

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ "Дніпровська політехніка"

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломного проекту (роботи)

бакалавр
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань 0507 електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки 6.05070204 «Електромеханіка»
(код і назва напрямку підготовки)

освітній рівень бакалавр
(назва освітнього рівня)

кваліфікація фахівець у галузі електромеханіки
(код і назва кваліфікації)

на тему Автоматизований електропривод механізму подачі токарного верстату 16М30Ф3 с ЧПК

Виконавець:

студент 4 курсу, групи ЕМ-14-1

_____ Сітьков О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Колб А.А.		
розділів			
<i>Спеціальна частина</i>	Колб А.А.		
<i>Охорона праці</i>	Голінько В.І.		
<i>Економіка</i>	Тимошенко Л.В.		
Рецензент			
Нормоконтроль	Казачковський М.М.		

Дніпро
2018

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ «Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Завідувач кафедри

електроприводу

(повна назва)

Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« 29 » 01 2018 року

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

бакалавр

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

студенту ЕМ-14-1 Сітьков О.С.

(група)

(прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту Автоматизований електропривод механізму подачі токарного верстату 16М30Ф3 с ЧПК

затверджена наказом ректора ДВНЗ НТУ "Дніпровська політехніка" від

07.05.2018 № 568-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
Спеціальний	Детальна розробка привода поздовжньої подачі токарного верстату типу 16М30Ф3	29.01 – 27.05
Охорона праці	Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, заходи щодо їх усунення та розрахунок системи заземлення.	28.05 – 3.06
Економічний	Розрахунок основних техніко-економічних показників впровадження дипломного проекту.	4.06 – 10.06

Завдання видав

(підпис)

Колб А.А.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Сітьков О.С.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 29.01.2018

Термін подання дипломного проекту до ДЕК 22.06.2018

РЕФЕРАТ

Данный дипломный проект состоит из пояснительной записки и 4 листов формата А1. Пояснительная записка содержит в себе 5 частей.

Перечень названий частей следующий:

- 1 - Технологическая часть;
- 2 - Автоматизированный электропривод;
- 3 - Исследование динамики электропривода;
- 4 - Охрана труда;
- 5 - Экономическая часть.

Объект разработки: токарно-револьверный станок с вертикальной головкой на крестовом суппорте.

Цель дипломного проекта: детальная разработка привода продольной подачи токарного станка типа 16М30ФЗ.

В введении указана проблема, произведен анализ и сравнение с аналогичной аппаратурой и задание на дипломный проект.

Технический проект содержит расчеты, которые подтверждают работоспособность системы и станка в целом.

Новизна технических решений заключается в разработке электропривода продольной подачи.

В разделе “охрана труда” обоснованы способы для безопасного монтажа, наладки и эксплуатации токарного станка 16М30ФЗ.

В технологической части указаны основные параметры и исходные данные станка, а также эскиз обрабатываемой детали.

В экономической части приведены расчеты экономического эффекта, который должен быть достигнут при внедрении системы в производство.

Практическое значение проекта заключается в кардинальном повышении надежности токарного станка, уменьшение затрат на потребляемую энергию, низкой себестоимости изготовления, увеличение выпускаемой продукции.

					Б.Т.ПД.18.12.Р.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1

РЕФЕРАТ

Даний дипломний проект складається з пояснювальної записки та 4 аркушів формату А1. Пояснювальна записка містить у собі 5 частин.

Перелік назв частин наступний:

- 1 - Технологічна частина;
- 2 - Автоматизований електропривод;
- 3 - Дослідження динаміки електроприводу;
- 4 - Охорона праці;
- 5 - Економічна частина.

Об'єкт розробки: токарно-револьверний верстат з вертикальною головкою на хрестовому супорті.

Мета дипломного проекту: детальна розробка приводу поздовжньої подачі токарного верстата типу 16М30Ф3.

У введенні зазначена проблема, проведений аналіз і порівняння з аналогічною апаратурою та завдання на дипломний проект.

Технічний проект містить розрахунки, які підтверджують працездатність системи і верстата в цілому.

Новизна технічних рішень полягає в розробці електроприводу поздовжньої подачі.

У розділі "охорона праці" обгрунтовані способи для безпечного монтажу, налагодження та експлуатації токарного верстата 16М30Ф3.

У технологічній частині зазначені основні параметри і вихідні дані верстата, а також ескіз оброблюваної деталі.

В економічній частині наведено розрахунки економічного ефекту, який має бути досягнутий при впровадженні системи у виробництво.

Практичне значення проекту полягає в кардинальному підвищенні надійності токарного верстата, зменшення витрат на споживану енергію, низької собівартості виготовлення, збільшення випускаємої продукції.

					БІТ.ПД.18.12.Р.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ABSTRACT

The given degree project consists of an explanatory notes and 4 sheets of a format A1. The explanatory notes comprises 5 parts.

The list of the names of parts the following:

- 1 - Technological part;
- 2 - Automated electric drive;
- 3 - Research of dynamics of the electric drive;
- 4 - Protection of work;
- 5 - Economic part.

Object of development: turn-revolving machine tool with the vertical head on cross support.

The purpose of the degree project: detailed development of a drive of longitudinal submission of the turning machine tool such as 16M30Φ3.

The problem is specified in introduction, the analysis and comparison with the similar equipment and task for the degree project is made.

The technical project contains accounts, which confirm serviceability of system and machine tool as a whole.

The novelty of the technical decisions consists in development of the electric drive of longitudinal submission.

In section " protection of work " the ways for safe installation, adjustment and operation of the turning machine tool 16M30Φ3 are proved.

The basic parameters and initial data of the machine tool, and also sketch of a processable detail are specified in a technological part.

In an economic part the accounts of economic benefit are given which should be achieved at introduction of system in manufacture.

The practical importance of the project consists in cardinal increase of reliability of the turning machine tool, reduction of expenses by consumed energy, low cost price of manufacturing, increase of let out production.

					БИТ.ПД.18.12.Р.ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Основным направлением развития машиностроения является увеличение выпуска продукции и рост ее качества при одновременном снижении трудовых затрат. Это обеспечивается путем совершенствования существующих и внедрения новых видов оборудования и технологических процессов, средств их механизации и автоматизации, а также улучшения и организации и управления производством.

Работа над созданием и совершенствованием средств автоматизации должна производиться в двух направлениях: создание средств автоматизации выпускаемого и действующего в настоящее время оборудования с целью повышения его эффективности; создание новых автоматизированных технологических комплексов, где увязаны вопросы повышения производительности, надежности, точности выполнения работ, а также уровня автоматизации операций с необходимой и экономически оправданной гибкостью для быстрой переналадки с целью адаптации к изменяющимся производственным условиям.

Эффективность автоматизации за счет применения станков с числовым программным управлением может быть достигнута только при комплексном подходе к созданию и внедрению станков, средств управления, вспомогательных механизмов и т.п.

Проводить значительный объем организационно – технологических мероприятий ради единичного внедрения станков нерентабельно. Только расширенное применение станков в составе сложных автоматизированных систем будет оправдано технически и, экономически. По сравнению с традиционными средствами автоматизации применение станков обеспечивает большую гибкость технических и организационных решений, снижение сроков комплектации и запуска в производство гибких автоматизированных систем; высвобождение

					БИТ.ПД.18.12.ВС.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

большого числа рабочих для творческого и высококвалифицированного труда; экономия заработной платы рабочих, высвобождаемых в результате применения автоматизированных станков.

Тема: Автоматизированный электропривод механизма подачи токарного станка 16М30Ф3 с ЧПУ.

Необходимость модернизации заключается в проблеме как можно при минимальных затратах и быстрым сроком окупаемости оборудования усовершенствовать станок, а именно: снизить энергопотребление, увеличить точность и качество обрабатываемой детали, повысить быстродействие, надежность, что и было сделано в данном проекте.

Если сравнивать 16М30Ф3 с аналогичными станками (базовым вариантом), то спроектированный станок имеет преимущества, такие как:

- повышение точности обработки детали на 4%;
- повышение быстродействия на 5,3%;
- улучшение качества обработки детали;
- увеличение производительности и нагрузочной способности;
- уменьшение габаритов системы числового программного - управления;
- уменьшение энергопотребления на 2 кВт;

Все это решает поставленную задачу для решения проблемы и доказывает, что это экономически эффективно.

					БИТ.ПД.18.12.ВС.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение и область применения станка

Токарно-револьверный станок с вертикальной головкой на крестовом суппорте с ОСУ повышенной точности модели 16М30Ф3 предназначен для выполнения разнообразных токарных работ в пределах установленной мощности, в основном при обработке сложных деталей со ступенчатым и криволинейным профилем.

Нарезание резьб производится метчиками, плашками или резцом. Возможно совмещение обработки отрезным и крестовым суппортом.

Станок предназначен для работы в условиях серийного и мелкосерийного производства.

Основные преимущества станка:

- ✓ Конструкция восьми позиционной револьверной головкой обеспечивающую высокую жесткость (фиксация головки на плоские зубчатые колеса) и высокое быстродействие;
- ✓ Наличие гидравлического отрезного суппорта позволяет совместить операцию или прорезки канавок, с другими операциями при обработке детали;
- ✓ Обработка деталей из прутка в автоматическом цикле;
- ✓ Широкий диапазон нарезаемых резьб, включая многозаходные;
- ✓ Крестовой суппорт с вертикальной осью револьверной головки позволяет производить все виды токарной обработки малым числом инструментов;
- ✓ Наличие оперативной системы управления позволяет рабочему на рабочем месте, в ходе обработки первой детали при помощи средств ручного управления и используя элементы автоматического управления формировать управляющую программу, которая позволяет уже следующую деталь обрабатывать в автоматическом цикле.

					БИТ.ПД.18.12.01.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зажим и подача прутков, а также зажим штучных заготовок осуществляется гидравлическим механизмом зажима и подачи прутка. Наибольшее допускаемое колебание диаметра прутка ± 1 мм, штучных заготовок ± 3 мм.

1.2 Техническая характеристика станка

Металлорежущие станки в зависимости от вида обработки делят на девять групп, а каждую группу – на десять типов (подгрупп), характеризующих назначение станков, их компоновку, степень автоматизации или вид применяемого инструмента.

Обозначение модели станка состоит из сочетания трех или четырех цифр и букв. Первая цифра означает номер группы, вторая – номер подгруппы (или тип станка), а последние одна или две цифры – наиболее характерные технологические параметры станка. В нашем случае станок модели 16М30Ф3, – это означает, что станок токарно-револьверный, с вертикальной головкой на крестовом суппорте, повышенной точности.

Таблица 1.1 – Технические характеристики токарно-револьверного станка
Размеры, мм

Наименование параметров	Данные
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка при зажимной и подающей трубах	40
при переднем зажиме	55
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной	400
Наибольшая длина обрабатываемого изделия	100
Количество граней револьверной головки	8
Расстояние от переднего торца шпинделя до револьверной головки	
наименьшее	226
наибольшее	530
Наименование параметров	Данные
Наибольшее поперечное перемещение револьверной головки	110
Расстояние от низа основания станка	1060
Количество скоростей шпинделя	бесступенчат.
Частота вращения шпинделя, об/мин	
прямое вращение	10...2500
Количество подач револьверного суппорта	

					БИТ.ПД.18.12.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

продольные поперечные	бесступенчат. бесступенчат.
Пределы подач револьверного суппорта, мм/мин продольных Продолжение таблицы 1.1 поперечных	1...2500 1...2500
Дискретность перемещения револьверного суппорта продольного поперечного	0,010 или 0,002 0,005 или 0,001
Скорость ускоренных перемещений револьверного суппорта, м/мин продольных поперечных	10 5
Количество подач отрезного суппорта	бесступенчат.
Пределы подач отрезного суппорта, мм/мин	5...600
Скорость ускоренного хода отрезного суппорта, м/мин	8
Габаритные размеры станка, в комплекте с транспортером для уборки стружки длина ширина высота	3830 1500 1710
Масса станка (без транспортера для уборки стружки), кг	3270

Таблица 1.2 – Механика станка

Наименование параметров	Данные
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	10...2500
Наибольший крутящий момент на шпинделе, кНМ	0,32
Наибольшее усилие подач, допускаемое механизмом подач, кГс продольных поперечных	600 300

1.3 Техническая характеристика электрооборудования

Таблица 1.3 – Техническая характеристика электрооборудования

Наименование параметров	Данные
Род тока питающей сети	переменный, трехфазный
Частота тока, Гц	50
Напряжение, В	380
Количество электродвигателей (с ектронасосом)	5
Тип электродвигателя главного движения	MP 132L

						БИТ.ПД.18.12.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			8

Мощность электродвигателя главного движения, кВт	15
Частота вращения электродвигателя главного движения, мин ⁻¹	0...3500
Тип электродвигателя привода продольных подач	3МТС
Мощность электродвигателя привода продольных подач, кВт	1,5
Частота вращения электродвигателя привода продольных подач, об/мин	1500
Тип электродвигателя привода поперечных подач	3МТС
Мощность электродвигателя привода поперечных подач, кВт	1,5
Частота вращения электродвигателя привода поперечных подач, об/мин	1500
Тип электродвигателя насосной установки	4A100L 6У3
Мощность электродвигателя насосной установки, кВт	2,2
Частота вращения электродвигателя насосной установки, мин ⁻¹	1415
Суммарная мощность всех электродвигателей, кВт	21,07

1.4 Техническая характеристика устройства числового программного управления(УЧПУ)

Таблица 1.4 – Техническая характеристика УЧПУ

Наименование параметров	Данные
Тип устройства	Электроника НЦ – 31 – 02
Способ задания размеров в программе	В абсолютных значениях и в приращениях
Число управляемых координат из них одновременно: при линейной интерполяции при круговой интерполяции	3 Совместно с главным приводом 2 2
Точность интерполяции	Не хуже одной дискретности
Коррекция по положению инструмента	Автоматическая и ручная
Программноситель	Электронная память
Система кодирования	По ГОСТ 13052 – 74
Диапазон рабочих подач обеспечиваемых устройством, мм/мин продольных	1...2500

						БИТ.ПД.18.12.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

поперечных	1...1250
Дискретность задания размеров, мм	
продольных	0,002 или 0,01
поперечных	0,001 или 0,005
Задаваемый шаг резьбы, мм	0,0001...99,99
Мощность, потребляемая устройством не более, кВт	0,4

1.5 Общие требования

Исходными данными для проектирования являются требования к приводу, параметры станка, размеры характерной детали и инструмента, параметры режима резания. Основными требованиями к приводу подачи являются максимальная рабочая скорость подачи $V_{p.max}$, максимальная скорость быстрого хода $V_{бх}$, максимальное рабочее усилие на винте F_p и диапазон регулирования.

К параметрам станка относятся массы и моменты инерции движущихся узлов, параметры винтовых передач. Чертеж типичной детали, обрабатываемой на токарном станке, приведен на рис.1.1, где римскими цифрами обозначены номера переходов (для продольной подачи Z), а на рис.1.2 изображены резцы, при помощи которых обрабатывается деталь.

Исходные данные для привода продольной подачи приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Исходные данные

Параметры		Исходные данные	
Размеры детали, мм (рис. 1.1)	D1	20	
	D2	14,8	
	D3	12	
	L1	35	
	L2	15	
	L3	6,48	
Параметры режима резания	t, мм	5	
	S, мм/об	0,7	
	t ₀ , с	3	
Параметры механизмов станка	X	d _в , мм	80
		t _в , мм	10
		l _в , мм	2,8
		m, кг·10 ³	1,5
Требования к приводу	X	V _{бх} , м/мин	3,2
		V _{p.max} , м/мин	0,8
		F _p , кН	50

										Арк.
										10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БІТ.ПД.18.12.01.ПЗ					

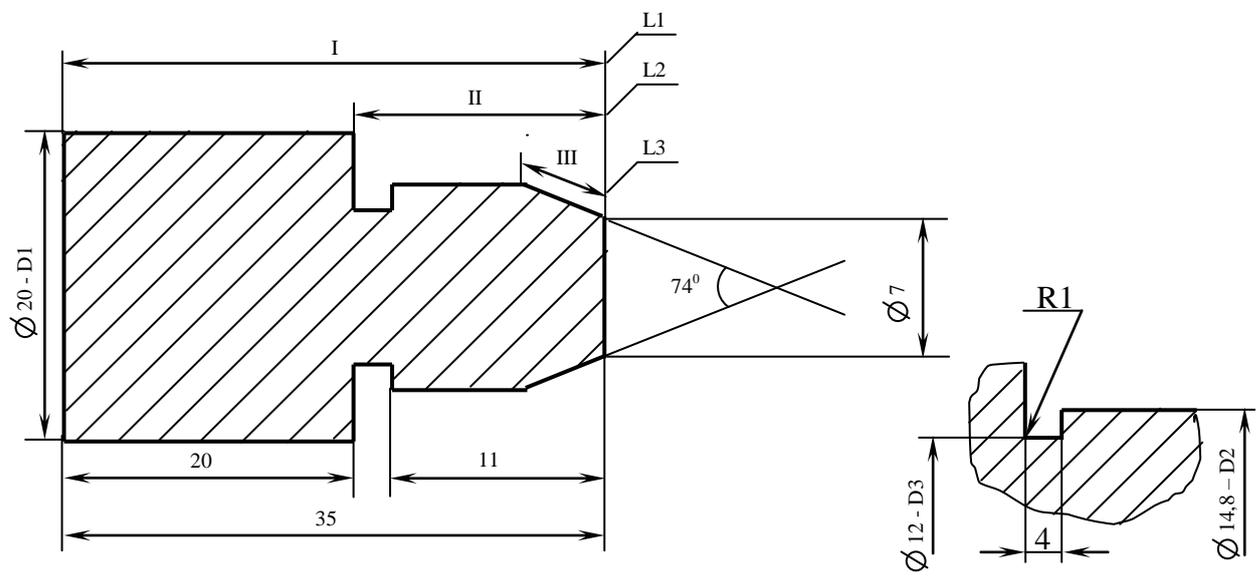


Рисунок 1.1 – Эскиз обрабатываемой детали

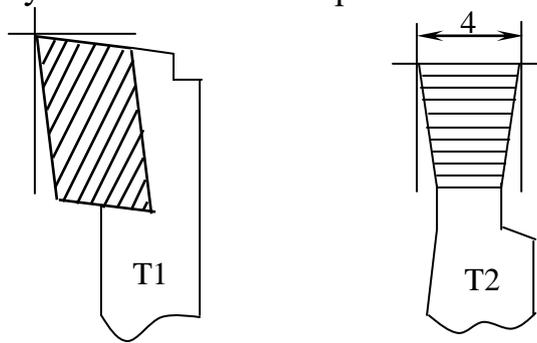


Рисунок 1.2 – Резцы, используемые при обработке детали.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БІТ.ПД.18.12.01.ПЗ

Арк.

11

2 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

2.1 Предварительный выбор двигателя подачи

Двигатель выбирается исходя из заданного усилия на винте при рабочей подаче, а также максимальной рабочей скорости подачи и скорости быстрого хода. Передаточное отношение редуктора обеспечивает соответствие максимальной частоты вращения двигателя и скорости быстрого хода суппорта:

$$i \leq \frac{n_{\max} \cdot t_g}{V_{\text{бх}}} = \frac{2000 \cdot 0,01}{3,2} = 6,25; \quad (2.1)$$

Где n_{\max} – максимальная скорость двигателя, об/мин;

t_g – шаг винта шарико-винтовой передачи, м;

$V_{\text{бх}}$ – скорость быстрого хода, м/мин.

Выбираем двигатель с длительно допустимым моментом

$$M_{d0} \geq \frac{(1,2 \dots 1,3) \cdot F_p \cdot t_g}{2 \cdot \pi \cdot i} = \frac{1,25 \cdot 50000 \cdot 0,01}{2 \cdot 3,14 \cdot 6,25} = 15,9 \text{ (Нм)}; \quad (2.2)$$

где F_p – максимальное рабочее усилие на винте, кН;

$V_{p.\max}$ – максимальная рабочая скорость;

Принимаем $F_p=50$ (кН); $V_{\text{бх}}=3,2$ (м/мин); $V_{p.\max}=0,8$ (м/мин).

Проверяем условие обеспечения диапазона рабочих скоростей подач:

$$n_n \geq \frac{V_{p.\max} \cdot i}{t_g} = \frac{0,8 \cdot 6,25}{0,01} = 500 \text{ (об / мин)}; \quad (2.3)$$

Выбираем высокомоментный двигатель постоянного тока, параметры которого сведены в таблицу 1

Таблица 1 – Параметры высокомоментного двигателя

<i>Tun</i>	<i>M_{d0}</i> Нм	<i>I_{d0}</i> А	<i>U_n</i> В	<i>n_n</i> об/ми н	<i>n_{max}</i> об/ми н	<i>M_{max.0}</i> Нм	<i>J_{дв}</i> кг·м ² ·10 ⁻³	<i>R_я</i> Ом	<i>L_я</i> мГн
2ПБВ112М	18,5	35	42	500	2000	170	42	0,134	0,898

2.2 Расчет диаграммы скоростей и нагрузок привода токарного станка

2.2.1 Скорости, усилия и длительности резания

При наружном продольном и поперечном точении окружную скорость резания рассчитывают по эмпирической формуле:

$$V_i = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \quad (\text{м/мин}); \quad (2.4)$$

где t – глубина резания, мм; S – подача на оборот, мм/об; T – стойкость резца, мин; C_v , x_v , y_v , m – эмпирические коэффициенты, значения которых приведены ниже;

$$S=0,7 \text{ (мм/об)}; T=50 \text{ (мин)}; C_v= 350; x_v=0,15; y_v=0,35; m=0,2;$$

Расчеты для участков сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчеты формулы 2.4 размерность в (м/мин)

Для продольного точения			Для поперечного точения	
Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 1	Участок 2
$t=2, \text{ мм}$	$t=2,6, \text{ мм}$	$t=3,9, \text{ мм}$	$t=12, \text{ мм}$	$t=4, \text{ мм}$
$V_{z1}=163,4$	$V_{z2}=157,1$	$V_{z3}=147,8$	$V_{x1}=124,9$	$V_{x2}=150,3$

Т.к. при таких скоростях частота вращения шпинделя будет превышать максимально допустимую скорость двигателя, мы принимаем скорость, которая позволит обеспечить вращение шпинделя, не выходя за допустимые пределы.

Таблица 3 – Принимаемая скорость для каждого участка размерность в (м/мин)

Для продольного точения			Для поперечного точения	
Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 1	Участок 2
$V_1=93,4$	$V_2=87,1$	$V_3=77,8$	54,9	80,3

Частота вращения шпинделя каждого из переходов при продольном точении определяется как:

$$n_{ui} = 1000 \cdot V_i / \pi \cdot D \quad (\text{об/мин}); \quad (2.5)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности на данном переходе, мм;

					БИТ.ПД.18.12.02.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результаты расчета для каждого участка сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчеты формулы (2.5)

Подача	Участки	V_i , м/мин	π , рад	D_i , мм	n_{ui} , об/мин
Продольная – Z	Участок 1	93,4	3,14	24	1238,7
	Участок 2	87,1		20	1386,2
	Участок 3	77,8		14,8	1673,3
Поперечная – X	Участок 1	54,9		24	728,1
	Участок 2	80,3		20	1278

Скорость подачи для каждого перехода при продольном и поперечном точении:

$$V_{ni} = S \cdot n_{ui} \text{ (мм/мин)}; \quad (2.6)$$

где S – подача на оборот (мм/об), $S = 0,7$;

Результаты расчетов сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчеты формулы (2.6) Размерность в (мм/мин)

Для продольной подачи			Для поперечной подачи	
Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 1	Участок 2
$V_{n1}=867$	$V_{n2}=970,3$	$V_{n3}=1171,3$	$V_{n1}=509$	$V_{n2}=894,6$

Длительности перехода при продольном точении:

$$t_i = 60 \cdot L_i / n_{ui} \cdot S \text{ (с)}; \quad (2.7)$$

где L – длина образующей обрабатываемой поверхности, (мм);

Расчеты сведены в таблицу (6).

Таблица 6 – Расчеты формулы (2.7)

Участки	L_i , мм	n_{ui} , об/мин	S , мм/об	t_i , с
Участок 1	35	1238,7	0,7	2,42
Участок 2	15	1386,2		0,92
Участок 3	6,48	1673,3		0,33

При поперечном точении:

$$t_i = 3\pi(D_n^2 - D_k^2) / 200 \cdot V_i \cdot S \text{ (с);} \quad (2.8)$$

Расчеты сведены в таблицу (7).

Таблица 7 – Расчеты формулы (2.8)

Участки	$D_{нв}$ мм	$D_{кв}$ мм	S , мм/об	V_i , м/мин	t_i , с
Участок 1	24	0	0,7	54,9	0,7
Участок 2	20	12		80,3	0,21

Составляющие усилия резания:

$$\text{Осевая } F_{zi} = 10 \cdot C_{Fz} \cdot t_{ip}^{X_{Fz}} \cdot S^{Y_{Fz}} \cdot V_i^{n_z} \text{ (Н);} \quad (2.9)$$

$$\text{Радиальная } F_{xi} = 10 \cdot C_{Fx} \cdot t_{ip}^{X_{Fx}} \cdot S^{Y_{Fx}} \cdot V_i^{n_x} \text{ (Н);} \quad (2.10)$$

Эмпирические коэффициенты (а также расчеты формул (2.9) - (2.10)) для наружного точения твердосплавным резцом для стальных отливок сведены в таблицу (8).

Таблица 8 – Расчеты формул (2.9) - (2.10)

Наименование	C_{Fi}	X_{Fi}	Y_{Fi}	n_i	t_{ip} , мм	V_i , м/мин	F_i , Н
Осевая (Z)							
Участок 1	339	1	0,5	-0,4	2	93,4	923,9
Участок 2					2,6	87,1	1235,1
Участок 3					3,9	77,8	1938,3
Радиальная (X)							
Участок 1	243	0,9	0,6	-0,3	12	54,9	5521
Участок 2					4	80,3	1832,7

где t_{ip} – глубина резания, V_i - окружная скорость резания.

					БИТ.ПД.18.12.02.ПЗ		Арк.
							15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Благодаря системе автоматической стабилизации оборотной подачи и скорости резания, усилия при резании поддерживаются неизменными, независимо от диаметра обрабатываемой поверхности.

2.3 Нагрузки приводов подач

Двигатели подач токарного станка работают в трех различных режимах: быстрый ход (контакт резца с деталью отсутствует, двигатель нагружен моментом трения в передаче); точение (двигатель нагружен моментом от сил резания и трения); пуск и торможение (момент двигателя определяется уровнем токоограничения).

На рис.1 – 2 приведен эскиз обрабатываемой детали, показана траектория движения резца и ее характерные точки. На рис.3 изображены примерные диаграммы скоростей подач и статических нагрузок при обработке данной детали.

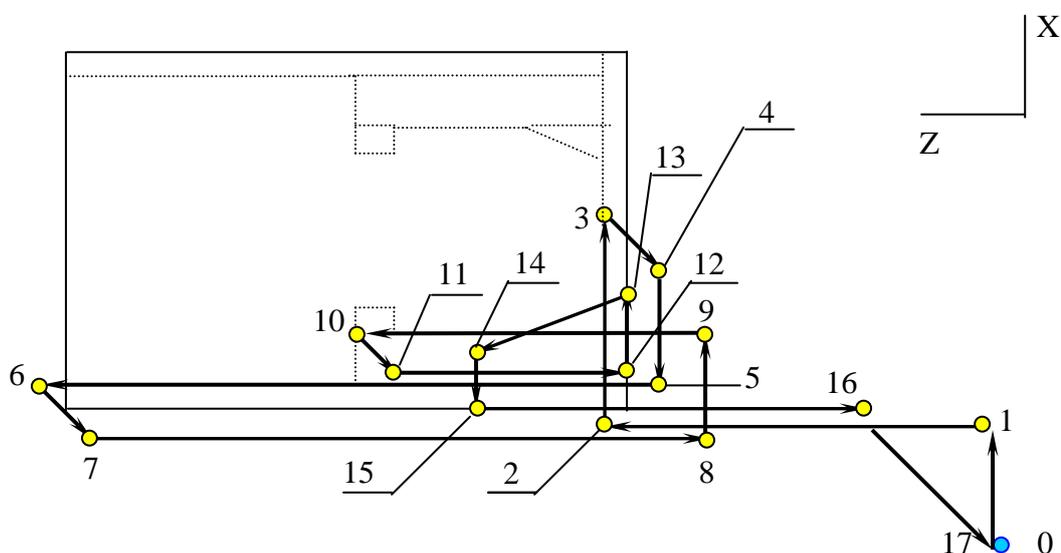


Рис. 1 – Траектория движения резца

Из исходной точки 0 резец на скорости быстрого хода подается к детали, от точки 2 до заготовки резец подается с требуемой для первого перехода (по координате X) скоростью рабочей подачи, происходит точение до точки 3 (I участок поперечной подачи). Между точками 3,4,5 – отвод резца и вновь точение

					БИТ.ПД.18.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

между точками 5,6 (I участок продольной подачи по координате Z). Между точками 6,7,8,9 – быстрый ход, 9 – 10 точение (II участок продольной подачи), 10,11,12,13 – быстрый ход, 13,14 – точение (III участок по координате Z), 14,15,16,17 – отвод резца в исходное положение, где происходит поворот револьверной головки (смена резца), для проточки канавки (II участок поперечной подачи) см. рис.2. Точки с индексом “д” обозначают расстояние от предыдущей точки до детали на данном переходе (см рис. 2), на рисунке (1) эти точки не отмечены, но в дальнейшем мы будем на них ссылаться. Так например расстояние от точки 2 до детали (2д) равно 3мм и т.д.

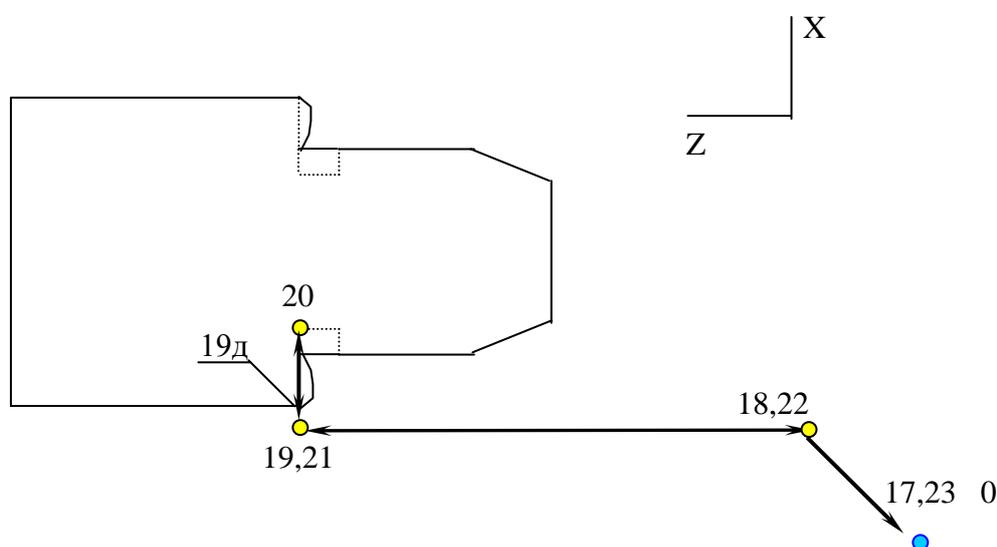


Рис. 2 – Траектория движения после смены резца

После проточки канавки, резец возвращается в исходное положение (точка 0).

Знак скоростей рис.3 дан в соответствии с направлением осей координат. Знак статического момента совпадает со знаком скорости. Особенностью станков с ЧПУ является то, что для обеспечения заданной траектории резца на участках, параллельным осям, двигатели подач (поперечной подачи при продольном точении и продольной при торцевом) не отключаются, а благодаря контуру, у регулирования положения отработывают неизменное задание на положение. Поэтому привод подачи Z между точками 0 и 1, 2 и 3, 4 и 5, 8 и 9, 12 и 13, 14 и 15,

						БИТ.ПД.18.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17

Для поперечной подачи.

$$M_{\text{вх}} = M_{\text{прх}} = M_{\text{пр.нх}} + M_{\text{нх}} + M_{\text{е}} = 0,12 + 15,73 + 0,58 = 16,47 \text{ (Нм)}; \quad (2.17)$$

где $M_{\text{пр.нх}}$ – момент от сил трения в направляющих; $M_{\text{нх}}$ – момент от предварительного натяга в упорных подшипниках винта; $M_{\text{е}}$ – момент от натяга винтовой передачи.

$$M_{\text{пр.нх}} = \frac{F_{\text{пр.нх}} \cdot t_{\text{е}}}{2000 \cdot \pi \cdot i \cdot n_{\text{е}} \cdot n_{\text{р}}} = \frac{392 \cdot 10}{2000 \cdot 3,14 \cdot 6,25 \cdot 0,98 \cdot 0,85} = 0,12 \text{ (Нм)}; \quad (2.18)$$

где $F_{\text{пр.нх}} = \mu \cdot m \cdot g = 0,1 \cdot 400 \cdot 9,8 = 392 \text{ (Н)};$ (2.19)

μ – коэффициент трения в направляющих; m – масса поступательно движущихся узлов (суппорт, салазки и т.п.), кг; $t_{\text{е}}$ – шаг винта, мм; $n_{\text{е}}$, $n_{\text{р}}$ – КПД шарико-винтовой передачи (ШВП) и редуктора; i – передаточное отношение редуктора.

$$\mu = 0,1; \quad g = 9,8; \quad m_x = 400; \quad n_{\text{е}} = 0,98; \quad n_{\text{р}} = 0,85;$$

$$M_{\text{нх}} = n_n \cdot F_{\text{нх}} \cdot f_l \cdot r = 2 \cdot 1971 \cdot 0,1 \cdot 0,04 = 15,7 \text{ (Нм)}; \quad (2.20)$$

где n_n – количество подшипников; f_l – коэффициент трения в подшипниках; r – радиус цапфы под подшипником, м;

$$F_{\text{нх}} = (F_{\text{Xi}} + F_{\text{пр.нх}}) / 3 = (5521 + 392) / 3 = 1971 \text{ (Н)}; \quad (2.21)$$

где F_{Xi} – осевое усилие подачи (выбираем максимальное);

$$n_n = 2; \quad f_l = 0,1; \quad r = 0,04.$$

При рабочем ходе момент равен:

Для продольной подачи:

$$M_{\text{рхZi}} = M_{\text{рпZ}} + M_{\text{р}} \text{ (Нм)}; \quad (2.22)$$

$$M_{\text{рZi}} = F_{\text{Zi}} \cdot t_{\text{е}} / 2000 \cdot \pi \cdot i \cdot n_{\text{е}} \cdot n_{\text{р}} \text{ (Нм)}; \quad (2.23)$$

где $M_{\text{р}}$ – момент от сил резания по соответствующей координате, Нм.

Для поперечной:

$$M_{\text{рхXi}} = M_{\text{рпхX}} + M_{\text{р}} \text{ (Нм)}; \quad (2.24)$$

$$M_{\text{рXi}} = F_{\text{Xi}} \cdot t_{\text{е}} / 2000 \cdot \pi \cdot i \cdot n_{\text{е}} \cdot n_{\text{р}} \text{ (Нм)}; \quad (2.25)$$

					БИТ.ПД.18.12.02.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Расчеты формул (2.22 – 2.25) сведены в таблицу (9)

Таблица 9 – Расчеты моментов при рабочем ходе

Подачи	Участки	$M_{mpi}, Нм$	$M_{pi}, Нм$	$M_{pxi}, Нм$
Продольная (Z)	Участок 1	10,1	0,28	10,38
	Участок 2		0,36	10,46
	Участок 3		0,6	10,7
Поперечная (X)	Участок 1	16,47	1,68	18,1
	Участок 2		0,56	17,03

Момент инерции электропривода, приведенный к валу двигателя:

$$J = 1,2 \cdot J_{o6} + J_g / i^2 + m_z \cdot t_g^2 / 4 \cdot i^2 \cdot \pi^2 \quad (\text{кг} \cdot \text{м}^3) \quad (2.26)$$

$$J = 1,2 \cdot 0,042 + 0,0000815 / 6,25^2 + 1500 \cdot 0,01^2 / 4 \cdot 6,25^2 \cdot \pi^2 = 0,0505 \quad (\text{кг} \cdot \text{м}^3);$$

$$J_g = \pi \cdot D_g^4 \cdot L_g \cdot \gamma / 32 = 3,14 \cdot 0,08 \cdot 0,0026 \cdot 7800 / 32 = 0,081 \cdot 10^{-3} \quad (\text{кг} \cdot \text{м}^2) \quad (2.27)$$

$$m = 1500 \text{ кг}, t_g = 10 \text{ мм}, l_g = 2,6 \text{ мм}, d_v = 80 \text{ мм}, \gamma = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3;$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий момент инерции муфты (шестерни) на валу двигателя;

m – масса поступательно движущихся частей; J_v – момент инерции винта;

Считая длительности разгона и торможения при быстром ходе на много меньшими длительности установившегося движения, продолжительность каждого из периодов быстрого хода определяем как:

$$t_{oxi} = 6 \cdot L_i / 100 \cdot V_{ox} \quad (\text{с}) \quad (2.28)$$

Результаты заносим в таблицу (10)

Таблица 10 – Расчеты формулы 2.28

Точки (см рис.1.1-2)	$L_i, мм$	$V_{ox}, м/мин$	$t_{oxi}, с$
0 - 1	15	3,2	0,28
1 - 2	50		0,94

										Арк.
										21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БІТ.ПД.18.12.02.ПЗ					

Таблица 11 – Длительность движений по треугольной тахограмме

Точки (см рис.1.1-2)	t_{ϵ} , мм	Δ , мм	π , рад	t_{Δ} , с
3 – 4, 6 – 7	10	5	3,14	0,15
10 – 11		3		0,11

$$\sum t_{\Delta} = 0,41 (с); \quad (2.31)$$

Длительность рабочего хода на каждом из переходов (отрезки 2д-3, 5д-6, 9д-10, 13д-14, 19д-20) равна длительности перехода (см. п.1). Длительность разгона и торможения на участках резания:

$$t_{ppi} = \frac{2\pi \cdot i \cdot J \cdot V_{ni}}{(M_{\max} - M_{pxi}) \cdot t_{\epsilon}} (с); \quad (2.32)$$

$$t_{mpi} = -\frac{2\pi \cdot i \cdot J \cdot V_{ni}}{(M_{\max} + M_{pxi}) \cdot t_{\epsilon}} (с); \quad (2.33)$$

где V_n – и M_{px} – скорость подачи и статический момент на соответствующем переходе,

J – момент инерции электропривода, приведенного к валу двигателя.

Расчеты формул (2.32 – 2.33) сведены в таблицу (12)

Таблица 12 – Длительность разгона и торможения на участках резания

Длительность разгона t_{ppi}	Подачи	Участки	π , рад	J , кг·м ²	V_{ni} , мм/мин	M_{\max} , Н·м	M_{pxi} , Н·м	$t_{ppi}t_{mpi}$, с
	Продол бная	Участ ок 1 Участок 2	3,14	0,05	867	170	10,38	1,077
970,3					10,46		1,206	

		Участок 3			1171,3		10,71	1,458
	Поперечная	Участок 1			509		18,1	0,667
		Участок 2			894,6		17,03	1,16
Длительность торможения t_{mpi}	Продольная	Участок 1			867		10,38	- 0,953
		Участок 2			970,3		10,46	-1,066
		Участок 3			1171,3		10,7	- 1,285
	Поперечная	Участок 1			509		18,1	- 0,537
		Участок 2			894,6		17,03	- 0,949

$$\sum(t_{ppi} + t_{mpi}) = 10,35 \text{ (с);} \quad (2.34)$$

2.4 Длительность пуска и пусковой момент ВМД

Перегрузочная способность ВМД (высокомомментного двигателя) зависит от скорости. В частности, в периоды пуска и торможения динамическая механическая характеристика не должна выходить за пределы области, ограниченной максимальным моментом M_{max} и коммутационной кривой 3 (см. рис.4) и соответствующую кривую 2. Для ограничения нагрузки в динамических режимах в САР скорости введен узел зависящего токоограничения, который ограничивает задание на ток, аппроксимируя кривую 3 ломаной FED.

Длительности разгона (торможения) на участках AF, FE, и FD равны.

									Арк.
									24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблица 13 – Длительность разгона и торможения ВМД

Наименование	t_{AF}, c	t_{FE}, c	t_{ED}, c	T_{FE}	T_{ED}	t_n, c	t_m, c
Разгон	0,015	0,021	0,13	0,026	0,128	0,16	-
Торможение	0,013	0,018	0,09	0,026	0,128	-	0,12

где $w_A=0(рад/с)$; $w_F=47,1(рад/с)$; $w_E=94,2(рад/с)$; $M_{max}=170(Нм)$; $M_c=9,95(Нм)$; $M_E=80(Нм)$; $M_D=35(Нм)$; $J=0,05(кг \cdot м^2)$.

Момент, при его линейной зависимости от скорости, является экспоненциальной функцией времени. Для упрощения расчетов заменим экспоненты прямыми. При этом во время разгона действительный момент будет меньше расчетного, а при торможении – наоборот. Тогда эквивалентные (среднеквадратичные) моменты на отдельных участках будут:

$$\left. \begin{aligned} M_{AF} &= M_{max}, \\ M_{FE} &= \sqrt{(M_{max}^2 + M_E^2 - M_{max} \cdot M_E)/3}, \\ M_{ED} &= \sqrt{(M_E^2 + M_D^2 - M_E M_D)/3}. \end{aligned} \right\} \quad (2.37)$$

Результаты расчета выражения (2.37) занесены в таблицу (14)

Разгон не происходит до скорости, меньшей, чем w_{max} , а торможение до скорости, большей нуля.

Эквивалентный момент за время пуска:

$$M_{ПЭ} = \sqrt{(M_{AF}^2 \cdot t_{AF} + M_{FE}^2 \cdot t_{FE} + M_{ED}^2 \cdot t_{ED})/t_n} \quad (Нм); \quad (2.38)$$

Эквивалентный момент за время торможения:

$$M_{ТЭ} = \sqrt{(M_{AF}^2 \cdot t_{AF} + M_{FE}^2 \cdot t_{FE} + M_{ED}^2 \cdot t_{ED})/t_m} \quad (Нм); \quad (2.39)$$

Расчеты формул (2.38 – 2.39) занесены в таблицу (14)

Таблица 14 – Эквивалентные моменты за время пуска (торможения)

Наименование	$M_{AF}, (Нм)$	$M_{FE}, (Нм)$	$M_{ED}, (Нм)$	t_n, c	t_m, c	$M_{ПЭ}, (Нм)$	$M_{ТЭ}, (Нм)$
Пуск	170	85	40,1	0,16	-	70,4	-
Торможение	170	85	40,1	-	0,12	-	80,6

Длительность цикла обработки детали:

$$t_u = t_0 + \sum t_i + \sum t_{\delta x} = 3 + 4,6 + 7,157 = 14,75 \text{ (с)}; \quad (2.40)$$

Эквивалентный момент:

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\{M_{\text{ПЭ}}^2 \sum (t_{n\delta} + t_{m\delta}) + M_{\text{max}}^2 [\sum (t_{ppi} + t_{mpi}) + \sum t_{\Delta i}] + M_{\text{px}}^2 \sum t_i + M_{\delta x}^2 \sum t_{\delta xi}\} / t_u} \text{ (Нм)}; \quad (2.41)$$

Расчет, а также все моменты и времена, необходимые для расчета выражения (2.41) сведены в таблицу (15)

Таблица 15 – Расчет выражения (2.41)

$\sum(t_{n\delta}+t_{m\delta}),$	$\sum(t_{ppi}+t_{mpi}),$	$\sum t_i,$	$\sum t_{\delta xi},$	$\sum t_{\Delta},$	$M_{нэ},$	$M_{ма},$	$M_{px},$	$M_{\delta x},$	$t_u,$	$M_{э},$
с	с	с	с	с	Нм	с, Нм	Нм	Нм	с	Нм
6,69	10,35	4,6	7,16	0,41	68,67	170	10,71	10,1	14,75	18,3

2.5 Проверка предварительно выбранного двигателя

Критериями проверки двигателя подачи является нагрев, перегрузочная способность и длительность пуска.

Двигатель не перегревается, потому что: $M_{\text{э}} \leq M_{d\delta}, 18,3 < 18,5;$

ВМД не перегружен, так как на каждом из переходов точка с координатами (n_i, M_{ci}) лежит левее кривой допустимой статической перегрузки двигателя (линия 2 рис.4). Кроме того выполняется условие $M_{\delta x} \leq M_h; 10,1 < 15$ (рис.4)

Двигатель выбран правильно.

2.6 Выбор силовых элементов электропривода

Для станков с ЧПУ разработана гамма комплектных тиристорных электроприводов постоянного тока, включающих в себя тиристорные преобразователи (ТП) для цепей якоря (при необходимости – и возбуждения), необходимый набор регуляторов и датчиков, силовые трансформаторы или сетевые реакторы, сглаживающий дроссель (при необходимости), блок защит, блокировок и сигнализации. Номиналы ТП согласованы с параметрами выпускаемых отечественной промышленностью электродвигателей.

					БИТ.ПД.18.12.02.ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						27

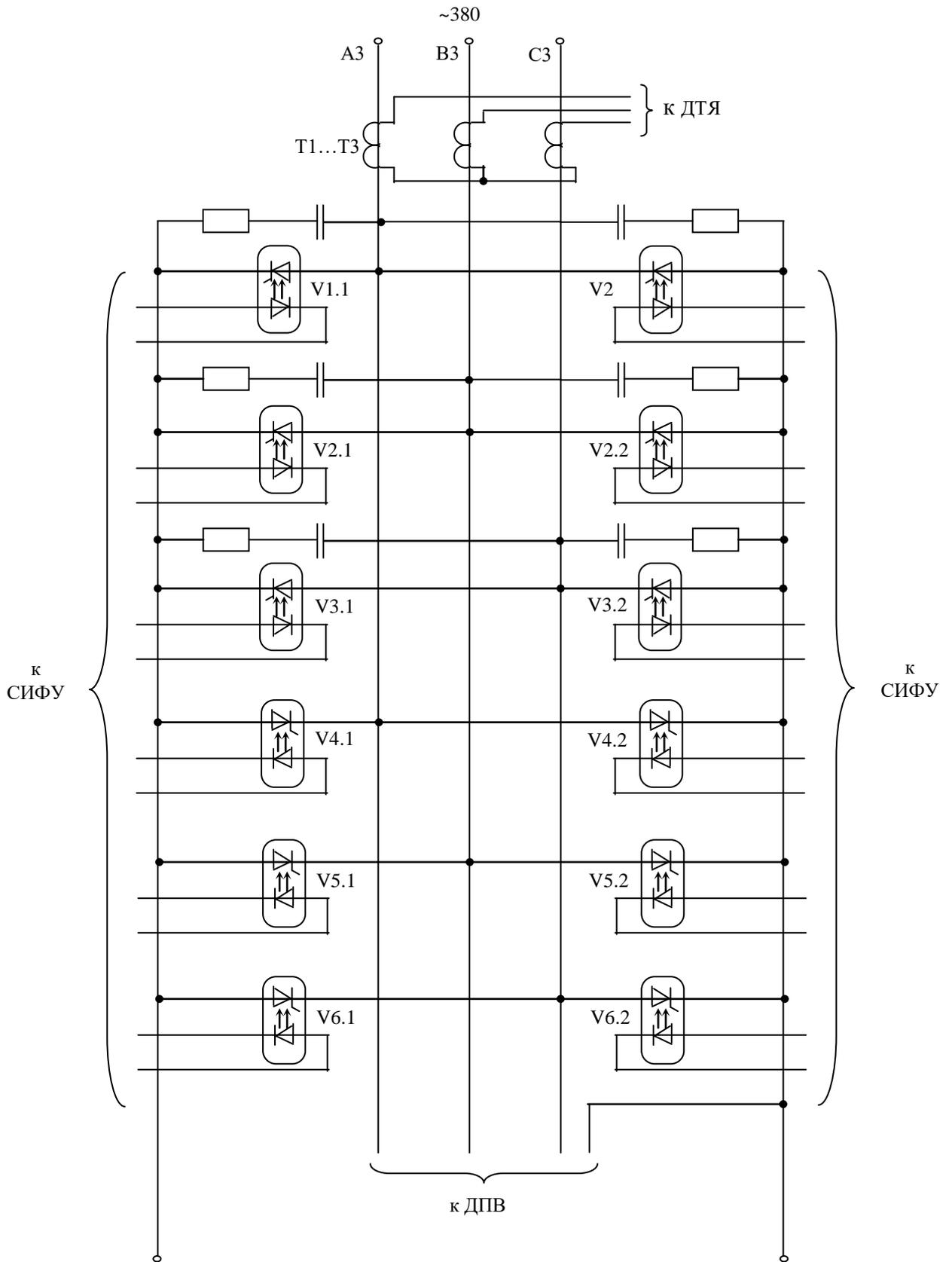


Рис.6 – Силовая схема тиристорного преобразователя для цепи якоря

									Арк.
									29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БІТ.ПД.18.12.02.ПЗ

Силовой трансформатор для питания ТП приводов подач выбирается по напряжению

$$U_{2л} \geq U_{дн} / 1,35; \quad 230 / 1,35 = 170,37 (В);$$

и мощности

$$S_m \geq 1,4 \cdot n_n \cdot k_c \cdot U_{2л} \cdot I_{дн}, (кВА); \quad 1,4 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 170,37 \cdot 50 = 16,935 (кВА);$$

где n_n – количество приводов подач (2 для токарного станка); k_c – коэффициент спроса, учитывающий неодновременность работы приводов подач ($k_c = 0,7$).

Выбираем трансформатор типа ТСЗ – 25, необходимые данные приведены в (табл.16)

Таблица 16 – Данные трансформатора ТСЗ – 25

S_m кВА	Номинальное напряжение		U_k %	$\Delta P_{кз}$ Вт
	$U_{1л}, В$	$U_{2л}, В$		
25	380	208	2	380

2.7 Проверка на необходимость дросселя

Ограничение зоны прерывистых токов

Для получения гранично-непрерывного режима при заданном значении α , в цепь выпрямленного тока необходимо включить индуктивность L_d , значение которой можно определить по выражениям, задавшись величиной гранично-непрерывного тока

$$I_{dzz} = (0,05 - 0,1) \cdot I_{дн} = 0,05 \cdot 50 = 2,5 (А); \quad (2.42)$$

$$L_d = \frac{1}{w \cdot p} \left[\frac{U_{d0}}{I_{dzz}} \cdot K_{зр} - X_a \right] = \frac{1}{314 \cdot 6} \left[\frac{280,8}{2,5} \cdot 0,05 - 0,13 \right] = 0,0029 (Гн); \quad (2.43)$$

где $p = 6$ – пульсность трехфазной мостовой схемы ТП, $w = 314 \text{ рад/с}$, $K_{зр} = 0,05$,

$$X_a = 2X_{аф} = \frac{2U_k \cdot U_{2ф}}{100 \cdot I_{аф}} = 2 \cdot 0,065 = 0,13 (Ом); \quad (2.44)$$

Индуктивность якоря определяется по выражению:

									Арк.
									30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2.9 Параметры САР однозонного электропривода с ВМД

Исходными данными для синтеза регуляторов являются параметры объекта управления, требуемая резонансная частота замкнутого контура скорости w_p и коэффициенты A , B и C , характеризующие форму переходного процесса. Для следящего привода подач рекомендуемые параметры формы приведены в табл.17.

Таблица 17 – Параметры формы

Привод	A	B	C	$w_p, \text{ рад/с}$
Подач (следящий)	0,823	0,25	0,7	200...250

При синтезе регуляторов предполагается, что тиристорные преобразователи безынерционны, а верхний предел резонансной частоты, определяющей быстродействие контура, выбран таким, что инерционность и неполная управляемость преобразователя не проявляются.

Структурная схема САР приведена на рис.7, Функциональная – на рис.8. Система регулирования скорости – двухконтурная, с внутренним контуром тока и пропорциональным регулятором тока. Узел зависимого токоограничения УЗТ обеспечивает ограничение уровня токоограничения в зависимости от скорости и от перегрузочной способности ВМД. Нелинейное звено НЗ предназначено для компенсации нелинейности статической характеристики тиристорного преобразователя и контура тока в режиме прерывистых токов. Переключатель характеристик ПХ обеспечивает неизменную полярность задания на ток при реверсе тиристорного преобразователя (это необходимо ввиду неизменной полярности сигнала датчика тока ДТ).

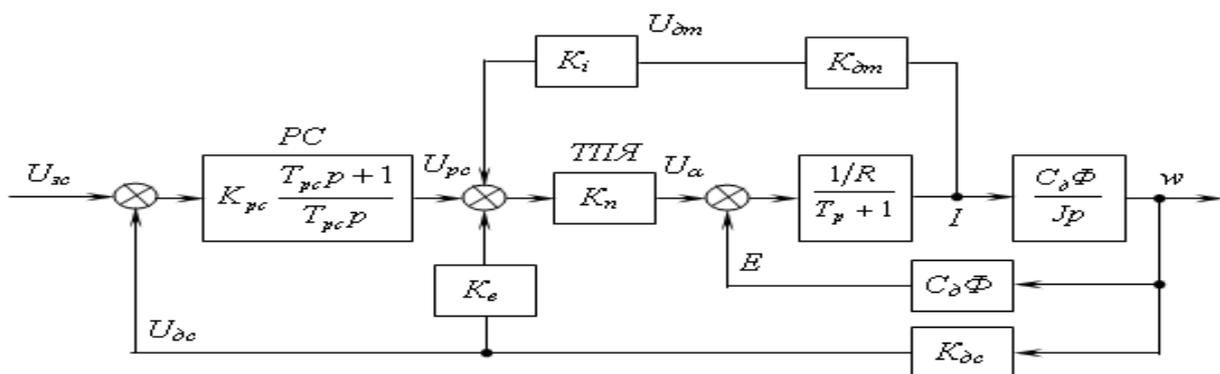


Рис.7 Структурная схема тиристорного электропривода с ВМД

Ограничение момента на малых скоростях на уровне $M_{max.o}$ осуществляется благодаря насыщению усилителя АІ. Выходной сигнал РС при этом:

$$U_{PC} = U_F = U_{нас} \cdot R_{17} / (R_6 + R_{17}) = 8 \cdot 1077300 / (2700 + 1077300) = 7,98 (В); \quad (2.81)$$

где $U_{нас} = 8 В$ - напряжение насыщения усилителя АІ.

Приняв $R_6 = 2700$ Ом, определим сопротивление переменного резистора:

$$R_{17} \geq U_F \cdot R_6 / (U_{нас} - U_F) = 7,98 \cdot 2700 / (8 - 7,98) = 1077300 (Ом). \quad (2.82)$$

Выводы

Токарный станок типа 16М30Ф3 оснащен болгарским электроприводом “КЕМТОК”, целью данного раздела являлась разработка нового, отечественного привода подачи. На основании исходных данных и параметров станка и был рассчитан электропривод типа ЭПУ1М6-2-3727П УХЛ4, а также все необходимые расчеты по обработке детали.

Все расчеты удовлетворяют условиям.

					БИТ.ПД.18.12.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

3.1 Блок управления (Е2)

В состав блока управления входят:

- регулятор скорости - РС;
- нелинейное звено - НЗ;
- переключатель характеристик - ПХ;
- узел зависимого токоограничения - УЗТ;
- функциональный преобразователь ЭДС двигателя - ФПЕ;
- узел блокировки регулятора скорости - БРС;
- узел защит и сигнализаций - УЗ.

3.1.1 Регулятор скорости (РС)

Пропорционально-интегральный регулятор скорости (РС) выполнен на термостабильном операционном усилителе А1.

Параметры обратной связи задаются номиналами элементов R15, R17, C8. Выходной сигнал РС - $U_{рс}$ является задающим для токового контура, поэтому ограничение величины $U_{рс}$ с помощью резистора R22 приводит к ограничению тока двигателя.

Для сокращения времени реверсирования привода под нагрузкой при малых скоростях в регулятор скорости введено устройство переключения корректирующей РС - цепи, выполненное на элементах V6, K1.

Резисторами R1 и R6 устанавливается необходимая величина обратной связи по скорости.

Резистор R5 служит для установки нуля усилителя А1 РС.

3.1.2 Адаптивное устройство (АУ)

Адаптивное устройство позволяет линеаризировать структуру электропривода в режиме прерывистых токов и тем самым улучшить динамические свойства электропривода.

					БИТ.ПД.18.12.03.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АУ состоит из нелинейного звена НЗ и функционального преобразователя ЭДС двигателя ФПЕ. Нелинейное звено НЗ имеет характеристику обратную регулировочной характеристике управляемого выпрямителя в режиме прерывистого тока и выполнено на операционном усилителе А5.1 с нелинейной обратной связью на диодах V8... V13 и резисторах R24, R25. Благодаря этому обеспечивается постоянство коэффициента усиления управляемого выпрямителя в режимах прерывистого и непрерывного токов.

3.1.3 Переключатель характеристик (ПХ)

ПХ служит для согласования однополярной регулировочной характеристики СИФУ $\alpha = f(U_{вх})$ с реверсивным сигналом U_y на выходе НЗ и выполнен на операционном усилителе А5.2 и транзисторных ключах V14.

3.1.4 Узел зависимого токоограничения (УЗТ)

Для изменения уставки токоограничения в зависимости от скорости двигателя в системе регулирования предусмотрен узел зависимого токоограничения УЗТ. Принцип действия УЗТ основан на ограничении (по модулю) выходного напряжения регулятора скорости в зависимости от величины напряжения тахогенератора и выполнен на операционных усилителях А2.1, А2.2, А6.1. С целью более точной аппроксимации зависимости допустимого значения максимального тока двигателя от скорости, последняя разбита на два участка АВ и ВС с регулируемой точкой перегиба В (лист 3).

Схема работает следующим образом.

Реверсивный сигнал U_{BR} выпрямляется на прецизионном двухполупериодном выпрямителе, выполненном на операционном усилителе А3.1, А2.1. Выходное напряжение положительного знака через резисторы R43 и R37 поступает на суммирующий вход усилителя А2.2. Через резистор R42 подается напряжение смещения, определяющее максимальное значение выходного напряжения УЗТ. Величины напряжений на выходах усилителей А2.2, А6.1 создают опорное напряжение на диодах V20 и V21. С увеличением скорости двигателя их величина

					БИТ.ПД.18.12.03.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

уменьшается, поэтому диоды V20 или V21 откроются уже при меньших значениях напряжения $U_{рс}$, который, в конечном счете, определяет величину тока на якоре двигателя.

В схеме УЗТ можно изменять как положение точки перегиба аппроксимированной кривой, так и ее наклон - угловой коэффициент прямолинейных отрезков АВ и ВС.

3.1.5 Функциональный преобразователь ЭДС (ФПЕ)

Управляющее напряжение U_y на выходе НЗ представляет сумму сигналов, пропорциональных величине тока и ЭДС двигателя

$$U_y = K_{нз} \cdot U_{рс} + U_e;$$

Сигнал пропорциональный ЭДС двигателя U_e , формируется с помощью функционального преобразователя ЭДС двигателя (ФПЕ), имеющего арксинусную характеристику и выполненного на операционном усилителе А7.1.

Усилитель А6.2 является инвертором. Величина сигнала U_e выставляется с помощью резистора R47 таким образом, чтобы среднее значение выходного напряжения регулятора скорости $U_{рс}$ при номинальной скорости двигателя на холостом ходу, было близким к нулю. При такой настройке сигнал $U_{рс}$ становится пропорциональным только току двигателя, поэтому ограничение его уровня с помощью резистора R22 обеспечивает также ограничение максимальной величины выпрямленного напряжения $U_d - E = I_d \cdot R_s$, которая определяет ток якоря двигателя. Таким образом, осуществляется ограничение максимально возможного тока двигателя. Проверка правильности регулировки сигнала U_e (резистором R47) дополнительно контролируется по диаграмме пуска (реверса) двигателя: при правильной настройке диаграмма близка к прямоугольной форме. В случае недокомпенсации (U_e - мало) по мере возрастания скорости в процессе разгона двигателя его ток уменьшается; при перекомпенсации, (U_e - велико) по мере разгона - пусковой ток возрастает.

					БИТ.ПД.18.12.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

ДЗ.1, транзистор V33 открывается, блокируя регулятор скорости РС. Выдержка времени необходима для обеспечения электрического торможения двигателя в области малых скоростей, что необходимо из-за некоторой зоны нечувствительности в узлах А2.1 и А3.2.

3.2 Исследование динамики электропривода при помощи цифрового моделирования на ЭВМ

Исходными данными для исследования является рис.2.7, структурная, функциональная схемы, расчеты и описание тиристорного электропривода с ВМД находятся в разделе 2 автоматизированный электропривод.

Исследование производилось на персональном компьютере Pentium III при помощи программного пакета MATLAB. Полученные графики переходных процессов приведены на рис.3.2-3.4. Структурная схема тиристорного электропривода выполненная в программе MATLAB, приведена на рис.3.1.

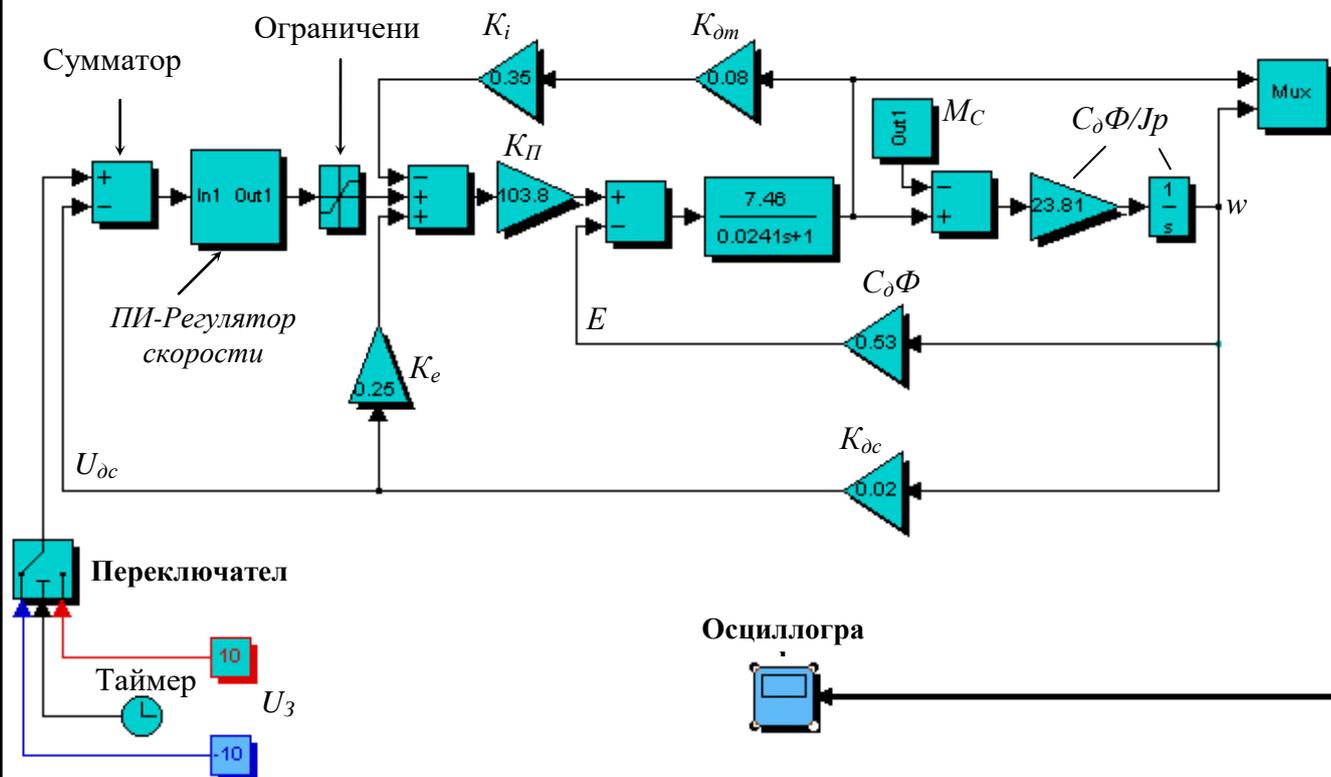


Рис.3.1 – Структурная схема тиристорного электропривода выполненная в программе MATLAB

Выводы

На вход системы подается напряжение 10В, ток растет до I_{max} , двигатель разгоняется до скорости 500 об/мин после чего ток падает до I_n . Через 0,3 секунды происходит наброс нагрузки, при этом на графике рис.3.2 можно заметить, что скорость немного “проседает”, на 0,4-й секунды сброс нагрузки. Реверс происходит на 0,5-й секунды.

На основании графика рис.3.2 можно сделать следующие выводы, что разгон двигателя происходит за 0,16 секунды, а торможение за 0,12, что соответствует расчетным данным.

При уменьшении K_i наблюдается рост тока выше, чем I_{max} , соответственно уменьшается время разгона двигателя. При увеличении наоборот (см. рис.3.3-3.4).

					БИТ.ПД.18.12.03.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

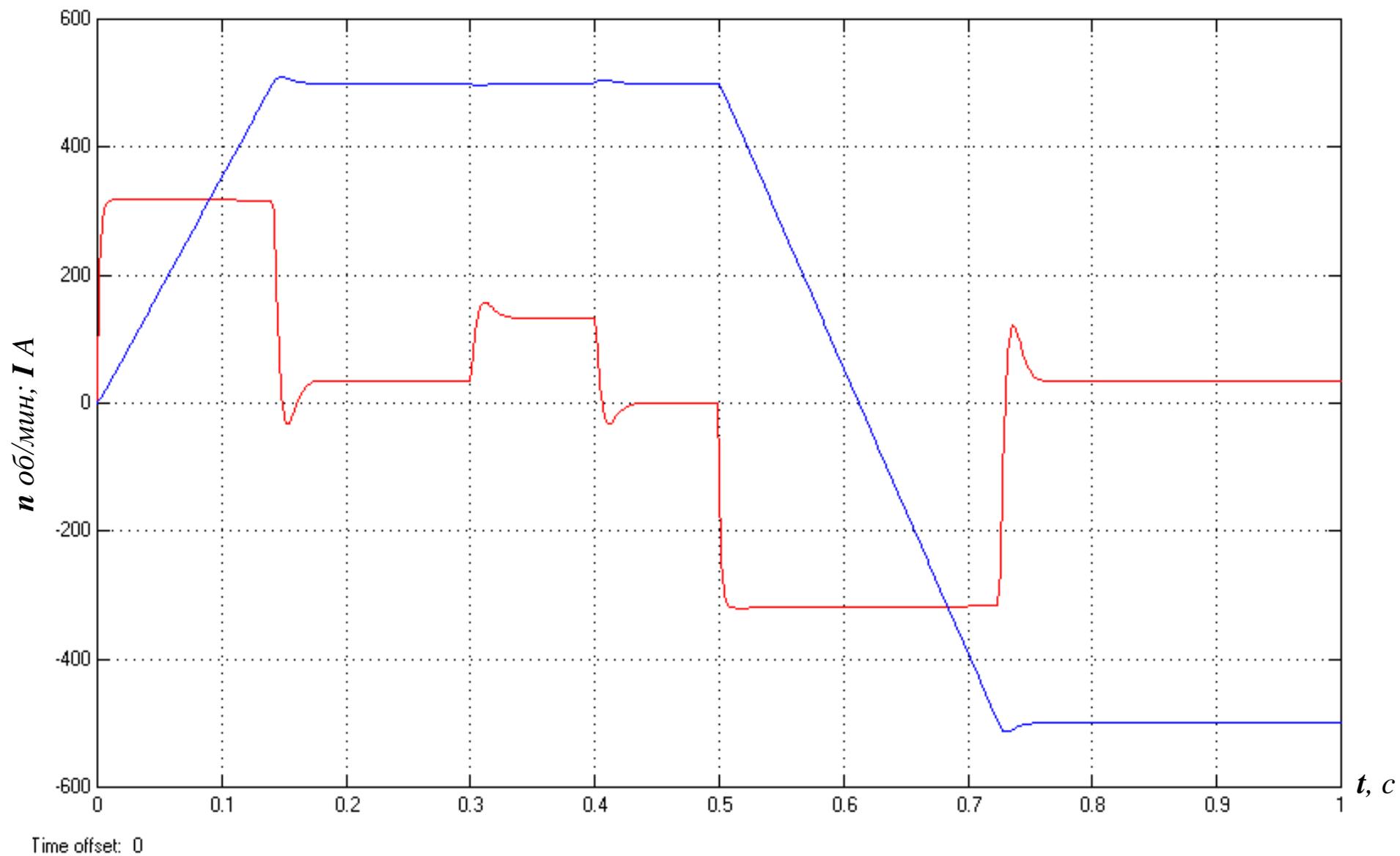


Рис.3.1 – График переходных процессов с наброской нагрузки

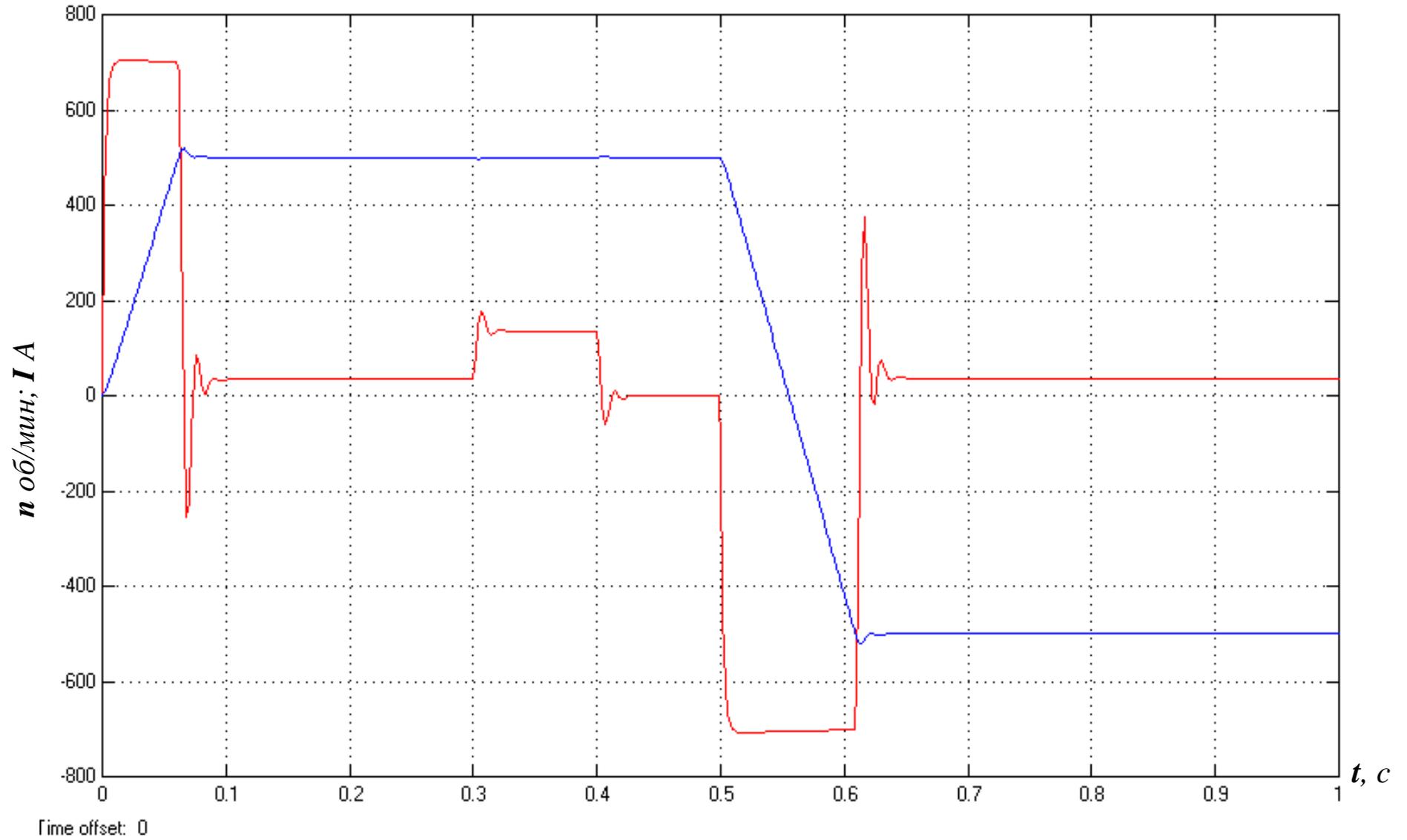


Рис.3.2 – График переходных процессов с уменьшением K_i

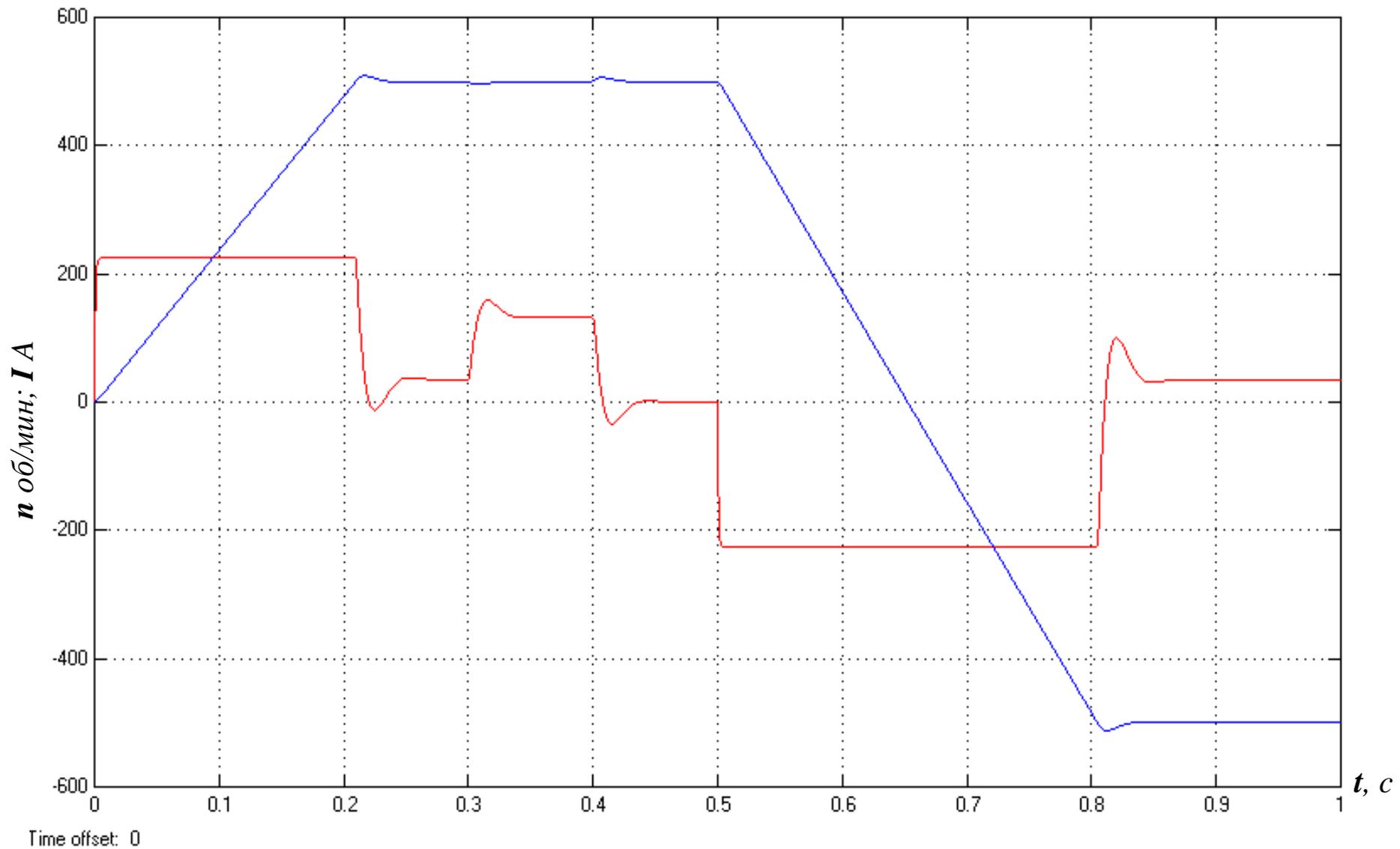


Рис.3.3 – График переходных процессов с увеличением K_i

4 ОХРАНА ТРУДА

4.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов в рабочей зоне станка с ЧПУ

Характеристика производственного помещения по категории выполняемых обслуживающим персоналом в них работ где расположен токарно-револьверный станок 16М30Ф3, в зависимости от характеристики работы

Работа: легкая, физическая. Производимая сидя, стоя или связанная с ходьбой, но не требующая систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей.

Операторы станков, электромонтеры, слесаря, обслуживающие данное оборудование и другие работники в рабочей зоне станка с ЧПУ сталкиваются с воздействием таких физически опасных и вредных производственных факторов как:

- повышенный уровень шума
- повышенная температура внешней среды
- отсутствие или недостаток естественного света
- недостаточная освещенность рабочей зоны
- электрический ток
- статическое электричество

Основными источниками теплоты в помещениях участка станков с ЧПУ являются:

- микропроцессорная техника;
- электродвигатели приводов и вспомогательное оборудование;
- приборы освещения.

Для рабочей зоны станка с ЧПУ характерно наличие всех видов шумов. Фактическое звуковое давление 70 дБ

Вибрация, действующая на персонал, относится к категории III. Вибрация оказывает на организм человека следующие воздействия: нарушения центральной нервной системы, заболевания сосудов и суставов, головные

					БИТ.ПД.18.12.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

боли, головокружение. Вибрация в помещении станка ЧПУ не должна превышать по частоте 25 Гц, и по амплитуде 0.1 мм.

Помещение станка с ЧПУ согласно требованиям «Правил устройства электроустановок» относится к помещению с особой опасностью, так как имеется токопроводящая пыль, влажность и возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлическим конструкциям технологического оборудования с одной стороны и к металлическим проводам электроустановок или токоведущим частям, с другой. Исходя из требований ПУЭ наличие пыли в помещениях участка станков с ЧПУ не должно превышать – 2 мг/м³.

Норма освещенности рабочей поверхности IV разряда средней точности.

4.2 Инженерно технические мероприятия по охране труда

4.2.1 Обоснование класса помещения по опасностям поражения электрическим током

Условия механосборочного цеха завода ЮМЗ относятся к классу особо опасного помещения.

Помещение содержит следующие условия:

- токопроводящий пол;
- возможность прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий и т.п. с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Опасность и возможность поражения электрическим током зависят, прежде всего, от номинального напряжения. В цехе применяются установки напряжением до 1000В. Для предотвращения опасности поражения электрическим током применяются различные защитные меры:

- ❖ защитное заземление;
- ❖ двойная изоляция;
- ❖ электрическое разделение сетей;

									Арк.
									51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

❖ зануление;

4.2.2 Обоснование режима нейтрали питающей сети

Электрооборудование где расположен станок 16М30Ф3 питается от комплектных трансформаторных подстанций (КТП) с высшим напряжением 6 или 10 кВ и вторичным (низшим) напряжением 380 В.

Согласно ПУЭ для сетей напряжением свыше 1000 В до 35 кВ включительно установлен режим работы с изолированной нейтралью, т.е. нейтралью, не присоединенной к заземляющему устройству или присоединенной к нему через компенсирующие (дугогасящие) реакторы, приборы и др., обладающие большим сопротивлением.

Вторичная сеть напряжением 380 В может быть выполнена трехпроводной с изолированной нейтралью или четырехпроводной с глухозаземленной нейтралью.

В нашем случае применена четырехпроводная трехфазная сеть с глухозаземленной нейтралью.

В этих сетях основной защитной мерой является зануление, а не заземление электрооборудования.

В четырехпроводных сетях корпуса электроустановок присоединяются к нейтрали трансформатора с помощью нулевого защитного проводника. Т.е. все корпуса электроустановок будут под потенциалом нейтрали (нулевым потенциалом). Если нейтраль не присоединена к заземлителю, то при обрыве фазного провода и падение его на землю, последняя приобретает потенциал поврежденной фазы. И человек, стоящий на земле, при прикосновении к корпусу зануленной электроустановки будет под разностью потенциалов, равной фазному напряжению. Т.е. прикосновение к корпусам зануленных электроаппаратов критически равноценно прикосновению к токоведущим частям электроустановок.

Если нейтраль трансформатора заземлена, (переходное сопротивление заземлителя нейтрали согласно ПУЭ должно быть не более 80 Ом, а для

					БИТ.ПД.18.12.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

сети 380/220 В – 40 Ом), то в этом случае условия будут значительно безопаснее.

Переходное сопротивление случайного заземлителя неисправной фазы будет значительно больше специального заземлителя нейтрали. Примем, что $R_0=4$ Ом, а $R_{зм}=40$ Ом. В этом случае потенциал нейтрали относительно земли будет значительно меньше:

$$U_0 = \frac{U_{\phi} \cdot R_0}{R_0 + R_{\phi i}} = \frac{220 \cdot 4}{4 + 40} = 20 (\text{В}); \quad (4.1)$$

В итоге в сети с заземленной нейтралью напряжение прикосновения (разность потенциалов между корпусами электроустановок и землей) будет 20 В.

В соответствии с этим ПУЭ запрещает эксплуатацию четырехпроводных сетей с изолированной нейтралью.

4.2.3 Разработка мероприятий по электробезопасности

Для механосборочного цеха, завода ЮМЗ будут применены следующие меры электробезопасности:

- защита от случайного прикосновения к токоведущим частям;
- двойная изоляция
- зануление;
- защитное отключение;

Остальные меры безопасности для четырехпроводной сети напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью будут не эффективны.

Защита от случайного прикосновения к токоведущим частям

Прикосновение к токоведущим частям всегда может быть опасным, даже в сети до 1000 В с изолированной нейтралью с хорошей изоляцией и малой емкостью, не говоря уже о сетях с заземленной нейтралью и о сетях напряжением выше 1000 В.

					БИТ.ПД.18.12.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

В электроустановках напряжением до 1000 В применение изолированных проводов уже обеспечивает достаточную защиту от напряжения при прикосновении к ним.

Чтобы исключить возможность прикосновения или опасного приближения к изолированным токоведущим частям, должна быть обеспечена недоступность последних посредством:

- ограждения;
- блокировок;
- расположения токоведущих частей на недоступной высоте или в недоступном месте.

Ограждения применяются как сплошные, так и сетчатые с размером сетки 25X25 мм. Сплошные ограждения в виде кожухов и крышек применяются в электроустановках напряжением до 1000 В. Применение съемных крышек, закрепляющихся болтами, не обеспечивает надежной защиты, так как зачастую крышки снимаются, теряются, вследствие чего токоведущие части остаются долгое время открытыми. Более надежны крышки, укрепленные на шарнирах, запирающиеся на замок или запор, который открывается специальным ключом или инструментом.

Сетчатые ограждения применяются в установках напряжением как до, так и выше 1000 В. Сетчатые ограждения имеют двери, запирающиеся на замок. Поэтому применим сплошные и сетчатые ограждения для электроустановок.

Блокировки применяются в электроустановках, в которых часто производятся работы на ограждаемых токоведущих частях, также применяются в электрических аппаратах – рубильниках, пускателях, автоматических выключателях и др. работающих в условиях, в которых предъявляются повышенные требования безопасности. Так как таких в цехе нет, то нет необходимости в применении блокировок.

Двойная изоляция означает применение, кроме основной изоляции токоведущих частей, еще одного слоя изоляции, который изолирует человека

					БІТ.ПД.18.12.04.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

от металлических нетоковедущих частей, которые могут случайно оказаться под напряжением.

Наиболее просто двойная изоляция осуществляется путем покрытия металлических корпусов и рукоянок электрооборудования слоем электроизоляционного материала и применением изолирующих ручек. Поверхностный слой изоляции подвержен механическим воздействиям и повреждениям. При разрушении этого слоя открывается доступ к металлическим частям, которые могут оказаться под напряжением. С другой стороны, повреждение и даже полное разрушение второго слоя изоляции не препятствует продолжению работы и не подает таким образом сигнала о потере защиты.

Зануление

В сети с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В защитное заземление неэффективно, так как ток глухого замыкания на землю зависит от сопротивления заземления. Очевидно, невозможно уменьшить напряжение корпуса, находящегося в контакте с токоведущими частями, устройством заземления в сети с заземленной нейтралью. Другой путь – уменьшить длительность режима замыкания на корпус. Для этого прокладывается нулевой провод, соединяющийся с заземленной нейтралью источника и повторными заземлениями.

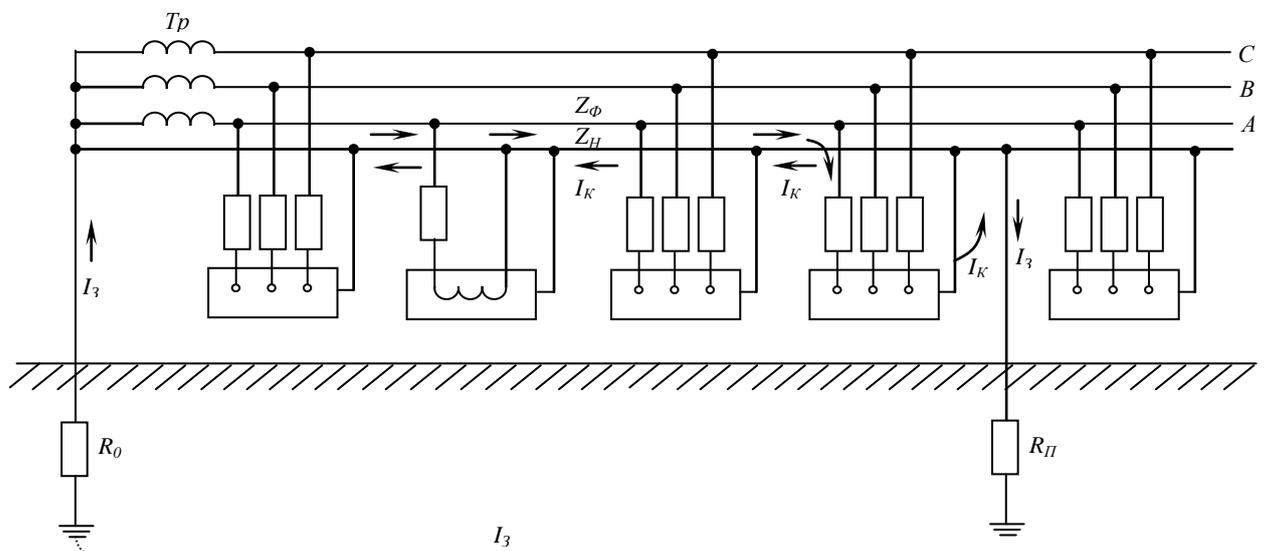


Рис.4.1 Соединение корпуса электрооборудования с нулевым проводом

При занулении корпуса электрооборудования соединяются не с заземлителями, а с нулевым проводом (рис.4.1). Зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание, в результате чего срабатывает максимальная токовая защита и селективно отключает поврежденный участок сети. Кроме того, зануление снижает потенциалы корпусов, появляющиеся в момент замыкания на землю.

При замыкании на зануленный корпус ток короткого замыкания проходит через следующие участки цепи: обмотки трансформатора, фазный провод и нулевой провод. Величина тока определяется фазным напряжением и полным сопротивлением цепи короткого замыкания.

Защитное отключение

Защитное отключение – система защиты, обеспечивающая безопасность путем автоматического отключения электроустановки при возникновении аварийной ситуации.

Опасность поражения возникает при следующих повреждениях электроустановки: замыкании на землю, снижении сопротивления изоляции, неисправностях заземления или зануления и устройства защитного отключения. Чтобы обеспечить безопасность, защитное отключение должно осуществлять некоторую совокупность из следующих защит: защиту от глухих и от неполных замыканий на землю (корпус), защиту от утечек, автоматический контроль цепи заземления или зануления; самоконтроль, т.е. автоматический контроль исправности защитного отключения.

Повреждение электроустановки приводит к изменениям некоторых величин, которые могут быть использованы как входные величины автоматического устройства, осуществляющего защитное отключение.

					БІТ.ПД.18.12.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

В зависимости от того, что является входной величиной, на изменение которой реагирует защитное отключение, выделяют следующие схемы: на напряжении корпуса относительно земли; на токе замыкания на землю; на напряжении корпуса относительно земли; на токе замыкания на землю; на напряжении нулевой последовательности; на напряжении фазы относительно земли; на токе нулевой последовательности; вентильные; на постоянном и переменном оперативном токе; комбинированные.

В данном случае будем использовать схему на напряжении корпуса относительно земли.

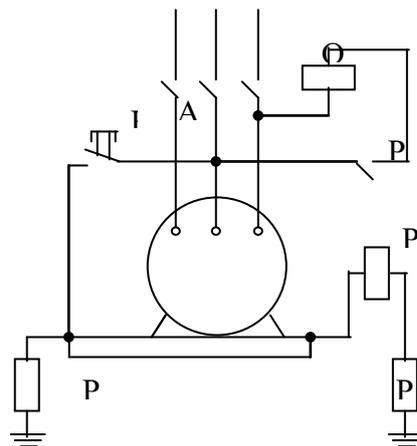


Рис.4.2 – Схема защитного отключения на напряжении корпуса относительно земли

В схемах этого типа датчиком служит реле напряжения РЗ, включенное между корпусом и вспомогательным заземлителем. Схема осуществляет защиту от глухих замыканий на землю и пригодна в сетях с изолированной и заземленной нейтралью любого напряжения. Уставка определяется по входной величине $X_{\text{вх}} = U_3$, т.е. по напряжению относительно земли:

$$U_{3,y} \alpha_1 = U_{\text{пр.д.д}}$$

					БИТ.ПД.18.12.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

где $U_{з.у}$ – напряжение уставки относительно земли; α_1 – коэффициент напряжения прикосновения; $U_{пр.д.д}$ – длительно допустимое напряжение прикосновения.

Напряжением срабатывания реле определяется следующим образом:

$$U_{с.р} = U_{пр.д.д} \left| \frac{Z_p}{(Z_p + R_г) \alpha_1} \right|;$$

где $U_{с.р}$ – напряжение срабатывания реле; Z_p – полное сопротивление реле; $R_г$ – сопротивление вспомогательного заземлителя.

Достоинством схемы на напряжении корпуса относительно земли является ее простота. Недостатком – необходимость применения вспомогательного заземления, неселективность при общем заземлении и отсутствие самоконтроля. Такие устройства могут применяться только совместно с заземлением или другими мерами защиты.

4.2.4 Разработка мероприятий по ОТ

При работе на станках несчастный случай с человеком может произойти в результате захвата его одежды или волос различными выступающими вращающимися частями станка (шкивы, муфты, валы, шестерни, шпиндели и др.). Чтобы избежать этого, применяется спецодежда и различные ограждения.

Большую опасность в отношении травмы представляет стружка, отлетающая в горячем состоянии из–под резца металлорежущих станков. Во время работы станка стружка должна отбрасываться в специальное корыто или ящик. При ручной уборке стружки нужно пользоваться специальными крючками и металлическими щетками. Во время работы станка не допускается уборка стружки вблизи движущихся частей. На токарных станках применяют защитные экраны для предотвращения возможности ранения рабочего отлетающей стружкой.

4.2.5 Пожарная профилактика

					БІТ.ПД.18.12.04.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Помещение, в котором установлен станок с ЧПУ по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности, относятся к помещениям категории «Д», так как в них находятся негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Здание цеха, в котором установлен станок с ЧПУ имеет II степень огнестойкости (кирпич, раствор, бетон, металлоконструкции, стекло). Пожарная безопасность объекта обеспечивается системой предотвращения пожара, системой пожарной защиты и мерами организационного характера. При всех условиях должна быть обеспечена пожарная безопасность объекта и безопасность людей.

Пожар в помещении станка с ЧПУ может возникнуть в результате:

- возгорания электрооборудования при перегрузках, перегревах и коротких замыканий;
- возгорания горюче-смазочных материалов при попадании в них искр электрического или механического происхождения;
- самовозгорание промасленной ветоши.

Для исключения и снижения возможности пожара предусматриваются следующие мероприятия:

- электрооборудование снабжено тепловыми реле, плавкими предохранителями, автоматами токовой защиты, размыкающими цепь в случае их срабатывания;
- на гидравлической станции и разводке не допускаются утечки масла, путем своевременного их устранения;
- промасленная ветошь собирается в специальных металлических ящиках с откидной крышкой.

Согласно «норм первичных средств пожаротушения для предприятий и организаций системы министерства металлургии» на участке станков с ЧПУ предусмотрены первичные средства пожаротушения, расчет которых приведен в таблице

									Арк.
									59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Обеспечение помещений средствами пожаротушения.

Категория помещения	Граничная защищаемая площадь, м ²	Класс пожара	Пенная станция пожаротушения	Порошковые огнетушители емкостью, л			Хладоновые огнетушители ОХ – 2(3)	Углекислотные огнетушители,	
				ОП-2	ОП-5	ОП-10		ОУ-2(3)	ОУ-(8)
Д	900	В	1	-	2	1	-	-	-
	5400	Е	-	2	2	1	1	4	2

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Высокий уровень энергозатрат на единицу ВВП на фоне дефицита энергоносителей в Украине, определяет актуальность проектирования и внедрения энергосберегающих технологий потребления, в первую очередь электроэнергии.

Поэтому целью данного раздела является обоснование целесообразности внедрения объекта проектирования, с применением которого уменьшаются затраты электроэнергии. Это позволит сэкономить средства предприятия на приобретение электрической энергии.

Объектом проектирования является замена привода продольной подачи фрезерного станка 6М610Ф11 на более экономичный.

При расчете затрат на внедрение данного электропривода рассматриваем следующие вопросы:

									Арк.
									60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БІТ.ПД.18.12.05.ПЗ				

- 1) расчет капитальных затрат на приобретение и монтаж электротехнического оборудования;
- 2) расчет годовых эксплуатационных расходов на содержание и обслуживание объекта проектирования;

5.1 Расчет капитальных затрат

До внедрения проектного варианта на станке 6М610Ф11 в качестве привода продольной подачи использовался отечественный привод “БТУ – 3601”. Расчеты специальной части данного проекта показывают, что возможно применение системы УП-ВМД меньшей мощности с высокомоментным двигателем ПФВ 160М.

Проектные капиталовложения в оборудование и монтажно-наладочные работы взяты на основе цен прейскуранта на электрооборудование предприятия «Днепротяжбуммаш».

(dneprotyazhbummash.uaprom.net)

Расчет капитальных затрат оформляется в виде сводки капитальных затрат по разделам (табл. 5.1.).

Капитальные затраты ($K_{пр}$) на осуществление проектного варианта составляют:

$$K_{пр} = K_{об}(\sum_{i=1}^k Ц_i) + Z_{тзс} + Z_m + Z_n + Z_d + Z_{др}, \quad (5.1)$$

где

$K_{об}(Ц_i)$ – стоимость приобретения оборудования по проекту или суммарная стоимость комплектующих элементов i -го вида, необходимых для реализации принятого технического решения;

k – количество необходимых комплектующих элементов;

$Z_{тзс}$ – транспортно-заготовительные и складские затраты;

Z_m – затраты на монтажные работы;

Z_n – затраты на наладочные работы;

Z_d – затраты на демонтажные работы;

					БИТ.ПД.18.12.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Здр – другие одноразовые вложения денежных средств.

Таблица 5.1 Сводка капитальных затрат

№	Оборудование:	Количество	Цена за единицу, грн.	Сумма, грн.
1.	Электропривод: КТЭ-VI	1	41024	41024
2.	Двигатель: ПФВ 160М	1	42710	42710
ВСЕГО				83734

Транспортные расходы включены в стоимость электрооборудования.

Согласно Отраслевому соглашению между Министерством топлива и энергетики Украины, и профсоюзом работников энергетической и электромеханической промышленности год минимальный размер месячной тарифной ставки работникам, выполняющим неквалифицированную работу (т.е. 1-го разряда), устанавливается на уровне не меньше 125% от законодательно установленной минимальной заработной платы, которая на 1 января 2017 года составляет 3200 грн.

Коэффициенты определяются согласно дополнениям №3-37 к Отраслевому договору соотношений месячных тарифных ставок и должностных окладов к минимальной месячной тарифной ставке работника, который выполняет неквалифицированную работу.

Кт3 = 1,45 грн; Кт4 = 1,62 грн; Кт6 = 2,16 грн.

Месячная тарифная ставка монтажника 1-го разряда:

$$Тсм1 = 3200 \cdot 125\% = 4000 \text{ грн};$$

Месячная тарифная ставка наладчика 3-го разряда:

$$Тсм3 = 4000 \cdot 1,45 = 5800 \text{ грн};$$

Часовая тарифная ставка наладчика 3-го разряда:

					БИТ.ПД.18.12.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$a_3=5800 /160=36,25 \text{ грн/час};$$

Месячная тарифная ставка монтажника 4-го разряда:

$$T_{см4} = 4000 \cdot 1,62 = 6480 \text{ грн};$$

Часовая тарифная ставка монтажника 4-го разряда:

$$a_4=6480/160 = 40,5 \text{ грн/час};$$

Месячная тарифная ставка наладчика 6-го разряда:

$$T_{см6} = 3200 \cdot 2,16 = 6912 \text{ грн};$$

Часовая тарифная ставка наладчика 6-го разряда:

$$a_6=6912/160=43,2 \text{ грн/час.}$$

Монтажные, наладочные, и демонтажные работы осуществляются на предприятии штатными электромеханиками и рассчитываются следующим образом:

Монтажные работы:

$$Z_m = \sum (Ч \cdot t \cdot a_4) \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_{др}, \quad (5.2)$$

где

Ч=2 – количество рабочих, задействованных в монтаже, чел.;

t=14 – время на осуществление монтажа, час.;

$a_4=40,5$ – часовая тарифная ставка монтажника 4-го разряда, грн/час;

$K_c=1,22$ – коэффициент, учитывающий отчисления на единый социальный взнос;

$K_d=1,1$ – коэффициент, учитывающий размер доплат;

$K_{др}=1,05$ – коэффициент, учитывающий непредвиденные расходы.

$$Z_m = 2 \cdot 14 \cdot 40,5 \cdot 1,22 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 1597,91 \text{ грн.}$$

					БИТ.ПД.18.12.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Наладочные работы:

$$Z_n = \sum (Ч \cdot t \cdot a_6) \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_{др}, \quad (5.3)$$

где

Ч=2 – количество рабочих, задействованных в наладке, чел.;

t=6 – время на осуществление монтажа, час.;

$a_6=43,2$ – часовая тарифная ставка наладчика 6-го разряда, грн/час;

$K_c=1,22$ – коэффициент, учитывающий отчисления на единый социальный взнос;

$K_d=1,1$ – коэффициент, учитывающий размер доплат;

$K_{др}=1,05$ – коэффициент, учитывающий непредвиденные расходы.

$$Z_n = 2 \cdot 6 \cdot 43,2 \cdot 1,22 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 730,47 \text{ грн.}$$

Демонтажные работы:

$$Z_d = \sum (Ч \cdot t \cdot a_3) \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_{др}, \quad (5.4)$$

где

Ч=2 – количество рабочих, задействованных в наладке, чел.;

t=3 – время на осуществление монтажа, час.;

$a_3=36,25$ – часовая тарифная ставка наладчика 3-го разряда, грн/час;

$K_c=1,22$ – коэффициент, учитывающий отчисления на единый социальный взнос;

$K_d=1,1$ – коэффициент, учитывающий размер доплат;

$K_{др}=1,05$ – коэффициент, учитывающий непредвиденные расходы.

$$Z_d = 2 \cdot 3 \cdot 36,25 \cdot 1,22 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 306,47 \text{ грн.}$$

					БИТ.ПД.18.12.05.ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким образом, капитальные затраты составят:

$$K_{пр} = K_{об} + Z_m + Z_n + Z_d;$$

$$K_{пр} = 83734 + 1597,91 + 730,47 + 306,47 = 86368,85 \text{ грн.}$$

5.2. Расчет эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы это расходы на содержание и обслуживание объекта проектирования за определенный период(год).

К основным статьям эксплуатационных расходов по электротехническому оборудованию относятся :

- амортизационные отчисления (C_a);
- заработная плата обслуживающего персонала (C_z);
- отчисления на единый социальный взнос (C_c);
- затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования и сетей (C_t);
- стоимость электроэнергии, потребляемой объектом проектирования ($C_э$);
- другие эксплуатационные затраты ($C_{др}$).

Следовательно, полная стоимость годовых эксплуатационных затрат составляет:

$$C = C_a + C_z + C_c + C_t + C_э + C_{др}, \text{ грн.} \quad (5.5)$$

Так как в процессе внедрения проектного варианта не планируется менять численность обслуживающего персонала, то расчеты годового фонда заработной платы и отчислений на социальные мероприятия не проводятся, другие эксплуатационные затраты не предусматриваются.

Таким образом, годовые эксплуатационные затраты составят:

					БИТ.ПД.18.12.05.ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C = C_a + C_t + C_э, \text{ грн.} \quad (5.6)$$

5.2.1 Амортизационные отчисления

Годовой фонд амортизационных отчислений определяется в процентах от суммы капитальных затрат по видам основных фондов и нематериальных активов по разделам сводки капитальных затрат.

$$C_a = K_{пр} \cdot \frac{H_a}{100}, \quad (5.7)$$

где H_a – норма амортизации для сменного оборудования (группа 4 основных средств в Налоговом Кодексе Украины состоянием на 01.01.2012) минимальный срок использования 5 лет.

Для расчета норм амортизации используем прямолинейный метод. Норма амортизации для проектного варианта составляет:

$$H_a = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\% \quad (5.8)$$

Годовые отчисления на амортизацию составляют:

$$C_a = 86368,85 \cdot 0,2 = 17273,77, \text{ грн.}$$

5.2.2 Расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт

Годовые затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт электротехнического оборудования включают затраты на материалы, запасные части, заработную плату ремонтным рабочим, и могут определяться по фактическим данным предприятия. Данные приведены состоянием на 01.01.2017. В таблице 5.4 приведены годовые затраты на

					БІТ.ПД.18.12.05.ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

техническое обслуживание и текущий ремонт, которые рассчитываются по формуле:

$$C_T = \sum_{i=1}^n \left(R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_f \right), \quad \text{грн} \quad (5.9)$$

где

n – число приборов, подлежащих ремонту, шт;

R_i – часовая тарифная ставка рабочих, производящих ремонт, грн/час;

t_i – трудоемкость одного ремонта при категории сложности ремонта в одну ремонтную единицу в зависимости от вида ремонта, час/ед;

m – число ремонтов в год;

R_{Σ} – суммарная категория сложности ремонта в зависимости от вида электрооборудования;

S_i – стоимость однотипных сменяемых элементов, грн;

Π_i – количество однотипных сменяемых элементов, шт;

T_i – средний срок службы деталей данного типа, час;

T_f – количество часов работы электрооборудования в год, час.

Таблица 5.4 Затраты на технический ремонт

	Ед. измерения	Количество
n	шт.	1
R_i	грн/час	40,5
t_i	час/ед	7
m		2
R_Σ		3

Потребляемая электроэнергия определяется по формуле:

$$W_{\Gamma} = \frac{\sum P \cdot K_z \cdot K_o \cdot T}{\eta \cdot \cos \varphi}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (5.11)$$

где

$\sum P$ – мощность электрооборудования, кВт;

$K_z = 0,65$ – коэффициент загрузки оборудования;

$K_o = 0,65$ – коэффициент одновременной работы;

$T = 8 \text{ часов} \cdot 26 \text{ дней} \cdot 12 \text{ месяцев} = 2496 \text{ ч}$, – номинальный фонд рабочего времени;

$\eta = 0,96$ – коэффициент полезного действия сети;

$\cos \varphi = 0,92$ – коэффициент, учитывающий эффективность использования мощности.

$$W_{\Gamma} = (11000 \cdot 0,65 \cdot 0,65 \cdot 2496) / (0,96 \cdot 0,92) = 13134,29 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

Годовые затраты на электроэнергию составляют:

$$C_{\Sigma} = 13134,29 \cdot 2,2 = 28895,44 \text{ грн.}$$

Таким образом, годовые эксплуатационные затраты составят:

$$C = C_a + C_T + C_{\Sigma}$$

$$C = 17273,77 + 4134 + 28\,895,44 = 50303,21 \text{ грн.}$$

5.3 Вывод

В экономическом разделе был произведен расчет капитальных затрат, то есть, рассчитано сумму, которая нужна для приобретения необходимого оборудования, установки и настройки привода. Стоимость необходимого оборудования: Электропривод: КТЭ-VI - 41024 грн.; Двигатель: ПФВ 160М -

						Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БІТ.ПД.18.12.05.ПЗ	

42710 грн. Наладочные и монтажные работы – 2635 грн. Общие капитальные затраты составляют 86369 грн.

Также был произведен расчет эксплуатационных затрат и общей суммы всех затрат. (Таб. 5.5 и 5.6)

БІТ.ПД.18.12.05.ПЗ

Таблица 5.5 Годовые эксплуатационные расходы

п/п	Наименование статей расходов	Сумма расходов, грн.
1	Амортизационные отчисления	17273,77
2	Расходы на техобслуживание	4134
3	Стоимость потребляемой энергии	28895,44
4	Всего	50303,21

Таблица 5.6 Капитальные и эксплуатационные затраты

Вид затрат	Стоимость, грн
Капитальные затраты	86368,85
Эксплуатационные затраты	50303,21
Сумма	133672,06

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задачей дипломного проекта была разработка автоматизированного электропривода козлового крана.

Для решения поставленной задачи в проекте выполнен анализ технологической установки с точки зрения определений нагрузочных диаграмм и условий работы установки в целом.

Такие данные использованы для расчета рациональной величины мощности электродвигателя и его системы управления.

Проверку правильности выполненного проекта осуществлено путем математического моделирования динамической модели электропривода в среде программного продукта MatLab .

Результаты оценки полученных переходных процессов подтверждают работоспособность и качество отработки задания спроектированного электропривода.

В проекте также решались задачи охраны труда и объемов затрат на реализацию предлагаемого технического решения.

Раздел охраны труда характеризует производственную обстановку на предмет выявления вредных и опасных факторов влияния на работу оборудования и персонала. Исходя из приведенной характеристики сформулированное инженерное предложение по минимизации влияние выявленных факторов.

Затратная часть проекта осуществлялась путем оценки сметной стоимости на все составляющие выполняемых работ и оборудования. Принимая во внимание использование новых технологий и возможность повышения надежности системы электропривода, объемы затрат на обновление можно считать оправданными.

Опыт комплекса выполненных работ позволяет сделать следующие суммарные выводы. Существенные преимущества асинхронного двигателя определяют несомненную перспективность системы ПЧ-АД. Которая позволяет использовать широкий диапазон скоростей и обеспечить

					БИТ.ПД.18.12.3.ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сохранность ответственных грузов, безопасность работы, экономичность и высокую производительность крана, а также снизить затраты при обслуживании.

					БИТ.ПД.18.12.3.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Список литературы

1. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с.
2. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.
3. Сандлер А.С., Сарбатов Р.С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями. – М.: Энергия, 1974.
4. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти: Навчальний посібник / М.М. Казачковський. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 196 с.
5. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
6. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.
7. Эпштейн И.И. Автоматизированный электропривод переменного тока. – М.: Энергоиздат, 1982.
8. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными двигателями. – М.: Энергоиздат, 1982. – 216 с.
9. Чиликин М.Г, Ключев В.И, Сандлер А.С. Теория автоматизированного электропривода. – М.: Энергия, 1979. – 616 с.
10. Асинхронные электродвигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин и др. – М.: Энергоатомиздат, 1982.
11. Крановый электропривод: Справочник / А. Г. Яуре, Е.М. Певзнер - Энергоатомиздат, 1988. – 344 с.
12. Мостовые краны общего назначения. – А.Б. Парницкий, А.П. Шабашов – 1961. – 283с

					БІТ.ПД.18.12.С.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

13. Колб Ант.А., Колб А.А. Теория электроприводу: Навчальний посібник – Д., НГУ, 2006 – 511 с.
14. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. – М. – Л.: Энергия, 1977. – 432 с.
15. Федоров А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию (том 1) М., Энергоатомиздат, 1986-600 с.
16. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. -М.: Энергоатомиздат, 1984.-488с.
17. Охрана труда в электроустановках ПУЭ / Под ред. Б.А.Князевского. -М.: Энергоатомиздат, 1983.-226с.
18. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1982.-800с.
19. Правила устройства электроустановок М.: Энергоатомиздат, 1985.-640с.
20. ГОСТ 12.1.009.-76. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность, защитное заземление, зануление. М.: Издательство стандартов, 1983.-50 с.
21. Методические указания по выполнению экономической части дипломного проекта.
22. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов/ Под ред. В.К. Беклешова. -Г.: Высшая школа, 1991. - 176 с.
23. Скворцов Н. Н. Экономика гибких производственных систем. К.: Высшая школа, 1988.-54с.

					БІТ.ПД.18.12.С.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1	Введение	4
2	Технологическая часть	6
3	- Назначение и область применения станка	6
4	- Техническая характеристика станка	7
5	- Техническая характеристика УЧПУ	9
6	- Общие требования	10
7	- Эскиз обрабатываемой детали	11
8	Автоматизированный электропривод	12
9	- Предварительный выбор двигателя подач	12
10	- Скорости, усилия и длительности резания	13
11	- Нагрузки привода подач	16
12	- Диаграмма скоростей подач и статических нагрузок	19
13	- Длительности пуска и пусковой момент ВМД	24
14	- Проверка выбранного двигателя	27
15	- Выбор силовых элементов электропривода	27
16	- Проверка на необходимость дросселя	30
17	- Расчет параметров САР	33
18	- Параметры САР однозонного электропривода с ВМД	34
19	Исследование динамики электропривода	41
20	- Краткое описание блока управления	41
21	- Структурная схема ТЭП выполненная в программе MATLAB	45
22	- График переходных процессов	47
22	Охрана труда	50
23	- Анализ вредных и опасных производственных факторов в рабочей зоне станка с ЧПУ	50
24	- Инженерно технические мероприятия по охране труда	51

25	- Обоснование режима нейтрали питающей сети	52
26	- Разработка мероприятий по электробезопасности	53
27	- Разработка мероприятий по ОТ	58
28	- Пожарная профилактика	58
29	Экономическая часть	60
30	- Введение	60
31	- Расчет капитальных затрат	61
32	- Расчет эксплуатационных расходов на содержание оборудования	65
33	-Вывод	69
34	Заключение	71
35	Список Литературы	73