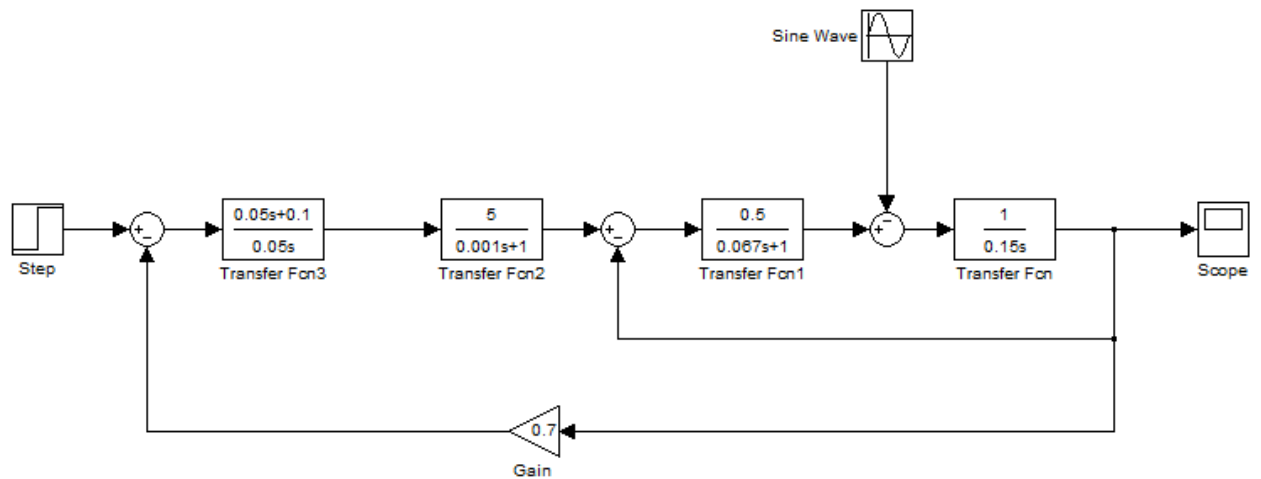


Рисунок 3.7 – Структурна схема Simulink варіант 1

Графік перехідних процесів із використанням наведеної структурної схеми буде мати наступний вигляд:

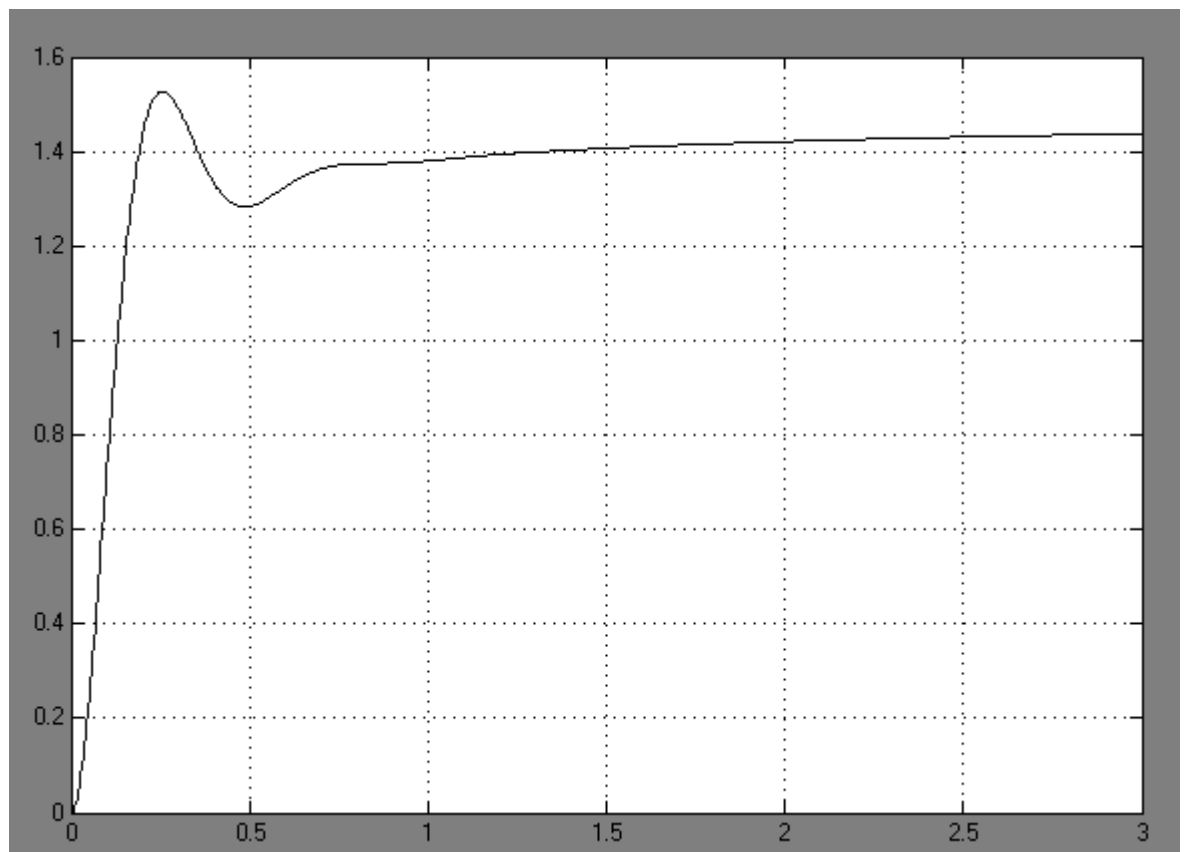


Рисунок 3.8 – Графік перехідного процесу варіант 1

Отриманий графік перехідного процесу має значні межі перерегулювання, отже цей варіант моделі не задовольняє умовам роботи готової установки $\sigma_{\max} \leq 5\%$.

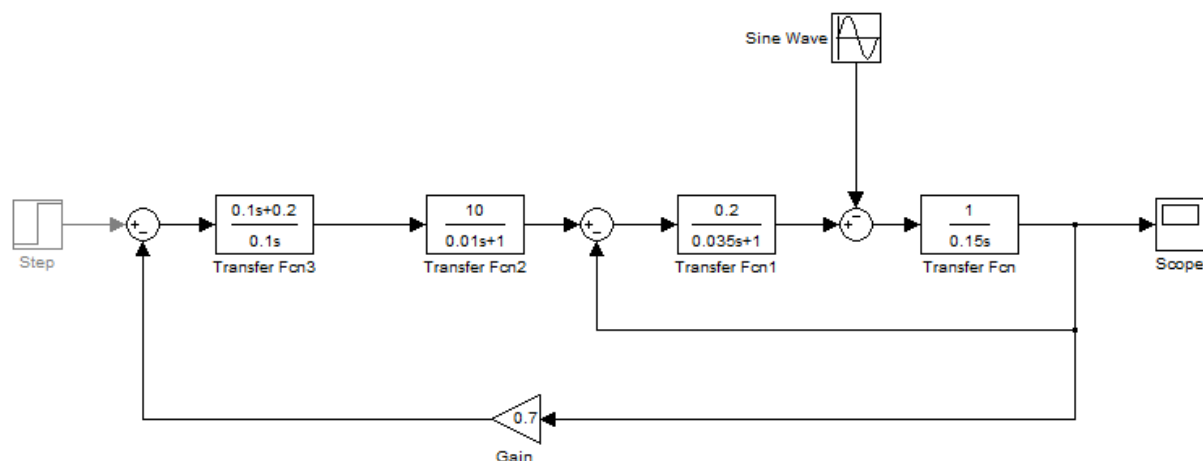


Рисунок 3.9 – Структурна схема Simulink варіант 2

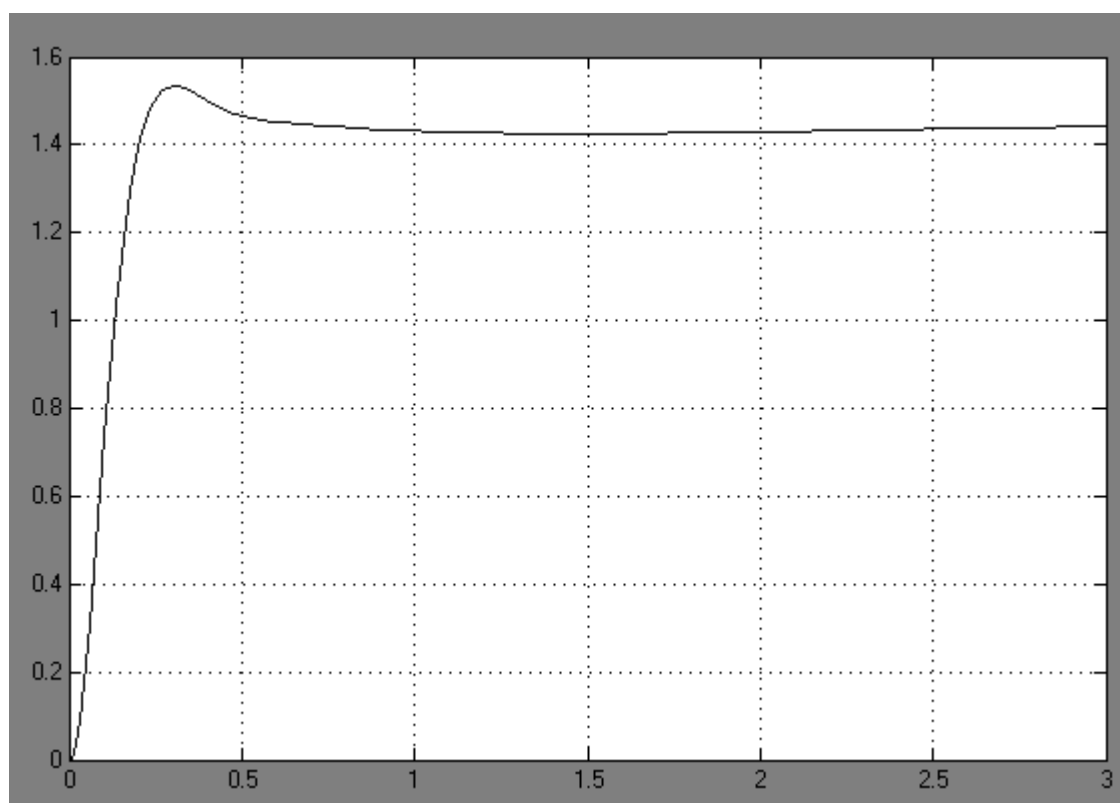


Рисунок 3.10 – Графік перехідного процесу варіант 2

Отриманий у варіанті 2 графік має швидше перерегулювання і отже в більшій ступені відповідає вимогам проекту. Але отримана модель показала, що можливо досягти ще менших меж перерегулювання і отримати більш

плавний графік перехідного процесу, який буде краще відповідати умовам роботи установки.

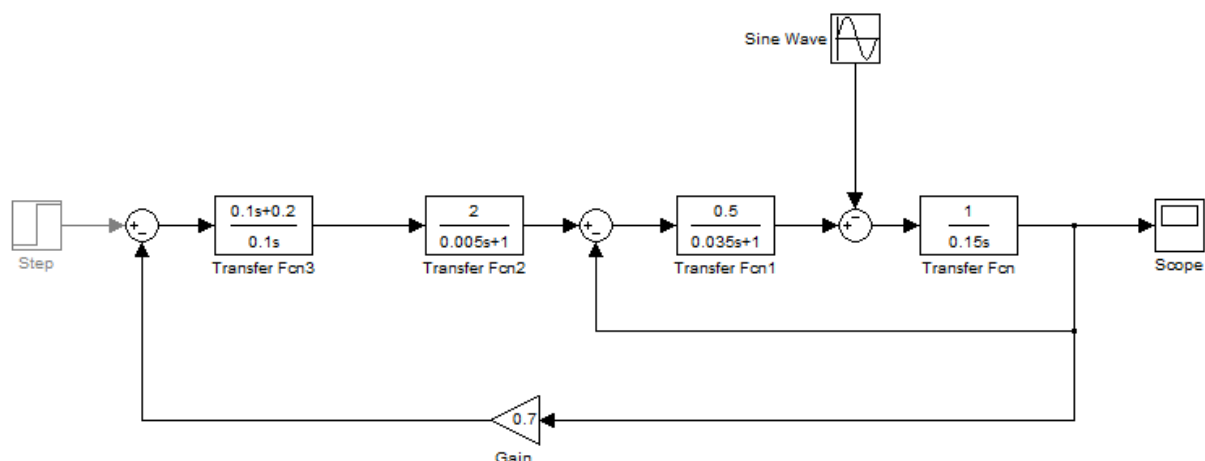


Рисунок 3.11 – Структурна схема Simulink варіант 3

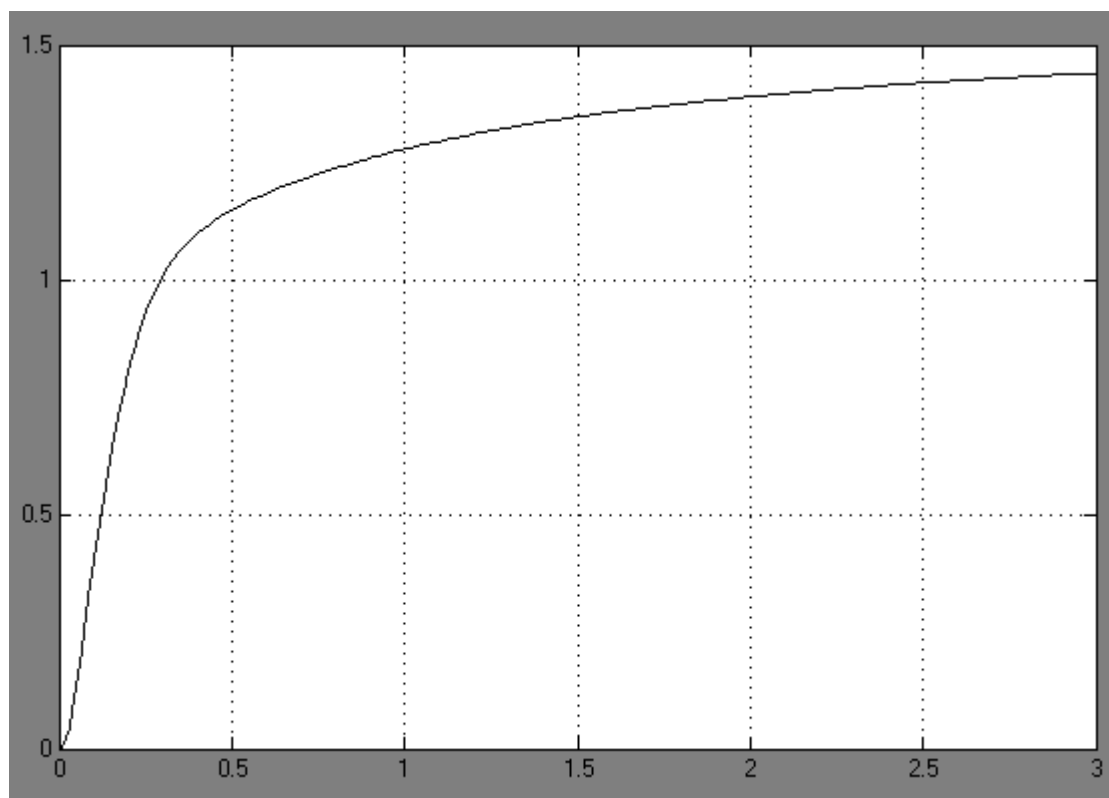


Рисунок 3.12 Графік перехідного процесу варіант 3

У третьому варіанті отримано значно кращий перехідний процес, що характеризується оптимальними параметрами перерегулювання і задовольняє умовам проекту.

Отже найкращі показники для моделі лінеаризованої системи: $T_{PII} = 0,1$ с, $k_{PII} = 1$, $T_{PII} = 0,005$ с, $k_{PII} = 2$, $\beta = 0,5$, $T_e = 0,035$, $T_m = 0,03$ с.

3.6. Вибір та опис перетворювача частоти

Враховуючи всі отримані в розділах 2 та 3 дані, обираємо привод зі скалярним управлінням моделі ESMD 152 X2SFA, який випускається фірмою Lenze. Технічні характеристика приводу приведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1– Параметри обраного електроприводу

Потужність, кВт	1,5
Напруга живлення, В	180...264
Частота живлячої мережі, Гц	50/60
Струм, А	14
Вихідна частота, Гц	0...240
Ступінь захисту	IP20



Рисунок 3.13 – Загальний вигляд перетворювача частоти Lenze ESMD

					141.4301з.БР.ПЗ.Р4			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Цидуля О.В.			Охорона праці	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Ставинський Р.						
Н. контроль						НУК		
Зав. каф.		Обрубов А.В.						

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності (Закон України “Про охорону праці”).

Згідно до статті 31 розділу VI Закону України “Про охорону праці” державне управління охороною праці здійснюють:

- Кабінет Міністрів України;
- спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з нагляду за охороною праці;
- міністерства та інші центральні органи виконавчої влади;
- Рада міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації та органи місцевого самоврядування.

Державна політика в галузі охорони праці спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням та базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;

					141.4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;

- адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;

- використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству;

- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

- забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях.

На державних підприємствах створюються служби охорони праці та комісії з питань охорони праці підприємства, головними завданнями яких є забезпечення пропорційної участі працівників у вирішенні будь-яких питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища.

Тож відповідно до законодавчої бази будь-які проекти виробничих об'єктів, розробки нових технологій, засобів виробництва тощо повинні провадитися з урахуванням вимог щодо охорони праці [4].

					141.4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під небезпечним виробничим фактором розуміють такий виробничий фактор, дія якого на людину, що працює в певних умовах, призводить до травми або до іншого різкого погіршення здоров'я. Результатом впливу небезпечного виробничого фактору на людину являється нещасний випадок.

В свою чергу, шкідливий виробничий фактор призводить до виникнення захворювання, зниження працездатності або часткової чи загальної її втрати. Тобто, результатом впливу на людину даного фактору є захворювання [4].

Загальна сукупність травм, отриманих на виробництві, отримала назву виробничого травматизму. Згідно статистики 45% випадків травмування при роботі з електроустановками та устаткуванням пояснюється недоліками в експлуатації обладнання, що призводить до зниження опору ізоляції та виникнення напруги на неструмоведучих частинах устаткування, 25-30% електричних травм виникають через незадовільну організацію робочого місця, елементарні порушення правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок, через невміння своєчасно надати першу медичну допомогу, і 30-35% випадків ураження електричним струмом виникають у зв'язку з недоліками констркцій та монтажу електрообладнання.

Тож слід зауважити, що неостанню роль в забезпеченні безпеки виробничого процесу відіграє й так званий людський фактор, пов'язаний в першу чергу з відповідальністю і суворим дотриманням елементарних правил безпечної експлуатації електрообладнання.

Розглянемо умови праці виробничого персоналу в вальцетокарній майстерні, де й експлуатується проектована установка.

Вальцетокарна майстерня відноситься до пожежонебезпечних приміщень із небезпечними зонами класу II, III, в яких обертаються горючі рідини (масла) з температурою спалаху 61С і тверді горючі речовини. В

					141. 4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

такому приміщенні можливе виникнення пожежі внаслідок іскріння в електричних апаратах та машинах, під час виникнення струмів короткого замикання та струмових перевантажень провідників, що призводить до плавлення та загорання їх ізоляції, через незадовільні контакти в місцях електричних з'єднань чи через виникнення електричної дуги при розриві контактів, внаслідок перевантажень обмоток машин тощо.

Установка знаходиться в запыреному, вологому, брудному приміщенні вальцетокарної майстерні, що відноситься до особливо небезпечних з погляду поразки електричним струмом. Процес точіння металу пов'язаний з викидом металевої стружки високої температури та постійної наявності розжареного масла. Отже, приміщення характеризується категорією В за пожежною безпекою.

Потенційні небезпеки, пов'язані з технологічним процесом створюють:

- 1) наявність розжарених матеріалів;
- 2) наявність рухомих частин машин і механізмів;
- 3) наявність шумів та вібрацій виконавчих органів;
- 4) можливість поразки електричним струмом;
- 5) неухажне поводження з рухомими частинами устаткування;
- 6) можливість виникнення пожежі із-за присутності горючих сумішей у повітрі, що виникають у процесі випалювання металу під час різання;

Наслідки можливої дії будь-якої небезпеки на обслуговуючий персонал - механічні травми, при одержанні яких можлива часткова або повна втрата працездатності, смертельний результат.

Так, до розжарених предметів і матеріалів відносять різець і заготовку, які в процесі різання можуть досягати температури 500С. Під дією цих факторів на людину можливе одержання опіків та механічних травм, а також, як наслідок, можлива тимчасова втрата працездатності.

Шум, що виникає при роботі цеху, широкопуговий постійний і при тривалій дії на людину призводить до перенапруження нервової системи, до

					141. 4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

втрата працездатності, виникнення відчуття втоми, розвитку професійних захворювань, пов'язаних із втратою слуху, що також приводить до втрати працездатності. Боротьбі з шумом слід приділяти особливу увагу, використовуючи поглинаючі екрани та фільтри, безшумні механізми, змінюючи технології виробництва і динаміку транспортних потоків конвеєрного випуску продукції. У разі перевищення допустимого рівня звукового тиску необхідне застосування індивідуальних та колективних засобів захисту: вушні заглушки, навушники, шоломи.

Вібрації виникають при входженні різця в метал і при виході з нього та при надмірно великих подачах. Тривалі вібрації завдають великої шкоди здоров'ю – від сильної втоми і не дуже значних змін багатьох функцій організму до струсу мозку, розриву тканин, порушення серцевої діяльності, нервої системи, деформації м'язів і кісток, порушення чутливості шкіри, кровообігу тощо.

Для зменшення впливу вібрації використовують віброізоляцію, вібродемфування, пружні основи й опори, віброгасні рукавички, прокладки, килимки. Допустимий рівень звукового тиску для оператора складає 65 дБ при частоті шуму вище 1000 Гц.

У приміщенні майстерні існує ймовірність збішення тиску повітря, коли навіть нормальний відсотковий вміст газів у повітрі стає небезпечним. Небезпечні зміни вдихувальної суміші при збільшеному тиску призводять до швидкого погіршення працездатності людини. Особливу групу складають екстремальні умови, що виникають внаслідок дії шкідливих газових сумішей повітря. Дія шкідливих сумішей на організм людини різна. Вона може призвести і до важких соматичних пошкоджень і до психічних розладів. Нерідко з'являється біль у різних органах, перешкоди у прийнятті інформації та мислення, сильний головний біль. Дія шкідливих факторів на працюючих полягає у тому, що в дихальні шляхи і легені організму людини постійно потрапляє пил, забруднюються пори шкіри та погіршуються теплообмінні властивості організму з навколишнім середовищем.

					141. 4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Загальні відомості щодо виробничого освітлення

Освітлення виробничих приміщень – один із основних факторів зовнішнього виробничого середовища, що впливають на людину у процесі праці. Безпечною і високопродуктивною праця може бути лише за умови гарного освітлення робочих місць. Недостатнє і нерівномірне освітлення робочих місць призводить до перенапруги зору, перевтоми організму, до виникнення надмірної нервової дратівливості, ослаблення уваги тощо. Тому на виробництві освітленість повинна нормуватись згідно існуючих правил ДВН В. 2.5–28–2006.

Робоче освітлення вальцетокарної майстерні - штучне і природне, аварійне - штучне. Штучне освітлення в обох випадках загальне, забезпечене світильниками, розміщеними у верхній частині вальцетокарної майстерні (верхній зоні) рівномірно.

У кабіні оператора робоче освітлення загальне, забезпечене світильниками з люмінесцентними лампами, розташованими у верхній частині кабіні. Евакуаційне освітлення - штучне, загальне.

Розряд зорової роботи у вальцетокарній майстерні - VI, до якого відносять розгляд предметів більше 5 мм.

Норма освітленості рівна 200 Лк, а коефіцієнт природного освітлення при сумісному освітленні - 1.8 відповідно до III поясу.

Мінімальна освітленість робочої поверхні виробничих приміщень і територій підприємства, що вимагають обслуговування при аварійних режимах, складає 5% від освітленості, що є нормою для робочих приміщень при системі загального освітлення, але не менше 2 Лк.

					141. 4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Розрахунок захисного заземлення установки

У приміщенні, де експлуатується проектована установка, обов'язковим є виконання захисного заземлення, що має на меті виключення можливості ураження персоналу електричним струмом при випадковому вошкодженні ізоляції та переході напруги зі струмоведучих частин обладнання на металічні неструмоведучі частини корпусу установки.

Згідно ПУЕ є обов'язковим виконання захисного заземлення при напрузі змінного струму 380В.

Захисному заземленню підлягають:

- корпуси електричних машин і трансформаторів;
- кожухи пускачів реостатів;
- командоконтролери;
- станції управління магнітних контролерів;
- пульт керування.

Необхідно також забезпечити ізоляцію відкритих струмоведучих частин, установку захисних електричних і механічних блокувань; установок пристроїв автоматичного відключення, що реагують на напругу або струм замикання на корпус (землю).

Тож електродвигун, тиристорний перетворювач, трансформатор в даній установці заземлені. Для цього відповідні болти заземлення підключені до контура заземлення мідним дротом перетином не менше 2.5 мм^2 .

В якості заземлювачів використовуємо:

- вертикальні забиті сталеві труби діаметром 50 мм і завдовжки 2.5м;
- протягнуті в землі сталеві смуги шириною 0,05 м.

Опір заземляючого пристрою має бути не більше 4 Ом.

Опір вертикального заземлювача (труби) визначимо за формулою:

					141. 4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{тр}} = \frac{\rho}{2\pi l_{\text{мп}}} \left(\ln \frac{2l_m}{d} + 0.5 \ln \frac{4t + l_{\text{тр}}}{4t - l_{\text{тр}}} \right) \text{Ом} , \quad (4.1)$$

де ρ - питомий опір ґрунту, Ом·м;

$l_{\text{мп}}$ - довжина труби, м;

d - зовнішній діаметр труби, м;

h - глибина проникнення труби, м.

Задаємося наступними значеннями параметрів:

Ґрунт складається із двох типів середовищ : чорнозем – глина. Тому питомий опір ґрунту визначиться згідно з формулою:

$$\rho = \frac{l}{\frac{\Delta l_1}{\rho_1} + \frac{\Delta l_2}{\rho_2}} , \quad (4.2)$$

де $\Delta l_1, \Delta l_2$ - глибини проникнення у кожен шар ґрунту;

ρ_1, ρ_2 - питомі опори відповідних шарів ґрунту.

$\rho_1 = 30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ – для чорнозему згідно з таблицею 2.3 [12];

$\rho_2 = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ - для глини.

$l_{\text{мп}} = 2,5 \text{ м};$

$d = 0,05 \text{ м};$

$t = 0,7 \text{ м}.$

Тоді питомий опір ґрунту складе:

$$\rho = \frac{l}{\frac{\Delta l_1}{\rho_1} + \frac{\Delta l_2}{\rho_2}} = \frac{2.5}{\frac{1.25}{30} + \frac{1.25}{60}} = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м} . \quad (4.3)$$

Отже, опір вертикального заземлювача (труби) визначиться як :

					141. 4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{тр1}} = \frac{40}{2\pi \cdot 2.5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2.5}{0.05} + 0.5 \ln \frac{4 \cdot 1.95 + 2.5}{4 \cdot 1.95 - 2.5} \right) = 12.6 \text{ Ом.}$$

При $R_{\text{тр1}} > R_{\text{доп}}$ необхідно застосовувати декілька заземлювачів.

Необхідне число заземлювачів визначимо за формулою:

$$n_g = - \frac{R_1}{n_g \cdot R_{\text{дт}}}, \quad (4.4)$$

де n_g – коефіцієнт використання заземлювача;

Задаємося значенням $n_g = 1$.

Тоді одержимо, що

$$n_g = \frac{12.6}{1.4} = 3.2 \approx 3.$$

Знаходимо фактичний коефіцієнт використання заземлювача:

$$R_\phi = \frac{R_1}{n_\phi \cdot n}, \quad (4.5)$$

де $n_\phi = 0.76$ згідно таблиці 2.4.

Підставивши численні значення, отримаємо:

$$R_\phi = \frac{R_1}{n_\phi \cdot n} = \frac{12.6}{0.76 \cdot 3} = 5.5.$$

Для сполучення вертикальних заземлювачів застосовуємо з'єднувальну смугу, опір розтіканню якої визначимо як:

$$R_{1n} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \cdot \frac{l^2}{b \cdot t}, \quad (4.6)$$

де $l = 1.05 \cdot a \cdot n$.

n - число заземлювачів;

a - відстань між вертикальними електродами.

$b = 0.05 \text{ м}$

Приймаємо, що: $a = l_{\text{ел.}}$

Тоді:

$$l = 1.05 \cdot 2.5 \cdot 3 = 7.9 \text{ м.}$$

					141.4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді:

$$R_{1n} = \frac{40}{2 \cdot \pi \cdot 7.9} \ln \cdot \frac{7.9^2}{0.05 \cdot 0.7} = 6.00 \text{ Ом.}$$

З урахуванням коефіцієнта використання, знайденного за таблицею 2.5

$\eta_n = 0.77$ опір розтіканню для смуги:

$$R_n = \frac{R_{1n}}{\eta_n} = \frac{6.0}{0.77} = 7.8 \text{ Ом} \quad (4.7)$$

Визначаємо фактичне значення опору заземляючого пристрою:

$$R_3 = \frac{R_{\epsilon \phi} \cdot R_n}{R_{\epsilon \phi} + R_n}, \quad (4.8)$$

Підставивши численні значення, одержуємо що:

$$R_3 = \frac{5.5 \cdot 7.8}{5.5 + 7.8} = 3.2 \text{ Ом}$$

Отримане значення еквівалентного опору знаходиться у допустимих межах:

$$R_3 \leq R_{\text{дон}}.$$

Тобто пристрій заземлення складається із трьох вертикальних заземлювачів, що являють собою вертикальні забиті в землю труби і з'єднані з'єднувальною смугою. Опір пристрою складає 3.2Ом.

4.4. Заходи щодо техніки безпеки при експлуатації установки

Практика експлуатації електроприводів показує, що найбільша кількість нещасних випадків відбувається при виявленні несправностей та під час наладки системи електропривода під струмом. Для запобігання цього роботи слід проводити в гумових галошах або стояти на ізолюючій основі. При ремонті електропривода напруга попередньо знімається з головного

					141. 4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розподільного щита шляхом відключення. На вимикачі вивішується напис: “Не вмикати! Працюють люди.”

Допустимі параметри електричного струму:

ГОСТ 12.1.038-82 встановлює гранично допустимі рівні напруги та струмів доторкання. При нормальних режимах роботи електроустановок змінний струм, що діє на людину, не повинен перевищувати 0,3мА, а постійний – 1,0мА при загальній тривалості дії не більше 10хв за добу. В аварійних режимах допустимі рівні сили струму змінюються в доволі широких межах в залежності від тривалості його дії. Так, допускається дія змінного струму частотою 50Гц 500мА протягом 0,1с і 6мА більше 1с. Постійний струм в 3 – 4 рази безпечніше.

Для персонала, що обслуговує електроустановку і що знаходиться в зоні впливу створюваного ними електричного поля, ГОСТ 12.1.002-84 встановлює гранично допустимий рівень напруженості електричного поля частотою 50Гц - 25кВ/м; перебування людини в електричному полі більшої напруженості без застосування засобів захисту заборонено.

Протягом робочого дня можна знаходитися в електричному полі напруженості до 5кВ/м; при напруженості 20 – 25 кВ/м час перебування персонала в електричному полі не повинно перевищувати 10хвилин.

Обов’язковим є застосування захисного заземлення, що призначене для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом.

Згідно ПУЕ повинні бути передбачені наступні заходи щодо забезпечення електробезпеки електроустановки:

- 1) режим контролю живлячої мережі;
- 2) захист від випадкового проникнення до струмоведучих частин електроустановки;
- 3) контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- 4) захисне заземлення;
- 5) захисне відключення;
- 6) застосування захисних засобів;

					141.4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7) організаційні і технічні заходи.

4.4.1. Експлуатаційні заходи щодо контролю параметрів системи

Мережа між двигуном і тиристорним перетворювачем є дводротяною з ізольованими дротами. Це є необхідним з технічних міркувань і незалежно від небезпеки поразки електричним струмом застосовується саме ця схема.

Живлення тиристорного перетворювача серії КТЕУ здійснюється від розподільної шини 380 В через розділовий трансформатор, розподільна шина розташована вздовж стіни на висоті 3 м на ізоляторах. Ошиновка підключена до масляного вимикача, з другого боку до якого прикріплені дроти, що живлять тиристорний перетворювач. Кабель прокладено в підземний бетонований кабельний канал, накритий зверху рифленими листами заліза. Краї каналів закріплені металевими заземленими куточками.

Тиристорний перетворювач поміщений в металеву шафу, в якій також розміщений розділовий трансформатор. Двері шафи й огорожі оснащені блокуванням, яке забезпечує відключення масляного вимикача при відкритті дверей огорожі або шафи.

Підведення живлення до електродвигуна здійснюється за допомогою кабелю, укладеного в підземний кабельний канал.

Кабелі для живлення тиристорного перетворювача і двигуна - броньовані для захисту від можливих механічних пошкоджень.

Контроль ізоляції ланцюга 380 В здійснюється періодично при відключеній установці. При цьому вимірюється опір ізоляції окремих ділянок мережі, трансформаторів, електричних апаратів, двигуна. Вимірюються опір кожної фази відносно землі захисним апаратом.

Нормальним опором ізоляції кабелю нижче 1000 В вважається 0.5 МОм, вимірювання здійснюється мегомметром на напругу 1000 В.

					141. 430Із.БР.ІІЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль ізоляції мережі між двигуном і тиристорним перетворювачем, а також мережі напругою 380 В здійснюється постійно, оскільки пошкодження і пробій ізоляції призводять до виникнення підвищеної небезпеки поразки людини електричним струмом. Опір ізоляції двигуна і тиристорного перетворювача складають 0.5 МОм у нормальному стані, трансформатора - 1.5 МОм, і вимірюється мегомметром на 500 В і 1000 В.

Захисне відключення забезпечує відключення установки при виникненні аварійних режимів.

Також постійно здійснюється контроль напруги на корпусі трансформатора та перетворювача, а також - фази двигуна привода відносно землі за допомогою відповідних захисних схем.

Для захисту перетворювача від режиму короткого замикання в кабельній лінії, що живить двигун, в КТЕУ застосований автоматичний вимикач, що розриває ланцюг при замиканні будь-якої з ліній на землю або між собою.

При спрацьовуванні будь-якого з перерахованих захистів передбачена світлова сигналізація, що має свідчити про несправність тієї або іншої частини установки.

4.4.2. Технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки

До таких заходів належать:

- 1) відключення електроустаткування, що підлягає ремонту, і вживання заходів протипомилкового його включення;
- 2) установка тимчасових огорож струмоведучих частин і вивішування заборонних плакатів “Не вмикати - працюють люди” або “Не вмикати - роботи на лінії”;
- 3) приєднання переносного заземлення до заземлюючої шини стаціонарного заземлюючого пристрою і перевірка відсутності напруги на струмоведучих

					141. 4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частинах, які для безпеки здійснення робіт підлягають замиканню накоротко і заземленню;

4) накладення переносних заземлень на відключені струмоведучі частини електроприводу відразу після перевірки відсутності напруги або вмиканні спеціальних заземляючих роз'єднувачів;

5) огорожа робочого місця і вивішування на огорожі напису:

“Працювати тут”.

Безпека роботи в електроустановках забезпечується застосуванням електротехнічних засобів захисту.

При роботі з електричними ланцюгами напругою до 1000 В застосовуються наступні основні захисні засоби:

- 1) діелектричні рукавиці;
- 2) вимірювальні оперативні штанги;
- 3) кліщі електровимірювань;
- 4) показчики напруги;
- 5) слюсарний - монтажний інструмент.

До додаткових захисних засобів в електроустановках нижче 1000 В відносять галоші, гумові килимки, ізолюючі підставки. Всі електротехнічні захисні засоби періодично проходять перевірку і на них вказується термін безпечного застосування.

4.4.3. Організаційні заходи щодо забезпечення безпеки виробництва

До таких заходів відносять:

- 1) оформлення роботи нарядом або розпорядженням;
- 2) оформлення в наряді допуску до роботи;
- 3) нагляд під час роботи;
- 4) оформлення в наряді закінчення роботи;
- 5) закриття наряду.

					141. 4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усі технічні заходи виконує допущений до роботи працівник з числа оперативного ремонтного персоналу з кваліфікаційною групою не нижче III з дозволу особи, що віддає розпорядження на здійснення робіт[12–14].

Для запобігання аваріям роботи по терміновому усуненню неполадок виконуються оперативно - ремонтним персоналом без наряду.

4.4.4. Засоби протипожежної безпеки

Пожежі являють собою особливу небезпеку, оскільки зв'язані з великими матеріальними втратами. Пожежа може виникнути при взаємодії горючих речовин, окислення і джерел запалення. Горючими компонентами є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, двері, підлоги, ізоляція кабелів, тощо.

Протипожежний захист - це комплекс організаційних і технічних заходів, направлених на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожежі, обмеження його розповсюдження, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі. Організаційні заходи щодо пожежної профілактики проводять з метою забезпечення правильної експлуатації електроустановки і проведення протипожежного інструктажа серед оперативно - ремонтного персоналу.

Для запобігання можливого спалаху в небезпечних зонах вальцетокарної майстерні оболонки електричних апаратів, приладів, шаф, виконані зі ступенем захисту IP44. Також використовується ряд інших первинних засобів пожежогасіння, таких як пісок, ломи, багри, відра, що знаходяться на пожежних щитах або біля них.

Прохід між електроприводом та стіною будівлі вальцетокарної майстерні чи агрегатом, що встановлений поруч, складає не менше 0.6 м (оскільки установка має висоту більше 1 м). Для запобігання потраплянню персоналу під механічні частини устаткування верстата, що обертаються,

					141. 4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

простір навколо верстата захищений металевою сіткою з осередком 25х25 мм.

Для запобігання виникненню пожежі в приміщенні передбачена електрична пожежна сигналізація, що складається із сповіщаючих датчиків, встановлених в приміщенні вальцетокарної майстерні.

Для швидкої ліквідації вогнищ загоряння використовуються вогнегасники типа ОХП-4 і ОУ-2А, які розташовуються в безпосередній близькості від верстата.

4.5. Заходи профілактики виробничих отруєнь

Для профілактики виробничих отруєнь застосовують комплекс технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів.

До технічних заходів відносяться:

- засоби індивідуального захисту органів дихання (протигази, респіратори), спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук (рукавички, напальнички), обличчя, очей (захисні окуляри), шкіри (дерматологічні мазі, миючі речовини);
- вентиляція та кондиціонування виробничих приміщень;
- очистка виробничих викидів;
- заміна токсичних речовин нетоксичними або менш токсичними;
- автоматизація, механізація, дистанційне управління з метою усунення контакту працюючого з токсичними речовинами;
- винесення обладнання на відкрите повітря;
- систематичний контроль вмісту в повітрі токсичних речовин.

До санітарно-гігієнічних заходів відносяться:

- дотримання встановленого режиму праці і відпочинку;
- заняття спортом;
- раціональне харчування.

До лікувально-профілактичних заходів відносяться:

- проведення медичних оглядів;
- профілактичне і санаторно-курортне лікування.

					141. 4301з.БР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В процесі виконання випускної кваліфікаційної роботи було розроблено заходи з автоматизації токарного верстата 1М63, що широко використовується на державних підприємствах України. За результатами проведеного аналізу були визначені шляхи поліпшення характеристик верстата.

Був розрахований і обраний комплектний електропривод на базі перетворювача частоти Lenze ESMD для забезпечення повної автоматизації об'єкту дослідження.

Обрана замкнена система скалярного керування електроприводом за частотою, як така, що найбільш повно відповідає поставленій задачі і відповідає умовам роботи автоматизованої установки.

Були синтезовані регулятори з заданими параметрами налаштування. Отримана внаслідок дослідження крива перехідного процесу має добре виражений експоненціальний характер, а отже відповідає вимогам завдання роботи.

Таким чином, усі поставлені завдання в ході проектних досліджень електромеханічної системи верстату повністю виконано.

					141.4301з.БР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. - М: Машиностроение, 2001. - 920 с.
2. Башарин А.В., Новиков В.А. Управление электроприводами. –Л: Энергоатомиздат. 1998 – 391 с.
3. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. - М: Издательский дом "Академия", 2007. - 576 с.
4. Житецкий В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Львів: Афіша, 2002. – 320 с.
5. Какуевицкий Л.И., Смирнова Т.В. Справочник реле защиты и автоматики. Под редакцией М.Э. Хейфица. - М: "Энергия", 1972. - 344 с.
6. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник. Под редакцией В.М. Перельмутера. - М: Энергоатомиздат, 1988. - 319 с.
7. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов. – М.: Машиностроение. 1990 – 303с.
8. Справочник по автоматизированному электроприводу. Под редакцией Елисеева В.А. - М: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
9. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами. Под редакцией Круповича В.И. и др. - М: Энергоатомиздат, 1982. - 340 с.
10. Станок токарно-винторезный 1М63. Руководство по эксплуатации.
11. Терехов В.М., Осипов О.И. Система управления электроприводов. Учебник. - М: Издательский центр "Академия", 2005. - 301 с.
12. Тубальцев А.М. Виробниче освітлення та його розрахунок: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – 84 с.

					141.4301з.БР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		