

Міністерство освіти і науки України

Одеський національний технологічний університет

**Кафедра автоматизації технологічних, електромеханічних і
робототехнічних систем**



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему «Модернізація електроприводу подачі токарного верстату»

Здобувач СВО «Бакалавр»: Кравченко Олександр Віталійович

Студент групи АЕМ-40

Керівник : Штепа Євген Павлович , к.т.н., доцент

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 15.06. 2026 р.

В.о. Завідувача кафедри АТЕіРС _____ Олексій ЖИГАЙЛО

Одеса - 2026 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Автоматизації та робототехніки

Кафедра: Електромеханіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Електромеханічні системи з інтелектуальним керуванням

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри ЕтаМ

_____Осадчук П.І.

«_____»_____2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

ЗДОБУВАЧА СВО «БАКАЛАВР» . АЕМ-40

1.Тема роботи: «Модернізація електроприводу подачі токарного верстату »

1 КЕРІВНИК РОБОТИ: ШТЕПА ЄВГЕН ПАВЛОВИЧЯ К.Т.Н., ДОЦЕНТ

Затверджено наказом ОНТУ від 26-11-25 р. наказ № 641-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 10.6.24

3. Вихідні дані роботи: верстату моделі 16K20Ф3С5; діаметр оброблюваної заготовки -300 мм; довжина заготовки 1200 мм; різець з твердого сплаву Т30К4 з кутом в плані 45 градусів; глибина різання $t = 8$ мм; подача $S = 0,63$ мм / об

4. Перелік питань, які потрібно розробити : Мета роботи; завдання роботи; метод дослідження технічна характеристика верстату; розрахунок навантажень і вибір потужності двигуна; вибір перетворювача частоти; моделювання електроприводу; економічна частина; техніка безпеки

5. Перелік демонстраційного матеріалу. Слайди презентації: Титульний слайд; мета і завдання роботи; кінематична схема верстата; технічна характеристика; структура і принципова схеми до модернізації і після модернізації; потужність двигуна; вибір перетворювача частоти і регулятора напруги;

модель дослідження прямого пуску двигуна; модель дослідження частотного пуску двигуна
головного руху результати досліджень

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 21.12.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів	Прим
1	Загальна характеристика електропривода верстата	15.03.2026	
2	Розрахунок навантажень і вибір двигуна	10.04.2026	
3	Вибір перетворювача частоти. Принцип роботи перетворювача частоти.	25.05.26	
4	Моделювання електроприводу.	10.05.2026	
5	Економічна частина. Техніка електробезпеки	25.05.2026	
6	Попередній захист кваліфікаційної роботи.	10.06.2026	
7	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра.	25.06.2026	

Здобувач: Кравченко О.В. _____

Керівник проекту доцент Штепа Є.П. _____

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності. Здобувач СВО Кравченко О.В.

Реферат

Кравченко О.В. «Модернізація електроприводу подачі токарного верстату». Кваліфікаційна робота бакалавра. – Одеса: ОНТУ, 2023. – 75 с.

Бібліогр.: 8. Іл.:28. Табл. 8.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблена система управління електроприводом ;розраховано потужність і вибір двигуна для шпинделя; приведені механічні характеристики двигуна шпинделя при різних частотах; вибрано перетворювач частоти для двигуна шпинделя і вибрано пристрій сплавного пуску для насоса охолодження.

Досліджена системи управління електроприводом на електронній моделі в середовищі Matlab Simulink.

В заключній частині кваліфікаційної роботи приведені економічні розрахунки, а також техніка електробезпеки при експлуатації електрообладнання верстату.

Ключові слова: верстат;електропривод, перетворююча частоти, електронна модель, економіка та техніка електробезпеки .

Abstract

Kravshenko O.V . "Modernization of the electric drive of the feed of the lathe."

Bachelor's qualifying work. – Odesa: ONTU, 2023. – 75 p. Bibliogr.: 8. Ill.: 28. Table 8.

I n the bachelor's qualification work, an electric drive control system was developed; power and motor selection for the spindle were calculated; the mechanical characteristics of the spindle motor at different frequencies are given; a

frequency converter is selected for the spindle motor and an alloy starter is selected for the cooling pump. The electric drive control system was studied on an electronic model in the Matlab Simulink environment. In the final part of the qualification work, economic calculations are presented, as well as electrical safety techniques during the operation of the electrical equipment of the machine.

Key words: machine; electric drive, frequency converter, electronic model, economics and electrical safety technology.

Зміст

Вступ.....	6
1. Загальні відомості про токарні верстати	
1.1.Призначення, область застосування і технічна характеристика верстата.....	8
1.2 Основні характеристики верстата 16K20Ф3С.....	15
1.3.Основні технічні характеристики і параметри токарно- гвинторізного універсального верстата моделі 1М63Н-1.....	15
1.4.Електрична принципова схема електрообладнання верстата	17
2. Вибір потужності двигуна і системи управління.....	25
2.1 Розрахунок та вибір потужності двигуна.	25
2.2.Система управління двигуном	27
2.3.Розрахунок трансформатора та схеми управління.....	28
2.4 Розрахунок та побудова механічної характеристики електроприводу..	37
2.5.Розрахунок часу пуску двигуна головного привода верстата	39
3. Вибір споба управління.....	40
3.1.Вибір пристрою плавного пуску.....	40
3.2 Вибір перетворювача частоти	50
4. Експериментальні дослідження електроприводу.....	63
4.1.Розрахунок механічних характеристик двигунів.....	63

4.2.Розробка моделі електроприводу в середовищі Matlab.....	65
---	----

КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5

5.Економіка, технічна безпека.....	68
------------------------------------	----

Список літературних джерел.....	74
---------------------------------	----

Розробив	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Арк	Аркуш	74
Перевірив		Штепа Є. П.				7	74
Реценз.					ОНТУ		
Н. Контр.							
Затверд.							

*Модернізація
електроприводу подачі
токарного верстату*

ВСТУП

Електроенергія в сучасному суспільстві відіграє дуже істотну роль. В

даний час неможливо уявити будь - яку галузь суспільного виробництва, де не використовувалася б електрична енергія. Без електрифікації в сучасному суспільстві немислимі промисловість, сільське господарство, медицина, побут і інші галузі людської діяльності.

Велика частина електроенергії споживається промисловими підприємствами. У процесі виробництва електрична енергія перетворюється в механічну, світлову, теплову або іншу, за допомогою якої виробляється вплив на оброблювану деталь. Для перетворення електричної енергії в інші види використовується різноманітне обладнання та верстати - стандартні і спеціальні пристрої для обробки вихідної сировини з метою отримання будь - якої продукції.

Верстатобудування безперервно розвивається як у кількісному, так і якісному відношенні. Підвищуються точність, потужність, продуктивність, надійність і довговічність верстатів. Поліпшуються експлуатаційні характеристики, розширюються технологічні можливості, вдосконалюються компонування верстатів і їх архітектурні форми. Успішний розвиток верстатобудування забезпечує переозброєння всіх галузей промисловості високопродуктивними і високоякісними верстатами [1].

У машинобудуванні використовуються верстати різної конструкції і призначення. Залежно від виду обробки, що визначається схемою різання і типом застосованого інструменту, верстати поділяються на токарні, свердлильні, строгальні, фрезерні, токарно-гвинторізні, протяжні та інші.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Токарно-гвинторізний верстат призначений для обробки різанням заготовок у вигляді тіл обертання, різноманітних токарних робіт по чорним і кольоровим металам, включаючи точіння конусів, нарізування метричної, модульної, дюймової та пітчевих різьб.

Токарно-гвинторізні верстати є найбільш універсальними верстатами токарної групи і використовуються головним чином в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва. Конструктивна компоновка верстатів практично однотипна. Основними вузлами прийнятого в якості прикладу верстата **1М63Н-1** є:

- станина, на якій монтуються всі механізми верстата;
- передня (шпиндельная) бабка, в якій розміщуються коробка швидкостей, шпиндель і інші елементи;
- коробка подач, передає з необхідним співвідношенням рух від шпинделя до супорта (за допомогою ходового гвинта при нарізанні різьби або ходового валика при обробці інших поверхонь);
- фартух, в якому перетворюється обертання гвинта або валика в поступальний рух супорта з інструментом;
- задня бабка, яка призначена для підтримки другого кінця виробу і надання йому певного положення при обробці в центрах. Також задня бабка використовується для установки в ній різних ріжучих інструментів (свердел, зенкерів, розгортки), за допомогою яких проводиться відповідна обробка виробу;
- супорт служить для закріплення різального інструменту та повідомлення йому рухів подачі.

Мета роботи : Удосконалення електропривода токарного верстату

Завдання роботи: -аналіз існуючих електроприводів токарного верстату;

обґрунтування вибору електроприводу верстату;

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

-розробка електроприводу верстату

Метод дослідження:

Експериментальний - на електронній моделі.

1. Загальні відомості про токарні верстати

1.1. Призначення, область застосування і технічна характеристика верстата 16K20Ф3С5

Верстат призначений для токарної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь заготовок типу тіл обертання із ступінчастими або криволінійним профілем в один або декілька ходів замкнутому напівавтоматичному циклі.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики верстата.

Характеристика	Параметри
Над станиною	400
Над супортом	220
Найбільший діаметр прутка, мм.	53
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм.	1000
Крок нарізування різьблення, мм	0,01-20
Частота обертання шпінделя; об/мин.	12.5-2000
Число швидкостей шпінделя.	22
Найбільше переміщення супорта; мм.	
Подовжня	900
Поперечна	250
Подовжнього	3-1200
Поперечного	1.5-600
Швидкість переміщення супорта; мм/мін.	4800

		Для отримання вигідної швидкості різання слід мати плавні її зміни в	Лист
		КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись Дата

діапазоні від 80: 1 до 100: 1. Малі швидкості застосовуються для нарізування різьблення мітчиками, обточки зварних швів та ін.

Рекомендується застосовувати для головного приводу асинхронні двигуни з КЗ-ротором.

Для токарних і карусельних верстатів малих і середніх розмірів широкого застосування, для токарних верстатів малих розмірів у поєднанні з фрикційними муфтами.

Багатошвидкісні асинхронні двигуни з КЗ-ротором застосовувати доцільно, коли потрібно перемикання швидкості шпинделя на ходу і тоді спрощується коробка швидкостей.

Двигуни постійного струму - для важких токарних і карусельних верстатів зі східчасто-плавним регулюванням швидкості.

У цьому випадку коробка швидкостей проста, має до трьох зон регулювання швидкості в діапазоні від 3:1 до 5:1 зміною магнітного потоку двигуна. Забезпечується плавний пуск з постійним прискоренням для виробів з великою масою. При відсутності мережі постійного струму на об'єкті встановлюються окремі машинні («Г-Д») або статичні («ТП-Д») перетворювачі. Для автоматизації верстатів зі складним циклом роботи і безступінчастим плавним регулюванням швидкості (токарно-револьверні автомати, прецизійні та ін.)

Для приводу подач використовують двигуни постійного струму для сучасних важких токарних і карусельних верстатів, включені по системі ЕМУ-Д, ПМУ-Д або ТП-Д. Це широко регульований привід зі зміною швидкості двигуна в діапазоні від 100: 1 до 200: 1 і більше.

У всіх інших випадках відбір потужності для подачі від головного приводу через багатоступеневу коробку подач. Перемикання швидкостей вручну або дистанційно за допомогою електромагнітних фрикційних муфт. Для допоміжного приводу застосовують асинхронні двигуни з КЗ-ротором (наприклад, для прискореного переміщення каретки супорта, затиску виробу, насоса охолодження).

Для отримання вигідної швидкості різання на токарних верстатах слід мати можливість її зміни в діапазоні від 80: 1 до 100: 1. При цьому бажано мати по можливості плавної її зміни з тим, щоб у всіх випадках забезпечити найбільш вигідну швидкість різання.

Малі частоти обертання призначаються для специфічних видів обробки: нарізування різьблення мітчиками, обточування зварних швів та ін.

У головних приводах токарних і карусельних верстатів широкого призначення малих і середніх розмірів основним типом приводу є привід від асинхронного короткозамкненого двигуна.

На токарних верстатах при постійній частоті обертання шпинделя при зміні діаметра обробки, буде змінюватися швидкість різання. Отже, частота обертання шпинделя верстата визначається двома факторами - діаметром і швидкістю різання. Раціональне використання верстата вимагає зміни частоти обертання шпинделя при зміні технологічних факторів.

Для найбільш повного використання ріжучого інструменту і верстата обробка виробів повинна проводитися при так званій економічно вигідною (оптимальною) швидкості різання, яка при роботі верстата з відповідною подачею і глибиною різання повинна забезпечити обробку деталі з необхідною точністю і чистотою поверхні при мінімальних приведених питомих витратах на обробку, продуктивність при цьому буде дещо нижче найбільшою можливою.

Ступеневе механічне регулювання кутової швидкості на токарних верстатах, здійснюване перемиканням шестерень коробки швидкостей, не забезпечує для різних діаметрів обробки найбільш вигідну швидкість різання. Отже, верстат при зміні діаметра оброблюваної деталі не може забезпечити високу продуктивність. Крім того, коробка передач являє собою досить складну і масивну конструкцію, вартість якої зростає зі збільшенням числа ступенів.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

У токарних верстатах малих розмірів пуск, зупинка і зміна напрямку обертання шпинделя часто проводяться за допомогою фрикційних муфт. Двигун при цьому залишається підключеним до мережі і обертається в одному напрямку.

Для головного приводу деяких токарних верстатів застосовуються багато швидкісні асинхронні двигуни. Використання такого приводу доцільно, якщо воно призводить до спрощення коробки швидкостей або коли потрібно перемикання швидкості шпинделя на ходу.

Важкі токарні та токарно-карусельні верстати, як правило, мають електромеханічне східчасто-плавне регулювання швидкості головного приводу з використанням двигуна постійного струму.

Порівняно проста коробка швидкостей таких верстатів дає дві - три ступені кутової швидкості, а в інтервалі між двома ступенями здійснюється в діапазоні (3 - 5): 1 плавне регулювання кутової швидкості двигуна зміною його магнітного потоку.

Це, зокрема, забезпечує можливість підтримувати сталість швидкості різання при точінні торцевих і конусних поверхонь. Особливість електроприводу токарно-карусельних верстатів є великий момент сил тертя на початку пуску (до 0,8 МОм) і значний момент інерції планшайби з деталлю, що перевищує на високих механічних швидкостях у 8 - 9 разів момент інерції ротора електродвигуна. Застосування в цьому випадку електроприводу постійного струму забезпечує плавний пуск з постійним прискоренням. Для цього використовують окремі перетворюючі пристрої: електромашинні (система Г - Д) або статичні (система ТП - Д).

Безступінчасте електричне регулювання швидкості (двоступінчасте) застосовують при автоматизації верстатів зі складним циклом роботи, що дозволяє легко переналагоджувати їх на будь-які швидкості різання (наприклад, деякі токарно-револьверні автомати).

Безступінчасте електричне регулювання швидкості головного приводу використовується також для деяких прецизійних токарних верстатів. Але у

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

всіх цих випадках діапазон регулювання швидкості при сталості потужності навантаження не перевищує (4 - 5): 1, в решті частини діапазону регулювання ведеться при сталості моменту навантаження.

Привід подачі невеликих і середніх токарних верстатів найчастіше здійснюється від головного двигуна, що забезпечує можливість нарізування різьблення. Для регулювання швидкості подачі застосовуються багатоступінчасті коробки подач. Перемикання ступенів проводиться вручну або за допомогою електромагнітних фрикційних муфт (дистанційно). У деяких сучасних важких токарних і карусельних верстатах для приводу подачі використовується окремий широко регулюючий електропривод постійного струму. Кутова швидкість двигуна змінюється в діапазоні до (100 - 200): 1 і більше. Привід виконується за системою ЕМУ-Д, ПМУ-Д або ТП-Д. Для допоміжних приводів токарних верстатів (прискорене переміщення каретки супорта, затиску виробу, насоса охолоджуючої рідини та ін.) Застосовуються окремі короткозамкнені асинхронні двигуни. На сучасних токарних, токарно-гвинторізних і револьверних верстатах широко застосовується автоматизація допоміжних рухів, а також дистанційне керування механізмами верстата.

КРБ АТРС 641-03.26.11.25.1.3.5										Лист	12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КРБ АТРС 641-03.26.11.25.1.3.5					Лист	12

1.2 Основні характеристики верстата 16K20Ф3С

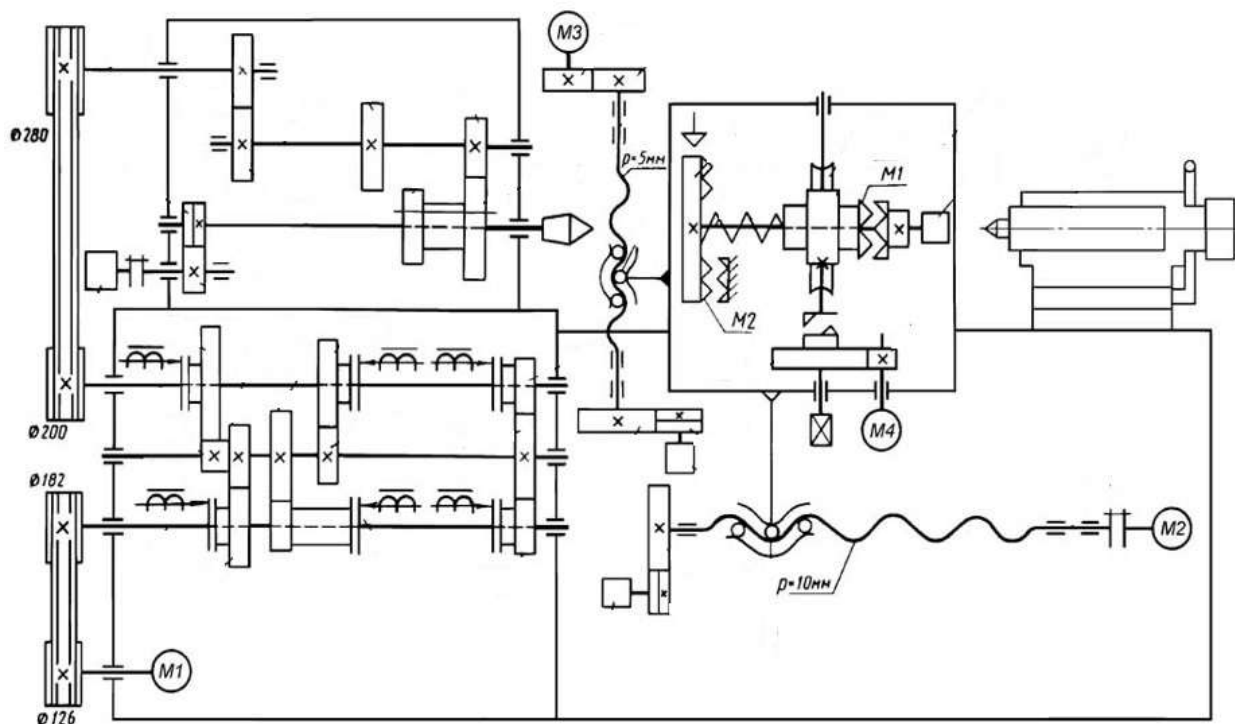


Рисунок 1.1 – Кінематика верстата 1М63Н-1

Головний рух шпиндель отримує від електродвигуна М1(Рисун.1.1) через клиноременну передачу з діаметрами шківів $D=130$ мм і $D=178$ мм, АКС, клиноременну передачу з шківками $D=204$ мм і $D=274$ мм і передачі бабці шпинделя. АКС забезпечує дев'ять частот обертання шпинделя, що перемикаються в циклі, за рахунок включення електромагнітних муфт. Вал 2 має три значення частоти обертання шпинделя завдяки перемиканню муфт М1, М2, М3 (відповідно працюють передачі $z=36-36$ або $z=30-42$ або $z=24-48$); вал 3 обертається вже з дев'ятьма різними частотами обертання: при включенні муфти М4 працює зубчата пара $z=48-24$, муфти М5 – пара $z=30-42$, муфти М6 – пара $z=14-56$. Одночасним включенням муфт М4 і М6

здійснюється гальмування шпинделя. У бабці шпинделя перемиканням блоку

КРВАТРС. 641-03.26.14.25.1.313

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13

Б1 уручну можна отримати три діапазони частот обертання шпинделя (12.5.200; 50.800 і 125.2000 мін-1).

Змазування бабці шпинделя автоматичне централізоване. Шпиндель змонтований на двох конічних роликотідишниках 5-го або 4-го класу точності залежно від класу точності верстата.

Датчик різьбонарізання (ДР) пов'язаний з шпинделем беззazorною зубчатою парою $z=60-60$, здійснює зв'язок між шпинделем і ходовим гвинтом, виходячи з умови, що за один оборот шпинделя різець винен переміститися на величину кроку нарізованого різьблення.

Приводи подач мають два виконання: з гідравлічним кроковим приводом і з електродвигуном постійного струму.

У верстаті застосовані електрогідравлічні крокові двигуни Шд5-д1 з гідропідсилювач Е32Г18-23 для подовжньої подачі і гідропідсилювачем Е32Г18-22 для поперечної подачі. Гвинт кочення подовжньої подачі Х з кроком $P=10$ мм отримує обертання від двигуна М2 через беззazorний редуктор $z=30-125$, а гвинт поперечного переміщення 8 з кроком $P=5$ мм від двигуна М3 через беззazorну передачу $z=24-100$. Мінімальна поперечна передача

$$S_{nonmin} = \frac{1}{240} \cdot \frac{24}{100} \cdot 5 = 0.005 \text{ мм} \quad \text{а)}$$

де $\frac{1}{240}$ - мінімальна частка обороту вихідного валу гідропідсилювача при кроці на вихідному валу крокового двигуна 1.50.

При застосуванні двигунів постійного струму М4 ($N=5.6$ кВт, $n=3000$ мін-1) на ходові гвинти 8 і 10 встановлюють датчик зворотного зв'язку Д.

Супорт і каретка мають традиційний пристрій, але їх розміри збільшені по висоті у зв'язку із збільшенням розміру гвинта поперечної подачі і для підвищення жорсткості.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1.3. Основні технічні характеристики і параметри токарно-гвинторізного універсального верстата моделі 1М63Н-1

Токарно-гвинторізні верстати 1М63Н-1 одні з найпоширеніших на території колишнього СРСР, призначені для обробки деталей середніх і великих розмірів, в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва. На верстаті 1М63Н-1 (Рис. 1.2) можна виробляти зовнішнє і внутрішнє точіння, включаючи точіння конусів, розточування, свердління і нарізування різьблень (метричної, модульної, дюймової та пітчевої).



Рисунок 1.2– токарно-гвинторізний універсальний верстат моделі 1М63Н-1

Технічні характеристики і жорсткість конструкції станини, каретки, шпинделя верстата дозволяють повністю використовувати можливості роботи на високих швидкостях різання із застосуванням різців з швидкорізальної сталі або оснащених пластинами з твердих сплавів при обробці деталей з чорних і кольорових металів.

Супорт верстата має механічне переміщення верхньої частини, що дозволяє виробляти точіння довгих конусів. Точіння коротких конусів також здійснюється рухом верхньої частини. Переміщення в поздовжньому і поперечному напрямках, здійснюється від індивідуального електродвигуна.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Основні відмінності токарного верстата 1М63Н-1 від попередніх моделей

серії:

- збільшена потужність головного приводу
- підвищена швидкість швидких переміщень
- збільшений діаметр отвору в шпинделі
- більш висока маса виробу
- більш висока точність обробки

Особливості конструкції токарно-гвинторізного верстата 1М63Н-1:

- Жорсткість, вібростійкість і температурна стабільність конструкції дозволяють отримувати необхідну точність обробки;
- Широка станина двома загартованими призматичними напрямними, що забезпечують мінімальну переорієнтацію каретки і тривалий термін експлуатації верстата з збереженням первісної точності;
- Отвір в шпинделі 105 мм, що дозволяє використовувати верстат для обробки труб і пруткових виробів;
- Напрявні каретки і поперечної ползушки армовані антифрикційними планками, що дозволяють отримати мінімальну хвилинну подачу до 0,4 ... 0,5 мм / хв;
- Коробка подач володіє високою жорсткістю кінематичного ланцюга, має дві електромагнітні муфти дистанційного перемикання передач без зупинки верстата;
- Частота зворотного обертання шпинделя в 1,3 рази вище ніж прямого, що скорочує час обробки різьб;
- Всі силові зубчасті колеса кінематичного ланцюга виготовлені з легированої сталі, загартовані і відшліфовані;
- 4-х позиційна різцева головка з вертикальною віссю обертання
- Огородження зони різання і патрона, електричні і механічні блокування гарантують безпечну роботу на верстаті;

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики верстата

Параметри		Значення
Найбільші параметри оброблюваної заготовки	діаметр, мм	630
	довжина, мм	1500
	маса, кг	3500
Найбільше переміщення	поздовжнє, мм	1350
	поперечне, мм	400
Діаметр отвору в шпинделі, мм		80,105
Найбільший крутний момент на шпинделі, кНм		3
Потужність електродвигуна головного руху, кВт		15
Габаритні розміри	довжина, мм	5240
	ширина, мм	1780
	висота, мм	1550
Маса, кг		5750

1.4.Електрична принципова схема електрообладнання верстата

На верстаті встановлені наступні електродвигуни: М1 - електродвигун обертання виробу; М2 - електродвигун швидких переміщень каретки (супорта). М3 - електродвигун насоса охолодження.

На рисунку 1.3 представлена принципова електрична схема токарно-гвинторізного верстата моделі 1М63Н-1 до модернізації. Напруга 380 вольт, частотою 50 Гц, подається через ввідний вимикач QF1 типу ВА16-С40, на контакти контактора КМ1 типу ПМЕ-211, і з них на амперметр РА1, а з нього на електродвигун головного приводу М1 типу АІР160S4У3, потужністю 15 кВт. Напруга 380 В так само поступає на автоматичний вимикач QF2 типу ВА16-С6 і з нього на контакти контактора КМ2, далі на електродвигун переміщень каретки і супорта М2 типу АІР80А4, потужністю 1,1 кВт. Напруга 380 В надходить на контактор КМ3, і з них на контакти реле часу КТ2,потім на електродвигун приводу електронасосу М3 типу 32МС, потужністю 0,18 кВт.

Електрична принципова схема електрообладнання верстата до модернізації приведена на рис. 1.4.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		117

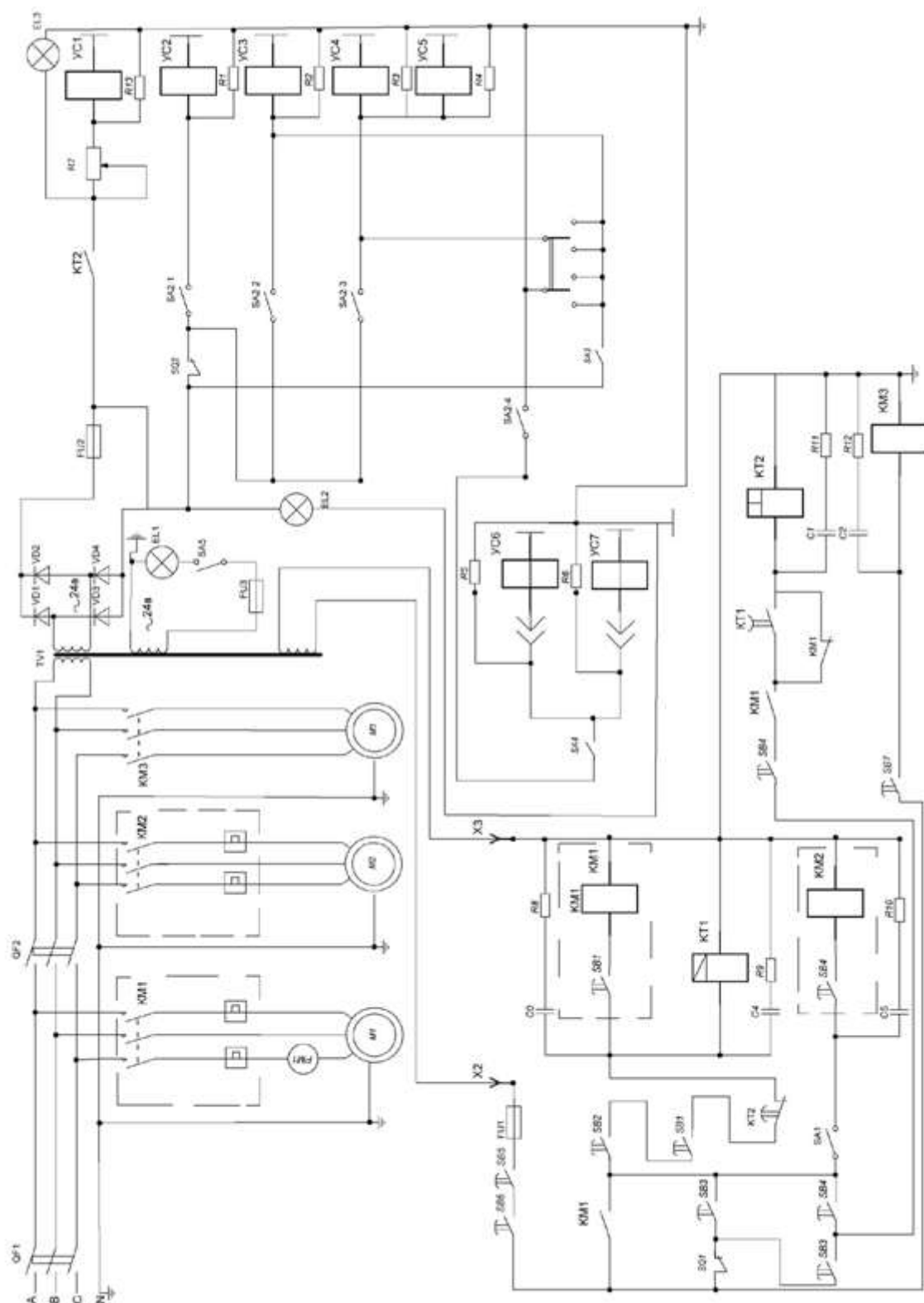


Рисунок 1.3 - Електрична принципова схема електрообладнання верстата до модернізації

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

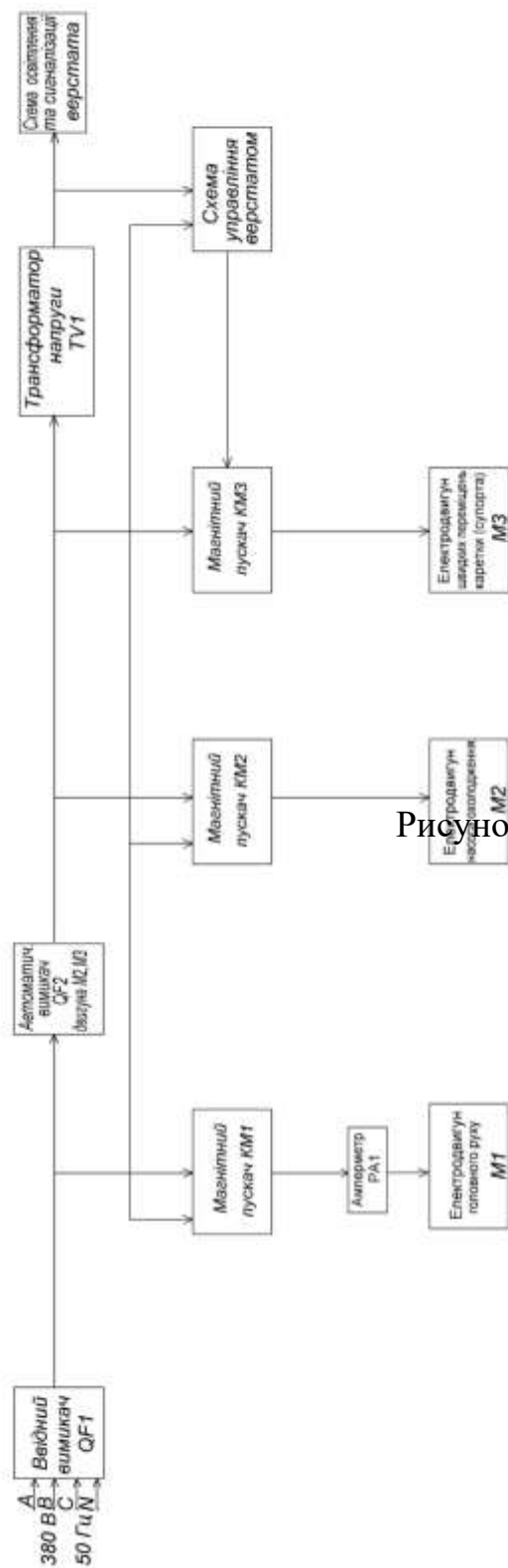


Рисунок 1.4 - Електрична структурна схема верстата

Пуск електродвигуна М1 здійснюється натисканням на кнопки SB3 або SB4 (розташовані на пультах каретки і передньої бабки) при вимкненому фрикціоні. При цьому розмикає контакт кінцевого вимикача SQ1 замкнутий. Пускач КМ1 отримує живлення і підключає електродвигун головного руху М1 до мережі. Одночасно з пускачем КМ1 отримує живлення реле часу КТ1, яке замиканням свого замикаючого контакту включає реле часу КТ2. Реле часу КТ2 в свою чергу замиканням свого замикаючого контакту включає гальмівну муфту УС1. Управління обертанням шпинделя здійснюється за допомогою фрикційних, що включається рукояткою. При відключеному фрикціоні розмикає контакт SQ1 залишається замкнутим. Реле часу КТ1, КТ2 і гальмівна муфта УС1 включені. При цьому на шафі загоряється сигнальна лампочка EL2 синього кольору. При роботі двигуна М1 на холостому ходу, тобто фрикціон відключений, реле часу КТ2 з витримкою часу 150 ... 180с розмикає свій розмикаючий контакт і відключає магнітний пускач КМ1 і відповідно двигун М1 від мережі. Одночасно з пускачем КМ1 втрачає живлення реле часу КТ1, яке з витримкою часу 5 с розмикає свій замикає контакт і відключає реле часу КТ2, яке в свою чергу розмиканням замикаючого контакту відключає гальмівну муфту УС1. При включенні фрикціону розмикає контакт SQ1 розмикається, відключає реле часу КТ2 і забезпечує роботу верстата. Зупинка електродвигуна М1 здійснюється натисканням на кнопки SB1 або SB2. Відключається магнітний пускач КМ1, розриваючи ланцюг живлення електродвигуна М1. З відключенням електродвигуна М1 магнітний пускач КМ1 своїм розмикальним контактом включає реле часу КТ2 і гальмівну муфту УС1.

Контроль за навантаженням електродвигуна М1 здійснюється по амперметру РА1.

Привід подачі пов'язаний з головним приводом через кінематичну

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

ланцюг коробки швидкостей з коробкою подач. Переміщення каретки вліво або вправо, супорта вперед або назад здійснюється за допомогою електромагнітних муфт YC2 ... YC5: YC2 і YC3 - "вліво-вправо"; YC4 і YC5 - "вперед-назад", розташованих в фартусі верстата. Перемикання швидкості подач здійснюється за допомогою муфт YC6 і YC7, управління якими здійснюється перемикачем SA4. Управління електромагнітними муфтами YC2 ... YC5 проводиться за допомогою хрестового перемикача SA2, встановленого на пульті фартуха і має п'ять положень: одне вертикальне нейтральне і чотири похилих, відповідних напрямку переміщення каретки і супорта. Для запобігання пробією електромагнітних муфт і зменшення електричної дуги на контактах при відключенні котушок передбачені розрядні резистори R2 ... R6.

Електропривод швидких переміщень каретки і супорта здійснюється від електродвигуна трифазного струму М3 типу АІР80А4; 1.1 кВт.

Пуск електродвигуна М3 здійснюється натисканням на кнопку "Переривисте обертання", вбудовану в головку рукоятки хрестового перемикача SA2 (SA2-5). Включається магнітний пускач КМ3 і своїми контактами підключає електродвигун М3 до мережі живлення. При відпуску кнопки пускач КМ3 відключається і відключить електродвигун від мережі. Напрямок швидких переміщень каретки або супорта в відповідну сторону проводиться за допомогою електромагнітних муфт YC2 ... YC5, аналогічно як в приводі подач.

На фартусі верстата є перемикач режимів роботи SA2 на три положення, який включає муфти відповідно на: токарську роботу; конусне точіння внутрішнє; конусне точіння зовнішнє

Електропривод насоса охолодження здійснюється від електронасоса 32МС, 0.18кВт. Пуск і зупинка електронасоса М2 здійснюється перемикачем SA1, встановленим на фартусі верстата, при включеному електродвигуні М1.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Освітлення зони різання здійснюється апаратом місцевого освітлення EL1 з лампочкою на напругу 24В; 60 Вт, яка живиться від трансформатора TV1.

Блокування, що виключає одночасне включення маткової гайки і прискорених переміщень каретки, здійснюється кінцевим вимикачем SQ2, який обриває ланцюг живлення пускача КМ3 при включенні маткової гайки. У електрошафі є блокування, діюча на відключення вступного вимикача QF1 при відкриванні дверки електрошафи, здійснювана замиканням спорогенезу контакту SQS в ланцюзі котушки дистанційного розчеплювача QF1.

При огляді електроапаратури, а також при налагодженні електроприводів є можливість зняття цієї блокування за допомогою перемикача SA5. При перемиканні в положення "НАЛАГОДЖЕННЯ" блокування виключається і вступний вимикач QF1 може бути застосовано відкритій дверцята електрошафи. При цьому над перемикачем загоряється сигнальна лампочка HL2, яка вказує на наявність напруги в електрошафі. Після закінчення налагоджувальних робіт перемикач SAS необхідно встановити в положення "РОБОТА", в іншому випадку вступний вимикач QF1 не зможе ввімкнути при закритій дверцятах.

Сигнальна лампочка молочного кольору HL1, розташована на стінці електрошафи, сигналізує про наявність напруги на верстаті при включеному ввідному вимикачі QF1.

Сигнальна лампочка HL3 синього кольору сигналізує про гальмування шпинделя.

Блокування, що забороняє включення електродвигуна М1 при відкритому кожусі огорожі патрона здійснюється вимикачем кінцевим SQ7. Блокування, що забороняє включення електродвигуна М1 при відкритому кожусі змінних шестерень здійснюється вимикачем кінцевим SQ6.

Живлення ланцюгів керування змінного струму здійснюється напругою 110В від понижувального трансформатора TV1.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Живлення ланцюгів управління постійного струму здійснюється напругою 24В від понижувального трансформатора TV1 через випрямляч VD1 ... VD4. Вся апаратура керування електроприводами змонтована в електрошафі, який встановлений на передній бабці верстата, з заднього боку.

Управління електроприводами верстата дистанційне, кнопкове і здійснюється з наступних місць:

- ПБ - пульт управління на передній бабці;
- ПК - пульт управління на каретці;
- ПФ - пульт управління на фартусі.

Підключення електрообладнання верстата до цехової електромережі здійснюється за допомогою вступного вимикача QF1, встановленого всередині шафи на боковій стінці.

Включення і відключення вступного вимикача здійснюється вручну за допомогою рукоятки вимикача, виведеної на дверку електрошафи. Захист електродвигунів і ланцюгів управління від струмів короткого замикання і перевантажень здійснюється автоматичними вимикачами і тепловими реле. На верстаті передбачений нульовий захист, здійснювана розмиканням замикаються блокконтактів в ланцюзі саможивлення магнітних пускачів, що виключає незалежно від положення органів управління, мимовільне включення станка при відновленні раптово зниклої напруги.

На боковій стінці електрошафи зовні передбачено спеціальний пристрій, за допомогою якого вступний вимикач QF1 замикається не ввімкнений ключем від електрошафи під час ремонту електроустаткування верстата.

Привід подачі невеликих і середніх токарних верстатів найчастіше здійснюється від головного двигуна, що забезпечує можливість нарізування різьблення. Для регулювання швидкості подачі застосовуються багатоступінчасті коробки подач. Зміна величин подач і настройка на крок

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

нарізання, різьблення здійснюються перемиканням зубчастих коліс коробки подачі і налаштуванням гітари змінних шестерень.

Для отримання вигідної швидкості різання на токарних верстатах слід мати можливість її зміни в діапазоні від 80: 1 до 100: 1. При цьому бажано мати по можливості плавної її зміни з тим, щоб у всіх випадках забезпечити найбільш вигідну швидкість різання. Перемикання ступенів проводиться вручну або за допомогою електромагнітних фрикційних муфт (дистанційно).

Малі частоти обертання призначаються для специфічних видів обробки: нарізування різьблення мітчиками, обточування зварних швів та ін.

Для головного приводу токарних і карусельних верстатів широкого призначення малих і середніх розмірів рекомендується застосовувати асинхронні двигуни з КЗ-ротором. У деяких сучасних важких токарних і карусельних верстатах для приводу подачі використовується окремий широкорегулюємий електропривод постійного струму.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

2. Вибір потужності двигуна і системи управління

2.1 Розрахунок та вибір потужності двигуна.

Вибір системи електроприводу здійснюється на основі вимог котрі до нього пред'являють:

- 1 Діапазон регулювання швидкості $\Delta W=50-100$ рад/с
- 2 Режим роботи: довготривалий (S1) та повторно-короткочасний (S3)
- 3 Похибка регулювання швидкості $\Delta \omega$ до 1% , а в окремих випадках до 5%
- 4 Перерегулювання не більше 20%
- 5 Прискорення $a=1-2$ м/с²

Процес різання складається з двох етапів: прохід чорнової обробки і чистовий прохід. Електропривод витрачає різні потужності, тому що глибина різання і швидкість подачі не однакові.

Технічні дана параметрів обробки деталей:

Діаметр оброблюваної заготовки -300 мм.

Довжина заготовки 1200 мм.

Різець з твердого сплаву Т30К4 з кутом в плані 45 градусів.

Глибина різання $t = 8$ (мм)

Подача $S = 0,63$ (мм / об)

1.Верстат працює в довгочасному режимі роботи з постійним навантаженням. Нормативну швидкість різання визначають згідно за формулою:

$$V_p = C_v \cdot K_v / T \cdot t_x \cdot S^y = 112 \text{ мм/хв} \quad (2.1)$$

де $C_v = 350$ - коефіцієнт умов різання;

$T = 90$ хв-період стійкості інструменту;

$S = 0.63$ мм / об – подача;

$K_v = 1.19$ - коригувальний коефіцієнт/

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Для перевірки можливості реалізації V_p на нашому верстаті визначимо розрахункову частоту обертання шпинделя n_p об / хв:

$$n_p = V_p \cdot 1000 / D_0, \text{ де}$$

D_0 – діаметр заготовки до обробки

$$n_p = 112 \cdot 1000 / 3.14 \cdot 300 = 119.8 \text{ об/хв.}$$

Найменша близька частота на верстаті є $n_{ст} = 100 \text{ об / хв.}$

За прийнятим значенням $n_{ст}$ визначаємо фактичну швидкість різання V_f

$$V_f = D_0 \cdot n_{ст} / 1000 = 3.14 \cdot 100 \cdot 300 / 1000 = 94.2 \text{ м/хв.}$$

$$2. \text{ Визначаємо силу різання: } P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_f \cdot K_p \quad (2.2)$$

де $C_p = 300$ – постійний коефіцієнт ;

x, y – показники степені (0,75; 0,15 відповідно);

K_p – поправочний коефіцієнт .

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{фip} \cdot K_{yp} \cdot K_{лp} \cdot K_{гp}, \text{ де}$$

$K_{mp} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу деталі на силові залежності.

$K_{фip} = 1, K_{yp} = 0.94, K_{лp} = 1, K_{гp} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив параметрів ріжучої частини інструменту на силу різання.

По формулі (2.2) знаходимо, що

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 8^1 \cdot 0.63^{0.75} \cdot 94.2^{0.15} \cdot 0.94 = 6054 \text{ Н}$$

3. Визначаємо потужність при різанні:

$$P_e = P_z \cdot V_f / 1020 / 60 = 6054 / 94.2 / 61200 = 9,3 \text{ кВт}, \quad (2.3)$$

4. Потужність на валу головного привода визначається з урахуванням втрат:

$$P_{дв} = P_e / \eta_{ном.вер}, \quad (2.4)$$

де $P_{дв.р}$ – потужність двигуна при різанні, кВт;

$\eta_{ном.вер}$ – ККД верстата (0,8 – 0,9).

$$P_{дв.р} = 9.3 / 0.85 = 10,9 \text{ кВт}$$

5. Вибираємо трифазний асинхронний двигун серії АІР 160S6 потужність – 11 кВт,.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Технічні характеристики двигуна AIP 160S6 представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1-Технічні характеристики двигуна AIP 160S6

Тип	Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв.	Струм А	ККД, %	Коеф. потужності
AIP160S6	11	970	24,5	87,5	0,78

Продовження таблиці 2.1

Іп/ Ін	Мп/М _{ном}	М _{тп} /М _{ном}	Момент інерції, $кг \cdot м^2$	Рівень шуму L, дБ	Маса, кг
6,5	1,7	2,1	0,0700	73	125

2.2. Система управління двигуном

Проаналізувавши можливі варіанти, вибираємо систему перетворювач частоти асинхронний двирун функціональна схема якого зображена на рисунку 2.1

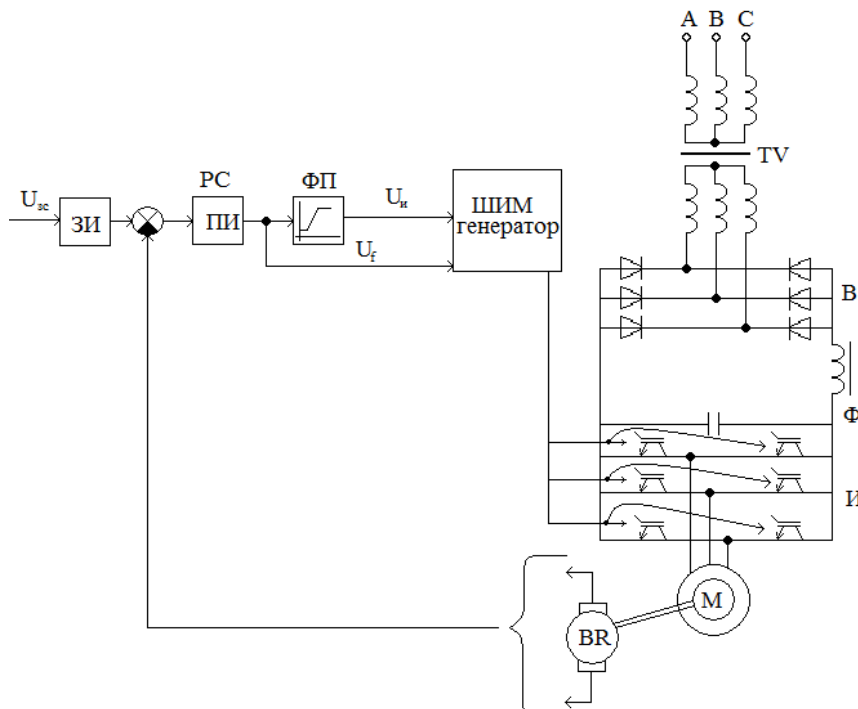


Рисунок 2.1 - Функціональна схема електроприводу

2.3.Розрахунок трансформатора та схеми управління

Трансформатори в електричному й електронному устаткуванні знаходять дуже широке застосування для різного призначення. Основою будь-якого блока живлення є трансформатор.

Трансформатор - це статичний електромагнітний пристрій, що має дві або більше індуктивно зв'язані обмотки й призначений для перетворення змінної напруги й струму однієї величини в змінні напругу й струм іншої величини, без зміни їхньої частоти. За допомогою силового трансформатора також можна забезпечити електричну ізоляцію вихідних каналів джерела електроживлення друг від друга й від первинної мережі.

Визначаємо номінальну потужність навантаження перетворювача частоти:

$$P_{пч} = P_{ном}/\eta_{дв} \quad (2.14)$$

де $P_{ном}$ – номінальна потужність двигуна;

$\eta_{дв}$ – номінальний ККД двигуна.

$$P_{пч} = 11000/0,875 = 12571 \text{ Вт}$$

Розраховуємо номінальну потужність втрат енергії на вентилях перетворювача частоти :

Інвертор :

$$\Delta P_{ном.и} = \sqrt{3} * \Delta U_{и} * I_{дном} * n_{0и} \quad (2.15)$$

Випрямляч :

$$\Delta P_{ном.в} = \sqrt{3} * \Delta U_{в} * I_{дном} * n_{0в} \quad (2.16)$$

Сумарні втрати :

$$\Delta P_{ном} = \Delta P_{ном.и} + \Delta P_{ном.в} \quad (2.17)$$

де ΔU , $\Delta U_{в}$, $\Delta U_{и}$ – пряме падіння напруги на вентилі (по довіднику 0,2 – 2 В);
 n_0 – число вентилів обтічних струмом в кожен момент часу в режимі неперервного струму при мостовій - $n_0 = 2$;

$$\Delta P_{ном.и} = 1,73 * 1,4 * 21,38 * 2 = 103,6 \text{ Вт}$$

$$\Delta P_{ном.в} = 1,73 * 1,3 * 21,38 * 2 = 96,2 \text{ Вт}$$

					$\Delta P_{ном} = 103,6 + 96,2 = 199,8 \text{ Вт}$	Лист
					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розраховуємо коефіцієнт корисної дії перетворювача при номінальній потужності навантаження :

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{ном}}} \quad (2.18)$$

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{12571,4}{12571,4 + 199,8} = 0,98$$

Розраховуємо мінімально допустиму потужність трансформатора за формулою :

$$S_{\text{min}} = \frac{P_{\text{ном}}}{k_p \cdot \eta_{\text{пр}}} \quad (2.19)$$

де k_p - коефіцієнт спотворення потужності рівний 0,955;

$$S_{\text{min}} = \frac{12571,4}{0,955 \cdot 0,98} = 13432,4$$

Згідно розрахунку мінімально допустимої потужності обираємо трансформатор типу ТСЗ – 14М ; з технічними характеристиками ; $S_{\text{n}}=14$ кВА, $U_1=230$ В, $U_2=230$ В ; $u_k=4,7\%$; $s_k=3,1\%$; схема включення 

Проводимо оцінку активного опору короткого замикання трансформатора:

$$\hat{R}_k = \hat{p}_k \frac{U_{\text{дном}} \cdot k_p \cdot \eta_{\text{пр}}}{k_{\text{сх.ф}}^2 \cdot I_{\text{дном}}} \quad (2.20)$$

де $\hat{p}_k = 0,01 \div 0,03$ - потужність короткого замикання у відносних одиницях;

$k_{\text{сх.ф}}$ – коефіцієнт схеми по фазній напрузі рівний 2,34

$$\hat{R}_k = 0,02 \frac{220 \cdot 0,955 \cdot 0,98}{2,34^2 \cdot 21,38} = 0,035$$

Проводимо оцінку комутаційного опору, що вноситься джерелом живлення в ланцюзі випрямленого струму :

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

$$\hat{X}_d = \hat{u}_k \cdot \frac{3 \cdot U_{d\text{ном}} \cdot k_P \cdot \eta_{\text{пр}}}{k_{\text{схф}}^2 \cdot \lambda \cdot I_{d\text{ном}}} \quad (2.21)$$

де $\hat{u}_k=0,04 \div 0,11$ - напруга короткого замикання у відносних одиницях;

$\lambda = 2 \cdot \pi / m$ - кут повторюваності;

$$\hat{X}_d = 0,06 \cdot \frac{3 \cdot 220 \cdot 0,955 \cdot 0,98}{2,34^2 \cdot 1,05 \cdot 21,38} = 0,302$$

Проводимо оцінку необхідного значення фазної напруги вторинної обмотки трансформатора за формулою:

$$\hat{U}_2 = \frac{U_{d\text{ном}} + \Delta U_u \cdot n_{0u} + \Delta U_v \cdot n_{0v} + (\hat{X}_d + d \cdot \hat{R}_k) \cdot I_{d\text{ном}}}{k_{\text{схф}}} \quad (2.22)$$

де d - кількість обмоток трансформатора, обтікаючих струмом в кожен момент часу в режимі безперервного струму, при мостовій схемі $d=2$

$$\hat{U}_2 = \frac{220 + 1,4 \cdot 2 + 1,3 \cdot 2 + (0,302 + 2 \cdot 0,035) \cdot 21,38}{2,34} = 99,7$$

По даним $S_{\text{min}}, U_1, \hat{U}_2$ проводиться вибір трансформатора типу ТСЗ – 14 ; з технічними характеристиками $S_{\text{кВА}}=14$; $U_1=230 \text{ В}$; $U_2=133 \text{ В}$; $u_k=4,7\%$; $s_k=3,1\%$; схема включення Δ/Δ

По даним U_1, U_2 розраховуємо коефіцієнт трансформації :

$$k_{\text{тр}} = U_2 / U_1 \quad (2.23)$$

$$k_{\text{тр}} = 133 / 230 = 0,58$$

По даним $S_{\text{ном}}, U_1, U_2, u_k, s_k$ трансформатора розраховуються активне, повне і індуктивний опори короткого замикання трансформатора, приведені до вторинної обмотці і комутаційне опір перетворювача :

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

$$R_k = p_k \cdot \frac{U_2^2}{3S_{ном}} \quad (2.24)$$

$$R_k = 0,031 \cdot \frac{133^2}{3 \cdot 14000} = 0,0131 \text{ Ом}$$

$$Z_k = u_k \cdot \frac{U_2^2}{S_{ном}} \quad (2.25)$$

$$Z_k = 0,047 \cdot \frac{133^2}{14000} = 0,059 \text{ Ом}$$

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} \quad (2.26)$$

$$X_k = \sqrt{0,059^2 - 0,0131^2} = 0,058 \text{ Ом}$$

$$X_d = \frac{X_k}{\lambda} \quad (2.27)$$

$$X_d = \frac{0,058}{1,05} = 0,055 \text{ Ом}$$

Визначається максимальне значення ЕРС перетворювача при обраному значенні фазної напруги U_2 :

$$E_{d0} = k_{сх\Phi} \cdot U_2 \quad (2.28)$$

$$E_{d0} = 2,34 \cdot 133 = 311,2 \text{ В}$$

Визначається коефіцієнт запасу по напрузі при обраному значенні фазної напруги U_2 :

$$k_3 = \frac{E_{d0}}{U_{dном} + \Delta U \cdot n_0 + (X_d + d \cdot R_k) \cdot I_{dном}} \quad (2.29)$$

$$k_3 = \frac{311,2}{220 + 1,35 \cdot 2 + (0,055 + 2 \cdot 0,0131) \cdot 21,38} = 1,38$$

Вибір силових вентилів перетворювача і розрахунок їх захисних ланцюгів.

Діоди вибираються за середнім значенням струму що протікає по ним і максимальному значенні напруги, що прикладається до них у зворотному напрямку.

Розраховуємо середнє значення струму, що протікає по діоду при номінальному струмі навантаження.

$$I = \sqrt{3} \cdot I_{ном} \cdot k_V \quad (2.30)$$

де $I_{ном}$ - номінальне значення струму навантаження (фази двигуна);

k_V – коефіцієнт завантаження вентиля по струму, рівний відношенню середнього значення струму вентиля до середнього значення випрямленого струму, $k_V = 1/3$

$$I_V = \sqrt{3} \cdot 21,38 \cdot 1/3 = 12,3 \text{ А}$$

Діод що працює з природним охолодженням, вибирається на струм що перевищує I_V в 2÷3 рази (за рахунок можливого перевантаження двигуна).

Визначаємо максимальне значення напруги, що прикладається до діоду в зворотному напрямку

$$U_{max} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{3} \cdot U_2 \quad (2.31)$$

$$U_{max} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{3} \cdot 133 = 324 \text{ В}$$

Діод вибирається на напругу, що переверщує напругу U_{max} в 1.5÷2 рази (за рахунок можливих резонансних явищ, особливо в ПЧ).

Вибираємо діод типу ДВ 35-06 $V_{RRM} = 600 \text{ В}$; $I_{FAV} = 35 \text{ А}$

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розрахунок параметрів ланцюга випрямленого струму і вибір дроселів і конденсаторів фільтра

Опір навантаження для ПЧ-АД

$$R_H = P_{ном} / (\sqrt{3} \cdot I_{дном})^2 \quad (2.32)$$

$$R_H = 12571.4 / (\sqrt{3} \cdot 21.38)^2 = 9.2 \text{ Ом}$$

Розрахунок активного опору ланцюга випрямленого струму без урахування активних опорів дроселів:

$$R_{d0} = R_H + d \cdot R_k + X_d \quad (2.33)$$

де R_H - опір навантаження;

$d \cdot R_k$ - опір, внесений трансформатором;

X_d - комутаційний опір

$$R_{d0} = 9,2 + 2 \cdot 0,0131 + 0,055 = 9,28 \text{ Ом}$$

Індуктивність кола випрямленого струму без врахування індуктивностей дроселів:

$$L_{d0} = L_H + d \cdot L_k \quad (2.34)$$

де L_H – індуктивність навантаження АД;

$L_k = X_k / \omega$ – індуктивність короткого замикання трансформатора;

$\text{tg} \varphi$ – добротність АД;

ω – кутова частота мережі 314 рад/с.

$$L_{d0} = 0,017 + 2 \cdot 0,00018 = 0,01736 \text{ Гн}$$

$$L_H = P_{ном} \cdot \text{tg} \varphi / [\omega \cdot (\sqrt{3} \cdot I_{дном})^2] \quad (2.35)$$

$$L_H = 12571,4 \cdot 0,57 / [314 \cdot (\sqrt{3} \cdot 21,38)^2] = 0,017 \text{ Гн}$$

$$L_k = X_k / \omega \quad (2.36)$$

$$L_k = 0,058 / 314 = 0,00018 \text{ Гн}$$

Розраховуємо діюче значення гармоніки нищого порядку випрямленої напруги для кута управління, при котрому спостерігаються найбільші пульсації струму:

$$U_{d(1)} = \sqrt{2} \cdot E_{d0} \frac{m}{m^2 + 1} \quad (2.37)$$

де m число пульсацій випрямленої напруги за період напруги мережі.

$$U_{d(1)} = \sqrt{2} \cdot 311,2 \frac{6}{36+1} = 71,16 \text{ В}$$

Розраховуємо амплітуду пульсацій випрямленого струму:

$$I_{d(1)} = \frac{U_{d(1)}}{\sqrt{R_d^2 + [m \cdot \omega \cdot (L_{d0} + L_{dc})]^2}} \quad (2.38)$$

$$I_{d(1)} = \frac{71,16}{\sqrt{9,28^2 + [6 \cdot 314 \cdot (0,00018 + 5)]^2}} = 0,73 \text{ А}$$

Розраховуємо коефіцієнт пульсацій випрямленого струму:

$$q_i = \frac{I_{d(1)}}{\sqrt{3} I_{\text{ном}}} < 0,05 \quad (2.39)$$

$$q_i = \frac{7,65}{\sqrt{3} \cdot 21,38} = 0,02$$

Облік індуктивності згладжуючого дроселя.

Розраховується значення індуктивності ланцюга випрямленого струму з урахуванням індуктивностей дроселів

Якість фільтру визначається коефіцієнтом згладжування, який визначається: (2.40)

$$S_{LC} = \frac{q_{\text{вх}}}{q_{\text{вих}}} \quad (2.40)$$

Де $q_{\text{вих}}$ - коефіцієнт пульсацій на виході фільтру;

$q_{\text{вх}}$ - коефіцієнт пульсацій на виході фільтру приймається в межах 0,01...0,1; виберемо =0,01.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Коефіцієнт пульсацій на вході фільтра:

$$q_{\text{вх}} = \frac{m}{m^2 + 1} \quad (2.37)$$

ьтру визначається за

формулою:

(2.41)

де m - число пульсацій випрямляча;

α - кут управління вентилів випрямляча;

$\alpha=00$, оскільки напруга регулюється в АІН, а перетворювач некерований.

$$q_{\text{вх}} = \frac{2}{6^2 - 1} \sqrt{1 + n6^2 \text{tg}^2 0} = 0,057$$

Числове значення коефіцієнта згладжування:

$$S_{LC} = \frac{0,057}{0,01} = 5,7$$

Ємність фільтру визначається по формулі:

$$C_{\phi} = \frac{S_{LC} + 1}{n^2 \omega^2 L_{dc}} \quad (2.42)$$

Значення C_{ϕ} вибирається із нормалізованого ряду ємностей E24

$$C_{\phi} = 6,7/3^2 \cdot 314^2 \cdot 0.0001 = 0,0755 \text{ Ф}$$

Розрахунок апаратів керування та захисту

Для захисту елементів схеми керування, яка включає ряд споживачів, визначаємо номінальний струми для приводів змінного струму за формулою:

$$I = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n} \quad (2.43)$$

де P_n - номінальна потужність, кВт

η_n - К.К.Д. двигуна, %

U_n - номінальна напруга, В.

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності, 0,87

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для приводу шпинделя визначаємо величину номінального струму згідно

$$I_n = \frac{11000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,875 \cdot 0,87} = 21,38 \text{ A.}$$

Визначаємо струм плавкої вставки:

$$I_{nv} = I_{cx} \cdot 2,5 \quad (2.44)$$

де I_{nv} - струм плавкої вставки, A ;

I_{cx} - струм схеми, A ;

$$I_{nv} = 21,38 \cdot 2,5 = 53,45 \text{ A}$$

Вибираємо запобіжники типу ПР-2 з номінальним струмом $I_n=60 \text{ A}$ з плавкою вставкою на 55 A .

Магнітні пускачі вибираються по потужності, струмові, напрузі, по конструкції з урахуванням силових контактів і блок – контактів: для приводу шпинделя вибираємо магнітний пускач типу ПМЕ – 222УЗ, номінальний струм комутації $60A$, $U_{кат} = 220 \text{ В}$, ступінь захисту $IP30$, нереверсивний з тепловим реле.

Струм уставки автоматичного вимикача

$$I_{уст} = 1,1 \cdot I_{min} \quad (2.45)$$

де $I_{уст}$ - струм уставки, A ;

1,1 – коефіцієнт, що характеризує близькість розташованих апаратів і їх взаємодію один на одного

$$I_{уст} = 1,1 \cdot 21,38 = 23,5A$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу $A2012\Phi ВУЗ$ з номінальним струмом 25 A , неселективним захистом та стаціонарним використанням і із струмом котушки максимального розщеплювала 100 A , та тепловим

	розщепленням	25A			КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	проводників та кабелів	36

Для вибору необхідних провідників та кабелів необхідно врахувати середовище та спосіб прокладання або монтажу провідників по обладнанню. Всі кабелі розміщуємо в трубах, тому кабелю додатковий захист не потрібний. Кабель для живлення головного приводу верстата потужністю 11 кВт та струмом 21,4 А необхідно визначити переріз провідників.

1.Визначаємо переріз для мідних провідників по втраті напруги для кожної ділянки мережі за формулою:

$$S = 160 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\max} \cdot l \cdot \cos \varphi / (\delta \cdot \Delta U\% \cdot U_1), \quad (2.46)$$

де S – переріз провідника, мм²;

$I_{\max}$ – максимальний струм навантаження, А;

l – довжина провідника, що живить привод верстата приймаємо з умови завдання КП по ширині приміщення, де розміщений верстат, м;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності приводу;

δ – питома провідність матеріалу, для міді $\delta = 57 \text{ м/Ом} \cdot \text{мм}^2$;

$\Delta U\%$ – допустима втрата напруги на ділянці, 1,5%;

U_1 – напруга провідника, В.

$$S = 160 \cdot \sqrt{3} \cdot 21,4 \cdot 27 \cdot 0,98 / (57 \cdot 1,5 \cdot 380) = 4,8 \text{ мм}^2$$

З [6], вибираємо кабель марки ВВГнг-FRLS 3х6 2 мм

Для схеми керування зі струмом 2А приймаємо провід марки ПВ 2х1,5мм².

2.4 Розрахунок та побудова механічної характеристики електроприводу

Для побудови характеристики приводу необхідно розрахувати механічну характеристику при номінальному значенні.

Для вище вибраного двигуна будуємо дійсну та сумісну механічні характеристики .

1.Визначаємо номінальний момент:

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$M_H = 9,556 \cdot \frac{P_H}{n_H} \quad (2.47)$$

де M_H - номінальний момент;

$$M_H = 9,556 \cdot \frac{11000}{1000} = 105,1 \text{ Нм}$$

2.Визначаємо критичне ковзання:

$$s_{кр} = s_H \cdot (\lambda_l + \sqrt{\lambda_l^2 - 1}), \quad (2.48)$$

де s_H -номінальне ковзання;

$s_{кр}$ — критичне ковзання.

$$s_{кр} = 0,028 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,1, \text{ Нм}$$

3.Визначаємо значення швидкості що відповідає вибраному ковзанню:

$$n_2 = n_1 \cdot (1 - s), \quad (2.49)$$

$$n_2 = 1000 \cdot (1 - 0,028) = 972, \text{ об/хв.}$$

4.Визначаємо момент за формулою Клосса:

$$M = \frac{2 \cdot M_{max}}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}}, \quad (2.50)$$

де M_{max} - максимальний момент двигуна

$$M = \frac{2 \cdot 1530,5}{\frac{0,028}{0,1} + \frac{0,1}{0,028}} = 795, \text{ Нм.}$$

використовуючи спрощену формулу Клоса і підставляючи значення ковзання визначаємо відповідні моменти, дані яких заносимо в таблицю.

Таблиця 2.3-Розрахунок дійсної механічної характеристики двигуна

s	-	0	0.028	0.06	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1
M	Нм	0	795	1350.4	1530.5	920.1	590	430	370	300
n	об/хв	1000	972	900	850	650	500	250	150	0

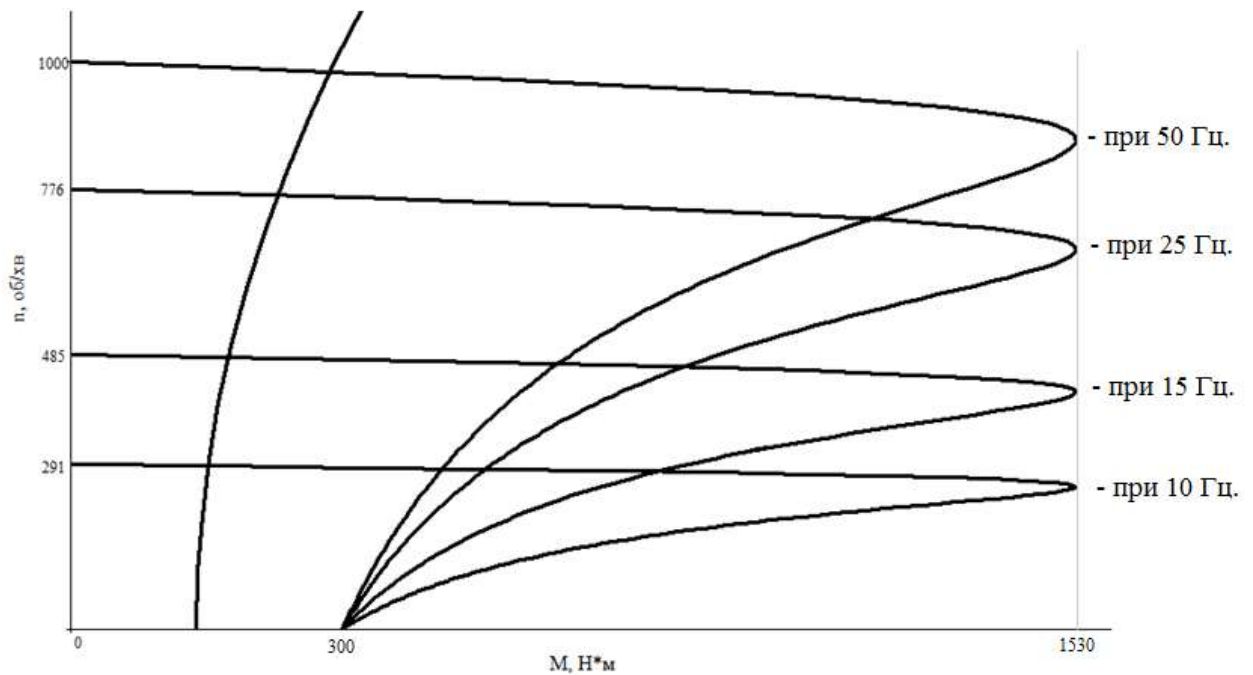


Рисунок 2.2 – Механічна характеристика головного приводу

2.5. Розрахунок часу пуску двигуна головного привода верстата

Визначаєм час при пуску двигуна привода токарного верстата визначенням приведенного моменту інерції механізму, до валу двигуна.

Сумарний приведений момент інерції механізму рівний:

$$J_{\text{прив}} = J_{\text{дв}} + J_{\text{мех}} \quad (2.51)$$

де $j_{\text{прив}}$ – момент інерції приводу, $\text{Н}\cdot\text{м}^2$;

$j_{\text{дв.}}$ – момент інерції двигуна, $\text{Н}\cdot\text{м}^2$;

$j_{\text{мех.}}$ – момент інерції механізму, $\text{Н}\cdot\text{м}^2$.

$$J_{\text{дв}} = \frac{GD^2}{4} \quad (2.51)$$

$$J_{\text{дв}} = \frac{1.6}{4} = 0.4 \text{ Нм}^2.$$

$$j_{\text{мех.}} = (0,4 \div 0,6) \cdot j_{\text{дв}} \quad (2.52)$$

$$J_{\text{прив}} = 0,4 + 0,5 \cdot 0,4 = 0,6 \text{ Нм}^2$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5

Лист
39

Визначаємо статичний момент навантаження M_c яке визначаємо з умови статичної потужності механізму:

$$M_c = \frac{P_c \cdot 10^3}{\omega_n} \quad (2.53)$$

де M_c - статичний момент двигуна, Hm ;

P_c – статична розрахункова потужність, kBm ;

ω_n - номінальна кутова швидкість двигуна , $1/c$.

$$\omega_n = 0,105 \cdot n$$

$$M_c = \frac{8240}{153} = 53,85 \text{ } Hm$$

Визначаємо час який необхідний для досягнення швидкості ω_n , при статичному моменті $M_c = 532 Hm$.

$$t_{\text{пуск}} = \frac{J \cdot \omega_n}{M_c}, \quad (2.54)$$

де $t_{\text{пуск}}$ – час пуску двигуна, c .

$$t_{\text{пuc}} = \frac{0,6 \cdot 153}{53,85} = 1,7 \text{ сек}$$

3. Вибір спо́ба управління

3.1.Вибір пристрою плавного пуску

Пристрій плавного пуску (ППП) - механічне, електротехнічне (з дистанційним управлінням) або електромеханічний пристрій, що використовується для плавного пуску (зупинки) електродвигунів з невеликим моментом страгивання (наприклад з вентиляторної характеристикою) робочої машини.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Управління процесом запуску, роботи і зупинки електродвигунів:

- плавний розгін;
- плавна зупинка;
- зменшення пускового струму;
- узгодження крутного моменту двигуна з моментом навантаження.

Під час пуску крутний момент за частки секунди часто досягає 150-200% від номінального, що може привести до виходу з ладу механічної частини приводу. При цьому пусковий струм може бути в 6-8 разів більше номінального, через це в місцевій електромережі виникає падіння напруги. Падіння напруги може створювати проблеми для інших навантажень мережі, а якщо падіння напруги занадто велике, то може не запуститися і сам двигун.

Застосування пристроїв плавного пуску забезпечує обмеження швидкості наростання і максимального значення пускового струму від нуля до номінального значення протягом заданого часу. В електронних пристроях плавного пуску обмеження струму досягається шляхом плавного наростання напруги на обмотках електродвигуна. Це дозволяє під час пуску утримувати параметри електродвигуна (струм, напруга і т. д.) В безпечних межах, що знижує ймовірність перегріву обмоток і усуває ривки в механічній частині приводу, а також ймовірність виникнення гідравлічних ударів в трубах і засувках в момент пуску і зупинки. В кінцевому підсумку правильно вибране і налаштоване пристрій плавного пуску підвищує показники довговічності і безвідмовності електродвигуна і його приводу.

Пристрої плавного пуску залежно від місця використання будуть відрізнятися потужністю і набором функцій забезпечують вирішення технологічних завдань.

При виборі пристроя плавного пуску по потужності слід враховувати наступні моменти:

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Паспортна потужність пристрою плавного пуску (кВт) повинна бути більше або дорівнює паспортної потужності двигуна. При цьому треба враховувати те, що згідно з міжнародними стандартами для електродвигунів поняття потужність в відноситься до механічної потужності двигуна на валу, а не до споживаної від джерела живлення активної потужності, як це прийнято для інших споживачів електричної енергії.

Номінальний робочий струм пристрою плавного пуску завжди повинен бути більше номінального струму, споживаному електродвигуном в іншому випадку електропривод блокуватиметься помилково «перевищення струму». Треба також враховувати те, що пусковий струм двигуна обмежується пристроєм плавного пуску (120-170% від номінального струму пристрою плавного пуску) і за часом дії (зазвичай до 60 сек), тому, умови прямого пуску двигуна і пуску двигуна від пристрою плавного пуску відрізняються.

При подачі номінальної напруги від мережі на двигун пристроєм плавного пуску, пусковий струм може досягати $7I_n$.

Обираємо пристрій плавного пуску PSR30-600-70 виробництва фірми АВВ:

Тааблиця 3.1-Технічні дані пристрою плавного пуску



Модель	Потужність, кВт	Струм, А	Маса нетто, кг	Маса брутто, кг	Габарити	Установочні параметри
					L/W/H, мм	a/b/d, мм
PI7800 015G3	15.0	32	10	12	360/235/207	340/150/ Ø10

Для зміни налаштувань використовуйте клавіатуру або інтерфейс обміну даними з промислової шині Fieldbus. За допомогою клавіатури можна задавати значення для окремих параметрів або вибирати

Рисунок 3.1- Пристрою плавного пуску.

групу попередньо визначених параметрів для різних

додатків. Для більшості параметрів існує тільки одна можлива настройка, але для деяких параметрів можна визначити додаткові настройки для послідовного запуску. Повернутися до стандартних значень які зберігаються на пристрої для їх подальшого відновлення. Якщо обраний інтерфейс обміну даними з промислової шині Fieldbus, з його допомогою також можна змінити значення більшості параметрів. Загальний вигляд пристрою представлений на рисунку 3.1

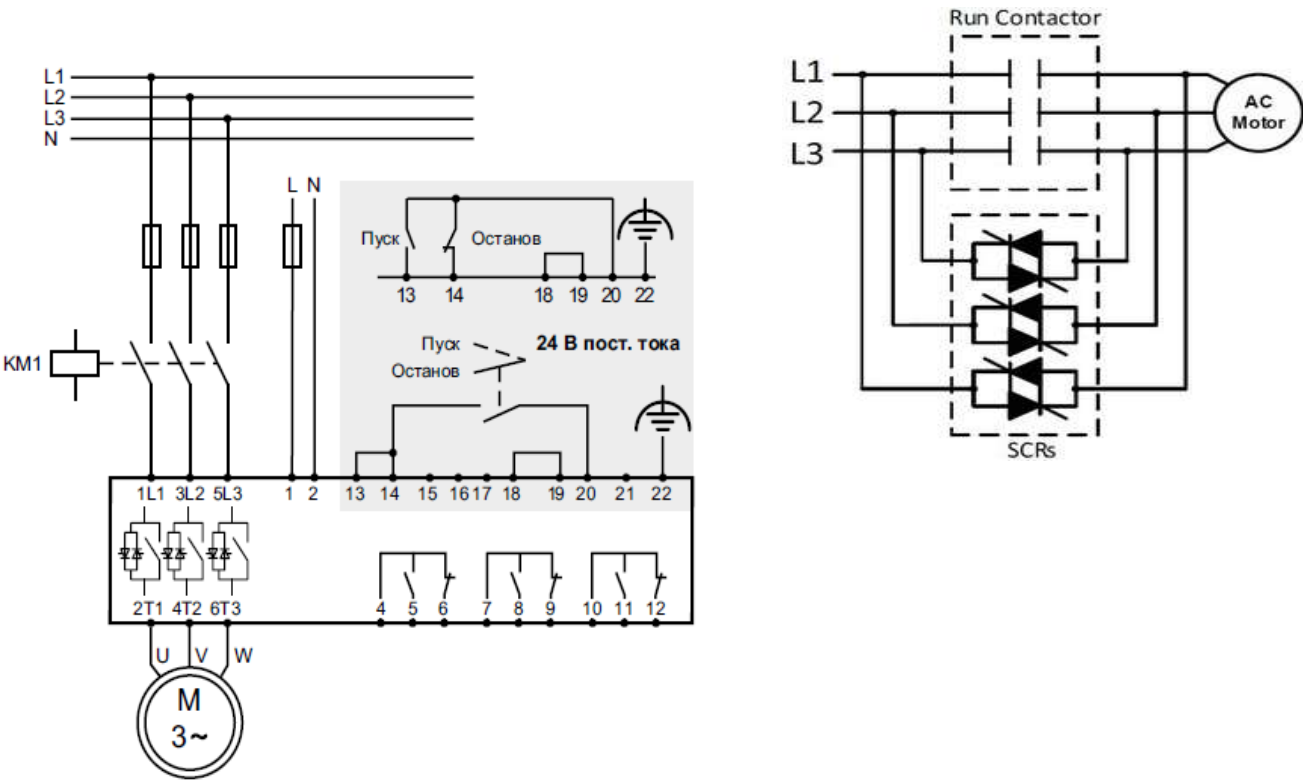


Рис.3.3
пуску

Рисунок 3.3-Принципова схема пристрою плавного пуску.

Зазвичай напруга живлення на двигун подається стрибкоподібно з 0 В до номінальної напруги живлення. В силу того, що обмотка статора двигуна має мале омичний опір, а робоче індуктивний опір двигуна встановлюється тільки в момент, коли пристрій виходить в «режим», в проміжок часу з моменту включення в мережу до виходу двигуна в «режим» опір дуже мало і сила струму сильно зростає. Звідси і отримуємо високий пусковий струм, який досягає 6-8-кратного (а часом і 10-12-кратного) збільшення номінального струму споживання.

З огляду на це запуск електродвигуна можливий тільки в тому випадку, якщо потужність джерела струму достатня. На практиці таке буває не завжди, і часто потужності джерела живлення недостатньо для того, щоб забезпечити такий високий струм. В результаті напруга в мережі живлення падає, як ще кажуть. Надмірне збільшення струму і зниження напруги не проходить безслідно, і з цим доводиться боротися, що виливається в додаткові фінансові витрати.

Інший недолік пуску безпосередньо від мережі - високі навантаження на механічні вузли - виникає з тієї ж причини: стрибкоподібне подача напруги живлення. Оскільки струм пуску високий, крутний момент може досягти 150-200% від номінального, при цьому наводяться механізми двигуна в момент запуску спочивають, а механічні вузли відчують багаторазові навантаження. Для запобігання поломок виробник або споживач змушений закладати додатковий запас міцності, що знову ж таки позначається на вартості обладнання.

Ключ до вирішення проблеми - плавні подача напруги і розгін двигуна до номінальних режимів. Ці завдання і покликане вирішити пристрій плавного пуску (ППП).

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Метою модернізації є установка пристрою плавного пуску, що дозволяє:

- зменшити пускові струми;
- знизити ймовірність перегріву електродвигунів;
- підвищити термін їх служби;
- усунути ривки в механічній частині електроприводу в момент запуску електродвигунів, а також гідравлічні удари в трубопроводах і засувках в момент пуску і зупинки насосів.

Основні характеристики пристрою плавного пуску:

Пристрої є самими компактними пристроями плавного пуску АББ, тому ідеально підходять для установки в місцях з обмеженим простором і там, де потрібна проста функціональність. Можливість установки пристроїв серії PSR і з'єднання з автоматами захисту електродвигунів серії MS дозволить отримати компактне рішення для управління і захисту електродвигуна, більш компактне ніж пускачі зі схемою «зірка-трикутник».

Зручність підключення пристрої плавного пуску від 3 до 45 А можна встановлювати на DIN-рейку, що забезпечує зручність і швидкість монтажу.

Всі типорозміри так само можна встановити і на монтажну плату.

Для мінімізації втрат енергії, забезпечення високої надійності і більш простого підключення пристрою плавного пуску оснащені вбудованими шунтуючими контактами. Завдяки зниженому тепловиділенню пристрої плавного пуску можна встановлювати в шафах з високим ступенем захисту IP.

Установка з автоматами захисту електродвигунів

Технічні характеристики пристрою:

- Номінальна робоча напруга 208-600 В
- Номінальна напруга управління 24 В DC або 100-240 В AC
- Номінальний робочий струм 3-105 А

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5

Лист

45

- Температура експлуатації від -25 до +60 ° С
- Вбудовані шунтуючі контакти
- Налаштування за допомогою потенціометрів
- Сигнальний реле для відображення стану пристрою
- Установка на монтажну плату для всіх типорозмірів

Запуск і зупинка пристрою плавного пуску:

1. Увімкніть силова напруга.
2. Щоб запустити пристрій плавного пуску з клавіатури, натисніть клавішу «R / L» (У / Л), щоб вибрати локальне управління, потім натисніть клавішу «Start» (Пуск) на панелі управління. Натисніть «Stop» (Зупинка), щоб зупинити пристрій плавного пуску.
3. Щоб запустити пристрій за допомогою кнопок, підключених проводами, натисніть клавішу «R / L», щоб вибрати віддалене управління, потім натисніть кнопку «Start» (Пуск), підключену проводами. Натисніть «Stop» (Зупинка), щоб зупинити пристрій плавного пуску.

У пристрої плавного пуску типу реалізовані новітні методи плавного пуску, а також плавної зупинки асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. Пристрій плавного пуску ряд передових функцій для захисту двигуна. При використанні номінальної робочої напруги U_e (фаза / N) в якості джерела керуючої напруги U_s не допускайте перевищення U_s 250 В змінного стру

Пристроєм плавного пуску можна керувати трьома різними способами:

- За допомогою апаратних входів управління
- За допомогою клавіатури (або встановленої на передній панелі пристрою плавного пуску, або відключеної і підключеної за допомогою кабелю, що входить в комплект)

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- За допомогою інтерфейсу обміну даними з промислової шини Fieldbus (за допомогою вбудованого модуля Modbus, модуля Anybus або модуля FieldBus Plug з адаптером)

Одночасно можна використовувати лише один спосіб управління. За умовчанням вибраний спосіб управління за допомогою апаратних входів.

Вентилятори

Вбудовані вентилятори охолодження включаються під час зміни напруги (пуск / зупинка) або при занадто високій температурі радіатора. температуру контролює термістор.

Нижче наведений перелік доступних функцій:

- Пуск з лінійним зміною напруги
(«Пуск з лін. Вим. Напр.»)
- Зупинка з лінійним зміною напруги
(«Зуп. З лін. Вим. Напр.»)
- Пуск з лінійним зміною крутного моменту
(«Пуск з лін. Вим. Кр. Мом.»)
- Зупинка з лінійним зміною крутного моменту
(«Зуп. З лін. Вим. Кр. Мом.»)
- Пуск з повним напругою («Пуск з повн. Напр.»)
- Гальмування без лінійної зміни напруги
(«Без лін. змін.»)
- Гальмування («Гальмо»)
- Обмеження струму («Обм. Струму»)

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

- Поштовховий пуск («Пошт. Пуск»)
- Повільний хід (позиціонування) («Повільн. Хід»)
- Прогрівання електродвигуна («Прогрівання двиг.»)
- Багатоступінчастий пуск («Багатоступ. Пуск»)
- Автоматичний перезапуск («Авт. Перезапуск»)

Пристрій плавного пуску PSTX обладнано функціями захисту пристрою плавного пуску, двигуна та іншого обладнання. Для всіх функцій захисту можна налаштувати автоматичне скидання або скидання вручну. захист можна вмикати і вимикати.

Нижче наведений перелік доступних функцій захисту:

- Електронний захист двигуна від перевантаження
- Захист від блокування ротора
- Захист від неправильного чергування фаз
- Захист від дисбалансу струмів
- Захист від підвищеної напруги
- Захист від зниженої напруги
- Захист від замикання на землю
- Захист від дисбалансу напруг
- Захист від перевантаження виходів напруги
- Зовнішній термодатчик - захист РТС
- Захист від низького коефіцієнта потужності
- Захист від низького струму
- Захист,що задається користувачем
- Захист від занадто тривалого обмеження струму

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Захист від відкриття байпаса
- Захист від збою шини Fieldbus
- Захист від збою модуля розширення входу / виходу
- Захист від збою панелі управління
- Обмеження кількості пусків
- Захист діапазону частот
- Захист від неправильного чергування фаз
- Захист від занадто довгого пуску
- Захист від автоматичного перезапуску

Функції попередження

Пристрій плавного пуску має функції попередження, які сигналізують про потенційні ризики перед спрацюванням функції захисту. Попередження не призводить до останову пристрої плавного пуску. Скидання попередження не потрібно. Рівень попередження і інші параметри функцій попередження можна змінювати. Попередження зберігаються в списку подій.

Нижче наведений перелік доступних попереджень:

- Попередження по дисбалансу струмів
- Попередження за підвищеною напругою
- Попередження по пониженому напругу
- Попередження по часу розмикання електронного захисту двигуна від перевантаження
- Попередження електронного реле перевантаження
- Попередження про сумарний коефіцієнт нелінійних спотворень (КНС)

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

- Попередження по дисбалансу напруг
- Попередження по низькому коефіцієнту потужності
- Попередження по низькій силі струму
- Попередження по збою вентиляторів
- Попередження по блокуванню ротора
- Попередження по перевантаженню тиристора
- Попередження по коротке замикання
- Попередження за кількістю пусків
- Попередження по конфігурації Modbus
- Попередження по обриву фази
- Попередження по часу роботи двигуна

Функції виявлення збоїв

Пристрій плавного пуску оснащено рядом функцій виявлення збоїв для оповіщення про збої компонентів пристрою плавного пуску, двигуна або електромережі. Пристрій плавного пуску ідентифікує зовнішні і внутрішні збої. Користувач не може відключити функції виявлення збоїв, крім як в аварійному режимі.

Нижче наведений перелік доступних збоїв:

- Збій - обрив фази
- Збій - високий струм
- Збій - низька напруга живлення
- Збій мережі
- Збій - перевантаження тиристора
- Збій - коротке замикання
- Збій шунтування
- Невизначений внутрішній збій

- Збій - перегрів радіатора

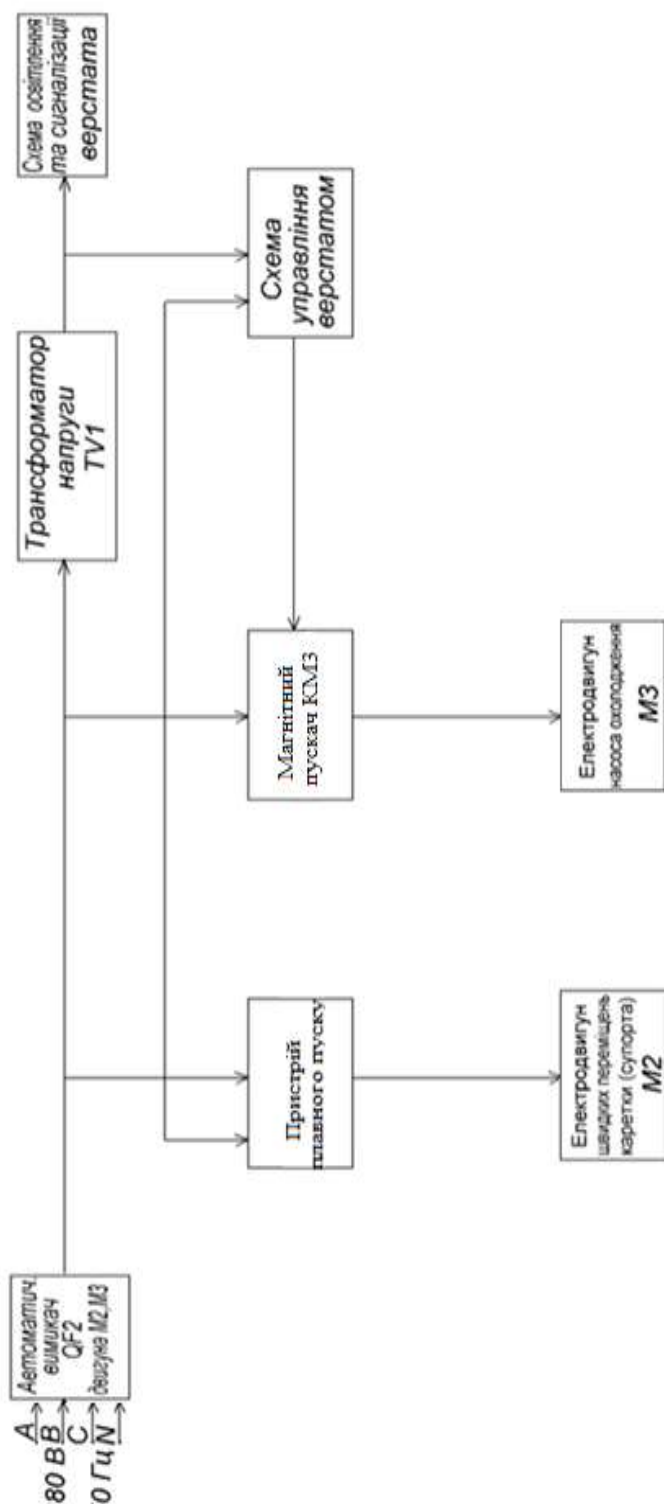


Рисунок 3.4 - Електрична структурна схема верстата після модернізації

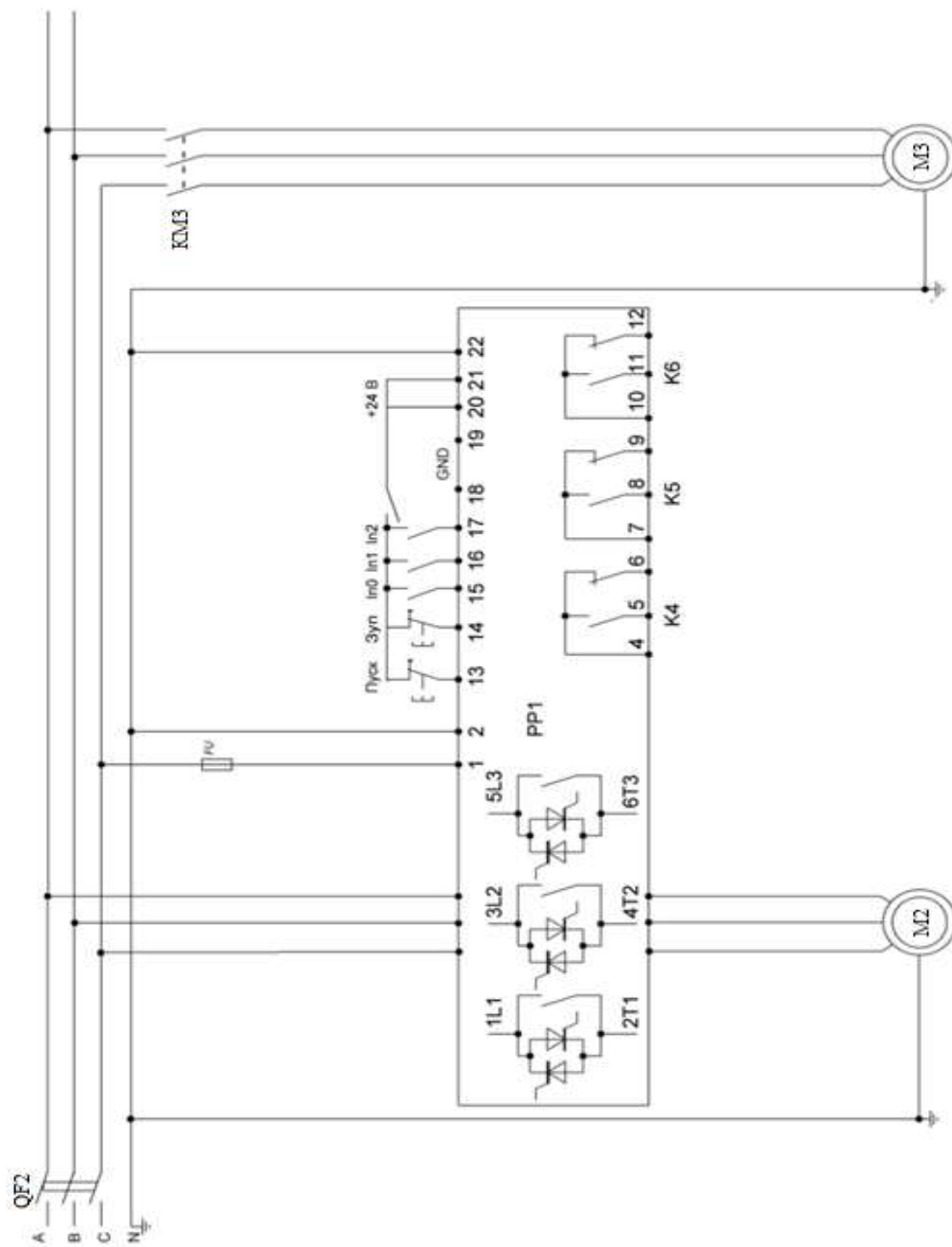


Рис. 3.5 - Принципова схема електроприводу верстата після модернізації

Опис роботи принципової схеми після модернізації:

На рисунку 3.5 представлена принципова електрична схема токарно-гвинторізного верстата моделі 16K20Ф3С5 після модернізації. Напруга 380 вольт, частотою 50 Гц, подається через автоматичний вимикач QF1 типу ВА16-С40, на контакти контактора КМ1 типу ПМЕ-211, і з них на клеми L1, L2, L3 пристрою плавного пуску P17800015G3 виробництва фірми АВВ , а з них на електродвигун головного приводу М1 типу потужністю 11 кВт. При застосуванні для управління промисловими процесами дроти діляться на три групи: силова напруга, керуючу напругу і ланцюг управління. Основна подача живлення (1L1, 3L2, 5L3, 2Т1, 4Т2, 6Т3). Керуюча напруга (клеми 1 і 2). Ланцюг управління (клеми 13-21). Керуюча напруга U_s для всіх пристроїв плавного пуску PSTX становить 100-250 В змінного струму, 50/60 Гц. Клеми К4,К5,К6 використовуються для підключення реле вихідних сигналів на напругу 250 В змінного струму і 30 В постійного струму. Пристрій плавного пуску має 5 цифрових входів для базового управління модулем. П'ятьма цифровими входами є клеми 13, 14, 15, 16 і 17. Входи мають наступні назви:Пуск; Зупинка; In0; In1; In2. За входами «Пуск» і «Стоп» закріплені функції пуску і зупинки, і їх зміна неможливо. Входи «In0», «In1» і «In2» є програмованими. Функції можна пов'язати з фізичним сигналом за допомогою меню, що розкривається на панелі управління. Клеми 20,21 служать для підключення зовнішньої керуючої напруги +24 В постійного струму, пристроєм управління служить ПЛК або аналогічний пристрій. Клема 22 - це робоче заземлення, воно не є захисним. Напруга 380 В так само поступає на автоматичний вимикач QF2 типу ВА16-С6 і з нього на контакти контактора КМ2, потім на електродвигун приводу електронасосу М2 типу 32МС, потужністю 0,18 кВт. Напруга 380 В надходить на контактор КМ3, далі на електродвигун швидких переміщень М3 типу АІР80А4, потужністю

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

1,1 кВт. Схема управління та сигналізації після модернізації аналогічна схеми до модернізації.

3.2 Вибір перетворювача частоти

Функціональна схема частотно регульованого електроприводу

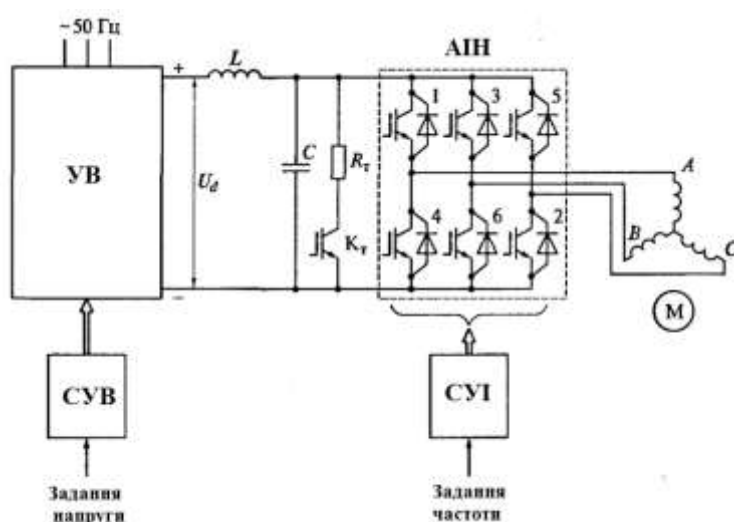


Рис.3.6-Функциональная схема частотного регулирования.

Спосіб регулювання швидкості обертання двигуна вибираємо частотний, так як цей спосіб забезпечує плавне

регулювання швидкості в необхідному діапазоні, а одержувані характеристики мають високу жорсткість. Визначення напруги і частоти необхідні для роботи двигуна в заданій точці, зводиться до уточненню можливості забезпечення перетворювача рівня напруги і частоти при різних навантаженнях і коливаннях напруги мережі живлення. При живленні асинхронного двигуна від перетворювача частоти в процесі перетворюється

напруга промислової частоти. В напрузі регулювання амплітуди і регулювання частоти виникають втрати напруги і потужності перетворювача. Зазвичай перетворювач має внутрішнє зворотні зв'язки, і при зміні навантаження двигуна вихідна напруга і частота практично не змінюватися. Тому в подальшому напругу і частоту на статорі електродвигуна будемо поєднувати незалежними від навантаження.

Синхронна швидкість двигуна залежить від частоти живильної мережі і числа пар полюсів.

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{r}. \quad (3.1)$$

Для стійкої роботи двигуна необхідно зміну частоти підтримувати перевантажувальну здатність двигуна, що забезпечуватися регулюванням напруги на статорі за різними законами. Залежність від частоти і від характеру зміни статичного моменту. ці особливості необхідно враховувати при розрахунку частоти і амплітуди напруги. Найбільш поширений закон зміни амплітуди напруги пропорційно частоті в вигляді закону: $U / f = \text{const}$, при такому законі максимальний момент постійний і не залежить від частоти.

Також не залежить від частоти:

$$\Delta\omega_\varepsilon = \omega_0 - \omega_\varepsilon = \text{const}. \quad (3.2)$$

Це дозволяє в розрахунках використовувати прийом паралельного перенесення природної механічної характеристики. При цьому природна характеристика перемішатися уздовж осі «w» і встановлюватися в т.Wзад, Мзад.

З паспортних даних перетворювачів частоти слідує, що:

$$I_{\text{max.пр}} = 150\%I_n \quad (3.3)$$

Номінальний струм перетворювача частоти повинен бути не менше:

$$I_{\text{пч}} = \frac{I_{\text{maxdv}}}{1.5}; \quad (3.4)$$

$$I_{\text{пч}} = \frac{24.42}{1.5} = 16.28\text{A}.$$

За $I_{\text{пч}}$ вибирається перетворювач частоти, потужність якого повинна перевищувати потужність двигуна на 20%.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Тоді

$$P_{пч} = 1.2 \cdot 11 = 13.2 \text{ кВт.} \quad (3.5)$$

Вибираємо перетворювачі частоти серії Powtran серії PI7800. Його характеристики наведені в таблиці 3.1, а зовнішній вигляд представлений на малюнку 3.8.

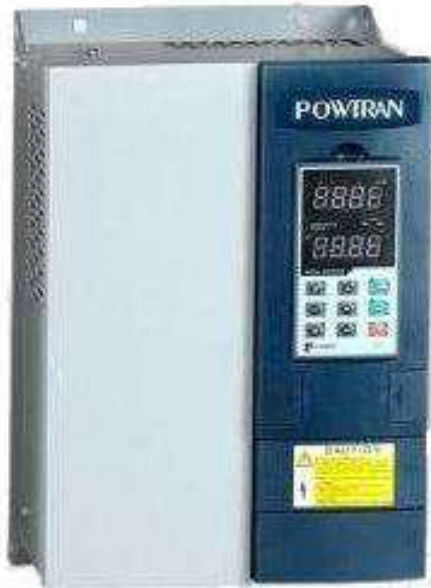


Рисунок 3.8 - Зовнішній

Таблиця 3.2 - Характеристики перетворювача частоти PI7800

					L/W/H, мм	a/b/d, мм
PI7800	15.	3	1	1	360/235/207	340/150/ Ø10
015G						
3						

$$15 \text{ кВт} \geq 11 \text{ кВт}$$

Перевірочний розрахунок з умови, що перетворювач частоти забезпечує перевантажувальний пусковий момент 136% від номінального.

$$\text{Мах.момент на валу двигуна } M_{136\%} = 1.36 \cdot M_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{I_{\text{ном}}}{I_{dv}} \right); \quad (3.7)$$

$$M_{136\%} = 1.36 \cdot 108.3 \cdot \left(\frac{32}{24.42} \right) = 193 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $I_{ном} = 32 \text{ А}$ - номінальний струм перетворювача частоти;

$I_{номdv} = 24,42 \text{ А}$ - ном.ток двигуна.

$$M_{136\%} = 193 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq 95.5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

- умова виконується

Остаточно вибираємо перетворювач

PI7800 015G3, $P = 15 \text{ кВт}$, $I_{ном} = 32 \text{ А}$.

3.3.Вибір апаратури управління.

У нашому випадку застосовується частотний перетворювач PI7800 . 015G3, який може оснащуватися як місцевим так и дистанційним пультом управління. Пульт управління частотного перетворювач представлений на р.

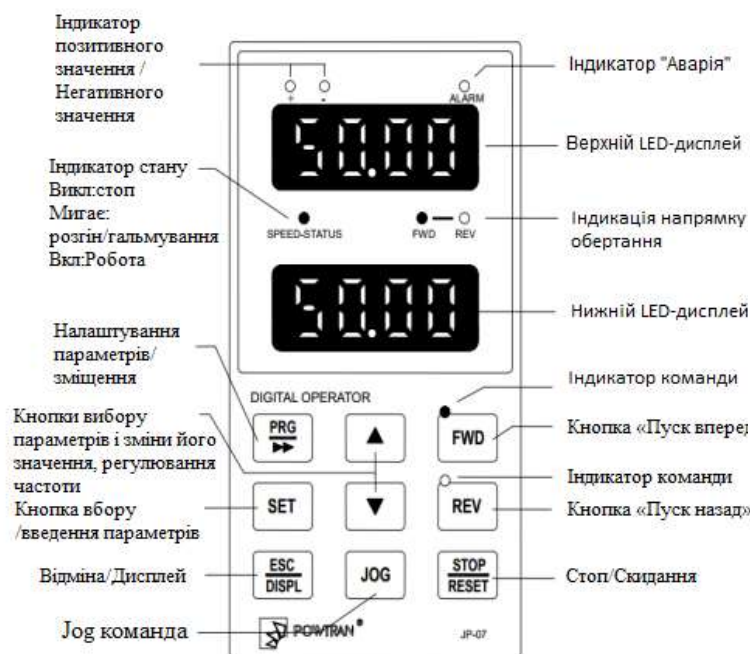


Рисунок 3.9 - Пульт управління частотного перетворювача PI7800 015G3

Пульт місцевого управління розміщений на лицьовій панелі блоку. Він містить кнопки управління і настройки параметрів роботи, світло діоди для відображення режимів роботи і пятирозрядний цифровий індикатор.

Натискання будь-якої кнопки на пульті, якщо команда прийнята, відображається зміною стану відповідних світло діодів, розташованих, як правило, поруч з кнопкою. Команди управління з місцевого або віддаленого пульта управління мають таке призначення:

Кнопкою САУ - вибір типу системи управління. Розімкнута САУ - без зворотного зв'язку. Замкнута САУ - зі зворотним зв'язком (використовується внутрішній програмний ПІ-регулятор технологічної змінної). Частотний перетворювач виконує функцію локального автомата.

Схема включення частотного перетворювача.

Автоматичний вимикач при подачі напруги на інвертор автоматичний може захистити ланцюг електропостачання. Реактор змінного струму - застосування реактора змінного струму здатне погасити вищі гармоніки в мережі на вході перетворювача частоти і поліпшити коефіцієнт реактивної потужності перетворювача.

Застосування реактора змінного струму рекомендується в наступних випадках:

- якщо потужність джерела в 10 і більше разів перевищує потужність інвертора.
- якщо тиристорні перемикачі та компенсатори реактивної потужності підключені до того ж джерела живлення, що і перетворювач частоти.
- якщо існує великий дисбаланс напруги в фазах (більше 3%).

Фільтр для усунення неполадок — фільтр використовується для придушення електромагнітних завад, вироблених конвертером і перешкоджає їх проходженню в мережу. При виборі електромагнітного фільтра необхідно узгодити його тип з системою електропостачання — 3-х фазна 3-х дротова, 3-х фазна 4-х дротова або однофазна. Кабель заземлення повинен бути якомога коротшим. Розташовувати фільтр необхідно якомога ближче до перетворювача частоти.

Контактор - може використовуватися в якості переривника подачі електроживлення з метою захисту від поширення аварії. Не можна використовувати контактор для включення і виключення двигуна.

Вихідний електромагнітний фільтр - фільтр обмежує шум і витоку струму на виході з приладу.

Вихідний реактор змінного струму - якщо протяжність лінії між інвертором і двигуном понад 20 м, реактор може обмежити надструми від інвертора і ємнісні струми від протяжних проводів між інвертером і двигуном.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

До пускової низьковольтної апаратури відносяться різні рубильники, перемикачі, автоматичні вимикачі. Номінальний струм рубильника повинен бути не менше трикратного номінального струму електродвигуна:

$$I_{н.руб} = 3 \cdot I_{ндв} \quad (3.8)$$

При установці рубильників, перемикачів або пакетних вимикачів, а також для розриву ланцюга в разі виникнення струмів короткого замикання застосовують запобіжники.

Автоматичні вимикачі (Рис. 3.10) слугує для автоматичного розмикання перевантажених електричних ланцюгів і в разі інших ненормальностей, а також для включень і відключень в нормальних умовах.

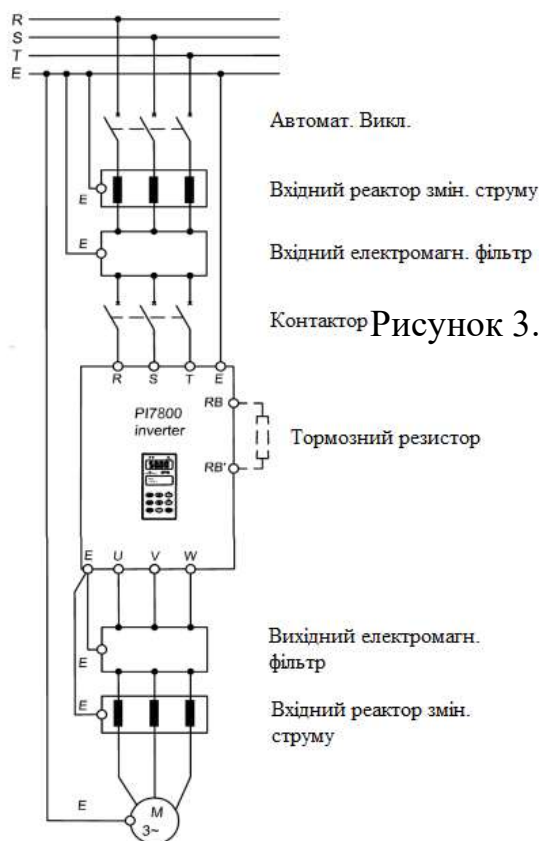


Рисунок 3.10 - Схема включення PI7800 015G3

Рисунок 3.10 - Схема включення PI7800 015G3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5

Лист

59

Вибір автомата захисту для трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором. Каталожні дані двигуна AIP160S6: $P_H = 11$ кВт; $I_H = 24,4$

А при $U_H = 220$ В; $n_H = 970$ об/хв; ККД = 87,5%; $\cos\varphi_H = 0,74$; ратність пускового струму $K_1 = 6,5$.

Пусковий струм буде

$$I_{\text{пуск}} = I_H \cdot K_i; \quad (3.9)$$

$$I_{\text{пуск}} = 24,4 \cdot 6,5 = 158,6 \text{ А.}$$

При використанні перетворювача частоти максимальний струм при пуску електродвигуна $I_{\text{max}} = 53,5$ А.

Визначимо струм уставки теплового розщеплювача:

$$I_{H.\text{уст.}} = 1,25 \cdot I_H; \quad (3.10)$$

$$I_{H.\text{уст.}} = 1,25 \cdot 53,5 = 66,9 \text{ А.}$$

Виберемо автомат $I_{\text{авт}} = 25$ А і встановимо ток теплового розщеплювача регулятор j_v на 80 А. Модель S203 В 25А 6000, Фірма виробник АВВ. Визначимо необхідний струм електромагнітного розщеплювача.

$$I_{\text{ел.р}} = 1,25 \cdot I_{\text{max}}; \quad (3.11)$$

$$I_{\text{ел.р}} = 1,25 \cdot 53,5 = 66,9 \text{ А.}$$

Перевіримо обраний автомат по току спрацьовування електромагнітного розщеплювача. За умовами пуску автомат обраний правильно, оскільки $I_{\text{ср ел.р}} > I_{\text{ел.р}}$ тобто $80 > 66,9$

Перевіримо комутаційну здатність автомата. Ефективне значення допустимого струму короткого замикання для обраного автомата при напруги 220 В ($I_{\text{ф КОР ЗАМ}} = 1500$ А) має бути більше $I_{\text{ф КОР ЗАМ}}$ мережі.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Вибір захисного апарату.

Для захисту проводів і кабелів електричних мереж напругою до 1000 В від струмів короткого замикання встановлюють запобіжники.

Захисним елементом

запобіжника є плавка вставка, що включається послідовно в ланцюг струму. При збільшенні струму лінії вище певної величини плавка вставка розплавляється, ланцюг струму розривається, оберігаючи провід від неприпустимого перегріву.

Розрахунковий струм лінії рівним номінальному струму двигуна:

$I_{\text{дл}} = 24,4\text{А}$. Вибравши номінальний струм плавкої вставки по тривалому току лінії ($I_{\text{В}} > I_{\text{дл}}$), отримаємо співвідношення $I_{\text{В}} > 24,4\text{ А}$.

При виборі плавкою вставки по пусковому струму двигуна $I_{\text{В}} \geq I_{\text{мах}}$.

Згідно з вимогами вибираємо запобіжник ПР-2 220В 15-60А, з номінальним струмом спрацьовування 60А.

Так як застосовується частотний перетворювач, проводку необхідно здійснювати екранованим кабелем, прокладених в трубах і каналах статі.

Визначимо робочий струм навантаження: $I_{\text{раб.}} = I_{\text{н}} = 24.4\text{ А}$. (3.12)

3.4. Структурна і принципова схеми після модернізації

На структурній схемі (Рис. 3.5) показано підключення до двигуна М1 перетворювача частоти, а до двигуна М2 регулятора напруги. Принципова схема показана на рисунку 3.11.

КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 3.11 - Структурна схема електрообладнання верстата після модернізації

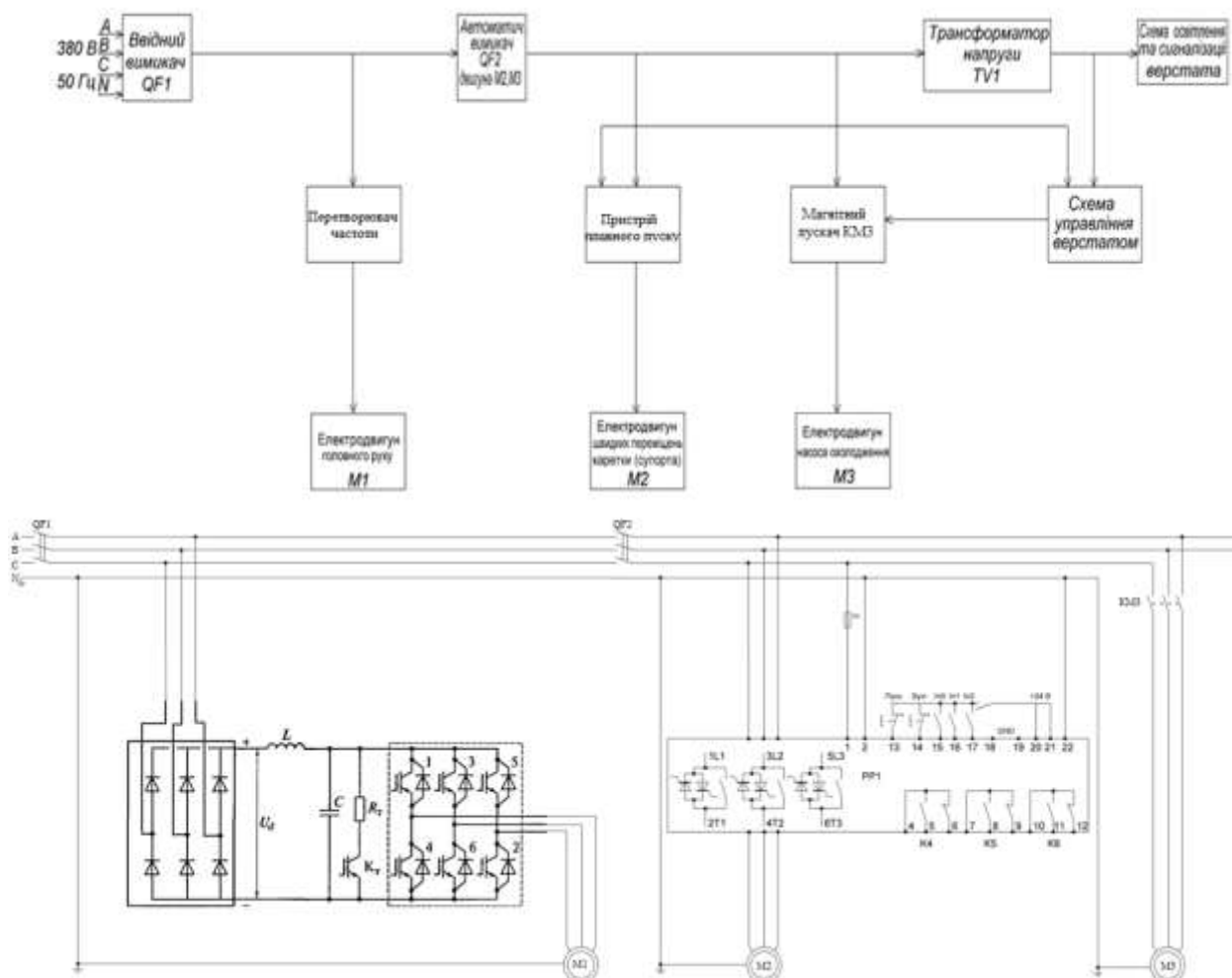


Рисунок 3.12 - Принципова схема електрообладнання верстата після модернізації

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. Експериментальні дослідження електроприводу

4.1. Розрахунок механічних характеристик двигунів

Для побудови характеристики приводу необхідно розрахувати механічну характеристику при номінальному значенні.

Для вище вибраного двигуна будемо дійсну та сумісну механічні характеристики.

1. Визначаємо номінальний момент:

$$M_H = 9,556 \cdot \frac{P_H}{n_H}$$

де M_H - номінальний момент;

$$M_H = 9,556 \cdot \frac{11000}{1000} = 105,1 \text{ Нм}$$

2. Визначаємо критичне ковзання:

$$s_{кр} = s_H \cdot (\lambda_i + \sqrt{\lambda_i^2 - 1}),$$

де s_H - номінальне ковзання;

$s_{кр}$ - критичне ковзання.

$$s_{кр} = 0,028 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,1, \text{ Нм}$$

3. Визначаємо значення швидкості що відповідає вибраному ковзанню:

$$n_2 = n_1 \cdot (1 - s),$$

$$n_2 = 1000 \cdot (1 - 0,028) = 972, \text{ об/хв.}$$

4. Визначаємо момент за формулою Клосса:

$$M = \frac{2 \cdot M_{\max}}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}},$$

де $M_{\max}$ - максимальний момент двигуна

$$M = \frac{2 \cdot 1530,5}{\frac{0,028}{0,1} + \frac{0,1}{0,028}} = 795, \text{ Нм.}$$

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Використовуючи спрощену формулу Клоса і підставляючи значення ковзання визначаємо відповідні моменти, дані яких заносимо в таблицю(Табл. 4.1), за даними якої будуємо електро механічну характеристику (Рис. 4.1).

Таблиця 4.1-Розрахунок дійсної механічної характеристики двигуна

s	-	0	0.028	0.06	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1
M	Нм	0	795	1350.4	1530.5	920.1	590	430	370	300
n	об/хв	1000	972	900	850	650	500	250	150	0

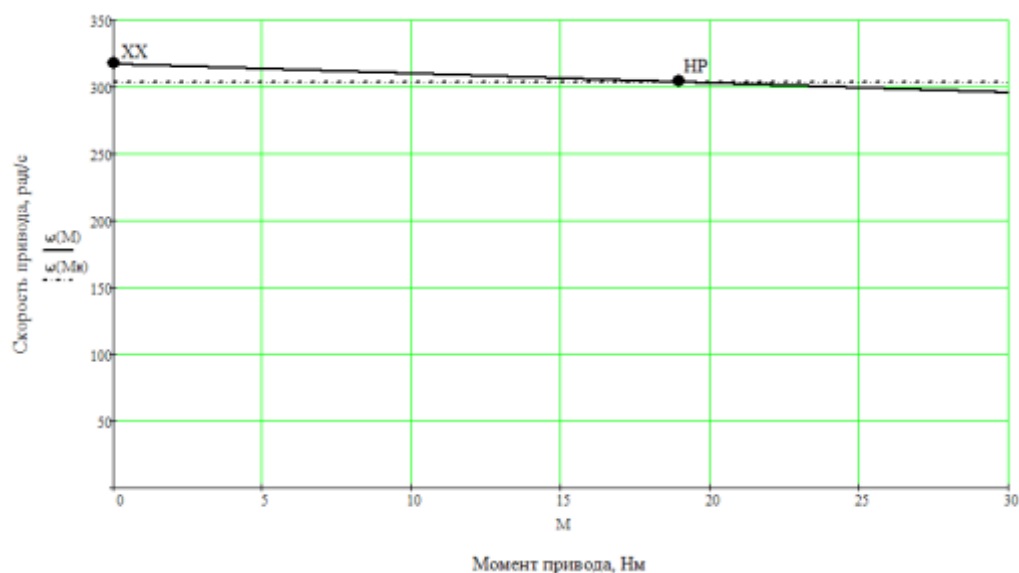


Рисунок 4.1 – Механічна характеристика двигуна.

4.2.Розробка електронної моделі електроприводу в середовищі Matlab Simulink

Для дослідження процесів при частотному регулюванні в самому електродвигуні й далі в системі регульованого електропривода використовуємо метод імітаційного моделювання й у якості засобу моделювання електромеханічних систем прийmemo програму *Matlab/Simulink*.

Прямий пуск електродвигуна

Результати моделювання візуально спостерігаються за допомогою осцилографа (*Scope*).

На виході асинхронного двигуна сформована мультіплексорна шина *m*, яка поєднує всі вихідні сигнали двигуна, передбачені розроблювачами бібліотеки

SimPowerSystems. Для їхнього використання додано блок *Bus Selector* з бібліотеки *Simulink* (Рис. 4.1.

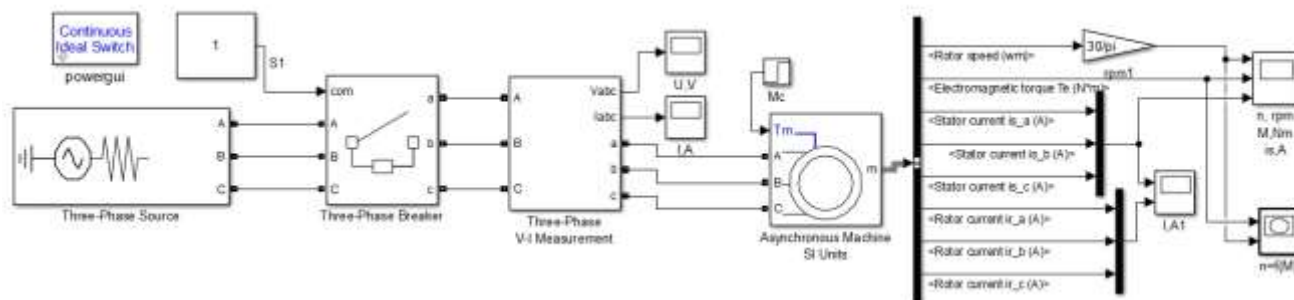


Рисунок 4.2-Модель асинхронного двигуна для дослідження в режимі прямого пуску.

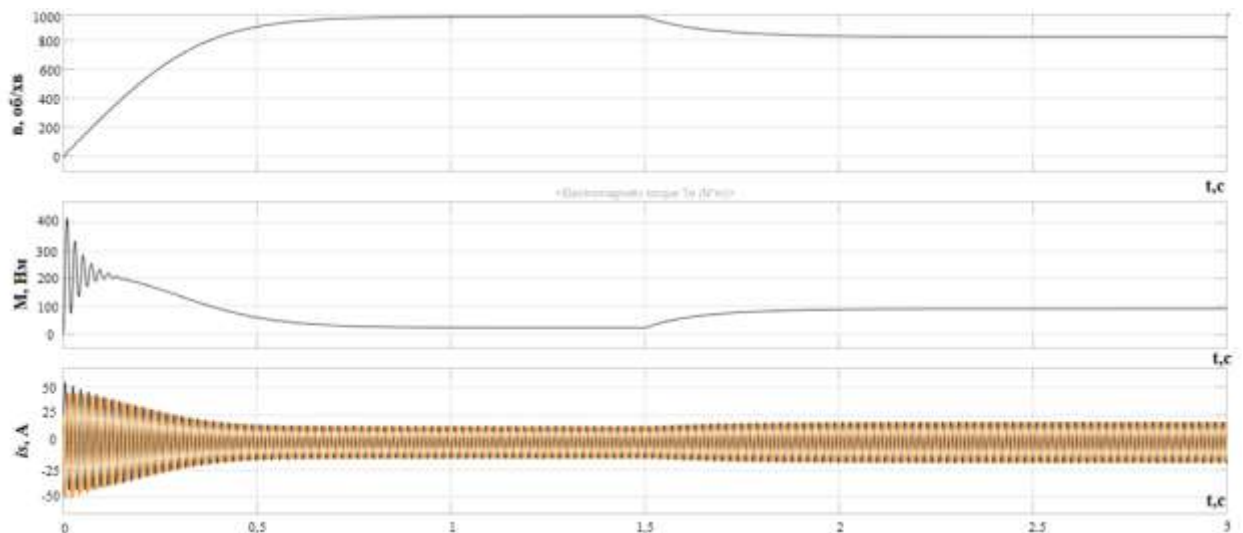
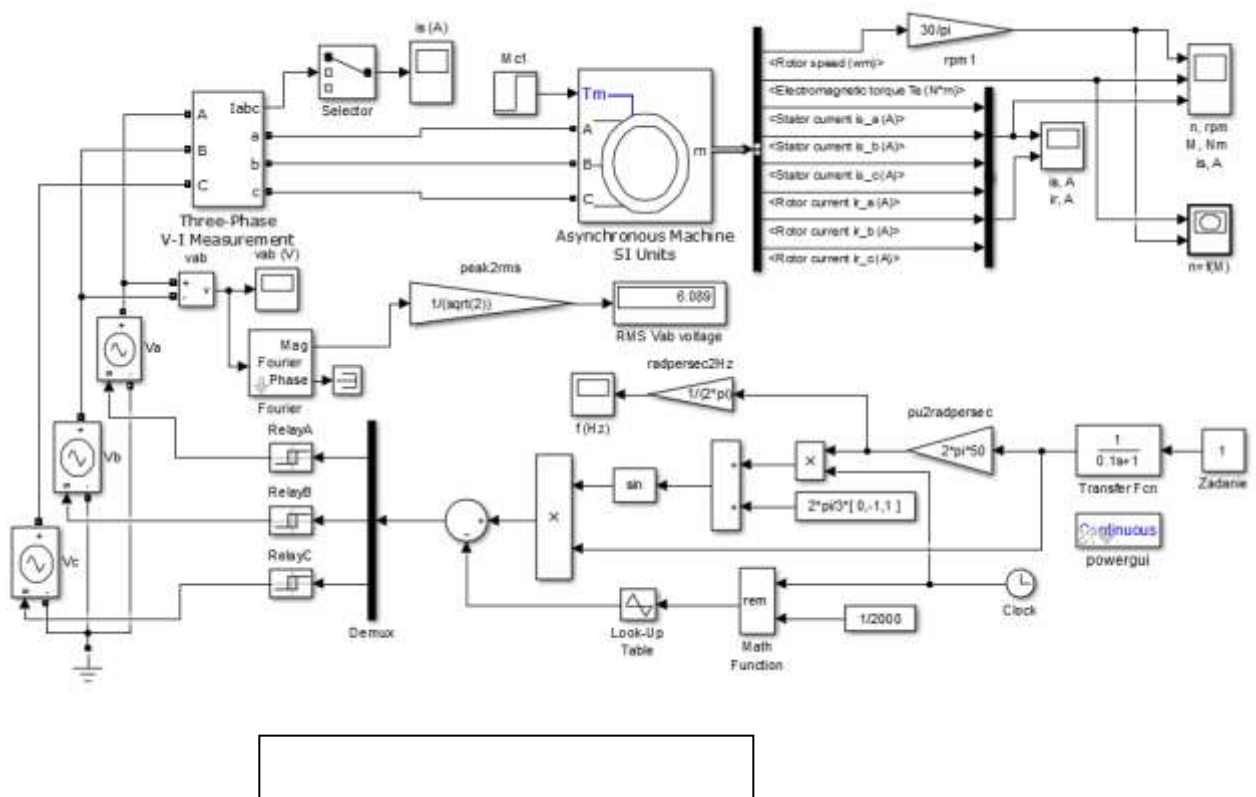


Рисунок 4.3- Динамічні характеристики при прямому пуску асинхронного двигуна: частоти обертання, електромагнітного моменту та струмів статора.

Пуск асинхронного електропривода з частотним регулюванням

Результати імітаційних досліджень електродвигуна при законі регулювання .

$$U_1/f_1 = \text{const}$$



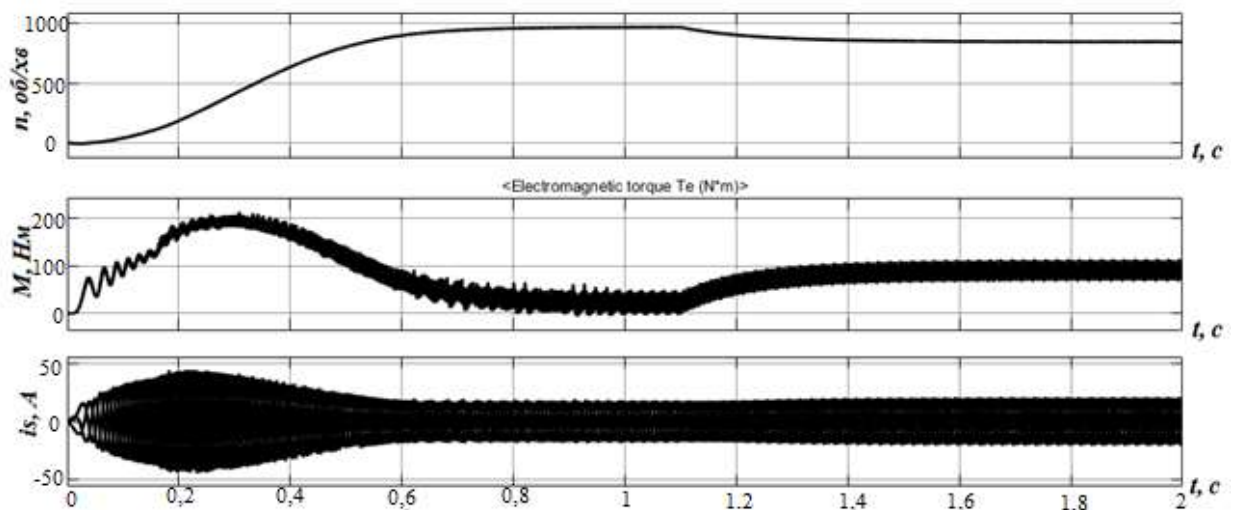


Рисунок 4.5-Динамічні характеристики електропривода при частоті $f_1=50$ Гц для номінального режиму роботи

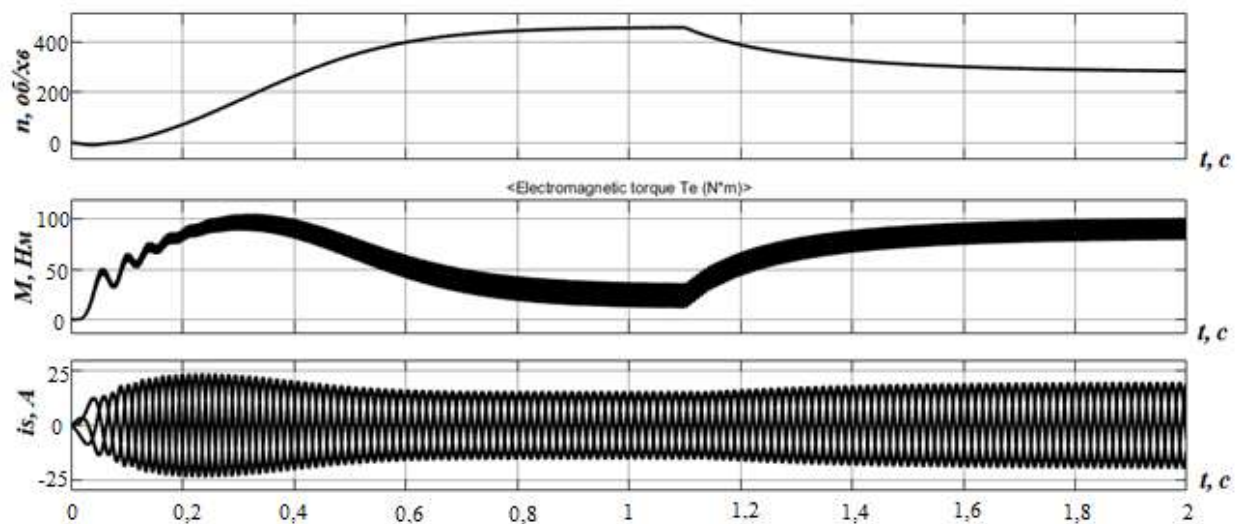


Рисунок 4.6-Динамічні характеристики електропривода при частоті $f_1=25$ Гц для номінального режиму роботи

ВИСНОВКИ

1. Обґрунтована доцільність доповнення механічної коробки передач електроприводом з частотним перетворювачем
2. Для управління двигуном охолодження використано Пристрій плавного пуску.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5

Лист

67

- 3.Розраховано і вибрано асинхронний двигун головного приводу верстата
- 4.Проведено дослідження регулювання двигуна головного приводу верстата частотним перетворювачем
- 5.В результаті проведеного порівняння видно, що варіант електроприводу з перетворювачем частоти економічно доцільніше, ніж асинхронний двигун без регулювання, так як час окупності впроваджуваного електроприводу менше нормативного.

5.Економіка

Для забезпечення необхідного процесу регулювання можна використати такі системи як тиристорний регулятор напруги з асинхронним двигуном (ТПН-ДПС) та перетворювач частоти з асинхронним двигуном (ПЧ-АД).

Розглянемо ці варіанти з економічної точки зору. Використовуємо метод зведених витрат:

де E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності ($E_n=0,15$);

K – капіталовкладення, в які входять вартість двигуна D та системи керування СК;

C – собівартість;

Собівартість визначаємо за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_{\Delta W} \quad (5.2)$$

де C_o – витрати на обслуговування і ремонт;

C_a – амортизаційні відрахування;

$C_{\Delta W}$ – витрати на електроенергію.

Витрати на обслуговування і ремонт визначаємо за формулою:

$$C_o = E_o * K \quad (5.3)$$

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

де $E_0 = 0,015$

Амортизаційні відрахування визначаємо за формулою:

$$C_a = E_a * K \quad (5.4)$$

де $E_a = 0,05$;

Витрати на електроенергію знаходимо за формулою:

$$C_{\Delta W} = m_0 * \Delta W \quad (5.5)$$

де m_0 – вартість електроенергії ($m_0 = 1,4011$ грн/кВт год);

ΔW – кількість втраченої електроенергії за рік.

За наступною формулою знаходимо кількість втраченої електроенергії за рік:

$$\Delta W = \Delta P * T_p, \quad (5.6)$$

де T_p – річний час роботи обладнання ($T_p = 8064$ год.)

Втрати потужності розраховуємо :

$$\Delta P = k_z * P_n * (1 - \eta_d) / \eta_d, \quad (5.7)$$

де k_z – коефіцієнт завантаження ($k_z = 0,7$);

η_d – ККД двигуна ($\eta_d = 0,875$).

Термін окупності визначається:

$$T = K / Z \quad (5.8)$$

Покажемо приклад розрахунку для системи ТПН-ДПС.

При вартості двигуна $D = 16800$ грн. та системи керування $СК = 13540$ грн. капіталовкладення становитимуть:

$$K = D + СК, \quad (5.9)$$

$$K = 16800 + 13540 = 30340 \text{ (грн.)}$$

Амортизаційні витрати відповідно до (5.8):

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_a = 0,05 * 30340 = 1517 \text{ (грн.)}$$

КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5

Витрати на обслуговування і ремонт відповідно:

$$C_o = 0,015 * 30340 = 455,1 \text{ (грн.)}$$

Втрати потужності відповідно до (2.11):

$$\Delta P = 0,7 * 11 * (1 - 0,875) / 0,875 = 1,1 \text{ (кВт)}$$

Кількість втраченої електроенергії за рік відповідно до:

$$\Delta W = 1,1 * 8064 = 8870,4 \text{ (кВт. год.)}$$

Витрати на електроенергію відповідно:

$$C_{\Delta W} = 1,4011 * 8870,4 = 12428,32 \text{ (грн.)}$$

Собівартість відповідно до (2.6):

$$C = 1517 + 455,1 + 12428,32 = 14400,42 \text{ (грн.)}$$

Зведені витрати відповідно:

$$Z = 0,15 * 30340 + 14400,42 = 18951,42 \text{ (грн.)}$$

Термін окупності відповідно :

$$T = 30340 / 18951,42 = 1,6 \text{ років}$$

Аналогічним чином розраховуються економічні показники і для системи ПЧ-АД .

Результати розрахунків зводимо до таблиці 5.1.

З технічної точки зору найбільш простою в експлуатації є система ПЧ-АД. Вона забезпечує більшу жорсткість механічної характеристики та можливість пуску з більшим моментом статичного навантаження. Система ТРН-ДПС є менше надійна, складніша і має більшу вартість.

достатньо надійною із-за наявності щітково-колекторного апарату, хоча забезпечую регулювання швидкості в достатньому діапазоні.

					<i>КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5</i>	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 5.1 – Порівняння варіантів систем

Показники	ПЧ-АД	ТПН-ДПС
Потужність двигуна Р _н , кВт	11	
Вартість двигуна, грн.	10085	16800
Вартість системи керування, грн.	31870	13540
Капіталовкладення, грн..	41955	30340
Е _а	0,05	
Амортизаційні відрахування, грн.	2098	1517
Е _о	0,015	
Витрати на обслуговування і ремонт, грн.	630	455,1
Вартість електроенергії, грн./кВт год.	1,4011	
Коефіцієнт завантаження	0,7	
Річний час роботи, год.	8064	
ККД, %	0,875	
Втрати потужності, кВт	1,1	
Електроенергія за рік, кВт год.	8870,4	
Витрати на електроенергію, грн..	12428,32	
Собівартість, грн.	15157	14400,42
Нормативний коефіцієнт економічної ефективності	0,15	
Зведені витрати, грн.	21450,25	18951,42
Термін окупності, р.	1,95	1,601

ВИСНОВОК

В результаті порівняння видно, що варіант електроприводу з перетворювачем частоти економічно доцільніше, ніж система з тиристорним перетворювачем напруги и двигуном постійного струму.

Термін окупності відповідно :

$$T = 30340 / 18951,42 = 1,6 \text{ років.}$$

6.ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ НА ВЕРСТАТІ

Основні правила безпечної експлуатації металообробних верстатів для робочих всіх професії полягає в наступному.

6.1.Загальні вимоги перед початком роботи

Перевірити, чи добре прибрано робоче місце і за наявності неполадок в роботі верстата, протягом попередньої зміни ознайомиться з ними і з прийнятими заходами по їх усуненню.

Привести в порядок робочий одяг. Прибрати волосся під головний убір.

Перевірити стан ґрат під ногами, її стійкість на підлозі.

Перевірити стан ручного інструменту.

Привести в порядок робоче місце: прибрати все зайве, підготувати і акуратно розкласти необхідні інструменти і пристосування так щоб було зручно і безпечно користуватися ними, укласти заготовки в призначену для них тару, а саму тару розмістити так, щоб було зручно брати заготовки і укладати оброблені деталі без зайвих рухів рук і корпусу.

За наявності місцевих вантажопідйомних пристроїв перевірити їх стан.

Пристосування масою більше 16 кг встановлювати на верстат тільки за допомогою цих пристроїв.

Перевірити стан верстата: переконатися в надійності кріплення стаціонарних огорож, в справності електропроводки, заземляючих проводів, рукояток управління верстатом.

Підключити верстат до електромережі, включити місцеве освітлення і відрегулювати положення світильника так, щоб робоча зона була добре освітлена, і світло не зліпило ока.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

На неодруженому ходу перевірити справність кнопок, системи попереджувального змазування, а так само системи охолодження. Далі провести або перевірити наладку верстата відповідно до технологічної документації.

Підготувати засоби індивідуального захисту і перевірити їх справність.

Про всі виявлені недоліки, не приступаючи до роботи, повідомити майстра.

6.2. Загальні вимоги під час роботи.

Маса і габаритні розміри оброблюваних заготовок повинні відповідати паспортним даним верстата.

При обробці заготовок масою більше 16 кг встановлювати і знімати за допомогою вантажопідійомних пристроїв, причому не допускати перевищення навантаження, встановленого для них. Для переміщення застосовувати спеціальні строповочно-захватні пристосування. Звільняти оброблену деталь від них тільки після надійного укладання, а при установки – тільки після надійного закріплення на верстаті.

Забороняється працювати в рукавицях і рукавичках.

Перед кожним включенням верстата переконається, що його пуск ні для кого не небезпечний, постійно стежити за надійністю кріплення верстатного пристосування, оброблюваної заготовки, а так само ріжучого інструменту.

При роботі верстата не перемикає рукоятку режимів роботи, вимірювань, регулювання чищення. Не відволікатися від спостереження за ходом обробки, самому не відволікати інших.

Правильно укласти оброблені деталі, не захаращувати підходи до верстата, періодично прибирати стружку і стежити за тим, щоб пів не був залитий маслом і охолоджуючою рідиною.

Постійно здійснювати контроль за стійкістю деталей на місцях складування, при розміщенні деталей в тарі забезпечувати стійке

					КРБКРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
		Положення їх.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

При виявленні запаху електроізоляції, що горить, або відчуття електричного струму при зіткненні з металевими частинами верстата негайно зупинити верстат і викликати майстра.

Список літературних джерел

1. Загірняк М. В., Невзлін Б. І. Електричні машини: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Київ: Знання, 2009. — 400 с. — ISBN 978-966-346-644-6.
2. Півняк Г. Г. Електричні машини: навч. посіб. / Г. Г. Півняк та ін. — Д.: НГУ, 2003. — 328 с. — ISBN 966-8271-36-X.
3. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник /А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. - М.: Энергоиздат, 1982. — 324 с.
4. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовий О.В.— Кременчук, 2001. — 410 с.
5. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. — Київ: НТУУ «КПІ», 2016. — 150 с.
6. Герман-Галкин С.Г. Проектирование механотронных систем на ПК. С.Г. — СПб.: Корона, 2008. — 346 с.
7. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів СВО «Бакалавр» спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», галузі знань 14 – «Електрична інженерія» / Укладачі: П.І. Осадчук, В.Ф. Бабіч, А.А. Галіулін, Є.П. Штепа. — Одеса: ОНТУ, 2021. — 55 с.
- 8.Титешина Т.И., Федоров В.Б. «Токарные станки и работа на них» - М.: Машиностроение, 1990. — 144с.

					КРБ АТРС. 641-03.26.11.25.1.3.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74