ТЕМА ВКР: Модернизация электропривода токарного станка 16К20Т1

Содержание

Список используемых сокращений 4

Введение 5

1. Анализ теоретических аспектов исследуемой тематики 10

1.1 Исследование теоретических аспектов организации работы электроприводов в станкостроении 10

1.2 Особенности организации систем управления приводами станков 21

1.3 Исследование общей характеристики и особенностей работы приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1 33

1.4 Обоснование необходимости модернизации электропривода токарного станка с ЧПУ модели 16К20Т1 и формирование технических требований к модернизации 36

Выводы 42

2. Разработка основных конструкторских решений по модернизации электропривода токарного станка 43

2.1 Кинематическая схема станка с ЧПУ модели 16К20Т1 43

2.2 Описание действующей системы управления приводами подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1 45

2.3 Актуальность модернизации электропривода подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1 и возможность применения на других станках 48

2.4 Расчет мощности и выбор электродвигателя 52

2.5 Расчет и выбор аппаратов защиты 55

Выводы 58

3. Обоснование выбора необходимого технического обеспечения и разработка математической модели электропривода 59

3.1 Выбор оборудования системы управления приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1 59

3.2 Построение математической модели электропривода 64
3.3 Синтез регуляторов системы автоматического управления 71
Выводы 84
4. Изготовление детали «вал» на станке после модернизации 85
4.1 Характеристика детали 85
4.2 Технологические процессы изготовления детали 89
Выводы по разделу: 99
5. Технико-экономический раздел 102
5.1 Расчет капитальных вложений 102
5.2 Расчет основных технико-экономических показателей разработанной системы управления 107
6. Раздел экологичности и безопасности 110
6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов 110
6.2 Технические решения по безопасности производственного процесса 111
6.3 Средства защиты и органы управления 112
6.4 Электробезопасность 113
6.5 Санитарно-гигиенические мероприятия 114
6.6 Пожарная безопасность 116
6.7 Охрана окружающей среды 118
Заключение 120
Список использованных источников 121

Список используемых сокращений

АРМ – автоматизированное рабочее место

АЦС – аналогово-цифровая система

БДС – блок выходных цепей

ГР – групповой распределитель

ИС – интегральная схема

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика

КПД – коэффициент полезного действия

МК – микроконтроллер

МПС – микропроцессорная система

ПВ – пункт включения

ПЗУ – постоянное запоминающее устройство

ПЛК – программируемый логический контроллер

ППИ – программируемый параллельный интерфейс

ПО – программное обеспечение

УПСВ – установка предварительного сброса воды

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

Введение

На сегодняшний день, вопросы, связанные с автоматизацией и энергосбережением, стали главными направлениями технической мировой политики. Главным образом это связано с острой нехваткой главных энергетических ресурсов, а также с возросшей стоимостью на их добычу. Кроме того, влияние оказывают глобальные проблемы в экологии, которые в последнее время стали явными. Экономия энергоресурсов практически в любой области направлена в основном на снижение потерь электрической энергии [1].

Постоянное совершенствование и внедрение новой техники и технологии в производство является основным фактором повышения эффективности производства. Ускорение научно-технического прогресса является главным рычагом улучшения всех показателей эффективности, таких как:

– производительность труда;

– материалоемкость;

– фондоотдача;

– уменьшение затрат на производство.

Главным направлением, по которому всемирное производство двигается в настоящее время, является автоматизация производственных процессов. Таким образом, все выполняемое ранее самим человеком, его функции, как физические, так и интеллектуальные, начинает переходить к технике, выполняющей самостоятельно технологические циклы и осуществляющей контроль над проведением этих работ. Человеку во многих отраслях отмерена роль контролера за автоматическим процессом.

Модернизация электротехнических систем за счет применения комплексных систем автоматизации позволяет достичь увеличения уровня КПД всей электротехнической системы. Помимо увеличения производительности наблюдается и значительное сокращение количества возникающих нештатных и аварийных ситуаций в процессе эксплуатации электротехнических систем [3].

Интеграция автоматических систем управления в современные электротехнические системы, в основе которых лежит вычислительная техника, способствует значительному увеличению уровня эффективности использования трудового потенциала персонала, а также минимизации возникновения различных нештатных и аварийных ситуаций.

Также, в случае применения автоматизированных комплексов и систем, рабочий персонал освобожден от выполнения монотонных, однообразных и трудоемких операций, что также положительно сказывается на общей эффективности функционирования производственных систем [3].

В настоящее время проблема автоматизации подавляющего большинства технологических процессов и производственных циклов является актуальной во всем мире.

На современном этапе развития вычислительной техники имеется возможность автоматизировать большинство операций и циклов, которые еще совсем недавно мог выполнять исключительно рабочий персонал предприятий. Причем, автоматизации подлежат не только физические процессы, но и некоторая часть интеллектуальных операций. Таким образом, наметилась четкая тенденция к переходу рабочего персонала к выполнению исключительно наблюдательных и контрольных функций, в то время как все производственные процессы выполняются системами автоматизации.

За последние десятилетия произошел стремительный рывок развития электронной компонентной базы, а также появилось большое количество новых технологий ее изготовления. Эти факторы способствуют тому, что современная вычислительная техника и микроэлектронные устройства имеют широкое распространение в сфере автоматизации технологических процессов.

Наличие большого количества высокоточных и производительных исполнительных механизмов способствует оптимизации производственных процессов, что положительно сказывается на издержках производства и, как следствие, на себестоимости конечной продукции.

Автоматизация производственного процесса – это комплекс мероприятий, основная цель которых состоит в замене ручного труда рабочего персонала на машинный автоматизированный труд. С этой целью все технологические операции, которые могут выполняться без участия человека, подлежат автоматизации за счет применения различных исполнительных механизмов, управление которыми осуществляется с помощью микропроцессоров в соответствии с заложенными в них алгоритмами.

Совсем недавно процесс автоматизации начал свое зарождение и развитие. На сегодняшний день большое количество технологических операций и производственных процессов автоматизированы. Таким образом, в ближайшем будущем прогнозируется сведение к минимуму необходимости использования ручного труда.

Автоматизация производства – один из важнейших факторов роста производительности труда и повышения качества продукции. Непременным условием ускорения темпов роста автоматизации является подготовка специалистов, владеющих знаниями современных технических устройств автоматизации и способных обеспечить реализацию современных автоматизированных систем управления технологическими процессами любой сложности, их квалифицированную наладку и эффективную эксплуатацию в процессе функционирования [24].

Автоматизации подлежат как отдельные операции и технологические процессы, так и полные производственные циклы. Для автоматизации производственных процессов применяются различные исполнительные механизмы, которые могут представлять собой как относительно простые и примитивные датчики, так и сложные автоматизированные комплексы, способные выполнять множество различных операций.

Подавляющее большинство современных производственных организаций стремятся к максимально возможному уровню автоматизации своих производственных процессов. Это объясняется тем, что в современных условиях высокой конкурентоспособностью обладают именно те предприятия, которые характеризуются высоким уровнем автоматизации. Существуют и другие факторы, способствующие развитию автоматизации производственных процессов. К ним относятся: вредные и опасные условия труда, а также высокая стоимость ручного труда.

При автоматизации технологических процессов наблюдается сокращение продолжительности производственного цикла, уменьшается себестоимость конечной продукции, сокращаются производственные расходы, сведение к минимуму ошибок персонала и человеческого фактора. Как правило, при внедрении в технологические процессы автоматизированных систем управления происходит комплексное решение вышеуказанных задач.

Основная цель, которая преследуется в процессе автоматизации производственных процессов, заключается в замене ручного труда рабочего персонала на машинный автоматизированный труд. Помимо этого, существует и ряд второстепенных целей, которые преследуются процессов автоматизации [26]:

1) минимизация человеческого труда и количества необходимого рабочего персонала;
2) оптимизация производственных процессов и издержек производства;
3) увеличение номенклатуры выпускаемой продукции;
4) наращивание производственных мощностей;
5) увеличение уровня безопасности производственных процессов и технологических операций.

Тема данной выпускной квалификационной работы – «Модернизация электропривода токарного станка».

Цель выпускной квалификационной работы – проектирование решений по модернизации электроприводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1.

Исходя из темы и цели выпускной квалификационной работы, в процессе ее выполнения необходимо было решить следующие задачи:

– исследовать теоретические аспекты организации работы электроприводов в станкостроении;

– произвести анализ особенностей организации систем управления приводами станков

– исследовать общие характеристики и особенности работы приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– исследовать кинематическую схема станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– произвести описание действующей системы управления приводами подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– разработать основные требования при модернизации приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– произвести расчет мощности и выбор электродвигателя ;

– произвести расчет и выбор аппаратов защиты;

– произвести выбор оборудования системы управления приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– произвести синтез регуляторов системы автоматического управления;

– разработать технологический процесс производства детали на станке после модернизации.

Объект исследования выпускной квалификационной работы – система управления приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1.

Предмет исследования – поиск оптимальных подходов в процессе модернизации системы управления приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1.

В процессе выполнения работы применялись такие методы, как изучение научной литературы по теме исследования, нормативно-правовой базы, аналитический и сравнительный методы. Среди теоретических методов, используемых при разработке, отмечу анализ и метод классификации. Практические методы, используемые в работе – наблюдение, сравнение.

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы предполагалось получить значительный объем теоретических и практических навыков, которые будут необходимы в процессе дальнейшей трудовой деятельности.

1. Анализ теоретических аспектов исследуемой тематики

1.1 Исследование теоретических аспектов организации работы электроприводов в станкостроении

Анализ теоретических аспектов организации работы электроприводов в станкостроении представлен в ряде публикаций, в частности в металлорежущих станках, в целях приближения к валу рабочего механизма, изготовляют электродвигатели специальных конструктивных форм: фланцевые двигатели, снабженные фланцем, при помощи которого двигатель крепится к корпусу станка; шпиндельные двигатели, обладающие полым валом; встроенные двигатели, поставляемые заводом-изготовителем в виде отдельных частей – стали статора с обмоткой и ротора. Сталь статора устанавливают в специальную расточку станка и в ней закрепляют. Таким образом, достигают полного слияния электрической и механической частей станка в единое целое.

Для привода токарных станков применяют одно-, двух- и трехскоростные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Регулирование частоты вращения шпинделя осуществляется электрическим (изменение числа пар полюсов) и механическим (коробка передач) способами. Управление двигателями – при помощи барабанных или кулачковых переключателей, либо кнопочное, с помощью магнитных станций [29].

Привод главного движения мощных лобовых и карусельных станков выполняют по системе Г–Д или с использованием тиристорного электропривода (у прецизионных станков).

Мощные станки оборудуют дополнительными приводами: насоса охлаждения, быстрого передвижения суппорта, передвижения и зажима задней бабки. Вспомогательные двигатели при этом обычно асинхронные с

короткозамкнутым ротором. Для зажима изделия в патроне или задней бабке на мощных станках применяют электродвигатели, которые приводят в движение зажимные устройства. Двигатель имеет реверсивную систему управления и должен останавливаться при заклинивании зажимного устройства. Двигатель отключается микро-переключателем или с помощью реле максимального тока.

На рисунке 1.1 приведена схема, в которой для отключения двигателя использовано реле максимального тока. При нажатии кнопки S1 «зажим» через контакт и контакт путевого выключателя S3 получит питание катушка контактора К1; двигатель начнет вращаться, зажимая деталь. Когда зажимное устройство пройдет некоторый путь, контакт S3 разомкнется, а контакт S4 замкнется. При достижении усилием зажима заданного значения разомкнется контакт максимального реле К3, двигатель остановится. При необходимости отжима нажимают кнопку S2. В конце обратного хода контакт S3 замкнется, а контакт S4 разомкнется, и двигатель остановится. Цепи управления защищены от короткого замыкания плавкими предохранителями F1 и F2.

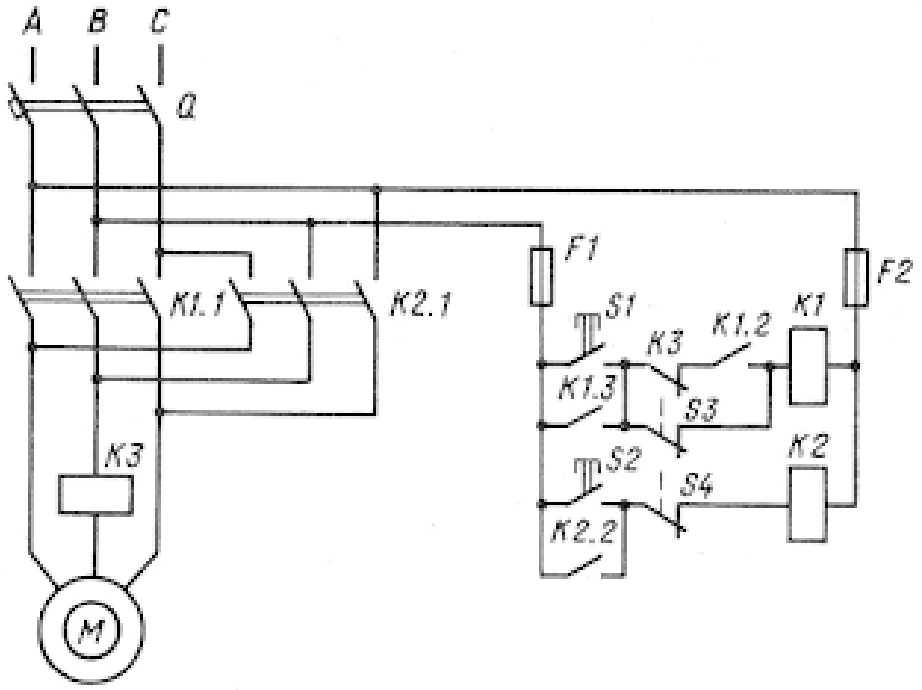

Рисунок 1.1 – Схема электропривода зажимного устройства

Для привода сверлильных станков применяют преимущественно асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Привод подачи осуществляется от двигателя шпинделя посредством механической или гидравлической передачи. Управление контакторное, с помощью кнопочного поста.

Наибольшую сложность представляет электропривод продольно-строгальных станков. Возвратно-поступательное движение рабочего органа вызывает необходимость дважды в течение цикла преодолевать инерцию системы при разгоне и торможении. В результате этого график нагрузки электродвигателя носит резко выраженный пиковый характер. С точки зрения увеличения производительности станка важное значение имеет время, в течение которого двигатель разгоняется и затормаживается [28].

Электропривод продольно-строгальных станков может быть осуществлен следующими способами: от нерегулируемого нереверсивного двигателя, реверс станка осуществляется механическим путем; от нерегулируемого нереверсивного асинхронного двигателя с электромагнитной муфтой; от реверсивного двигателя постоянного тока, управляемого по системе Г–Д.

В приводах с электромагнитными муфтами вследствие электромагнитной и механической инерции время реверса оказывалось значительным и в муфтах выделялось большое количество теплоты, поэтому такой привод рационально применять только для станков небольшой мощности. Получает распространение тиристорный реверсивный привод с широким регулированием частоты вращения электродвигателя.

Для обработки сложных поверхностей применяют копировальные станки. Принцип действия простейших станков показан на рисунке 1.2. Через шпиндель 3 пальцевой фрезы 2 обрабатывают заготовку 1. Фрезерный суппорт 4 жесткой связью 5 соединен с копировальной головкой 6. Шток 12 копировальной головки оканчивается копировальной насадкой 13, имеющей форму фрезы. Так как шток имеет сферическую опору, боковые давления на насадку преобразуются в вертикальные перемещения. На столе 15 вместе с

заготовкой расположен шаблон 14. Стол непрерывно перемещается с помощью привода 16. Другой привод 9 осуществляет вертикальное перемещение копировальной и фрезерной головок. При разомкнутом контакте 8 электродвигатель 11 посредством привода 9 приближает копировальный шток к шаблону. Когда контакт 8 замкнут, электромагнитный переключатель 10 реверсирует электродвигатель, и шток отводится от шаблона. Соприкасаясь с шаблоном, насадка 13 подается вверх, рычаг 7 поворачивается и замыкает контакт 8, копировальная головка начинает перемещаться вверх, контакт 8 размыкается, тогда копировальная насадка вновь приблизится к шаблону.

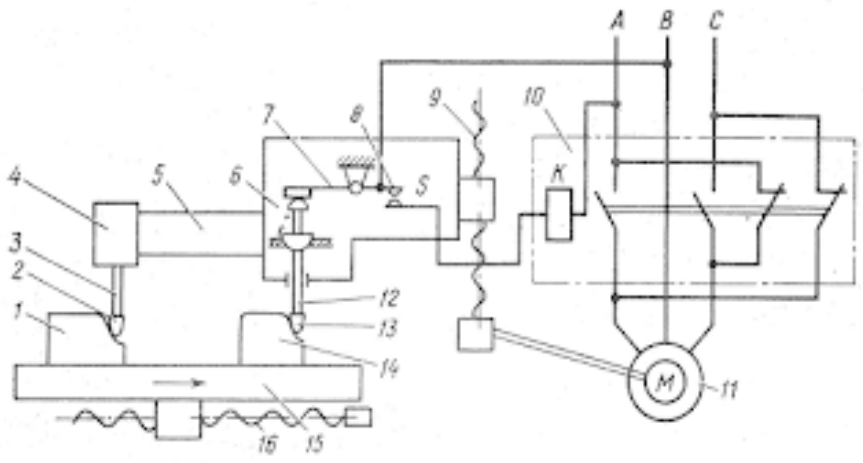

Рисунок 1.2 – Схема электрокопирования на токарно-фрезерном станке

В результате периодических подводов и отводов копировальной насадки при непрерывной ведущей подаче 16 копировальная насадка описывает относительно шаблона огибающую его пилообразную траекторию. Такую же траекторию относительно заготовки будет описывать фреза 2, жестко связанная с копировальной головкой 6.

Для бесступенчатого управления электрокопированием применяют индуктивные копировальные головки (рисунок 1.3). У такой головки каждому положению насадки соответствует определенное положение якоря 4, помещенного между сердечниками 2 и 6 с обмотками 1,3,5 и 7. Первичные

обмотки 1 и 7 соединены последовательно и включены в сеть переменного тока. Вторичные обмотки 3 и 5 включены встречно.

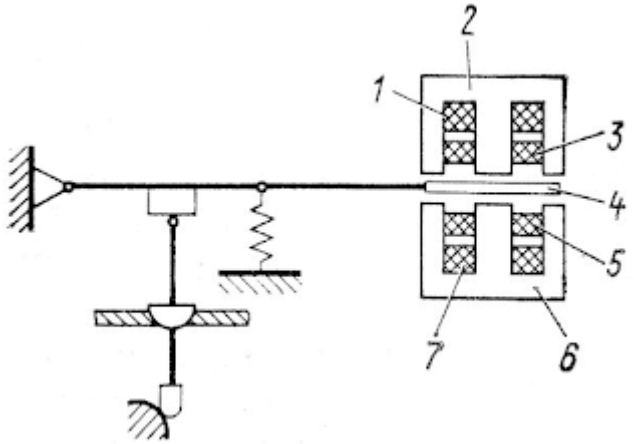

Рисунок 1.3 – Индукционная копировальная головка

Если якорь 4 находится в среднем положении, э. д. с. вторичных обмоток уравновешены, напряжения на выходе копировальной головки нет. Приближение якоря к одному из сердечников вызовет увеличение его магнитного потока и уменьшение магнитного потока другого. Возникнет разность ЭДС во вторичных обмотках сердечников, на выходе копировальной головки появится напряжение.

Системы с числовым программным управлением (ЧПУ) основаны на применении современных средств радиоэлектроники, бесконтактных логических элементов, интегральных схем, микропроцессоров.

Приводы станков с ЧПУ предназначены для осуществления движений: главного, подач и вспомогательных. Эти движения могут быть независимые и строго согласованные, определяющие простую или сложную разветвляющиеся структуры. Обобщенная структура привода металлорежущего станка с ЧПУ включает (рисунок 1.4):

1) двигатель (Дв) вращательного или поступательного действия;

2) звенья, устройства и механизмы передачи движения - передаточные механизмы (ПдМ);

3) звенья, устройства и механизмы преобразования движения - преобразовательные механизмы (ПрМ);

4) исполнительный рабочий орган (РО);

5) устройства управления (УУ), обеспечивающие включение, выключение, реверсирование, измерение и регулирование движения.

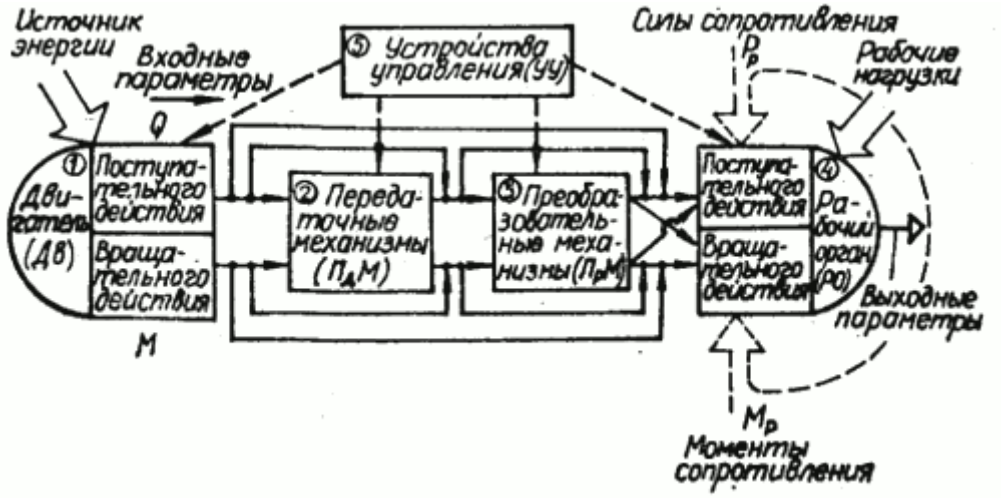

Рисунок 1.4 – Обобщенная структура привода металлорежущего станка с ЧПУ

Наиболее простой структура будет тогда, когда двигатель выполнен как одно целое с рабочим органом или непосредственно связан с ним. Примером могут служить шпиндельные модули фирмы «Fanuc» (Япония) (рисунок 1.5). Однако в большинстве случаев привод станка с ЧПУ имеет звенья для передачи, согласования и преобразования движения от двигателя к рабочему органу. Для приводов с вращательным главным движением рабочего органа могут быть зубчатые или ременные передачи, для приводов подач с поступательным движением – различные тяговые устройства.

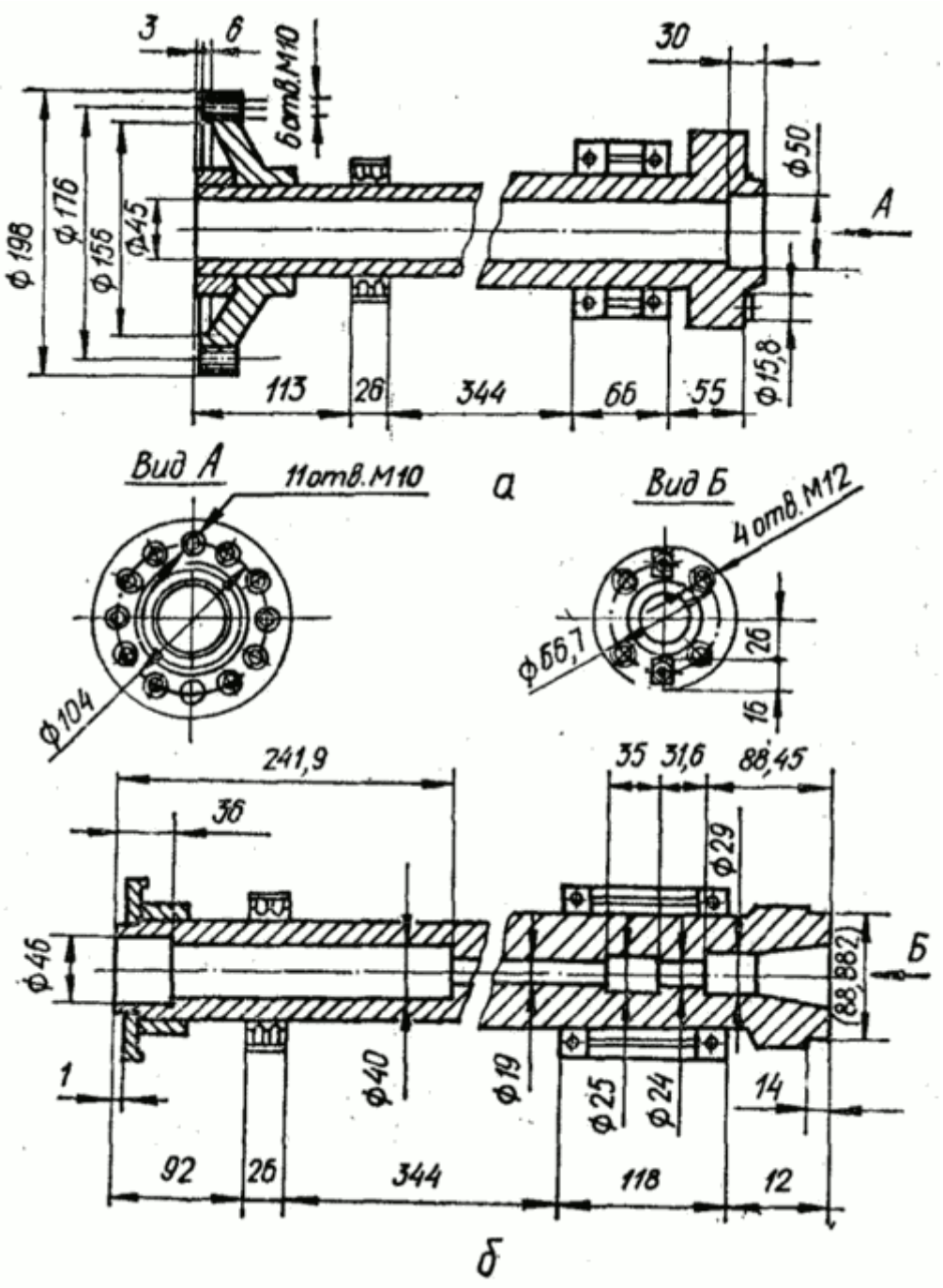

Рисунок 1.5 – Примеры модульных приводов главного движения фирмы «Fanuc», где шпиндель является ротором электродвигателя постоянного тока: α - для токарных станков; б - для многооперационных станков, обрабатывающих корпусные детали

Приводы большинства станков с ЧПУ должны обеспечивать обработку с постоянной мощностью в определенной части RN общего диапазона регулирования привода Rn, что зависит от диапазона размеров обрабатываемых

деталей и режимов резания. Для многих станков RN = 5...20 (иногда до 40), а общий диапазон регулирования привода зависит от его назначения: Для главного движения -4 ≤ Rn ≤ 100; для подач - 1,5 ≤ Rn ≤ 150. Если двигатель подач используется и как вспомогательный для быстрых перемещений, то диапазон может достичь Rn ≤ 3000.

Существует два типа систем ЧПУ: замкнутая и разомкнутая. Замкнутые системы ЧПУ с применением устройств путевого контроля (обратной связи) имеют повышенную точность и используются для автоматизации мощных станков, а также станков повышенной точности малых и средних размеров. Разомкнутые системы менее точны, но проще по конструкции, дешевле и имеют меньшие габаритные размеры.

По способу управления системы подразделяют на фазовые, частотные и импульсные.

На рисунке 1.6, а приведена структурная схема фазового управления замкнутой системой ЧПУ для одной из трех координат перемещения рабочего органа станка. На дорожках магнитной ленты нанесены записи синусоидальных напряжений. Напряжение сигнала, управляющего перемещением рабочего органа РО, подается с магнитной головки МГ1 через усилитель У1 на фазовый дискриминатор ФД. Одновременно магнитной головкой МГ2 считывается синусоидальное напряжение опорного сигнала, которое через усилитель У2 подается на входные обмотки вращающегося трансформатора Т, механически связанного с рабочим органом РО станка. Выходной сигнал трансформатора Т подается на второй вход фазового дискриминатора ФД. Фазовый дискриминатор вырабатывает сигнал, пропорциональный сдвигу фаз синусоидальных напряжений, поступивших с усилителя У1 и трансформатора Т.

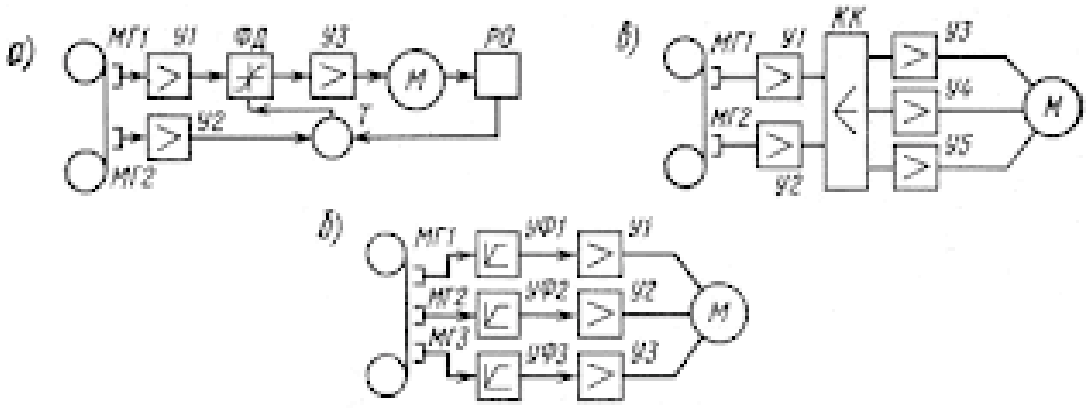

Рисунок 1.6 – Структурные схемы систем ЧПУ

Выходной сигнал фазового дискриминатора усиливается усилителем У3 и подается на двигатель М, который перемещает рабочий орган в сторону уменьшения рассогласования фаз.

Частотный способ управления применяют для разомкнутых систем ЧПУ (рисунок 1.6, б).

Магнитные головки МГ1-МГ3 считывают с магнитной ленты синусоидальное напряжение и подают его в соответствующий усилитель-формирователь прямоугольных импульсов УФ1-УФ3. Прямоугольные импульсы напряжения усиливаются усилителем мощности У1-У3 и подаются на фазовые обмотки шагового двигателя. Число поданных импульсов определяет значение, а частота их – скорость перемещения.

Импульсный способ управления используют также для разомкнутых систем ЧПУ (рисунок 1.6, в). В этом случае на магнитной ленте записывают импульсы, которые считывает магнитная головка МГ1. Импульсы усиливает усилитель У1 и направляет в кольцевой коммутатор КК. В коммутаторе КК импульсы распределяются по трем обмоткам шагового двигателя М, пройдя усилители мощности У3-У5. Для перемещения рабочего органа в обратную сторону предусмотрены магнитная головка МГ2 и усилитель У2.

Входными параметрами приводов станков являются характеристики двигателя: мощность, моменты (номинальный, пусковой и максимальный), тяговое усиление, момент инерции ротора, частота (номинальная и

максимальная), скорость, максимальное ускорение, постоянные времени (электромагнитная и электромеханическая) и др. Среди них основными являются силовые и скоростные параметры [31].

Характеристики передаточных механизмов выражаются Кинематическими (передаточные отношения, диапазон регулирования частот или подач) и силовыми (КПД, соотношения сил, моментов, мощностей на входе и выходе) зависимостями.

Характеристики преобразовательных механизмов выражаются формулами преобразования (частот вращения в линейные скорости перемещения и наоборот, моментов в силы и наоборот) с учетом передаточных отношений и КПД.

Электродвигатели станков с ЧПУ должны обладать большим быстродействием, т. е. большим вращающим моментом при малом моменте инерции. К таким машинам относятся двигатели постоянного тока с гладким (беспазовым) якорем, имеющим малый диаметр и большую длину. На поверхности якоря укладывают многослойную обмотку, залитую эпоксидной смолой с ферромагнитным наполнителем.

Двигатель имеет большой воздушный зазор, что улучшает охлаждение якоря. Отсутствие пазов позволяет увеличить магнитный поток двигателя. Увеличение магнитного потока и улучшение охлаждения позволяют повысить максимальный момент двигателя примерно в 4 раза по сравнению с двигателем обычной конструкции. Промышленность выпускает двигатели с гладким якорем мощностью от 90 Вт до 6 кВт.

Для разомкнутых систем применяют шаговые двигатели, у которых угол поворота ротора при подаче управляющего импульса дозирован. Это позволяет подавать импульсы программы непосредственно на двигатели без проверки их исполнения (без обратной связи).

Статор 1 реактивного шагового электродвигателя (рисунок 1.7) выполнен из листовой стали, имеет шесть зубчатых полюсных выступов 2. Зубцы 5 каждого выступа смещены относительно зубцов соседнего на 1/3 шага. Каждая

из трех обмоток 4 статора размещена на двух противоположных полюсных выступах. При поочередном включении обмоток статора ось результирующего магнитного потока статора смещается на 1/3 зубцового шага. Воздействием магнитного поля ротор 3 также смещается на 1/3 шага. Часто включают попеременно то одну, то две обмотки одновременно. При такой схеме шаг уменьшается вдвое.

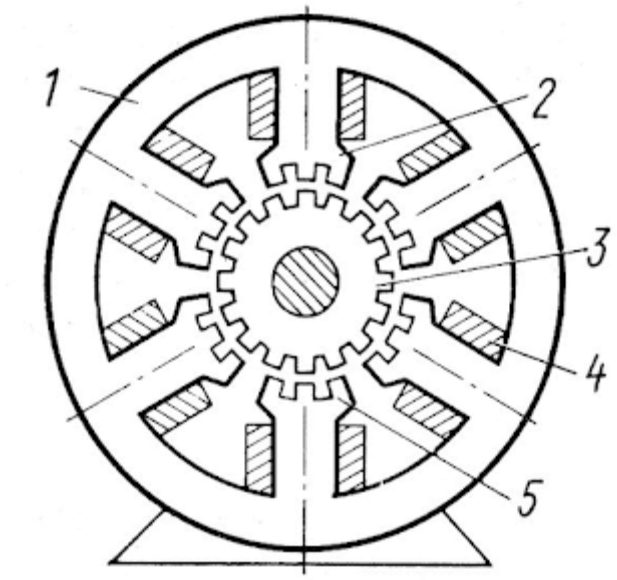

Рисунок 1.7 – Шаговый двигатель

Шаговые двигатели имеют незначительный вращающий момент, поэтому их используют совместно с гидроусилителями. Имеются также силовые шаговые двигатели, развивающие на валу значительные моменты и не требующие применения гидроусилителей.

Применение ЭВМ обеспечивает возможность различного вида коррекции программы, вводимые вручную с панели управления, необходимые для компенсации неучтенных факторов при подготовке программы. Коррекции могут быть введены по результатам обработки первой детали без изменения самой программы.

1.2 Особенности организации систем управления приводами станков

В настоящее время существует множество производителей различных видов высокоточного оборудования, фрезерных, токарных и различных других станков и целых комплексов.

Активность развития области станкостроения, связана и вызвана тем, что появляется множество различных механизмов, деталей, узлов, в различных областях, в которых предъявляются различные требования как к точности, качеству, так и к скорости изготовления и минимизации использования участия человека в производстве.

К современным станкам и комплексам предъявляют различные эксплуатационные свойства, такие как: простота и быстрота обслуживания и надежность эксплуатации, высокий уровень точности и производительности, удобность в использовании, быстрота и удобность манипулирования и автоматизации. Все эти свойства зависят от того насколько качественно, удобно, и удачно разработана система управления тем или иным станком или автоматическим центром [34].

В современных системах управления станком применяют множество различных устройств, которые выполняют различные заданные им функции и совместные комбинации. К данным устройствам можно отнести гидравлические, электрические, пневматические, механические, электронные. Они могут работать как независимо друг от друга так и сообща.

В последние годы появляется множество различных станков с числовым программным управлением и большинство из них осуществляют свою работу, используя различные виды работы станка, которые осуществляются по определенному закону или системе.

Одной из важнейших целей на сегодняшний день является уменьшение числа органов станка, которое можно значительно сократить используя объединение функций однотипных, а так же различных механизмов, приводя их в действие, к примеру, одним маховиком или рукояткой, а не несколькими.

Все современные системы управления механизмами станка состоят из следующего стандартного для всех ряда:

– управляющего органа - это орган, который действует непосредственно под воздействием на него оператора, с помощью руки или ноги, от кулачков или упоров, в некоторых случаях копира. Данный орган может представлять собой кнопку, концевой выключатель, рукоятку, маховик, рычаг;

– передающего органа – он может представлять собой как пневматическую, так и гидравлическую передачу, а так же механическую, электронную или электрическую.

– исполнительного механизма - который может представлять собой различные виды вилок, реек, рычагов;

Все элементы и узлы станка совершенствуются с целью ускорения развития предприятий и производств страны на базе научно-технического прогресса.

Самые первые металлорежущие станки, так называемые станки первого поколения, имели программное управление, построенное по принципу циклового программного управления. Идея заключалась в том, чтобы выполнять обработку определенными, отдельными циклами, каждый из которых соответствовал одному конкретному переходу. Цикловое программное управление могло позволить полностью или частично запрограммировать станок на определенный цикл работы, смену инструмента, смену режима и скоростей обработки, а также задавать скорости и величины перемещений различных узлов станка и исполнительного органа.

Цикл работы станка – это сумма всех возможных движений и перемещений в работе станка, которые необходимы для обработки деталей, а также заготовок по определенному циклу или последовательности. В некоторых станках, в которых используется система циклового программного управления не представляется возможным запрограммировать режимы резания, поэтому их приходится изменять вручную непосредственно оператору, а в

некоторых случаях может вообще отсутствовать автоматическая смена инструмента.

Системы циклового программного управления, как правило, представляют собой замкнутые системы, которые построены на аналоговом принципе управления различными величинами исполнительных органов станка и их позиционировании. Данные системы могут быть достаточно гибкими в реализации различных способов управления циклами обработки.

Системы цикловых программных управлений могут позволить быстро и легко изменить последовательность и схему выключения/включения различной аппаратуры, такой как электронная, электрическая, пневматическая и гидравлическая и так далее, управляющей элементами цикла. Схема циклового программного управления, как правило, должна включать в себя следующие элементы, такие как: исполнительное устройство, программаторы циклов, устройства обратной связи, а так же схема автоматики [35].

У станков с цикловым программным управлением есть ряд преимуществ, которые делают их применение актуальным в серийном, крупносерийном, а также в массовом производстве. К преимуществам можно отнести следующее: они достаточно простые и дешевые, для работы на них и при их обслуживании не требуется персонал с большим опытом работы и высокой квалификацией.

Системы с цикловым программным управлением применяются на различном оборудовании, например, на токарных станках, токарно-копировальных, токарно-револьверных, лоботокарных, фрезерных, фрезерно-копировальных, вертикально-сверлильных, а также на других типах станков. Также использование систем циклового программного управления можно увидеть при использовании на промышленных роботах, в автоматических машинах, и агрегатных станках. Системы циклового программного управления применяются преимущественно в станках токарной группы (приблизительно семьдесят процентов), в станках фрезерной группы (двадцать пять процентов), остальные пять приходятся на все остальные группы.

На мой взгляд создание и использование систем с цикловым программным управлением было отправной точкой, следующим шагом в создании систем с числовым программным управлением, которые на сегодняшний день являются актуальными, широко применяются, создаются и постоянно совершенствуются.

Современное производство, а, тем более, машиностроение, тяжело представить без универсальных станков, станков с ЧПУ, автоматизированных линий, промышленных роботов, станочных комплексов и различного автоматизированного и автоматического оборудования.

В свою очередь, любое оборудование на предприятиях, как правило, оснащено, как минимум, одним электрическим приводом. Электрический привод представляет собой целую электромеханическую систему, которая создавалась и была предназначена для того, чтобы преобразовывать электрическую энергию в механическую, а также обратно, и управления этим процессом.

Долговечность и производительность работы современных электроприводов во многом зависит от правильности выбора электрического двигателя. Это, в свою очередь, должно обеспечить бесперебойную, надежную и долговечную эксплуатацию электропривода и его эффективность при использовании на различных видах производства, а также в строительной области, области автостроения и многих других областях.

На сегодняшний день на отечественных станках преимущественно установлены двигатели постоянного тока. Они имеют ряд преимуществ, таких как, неприхотливость в эксплуатации и относительно высокая надежность. Однако, данные преимущества нельзя отнести к их изнашивающимся частям, таким как, щёточки, которые требуют регулярного обслуживания и контроля со стороны обслуживающего персонала.

Но, в то же время, настройка приводов постоянного тока является очень сложной операцией и без высококвалифицированного специалиста не представляется возможной. И, если такой специалист по какой либо причине на

производстве отсутствует, к примеру, в командировке, отпуске, заболел, уволился, то оборудование на котором произошел сбой, несет значительные убытки предприятию, а связанно это с тем, что оборудование простаивает, и вместо прибыли приносит убытки.

В настоящее время выбор электроприводов очень разнообразен, на рынке можно насчитать не менее ста производителей станочных приводов. Какого выбрать производителя и какой выбрать электропривод решать нам, но при выборе привода для производственного оборудования нужно отталкиваться и руководствоваться следующими рекомендациями [36].

Во-первых выбор электрического двигателя должен быть экономически обоснован, то есть он должен быть экономичным, надежным, простым и удобным в эксплуатации и ремонте. Также не следуют выбирать двигатель с большим запасом мощности, если этого не требуется для обеспечения работы режимов оборудования, так как это значительно увеличивает его цену и габаритные размеры.

Во-вторых двигатель выбирается исходя из номенклатуры проводимых работ, выбор будет осуществляется по роду тока, по максимально вырабатываемой мощности, по частотам вращения, по способности работать в различных экстремальных условиях и перегрузках, различных регулировочных, пусковых и тормозных свойств. Также важную роль играет габаритный размер двигателя и его техническое исполнение, крепление, способ монтажа.

В третьих электродвигатель выбирается исходя из условий окружающей среды в которой он будет работать, а также исходя из требований безопасности работы для рабочего персонала.

Прогресс не стоит на месте, и это привело к созданию микроконтроллеров, однокристальных электронно-вычислительных машин, из которых и состоит программируемое ядро станков с числовым программным управлением. В свою очередь это дало возможность сейчас управлять автоматически множеством технологических и геометрических операций. А

также это позволило осуществлять непосредственное прямое управление системой электроприводов и всей автоматикой.

В приводах для станков с числовым программным управление используют синхронные или асинхронные двигатели. Синхронные двигатели получили наибольшее распространение и применение нежели асинхронные. Так как в приводе главного движения для станков с числовым программным управление для передачи больших мощностей используют двигатели переменного тока, а для передачи меньших мощностей двигатели постоянного тока.

Широкое применение нашли двигатели трехфазные четырех полостные так как они способны работать при значительном наличии в окружающей среде металлической и неметаллической пыли, стружки, различных масел, и тому подобное, а самое главное они способны воспринимать большие перегрузки.

На сегодняшний день приводы в большинстве своем исполняют на базе, зарекомендовавших себя, надежных электродвигателей переменного тока с частотным управлением, которое осуществляется по средствам цифрового регулирования. Почти каждая типовая схема электропривода оснащается следующими функциональными блоками, такими как [38]:

– силовой преобразователь частоты, который служит для преобразования электроэнергии промышленной сети в ток с трехфазным напряжением питания электродвигателя, с необходимой частотой в герцах, и амплитудой;

– микроконтроллер задачей которого является управление устройством и он же формирует задания.

В Современных станках электропривод главного движения обеспечивает заданное усилие резанья при установленных режимах обработки, таких как скорость вращения, поэтому приоритетной задачей для него ставится поддержание постоянной мощности. Необходимый диапазон в котором происходит регулирование зависит от множества факторов таких как диаметры обрабатываемых заготовок, используемых инструментов, различных механических свойств обрабатываемых материалов и множество других.

В свою очередь современные станки с числовым программным управлением способны выполнять сложные операции и функции такие как нарезание метрической, трапецеидальной, питчевой, и других видов резьб, выполнение совмещенных функций, к примеру на токарном центре функции фрезерования. Это подводит нас к тому что привод должен быть способен обеспечить очень большой диапазон в котором возможно регулировать его скорость, а так же возможно применение реверсного привода.

В современных многооперационных станках и центрах диапазоны изменения скорости могут составлять тысячи и больше. К таким приводам предъявляется ряд основных требований таких как:

– максимально возможная максимальная скорость;

– способность работать при больших перегрузках;

– большой диапазон в котором возможно регулирование скорости;

– высокая точность при позиционировании, максимально возможное быстродействие при резком разгоне, а так же торможении;

– стабильная работа при изменениях температуры окружающей среды.

Всем перечисленным требованиям способствует разработка адаптируемой системы автоматического управления.

Во всех современных станках с числовым программным управлением используется большое количество различных датчиков, каждый из которых отвечает за работу определенных узлов и агрегатов. Благодаря этому они имеют огромное количество преимуществ перед обычными станками, это позволяет автоматизировать как управление станком так и производство. В данном докладе я рассмотрю несколько видов датчиков таких как:

Бесконтактный фото датчик – принципом работы данного датчика заключается в том что, датчик состоит из двух частей таких как источник светового луча и фотоприемника. Он приходит в действие когда двумя этими частями будет находится какой-либо предмет. С его помощью контролируют перемещение деталей и их наличие или отсутствие.

Датчик определения угла поворота – данный датчик состоит из двух частей, светового луча и диска с отверстиями играющего роль фотоприемника, принципом работы данного датчика является то, что он срабатывает когда лучи проходят через отверстия на диске. С его помощью определяют угол наклона валов.

Концевые датчики – принцип работы данного датчика заключается в том, что он срабатывает когда какой-то предмет касается его поверхности. Данные датчики используются для того чтобы иметь возможность проконтролировать близость заготовки или движущихся частей станка, по отношению к другим конструкциям и во избежание аварийных ситуаций.

Датчики положения инструментов - принцип его работы заключается в следующем, он срабатывает , когда касается поверхности. Он используется для поиска и настройки режущего инструмента.

Датчик высоты – по принципу схож с датчиком положения инструментов, но используется он для поиска граней обрабатываемой детали. Крепится к подвижной оси Z.

Так же существуют датчики для измерения уровня масла, контроля температуры в зоне резанья и окружающей среды, а так же есть датчики которые контролируют температуру исполнительных органов.

Для управления двигателями станков применяется аппаратура ручного дистанционного и автоматического управления. В качестве аппаратов ручного управления применяют кнопочные и пакетные выключатели и переключатели, а также при недостаточной мощности пакетного переключателя используют кулачковые контроллеры. При дистанционном и автоматическом управлении широкое распространение получили реле и контакторы. В ряде случаев на станках для ограничения предельных перемещений используют путевые и конечные выключатели.

Для управления гидравлическими и пневматическими механизмами станков служат однофазные электромагниты. Их применяют также для

управления механическими тормозами, устанавливаемыми на некоторых станках.

Для механического соединения, реверса и регулирования частоты вращения рабочих органов станков предназначены электромагнитные муфты. Они могут быть фрикционными, скольжения и порошковыми.

Фрикционная электромагнитная муфта приведена на рисунок 1.8.

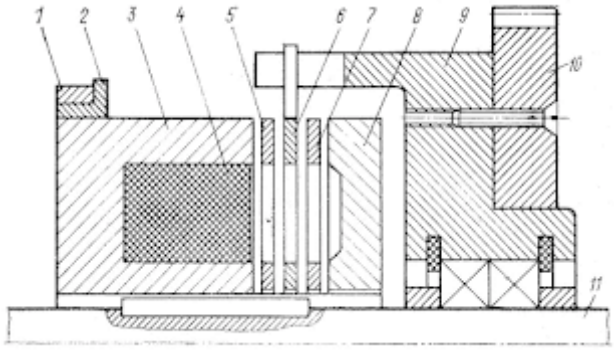

Рисунок 1.8 – Фрикционная муфта

Один вывод катушки 4, размещенной внутри кольцевого сердечника 3, соединен с корпусом, а другой – с кольцевым контактом 1, отделенном от корпуса изолирующим кольцом 2. При пропускании тока через катушку якорь 8 притягивается к сердечнику 3. Ведущие диски 5 и 7 сжимаются с ведомым диском 6. Вращающий момент с диска 6 передается поводком 9 зубчатому колесу 10. При отключении тока якорь отталкивается сжатыми дисками 5, 6 и 7, и муфта расцепляет вал 11 и зубчатое колесо 10.

Принцип действия муфт скольжения аналогичен принципу действия асинхронного электродвигателя. Муфта состоит из двух частей, в одной из которых заложена обмотка постоянного тока. При вращении этой части создается вращающееся магнитное поле. Последнее индуцирует в ведомой части вихревые токи, которая приходит во вращение, так же как и ротор асинхронного электродвигателя.

В станкостроении широко применяют электромагнитные порошковые муфты, принцип действия которых основан на явлении увеличения вязкости

жидкого или твердого магнитодиэлектрика при воздействии на него магнитного поля. У этих муфт зазор между сцепляющимися поверхностями заполняется текучими или сыпучими смесями, главной составной частью которых являются железные порошки. В магнитном поле такая смесь превращается в пластический слой, сцепляющий между собой полумуфты и создающий значительное сопротивление их относительному перемещению.

Электромагнитные порошковые муфты могут работать в режимах сцепления и скольжения, создавая при этом момент, практически не зависящий от частоты вращения.

Для магнитных смесей употребляют порошки из карбонильного железа или обычный железный порошок, полученный распылением жидкого металла. Средний диаметр частиц порошка 4–10 мкм. Частицы порошка должны быть разделены средой, защищающей их от механического разрушения и окисления. Обычно такой средой является маловязкое масло типа трансформаторного. Содержание порошка в смеси составляет 0,3–0,45 по объему. В муфтах с жидкой смесью необходимо устанавливать уплотняющие устройства, предотвращающие вытекание смеси.

Основным недостатком порошковых муфт является старение магнитной смеси, проявляющееся в уменьшении ее подвижности, поэтому требуется регулярно заменять смесь. При эксплуатации муфты также вызывает затруднение поддержание необходимой герметичности полости, заполненной смесью [33].

Порошковые муфты применяют в тех случаях, когда использование фрикционных невозможно.

Для закрепления деталей на шлифовальных станках нашли широкое распространение электромагнитные плиты. Вращающиеся плиты называют электромагнитными столами. Электромагнитное закрепление имеет ряд преимуществ перед механическим: можно сразу закрепить много однотипных деталей, расположенных на поверхности плиты; быстро закрепить крупную деталь, которую при механическом способе крепления необходимо зажимать во

многих точках; можно обрабатывать деталь сразу со всех сторон, кроме плоскости прилегания ее к поверхности плиты.

Для питания плиты применяют постоянный ток напряжением 24–220 В. Питание переменным током невозможно из-за сильного размагничивающего и нагревающего действия вихревых токов.

Электромагнитная плита (рисунок 1.9, а) состоит из стального корпуса 1, в котором установлены сердечники электромагнитов 3, отделенных от него немагнитными прослойками 4. При пропускании постоянного тока через катушки электромагнитов 2 обрабатываемая деталь 5, перекрывающая оба полюса электромагнита 3, замыкает магнитную цепь, показанную штриховой линией, и притягивается к поверхности плиты. Немагнитные прослойки изготавливают из сплава свинца и сурьмы, оловянных сплавов, бронзы и др.

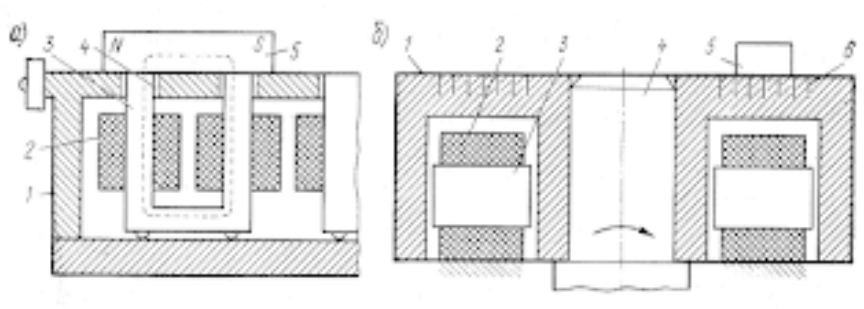

Рисунок 1.9 – Электромагнитные закрепляющие устройства

Корпус стола 1 с неподвижными электромагнитами (рисунок 1.9, б) вращается на валу 4 над неподвижными относительно станины станка электромагнитами 3, расположенными по окружности. Когда через обмотку электромагнита 2 протекает постоянный ток, магнитный поток замыкается через обрабатываемую деталь 5, перекрывающую одну или несколько немагнитных прослоек 6, обеспечивая ее притяжение.

Электромагнитный стол, кроме несквозных концентрических немагнитных прослоек 6, имеет сквозные радиальные прослойки, разделяя рабочую поверхность стола на секторы (на рисунок 1.7, б не показаны). Если электромагниты 3 расположить не по всей окружности стола, то образуется

сектор, на котором детали не будут притягиваться и могут быть легко сняты со стола. Вал 4 для исключения возможности замыкания через него магнитного поля изготавливают из немагнитного материала.

Сила притяжения плиты зависит от материала, размеров и конфигурации обрабатываемой детали, а также от ее конструкции. Удельная сила притяжения современных плит колеблется в пределах 20 - 130 Н/см^2.

При регулировании частоты вращения двигателя изменяется развиваемый им момент Мд, и отдаваемая мощность Nд, (рисунок 1.10). В диапазоне от минимальной частоты n min до номинальной nн (зона I) крутящий момент Мд = const, а мощность Nд изменяется (Nд = var). В диапазоне от nн до максимальной частоты n max (зона II) регулирование происходит при Nд = const и изменяющемся моменте Мд (Мд = var). В зоне III регулирование возможно до n`max, но происходит дальнейшее снижение момента и и мощности Nд.

Различают три способа регулирования: при Мд = const (зона I), при Nд = const (зона II), двухзонное (зоны I и II). Работа в зоне III позволяет полнее использовать возможности электропривода, так как в большинстве станков на механизмах главного движения при максимальных частотах шпинделя во время обработки происходит снижение требуемых момента и мощности привода станка с ЧПУ.

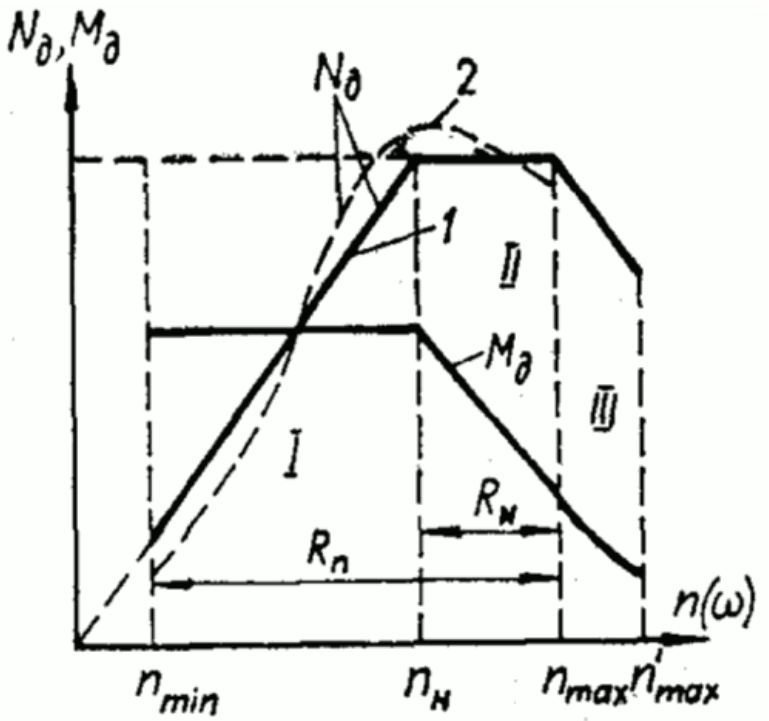

Рисунок 1.10 – Графики изменения мощности привода станка с ЧПУ: 1 - при регулировании двигателя постоянного тока; 2 - требуемой для эффективного резания (среднестатистический)

Для увеличения диапазона частот, в котором мощность постоянная по сравнению с диапазоном, обеспечиваемым регулируемым двигателем, используются коробки передач ступенчатого регулирования.

1.3 Исследование общей характеристики и особенностей работы приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1

В данной выпускной квалификационной работе исследуется станок с ЧПУ модели 16К20Т1.

Класс точности - П, шероховатость обработанной поверхности до R_a 1,25 мкм.

Общий вид исследуемого токарного станка с ЧПУ модели 16К20Т1 приведен на рисунке 1.11.

Главное движение – вращение шпинделя – осуществляется от частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя с диапазоном регулирования постоянной мощности (N= 10квт) и частот вращения (1500 - 4500 об/мин).

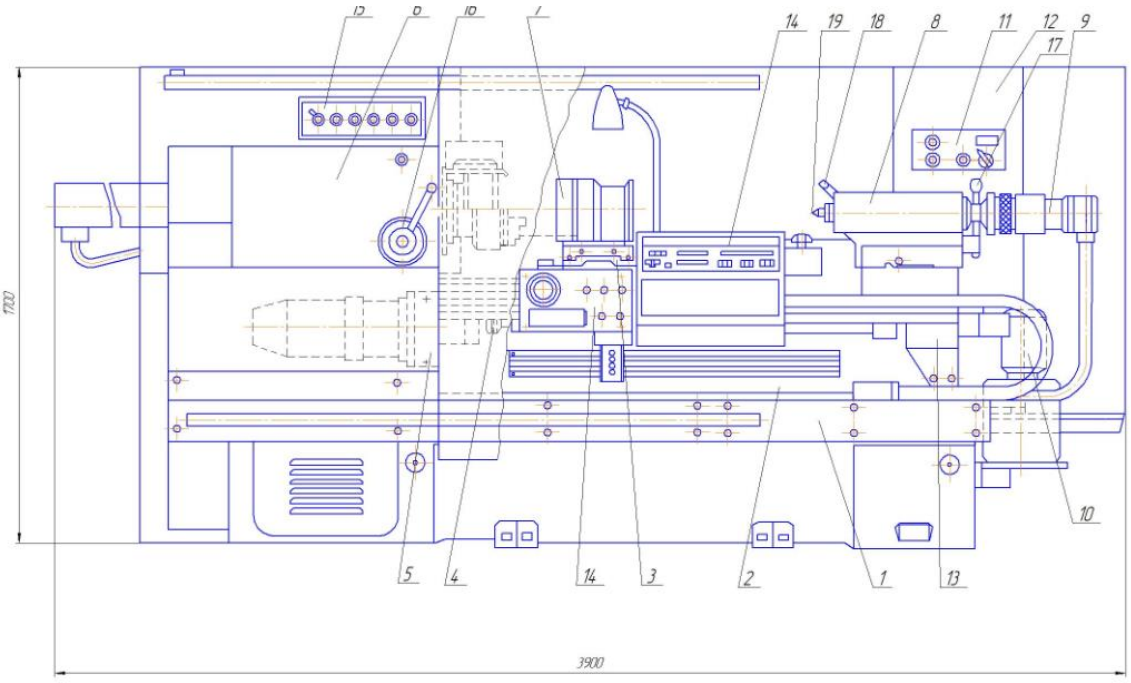

Рисунок 1.11 – Общий вид исследуемого токарного станка с ЧПУ модели 16К20Т1

Технические характеристики токарного станка с ЧПУ модели 16К20Т1 приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики станка

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	200
Наибольшая длина установленного в центрах изделия, мм	1000
Наибольшая длина обработки, мм	905
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	53
Частота вращения шпинделя (бесступенчатое регулирование), мин-1	20-2240

Пределы частот вращения шпинделя, устанавливаемые вручную, мин-1	
1 диапазон	20-235
2 диапазон	63-900

В конструкции станка предусмотрены опоры, для установки заднего центра на направляющие. Опоры располагаются за шпинделем станка и имеют 6 отверстий с резьбой для винтовых соединений. Данная конструкция используется для установки фрезерной части.

Конструкция состоит из несущего элемента, на котором должны быть установлены стандартные направляющие качения нижней каретки. Она будет перемещаться вдоль всей рабочей зоны станка с помощью винтовых передач и электроприводов с редукторами. Нижняя каретка является основой для поперечной направляющей, по которой будет перемещаться верхняя каретка перпендикулярно оси заготовки. Привод ее движения осуществляется по такому же принципу. На верхней каретке также должен располагаться шпиндель, движение «вверх-вниз» которого обеспечивается посредством червячного редуктора.

Каретки перемещаются по направляющим качения. Направляющие качения – это узлы, предназначенные для перемещения инструмента, заготовки и связанных с ними узлов по заданной траектории с требуемой точностью. В настоящее время при конструировании и строительстве станков с ЧПУ применяются несколько основных видов направляющих.

Несущий элемент должен обеспечивать жесткость всей конструкции и необходимый диапазон перемещений исполнительного органа. Опорная поверхность несущего элемента будет располагаться с наклоном к оси шпинделя, что позволит расширить рабочее пространство и придать конструкции необходимую жесткость.

Управление станком осуществляется посредством системы «Электроники НЦ-31». Станок оснащен следящими электроприводами подач: источниками

движения являются двигатели постоянного тока; обратная связь выполнена на базе датчиков фотоимпульсного типа.

Оперативное управление обеспечивает ввод и редактирование управляющей программы с помощью клавиатуры пульта, а также возможность передачи программы в кассету внешней памяти для хранения вне станка. На УЧПУ «Электроника НЦ-31» программа визуализируется на лампах цифровой индикации.

1.4 Обоснование необходимости модернизации электропривода токарного станка с ЧПУ модели 16К20Т1 и формирование технических требований к модернизации

Причины модернизации исследуемого станка:

– точностные характеристики станка не обеспечивают изготовление продукции в соответствии с технической документацией;

– отказы в работе оборудования электропривода станка;

– износ механических узлов станка и стола, разъедание изоляции кабеля питания у двигателя вращения шпинделя, работающего в условиях масляного тумана.

В соответствии с требованиями технологического процесса и режима работы плоско-шлифовального станка необходимо обеспечивать качественные технические показатели работы оборудования, возможность технической переналадки. В ходе модернизации электропривода станка необходимо обеспечить следующие требования:

- широкий диапазон регулирования скорости движения;
- плавность и точность регулирования скорости требуемом диапазоне;
- получение качественных характеристик регулируемых координат;
- высокое быстродействие, устойчивость, стабильность при регулировании, получение жестких механических характеристик;

– система управления электроприводом должна выполняться на типовой унифицированной элементной базе, содержащей современной аналоговой и дискретной элементы и устройства управления;

– снижение потерь электроэнергии в установившемся режиме и переходных ремонтных режимах работы привода;

– повышение энергетических показателей работы электропривода;

– повышение эксплуатационной готовности электропривода;

– увеличение времени наработки до отказа, сокращение времени обнаружения неисправностей за счет использования средств контроля и диагностики.

Кроме этого, предполагается повысить качество и скорость шлифовки после модернизации.

Исходя из вышеуказанных технических требований, в проекте предусматривается разработка системы регулируемого электропривода с частотным преобразователем, позволяющим обеспечить необходимые качественные показатели. Вышеизложенные требования, предъявляемые в системе управления в электроприводе, найдут своё отражение при проектировании.

Основными технологическими требованиями являются обеспечение:

– самого широкого круга технологических режимов обработки с использованием современного режущего инструмента;

– максимальной производительности;

– наибольшей точности обработки;

– высокой чистоты обрабатываемой поверхности;

– высокой степени повторяемости (стабильности) размеров деталей в обрабатываемой партии.

Удовлетворение всем этим и другим требованиям зависит от характеристик станка и режущего инструмента, мощности главного привода и электромеханических свойств приводов подач и систем управления.

Расширение технологических возможностей и, в первую очередь, многооперационных, а также освоение нового твердосплавного и быстрорежущего инструмента обеспечили возможность проведения на одном станке различных технологических операций: фрезерование, сверление, растачивание и т.д. Это в свою очередь привело к усложнению приводов подач, вследствие увеличения вращающегося момента на валу двигателя, расширения диапазона рабочих подач и установочных перемещений, увеличения быстродействия привода, как при управляющем воздействии, так и при возмущении по нагрузке.

В последнее время конструкция станков претерпела существенные изменения, вследствие значительного сокращения механической части привода подач.

Исключение коробки передач привело не только к сокращению механической части привода, но также к повышению коэффициента полезного действия и снижению момента инерции электромеханического привода. В связи с этим снизилась нагрузка на двигатель при холостых перемещениях и возросла составляющая от резания в общей нагрузке приводов подач. В большинстве современных станков средних размеров нагрузка на двигатель при рабочих подачах без резания составляет не более 20 – 30 % от номинальной.

Скорость быстрых перемещений зависит от характеристик механической части привода, дискретности управления, максимальной частоты вращения приводного электрического двигателя, коэффициента усиления по скорости следящего привода и максимального значения ошибки, запоминаемой системой числового программного управления.

Таким образом, основные требования, предъявляемые к современным станочным электроприводам следующие:

– минимальные габариты электрических двигателей при высоком вращающем моменте;

– высокая максимальная скорость;

– значительная нагрузочная способность в режиме кратковременной и повторной кратковременной нагрузке;

– широкий диапазон регулирования;

– высокая стабильность характеристик и, в первую очередь усилителей и тахогенератора;

– высокое быстродействие при апериодическом характере переходных процессов разгона и торможения;

– высокое быстродействие при набросе и сбросе нагрузки и при реверсе под нагрузкой на самых малых частотах вращения;

– высокая равномерность движения при различной нагрузке на всех скоростях, вплоть до самых малых;

– высокая надежность и ремонтопригодность;

– удобство конструктивной установки двигателя на станке и встройки преобразователей в шкафы и ниши станков;

– малые габаритные размеры и расход активных материалов;

– небольшой расход дефицитных материалов;

– простота наладки, ремонта и эксплуатации;

– высокая унификация узлов отдельных элементов;

– высокая экономичность и малая стоимость.

Как видно из перечисленных требований совмещение всех их в одном устройстве принципиально не возможно. Поэтому при проектировании и применении станочных приводов в каждом конкретном случае удовлетворение одним требованиям достигается в ущерб другим.

Основными недостатками привода являются: низкие динамические показатели.

Основные свойства и технические характеристики оборудования, прошедшего модернизацию, должны быть не ниже указанных в паспорте плоскошлифовального станка и соответствовать требованиям:

– ГОСТ 273-90 Станки плоскошлифовальные с крестовым столом и горизонтальным шпинделем. Основные размеры. Нормы точности;

– ГОСТ 13135-90 СТАНКИ ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЕ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМ СТОЛОМ. Основные размеры. Нормы точности;

– ГОСТ 2789-73 ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ Параметры и характеристики;

– ГОСТ 12.2.009-99 Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности;

– ГОСТ Р МЭК 60204-1-2007 Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Общие требования.

В данной работе в качестве направления модернизации электропривода исследуемого станка предлагается рассмотреть вопрос автоматизированного регулирования и применения частотно-регулируемого электропривода, что значительно повышает эффективность технологических процессов, увеличивает долговечность механического оборудования, а также позволяет снизить расход электроэнергии на 40-60%. При использовании систем с частотными преобразователями наблюдается увеличение эффективности работы электродвигателей, что в свою очередь положительно сказывается на уровне оптимизации технологических процессов.

В настоящее время к системам регулируемого электропривода предъявляется множество различных требований. Однако основными являются: высокий уровень точности позиционирования исполнительных механизмов, а также плавность изменения оборотов вращения. Предъявляемым требованиям соответствует большинство двигателей, которые работают от постоянного тока. Однако они имеют ряд недостатков, которые связаны с необходимостью постоянного технического обслуживания.

Один из способов регулирования скорости асинхронных двигателей, который в настоящее время имеет широкое применение – преобразование частоты.

Частотный преобразователь – современное высокотехнологичное устройство с микропроцессорным управлением, множеством функций и гибкими настройками [8].

Помимо опций и функционала, преобразователь частоты должен соответствовать мощностным характеристикам управляемого привода.

В классической станочной системе без ПЧ электродвигатель работает на максимальных оборотах, управление осуществляется с помощью реле или же вручную.

В состав систем частотного преобразования входят микропроцессоры с обратной связью. За счет применения таких микропроцессоров обеспечивается плавная управление режимами работы оборудования.

Преимущества управления с преобразователем частоты:

– экономия электроэнергии (до 30–40%);

– продлен ресурс электродвигателя;

– снижен уровень шума.

Схемы, имеющие в своем составе частотные преобразователи, характеризуются следующими недостатками:

– относительно высокая себестоимость;

– необходимость привлечение квалифицированного персонала для установки, запуска и отладки такого оборудования.

Необходимость проведения комплекса мероприятий по модернизации существующей системы объясняется следующим:

– наличие большого простоя оборудования вследствие его физического и морального износа, что является причиной систематического выхода из строя;

– низкая скорость и эффективность управления технологическим оборудованием, что негативно сказывается на общем уровне эффективности производственных процессов;

– высокая степень зависимости качества выполняемой работы от уровня квалификации и опыта исполнителя;

– оптимизация процессов выявления и устранения возникающих поломок и неисправностей технологического оборудования;

– увеличение номенклатуры выпускаемой продукции;

– наращивание производственных мощностей;

– увеличение уровня безопасности производственных процессов и технологических операций.

В эксплуатационный период выявлены следующие недостатки привода подачи исследуемого станка:

– устаревшая элементная база;

– невысокий КПД преобразователя;

– потребность в постоянном техническом обслуживании;

– высокий уровень инерционности преобразователя;

– сниженная надёжность автоматики, которая реализована посредством реле.

Коме того, следует отметить, что в настоящий момент привод практически не пригоден для ремонта, т.к. оборудование привода сильно морально и физически устарело.

Выводы

В ходе выполнения первой главы выпускной квалификационной работы произведено исследование теоретических аспектов организации работы электроприводов в станкостроении, особенностей организации систем управления приводами станков. Произведен подробный анализ общей характеристики и особенностей работы приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1. В данной работе в качестве направления модернизации электропривода подач исследуемого станка предлагается рассмотреть вопрос автоматизированного регулирования и применения частотно-регулируемого электропривода, что значительно повышает эффективность технологических процессов, увеличивает долговечность механического оборудования, а также позволяет снизить расход электроэнергии на 40-60%. При использовании систем с частотными преобразователями наблюдается увеличение эффективности работы электродвигателей, что в свою очередь положительно сказывается на уровне оптимизации технологических процессов.

2. Разработка основных конструкторских решений по модернизации электропривода токарного станка

2.1 Кинематическая схема станка с ЧПУ модели 16К20Т1

Станок токарный с числовым программным управлением модели 16К20Т1 предназначен для выполнения разнообразных токарных работ наружных и внутренних поверхностей деталей тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем в один или несколько проходов по замкнутому автоматическому циклу в условиях мелкосерийного и серийного производства.

Исследуем кинематическую схему привода подачи станка с ЧПУ модели 16К20Т1. Она приведена на рисунке 2.1.

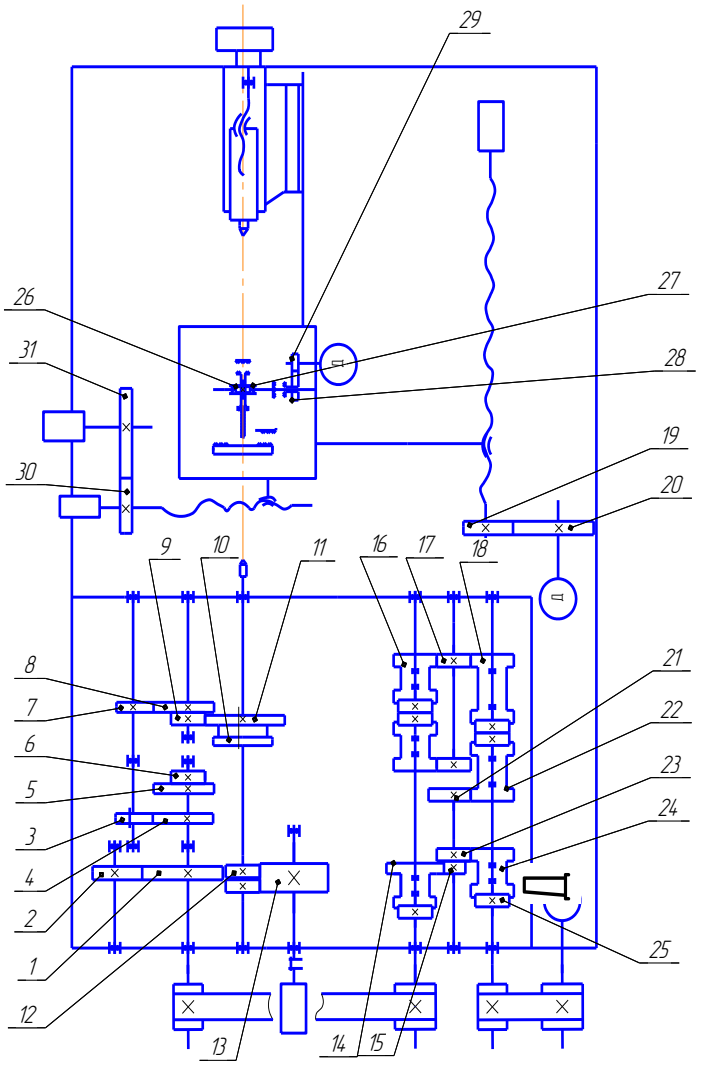

Рисунок 2.1 – Кинематика привода подачи

От электродвигателя помещенного на стенке станины, вращение передается клиновыми ремнями на приводной шкив автоматической коробки скоростей (далее АКС), которая обеспечивает получение 12 чисел оборотов выходного вала. С выходного вала АКС вращение передается упругой муфтой на входной вал шпиндельной бабки изделия. Шпиндель получает 36 ступеней скоростей вращения.

Данные к кинематической схеме представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Данные к кинематической схеме

Куда входит	Позиция	Число зубьев зубчатых колес, мм	Модуль, мм	Ширина обода зубчатого колеса, мм	Материал
Автоматическая коробка скоростей АКС	1	47	3	27	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 HRC48-52
	2	47	3	27	
	3	45	3	25	
	4	45	3	25	
	5	60	3	25	
	6	30	3	54	
	7	18	3	25	
	8	72	3	25	
	9	30	3	25	
	10	48	3	27	
Автоматическая коробка скоростей АКС	11	60	3	25	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 HRC48- 52
	12	60	3	25	
	13	60	4	25	
	14	56	3	25	
	15	30	4	25	
	16	24	4	26	
	17	48	4	46	
	18	24	4	40	
	19	50	4	22	
	20	50	3.5	52/32	
Бабка шпиндельная	21	42	3,5	32	
	22	30	4	50	
	23	36	4	27	
	24	14	4	29	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71

					HRC58-62
	25	30	4	49	Сталь 20Х ГОСТ 4543-71 HRC58-62
	26	48	4	22	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 HRC 50
	27	48	4	22	
	28	48	4	49	
	29	90	2	36	
	30	40	2	15	
	31	40	2	15	

2.2 Описание действующей системы управления приводами подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1

Питание электрооборудования осуществляется от цеховой сети переменного тока 380 В, 50 Гц от четырехпроводной линии.

Питание цепей управления переменного тока осуществляется напряжением 110 В от понижающего трансформатора.

Вся аппаратура управления и питания электрооборудования смонтирована в одном электрошкафу, расположенном около станка.

Управление электроприводом станка при работе вручную кнопочное дистанционное осуществляется со следующих мест:

- пульта управления на передней бабке,
- пульта управления на ограждении,
- пульта управления на устройстве Н22-1М,
- пульта управления станине станка.

Подсоединение электрооборудования к цеховой сети осуществляется посредством вводного автомата с током уставки 430А.

Защита электродвигателей и цепей управления от токов короткого замыкания и перегрузок производится автоматическими выключателями, тепловыми реле и реле максимального тока.

Главный привод на станке реверсивный и осуществляется от асинхронного электродвигателя.

Пуск электродвигателя в соответствующую сторону осуществляется с помощью кнопок КНЧ «Влево» и КНБ «Вправо», причем предварительно необходимо включить станцию смазки и гидростанцию.

При нажатии на кнопку КНЧ (КНБ) включается реле РП1(РП2), которое своими контактами включает тиристорный пускатель Р1, после чего включается электродвигатель М1.Останов М1 осуществляется нажатием на кнопку КН5 «Стоп».

Для включения шпинделя в работу в ручном режиме необходимо после включения электродвигателя поставить в одно из шести положений переключатель скорости и в соответствующее 1 или 2 положение переключатель, затем нажать на кнопку «Пуск шпинделя». При этом включается промежуточное реле, которое своим контактом замыкает цепь питания на блок управления АКС.

При работающем электродвигателе шпиндель начинает вращаться с заданной скоростью.

Схема управления главным приводом предусматривает ограничение времени холостого хода электродвигателя. Если шпиндель не включен , то через 2 минуты двигатель отключается за счет реле времени.

В качестве привода подач суппорта по оси X (поперечное перемещение) применяют шаговый двигатель типа ШД-5М в комплекте с гидромотором.

Кинематическая цепь привода подач суппорта по оси Z (продольное перемещение) – шаговый двигатель типа ШД-5М в комплекте с гидромотором.

При переключениях скоростей шпинделя одни муфты отключаются, другие включаются.

Для исключения замков при переключениях скоростей необходимо одновременно с отключением напряжения управления отключать кратковременное напряжение на тиристорах.

Привод подач с шаговыми двигателями (ШД) можно разделить на две группы: 1) привод с силовым ШД, соединенным через кинематическую цепь с исполнительным механизмом; 2) привод с управляющим ШД и

промежуточным усилителем момента, выполненным в виде автономной следящей системы (обычно гидравлической). В первой группе динамические и статические характеристики привода определяются параметрами ШД, во второй – зависят от параметров следящей системы, которой управляет ШД.

Преимущества шагового привода по сравнению с приводом следящим имеют значение лишь при малых мощностях приводов. К таким преимуществам относятся отсутствие датчика обратной связи по пути и тахогенератора, а также отсутствие коллектора с щетками. Именно это обусловило применение ШД в приводе подач малых токарных и шлифовальных станков, а также для управления различными вспомогательными механизмами станков и гибких производственных модулей.

Современные быстродействующие ШД являются модифицированными синхронными электрическими машинами, обмотки которых возбуждаются несинусоидальными сигналами, т. е. прямоугольными или ступенчатыми импульсами напряжения с изменяющейся в широких пределах частотой. Ступенчатому характеру напряжений на фазах ШД соответствует дискретное вращение электромагнитного поля в воздушном зазоре двигателя. Вследствие этого движение ротора на низкой частоте слагается из последовательности элементарных перемещений, совершаемых по апериодическому или колебательному закону. При возрастании управляющей частоты неравномерность частоты вращения ротора ШД сглаживается.

Шаговые двигатели с электронным коммутатором осуществляют преобразование последовательности управляющих импульсов (унитарного кода) в угол поворота вала. Каждому импульсу управления соответствует поворот вала на фиксированный угол (шаг двигателя), величина которого однозначно определена конструкцией ШД и способом переключения его обмоток. Частота вращения и суммарный угол поворота вала пропорциональны соответственно частоте и числу поданных импульсов управления. В отличие от синхронных двигателей в ШД переход в синхронное движение из состояния покоя осуществляется без скольжения, а торможение – без выбега ротора.

Благодаря этому ШД (в рабочем диапазоне частот) обеспечивают внезапный пуск, остановку и реверсирование без потери информации, т. е. без пропуска шагов.

Гидропривод представляет собой совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов посредством рабочей жидкости под давлением. В качестве рабочей жидкости в гидроприводах используют минеральные масла. Гидроприводы обеспечивают высокую плавность движения исполнительных механизмов, а также широкий диапазон скорости их перемещения. Гидропривод позволяет надежно защитить систему от перегрузки, что позволяет механизмам работать по жестким упорам. К недостаткам гидроприводов следует отнести наличие наружных утечек жидкости, приводящих к повышенному расходу масла и загрязнению рабочего места.

В станках с ЧПУ и ГПМ гидропривод используется для автоматизации вспомогательных механизмов.

Широко используется гидропривод и в промышленных роботах для привода механизмов, осуществляющих как основные перемещения заготовок по координатам, так и вспомогательные движения, связанные с их захватом, фиксацией, расфиксацией, поворотом и т. д.

Гидроприводы станков с ЧПУ и промышленных роботов включают в себя: насосы; направляющую гидроаппаратуру; регулирующую гидроаппаратуру; вспомогательные элементы; исполнительные механизмы (гидроцилиндры, гидродвигатели, комплектные электрогидравлические шаговые приводы).

2.3 Актуальность модернизации электропривода подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1 и возможность применения на других станках

Требования к электроприводам и системам управления станками определяются технологией обработки, конструктивными возможностями станка и режущего инструмента.

Основными технологическими требованиями являются обеспечение:

– самого широкого круга технологических режимов обработки с использованием современного режущего инструмента;

– максимальной производительности;

– наибольшей точности обработки;

– высокой чистоты обрабатываемой поверхности;

– высокой степени повторяемости (стабильности) размеров деталей в обрабатываемой партии.

Удовлетворение всем этим и другим требованиям зависит от характеристик станка и режущего инструмента, мощности главного привода и электромеханических свойств приводов подач и систем управления.

Исключение коробки передач привело не только к сокращению механической части привода, но также к повышению коэффициента полезного действия и снижению момента инерции электромеханического привода. В связи с этим снизилась нагрузка на двигатель при холостых перемещениях и возросла составляющая от резания в общей нагрузке приводов подач. В большинстве современных станков средних размеров нагрузка на двигатель при рабочих подачах без резания составляет не более 20 – 30 % от номинальной.

Полный диапазон регулирования в станках фрезерной, расточной и токарной групп составляет 100 – 1000, а в карусельной расширяется до 30000 40000. Реальный диапазон регулирования привода подачи каждой оси станка с ЧПУ при контурном фрезеровании бесконечен, так как минимальная подача от каждой оси в двух точках обрабатываемой поверхности (окружности) равна нулю.

Скорость быстрых перемещений зависит от характеристик механической части привода, дискретности управления, максимальной частоты вращения приводного электрического двигателя, коэффициента усиления по скорости следящего привода и максимального значения ошибки, запоминаемой системой числового программного управления.

На небольших токарных и сверлильных станках, в том числе для сверления печатных плат с большим количеством операций и малым ходом, наибольшее значение имеет быстродействие привода и систем ЧПУ. В этих случаях часто производительность ограничена самим станком.

Система ЧПУ также вносит ограничение минимального времени разгона и торможение привода. Как известно, система может запомнить ограниченную ошибку между заданным и действительным положением координатных осей станка. Эта ошибка в разных системах составляет от ± 5мкм до ± 10мкм. Из-за неудовлетворительных динамических свойств регулируемого электрического привода, особенно при возмущении по нагрузке, появляется недопустимая шероховатость поверхности, поэтому весьма важно обеспечить высокое быстродействие привода, особенно при сбросе и наброске нагрузки, а также при реверсе двигателя под нагрузкой при самых малых частотах вращения. Стабильность характеристик комплектного электропривода при достаточно большом коэффициенте усиления определяется стабильностью входного усилителя и датчика скорости – тахогенератора. Причем наибольшая нестабильность имеет место при малых частотах вращения, когда полученный сигнал соизмерим с дрейфом нуля усилителя и падения напряжения в щеточном контакте тахогенератора.

Таким образом, основные требования, предъявляемые к современным станочным электроприводам следующие:

– минимальные габариты электрических двигателей при высоком вращающем моменте;

– высокая максимальная скорость;

– значительная нагрузочная способность в режиме кратковременной и повторной кратковременной нагрузке;

– широкий диапазон регулирования;

– высокая стабильность характеристик и, в первую очередь усилителей и тахогенератора;

– высокое быстродействие при апериодическом характере переходных процессов разгона и торможения;

– высокое быстродействие при набросе и сбросе нагрузки и при реверсе под нагрузкой на самых малых частотах вращения;

– высокая равномерность движения при различной нагрузке на всех скоростях, вплоть до самых малых;

– высокая надежность и ремонтопригодность;

– удобство конструктивной установки двигателя на станке и встройки преобразователей в шкафы и ниши станков;

– малые габаритные размеры и расход активных материалов;

– небольшой расход дефицитных материалов;

– простота наладки, ремонта и эксплуатации;

– высокая унификация узлов отдельных элементов;

– высокая экономичность и малая стоимость.

Как видно из перечисленных требований совмещение всех их в одном устройстве принципиально не возможно. Поэтому при проектировании и применении станочных приводов в каждом конкретном случае удовлетворение одним требованиям достигается в ущерб другим.

Шпиндель, система охлаждения, смазки и вентиляции работают от асинхронных двигателей и являются неуправляемыми.

По истечении лет электрооборудование отработало свой ресурс и вышло из строя.

Нехватка финансовых средств на предприятии обуславливает неполную замену станка, а лишь отдельные его части: замена шагово-гидравлического привода.

Основными недостатками привода являются: низкие динамические показатели.

2.4 Расчет мощности и выбор электродвигателя

Для выбора мощности ЭД необходимо рассчитать силы, которые действуют на заготовку и режущий инструмент. На рисунке 2.2 представлен схематический процесс обработки с размещением сил резания.

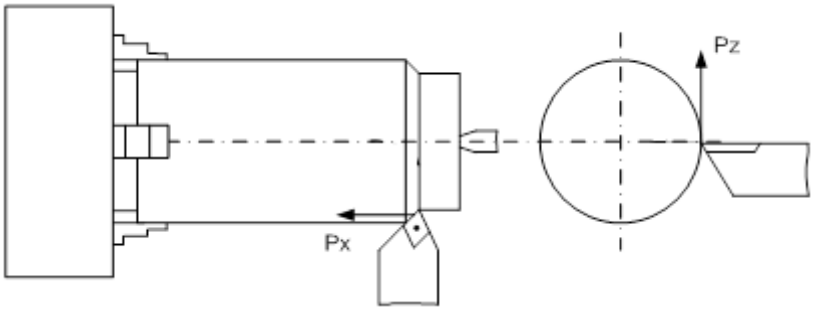

Рисунок 2.2 – Схематический процесс обработки

Воспользуемся методикой расчета, которая применяется при конструировании ЭП подач станков.

Произведем расчеты для выбора двигателя привода подачи по координате Z для нахождения момента сопротивления на валу двигателя и требуемой мощности.

Фактическая мощность ЭД определяется по формуле:

$$P_{расч} = \frac{M_V \cdot n_{ном}}{9550},$$

где $n_{ном}$ – номинальная частота вращения ЭД, мин-1;

Mv – суммарный момент сопротивления перемещению, приведенный к валу двигателя, Нм.

Величина момента Mz рассчитывается по формуле

$$\grave{I}_{Z} = \frac{F_V \cdot h_S}{2 \cdot \pi \cdot u_p \cdot \eta},$$

где Fv – тяговая сила, необходимая для преодоления сил полезного сопротивления, Н;

hs – шаг винта, принимаем hs=0.02м;

η – КПД редуктора;

u_p – передаточное число редуктора, т.к. редуктор убирается из модернизированного станка, то принимаем $\eta = 1$, $u_p = 1$.

Сила Fv определяется по формуле:

$$F_v = K_n \cdot P_z + F_c,$$

где Кп – коэффициент, учитывающий влияние опрокидывающего момента, который возникает вследствие несимметричного приложения силы подачи, для суппортов горизонтально – расточных станков принимаем Кп=1.1;

Pz – составляющая сила резания, действующая в направлении подачи, Н;

Fc – сила трения в направляющих, определяется по формулам, рекомендуемым нормалью станкостроения Н48-61:

$$Q_c = m_c \cdot g,$$

Q_c =1300·9.84=12,7кН.

Осевая сила резания составляет:

$$P_z = 10 \cdot 339 \cdot 0{,}02^{0,5} \cdot 2^{0,5} \cdot 15^{0,5} \cdot 1{,}1 = 2.9 \hat{e}\acute{I}$$

Тангенциальную Pz составляющую силы резания определяем из соотношения:

Px: Pz= 1: 0.4: 0.25,

отсюда Px=1,16 кН.

Таким образом, необходимая тяговая сила составляет:

$$F_v = 1.1 \cdot 2.9 + (2.9 + 2 \cdot 0.725 + 12.7) \cdot 0{,}01 = 3.361 \hat{e}\acute{I}$$

Момент сопротивления, приведенный к валу двигателя:

$$\grave{I}_v = \frac{3361 \cdot 0{,}02}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1 \cdot 1} = 10.5\ \acute{I} \cdot \grave{i},$$

Рассчитанное значение момента используем для определения серии ЭД.

Расчетное значение требуемой мощности ЭД:

$$P_{расч} = \frac{10.5 \cdot 3000}{9550} = 3.3$$ кВт.

Произведем расчеты для выбора двигателя привода подачи по координате X.

Величина момента Мч рассчитывается по формуле

$$\grave{I}_{Z} = \frac{F_V \cdot h_S}{2 \cdot \pi \cdot u_p \cdot \eta}.$$

Сила Fv аналогично определяется по формуле:

$$\mathrm{F_v} = K_n \cdot P_z + \mathrm{F_c}.$$

Fc – сила трения в направляющих:

$$\mathrm{F_c} = \left(P_z + 2 \cdot P_y + Q_c\right) \cdot f,$$

где Qc- вес суппорта:

$$Q_c = m_c \cdot g,$$

Q_c =100·9.84=984 кН.

Тангенциальную Pz составляющую силы резания определяем из соотношения:

Px: Pz= 1: 0.4: 0.25,

отсюда Px=1,16 кН.

Таким образом, необходимая тяговая сила составляет:

Fv=1,1·2,9+(2,9+2·0,725+9,84)·0,01=3,33 кН.

Рассчитанное значение момента используем для определения серии ЭД.

Расчетное значение требуемой мощности ЭД:

$$P_{расч} = \frac{10.5 \cdot 3000}{9550} = 3.3$$ кВт.

Определив момент сопротивления на валу двигателя, требуемую мощность привода подач с номинальным вращающим моментом Мн=10,5 Нм, частотой $n_н$=1500 об/мин и расчетным значением мощности выбираем привод

взамен старого АОЛ-11. Принимаем преобразователь частоты ATV212. Основное преимущество – высокий КПД (95 – 99%) и высокое быстродействие (они практически безинерционы), возможность управления , ремонтопригодность.

Применение частотного преобразователя в электроприводе позволит:

– улучшить удельные энергетические показатели на 50%;

– достичь повышенной управляемости и быстродействия объекта регулирования;

– уменьшить габариты и массу;

– сократить число сбоев оборудования, вследствие своей высокой надежности и меньшего диапазона изменения своих параметров в случае непостоянства температуры.

2.5 Расчет и выбор аппаратов защиты

Схема электроснабжения, от которой запутывается станок, приведена на рисунке 2.3.

Выбираем оборудование на ввод.

Ток одного вводного выключателя (исходя из показателей деятельности цеха):

$I_{расч} = I_{пк1} = 1624{,}66$ А.

Ориентируемся на применение комплектных распределительных устройств (КРУ).

Предварительно выбираем выключатель типа ВВТЭ – М – 10 – 20 – 1600. Данные для выбора оборудования на ввод приведены в таблице 2.2.

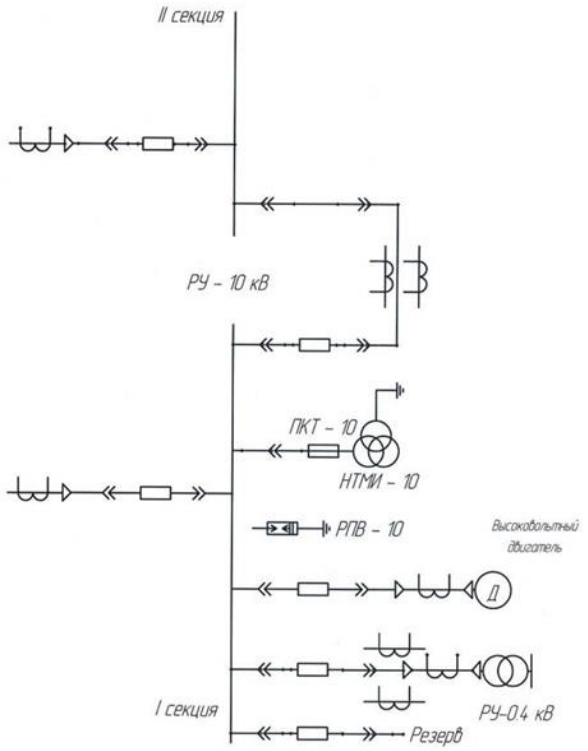

Рисунок 2.3 – Схема электроснабжения для расчета и выбора аппаратов защиты и управления

Таблица 2.2 – Выбор оборудования на ввод

Фактические данные для исследуемого производства	Допустимые величины
$U_н$ = 10 кВ	$U_н$ = 10 кВ
$I_н$ = 1624,66 А	$I_н$ = 1600 А
$I_{к.з.}$ = 6,281 кА	$I_{отк}$ = 20 кА
$S_{к.з.}$ = 108,765 МВА	$S_{к.з.}$ = 350 МВА
$ι_{уд}$ = 15,94 А	$ι_{уд}$ = 51 кА
$I_∞^2 \times t_п = 6{,}281^2 \times 0{,}9 = 35{,}5$ кА^2×ч	$I_∞^2 \times t_п = 20^2 \times 3 = 1200$ кА×ч

Фактические данные соответствуют допустимым, поэтому окончательно принимаем выключатель ВВТЭ – М – 10 – 20 – 1600.

В качестве выключателя трансформатор тока, первоначально выбираем трансформатор тока типа ТВЛМ – 10 – р/р – 1500/5 и составляем сравнительную таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Выбор оборудования на ввод

Расчетные величины	Допустимые величины
$K_t = \frac{I_\infty \cdot \sqrt{t_n}}{I_н} = \frac{6{,}281 \cdot \sqrt{0{,}9}}{1{,}5} = 3{,}97$	$K_t = 120$
$K_д = \frac{i_{уд}}{\sqrt{2} \cdot I_н} = \frac{15{,}94}{1{,}41 \cdot 1{,}5} = 7{,}53$	$K_д = 250$

Ни одна из расчетных величин не превышает соответствующего значения допустимых величин, то окончательно принимаем трансформатор тока типа ТВЛМ – 10 – р/р – 1500/5. Произведем выбор секционного выключателя.

Определим расчетный ток:

$$I_{расч} = \frac{I_П}{2}, A;$$

$$I_{расч} = \frac{1624{,}66}{2} = 812{,}33A.$$

Первоначально выбираем выключатель типа ВВТЭ – М – 10 – 20 – 1000 и составляем сравнительную таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Выбор секционного выключателя

Расчетные величины	Допустимые величины
$U_н$ = 10 кВ	$U_н$ = 10 кВ
$I_{расч}$ = 812,33 А	$I_н$ = 1000 А
$I_{к.з.}$ = 6,281 кА	$I_{отк}$ = 20 кА
$S_{к.з.}$ = 108,765 МВА	$S_{к.з.}$ = 350 МВА
$ι_{уд}$ = 15,94 А	$ι_{уд}$ = 51 кА
$I_\infty^2 \times t_п = 6{,}281^2 \times 0{,}58 = 22{,}88$ кА^2×ч	$I_\infty^2 \times t_п = 20^2 \times 3 = 1200$ кА×ч

Расчетные данные соответствуют допустимым, окончательно принимаем выключатель типа ВВТЭ – М – 10 – 20 – 1000. Для этого выключателя первоначально выбираем трансформатор тока типа ТВЛМ – 10 – р/р – 1000/5 и составляем сравнительную таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Выбор секционного выключателя

Расчетные величины	Допустимые величины
$K_t = \frac{I_\infty \cdot \sqrt{t_n}}{I_н} = \frac{6{,}281 \cdot \sqrt{0{,}58}}{1} = 4{,}78$	$К_t = 120$
$K_д = \frac{i_{уд}}{\sqrt{2} \cdot I_н} = \frac{15{,}94}{1{,}41 \cdot 1} = 11{,}3$	$К_д = 250$

Расчетные данные не превышают соответствующего значения допустимой величины, то окончательно принимаем трансформатор тока типа ТВЛМ – 10 – р/р – 1000/5.

Выводы

В процессе выполнения второй главы произведена разработка основных конструкторских решений по модернизации электропривода токарного станка.

По завершению написания второй главы работы получены следующие результаты:

– исследована кинематическая схема станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– произведено описание действующей системы управления приводами подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– обоснована актуальность модернизации электропривода подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1 и возможность применения на других станках;

– произведен расчет мощности и выбор электродвигателя , а так же аппаратов защиты.

3. Обоснование выбора необходимого технического обеспечения и разработка математической модели электропривода

3.1 Выбор оборудования системы управления приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1

Для исследуемого объекта решено применить схему частотно-регулируемого ЭП.

В качестве канала регулирования выбирается контур, объектом в котором является электродвигатель привода подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1, а регулируемым параметром – частота вращения привода ($f_{вых}$). Под влиянием возмущающих параметров данная частота измеряется датчиком частоты вращения, и электрический сигнал, соответствующий измеренному значению частоты, подаётся в управляющее устройство, где происходит сравнение полученного сигнала с заданным и выработка необходимых управляющих воздействий (h), корректирующих скорость вращения основного крепления. Схематично канал регулирования показан на рисунке 3.1.

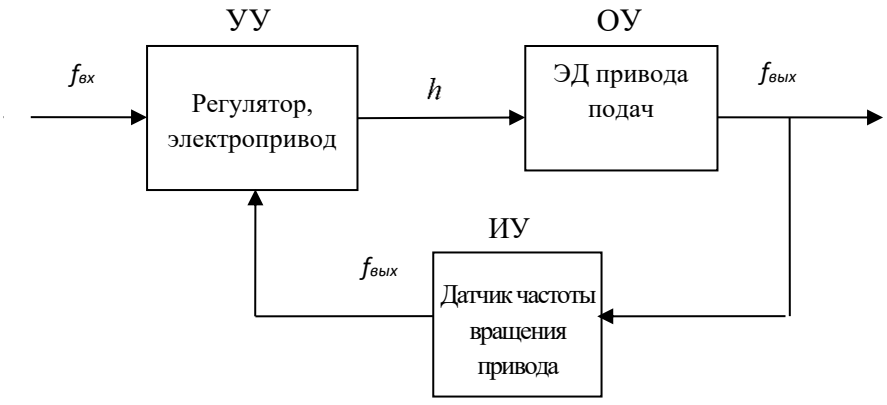

Рисунок 3.1 – Канал частотного регулирования

В качестве преобразователя частоты решено применить модель ATV212HU40N4 [3], которая хорошо зарекомендовала себя на рынке

специальных технических средств. Внешний вид устройства приведен на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Внешний вид преобразователя частоты ATV212

Преобразователь частоты ALTIVAR 212 (ATV212) предназначен для трехфазных асинхронных двигателей с питанием от 220 и 380В (200-480).

Преобразователь частоты Altivar ATV212 значительно улучшает обслуживание систем за счет:

– обеспечения существенной экономии энергии;

– снижения уровня шума;

– гибкости и простоты установки оборудования.

Преобразователь частоты Altivar ATV212 имеет встроенный терминал с 7–сегментными индикаторами, который предназначен для идентификации и определения каналов активных команд (команда работы и задание скорости) Дисплей также позволяет осуществить:

– прямой доступ к последним пяти измененным параметрам;

– идентификацию параметров, установленных при изготовлении, в виде списка в меню;

– поддержку конфигурации пользователя.

Преобразователь частоты Altivar 212 позволяет осуществлять функцию быстрой настройки с помощью «Быстрого меню» (Quick menu), включающего в

себя 10 основных параметров (ускорение, торможение, параметры двигателя и т.д.).

Выходная частота (Гц): 0,5-200.

Перегрузочная способность: 120% в течении 1 минуты.

Преобразователь частоты Altivar 212 имеет встроенные протоколы Modbus и легко интегрируется в систему автоматизации, использующую Modbus, BacNet, APOGEE FLN P1 и MetaSys N2 (в стандартной комплектации) и в сеть Lonworks при помощи дополнительной коммуникационной карты.

Altivar 212 является оптимальным решением для систем HVAC зданий.

Вся серия преобразователей частоты соответствует международным стандартам МЭК/EN61800–5–1, МЭК/EN61800–2, МЭК/EN61800–3, имеет сертификаты UL, CSA, DNV, C–Tick, NOM 117 и ГОСТ и отвечает директивам по защите окружающей среды (RoHS, WEEE и др.), а также европейским директивам, которым соответствует маркировка CE.

Преобразователь частоты Altivar 212 (ATV212) обеспечивает выполнение всех функций, необходимых для Вашего применения:

- определение перегрузки/низкой нагрузки, «сухого хода» насоса;
- определение повреждение ремня;
- удаление дыма: форсировка работы с запретом неисправностей;
- функция мультидвигателя;
- ограничение времени работы на нижней скорости;
- функция «Сон/Пробуждение»;
- отсутствие гидроударов - увеличение срока эксплуатации установки;
- калибровка и ограничение задания;
- предустановленные скорости;
- автоматическая компенсация расхода для точного соответствия характеристике сети;
- автоматический перезапуск;
- управление заслонками;

– оптимизация управления потоками жидкостей и газов;

– использование ПИД-регулятора: температура, расход, давление;

– регулирование параметров: уменьшение потребляемой энергии;

– режим энергосбережения;

– отсутствие гидроударов и явлений резонанса оборудования;

– предустановленные скорости;

– снижение уровня шума (от воздушных потоков, двигателей);

– обеспечение всех функций защиты;

– счетчик наработки;

– автоподстройка.

Выбранный преобразователь ATV212HU40N4 имеет следящие характеристики:

– мощность – 4 кВт;

– ток в установленном режиме – 9,1 А;

– перегрузка по току (60 сек) – 10 А.

В процессе выполнения работы была разработана структурная схема модернизированной системы управления, которая приведена на рисунке 8.

В качестве автоматического регулятора решено использовать программируемый логический контроллер PC-265D [4].

Данный контроллер предназначен для автоматизации локальных и комплексных систем управления.

Корпус контроллера пластмассовый.

Степень защиты - IP20.

Монтаж на DIN – рельс. Датчики и исполнительные устройства подключаются к разъемным клеммам по обе стороны контроллера PC265D в один ряд параллельно DIN – рельсу.

Структурная схема модернизированной системы управления приведена на рисунке 3.3.

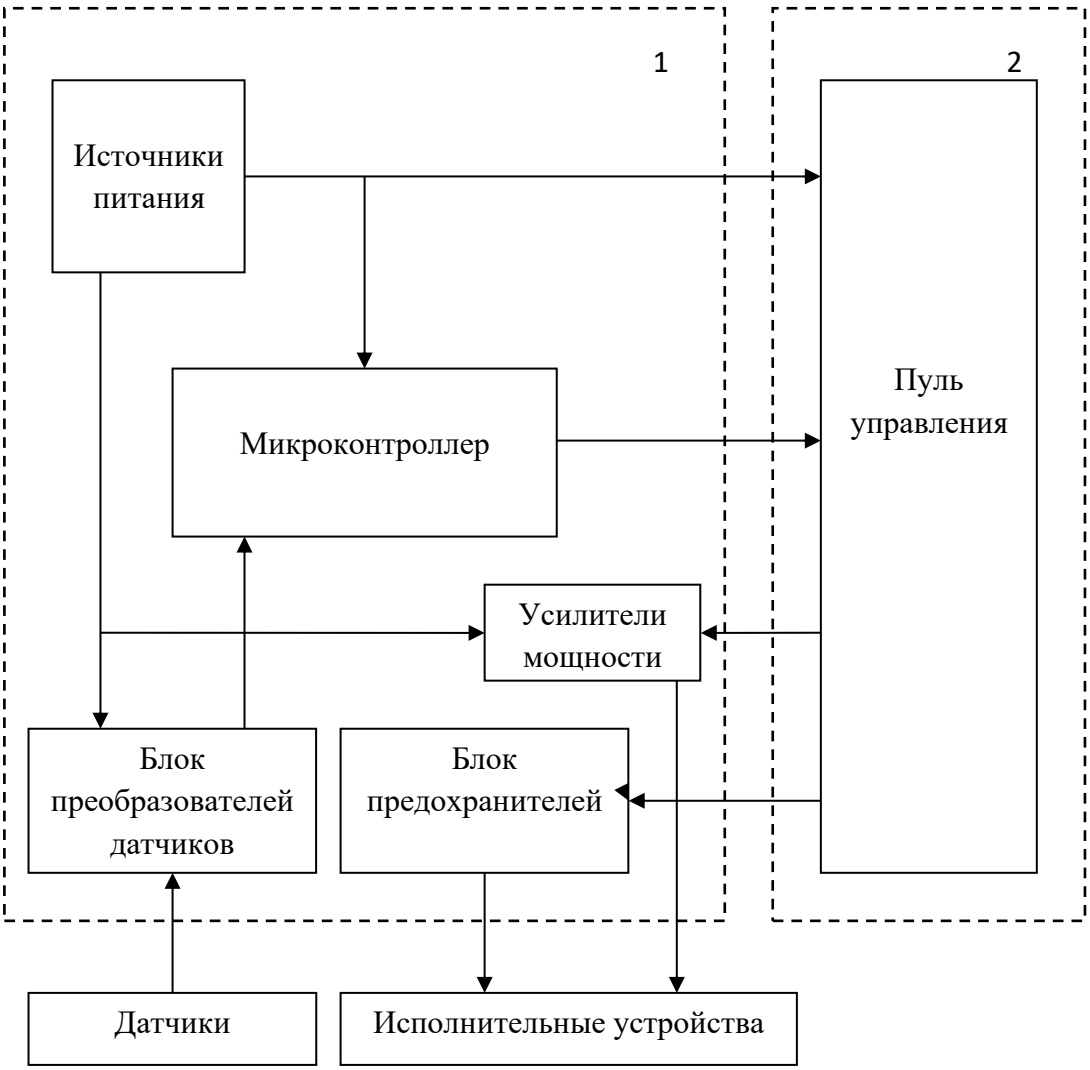

Рисунок 3.3 – Структурная схема модернизированной системы управления

Внешний вид контроллера представлен на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 – Внешний вид контроллера PC265D

Так же в состав САУ будет входить пульт управления и индикации ПУ-102Щ, предназначенный для оперативного отображения значений измеряемых величин и программирования значений функциональных параметров совместно с используемым программируемыми логическими контроллером производства ООО «Контэл» [4].

Для подключения пульта управления, на передней панели контроллера имеется разъем типа RJ-11.

В качестве датчика частоты вращения основного вала решено использовать современный индуктивный бесконтактный датчик.

При выборе ВБИ с напряжением питания 10–30 в постоянного тока с тремя или четырьмя выводами следует отдавать предпочтение ВБИ с защитой коммутационного элемента от короткого замыкания и перегрузок (буква «З» в обозначении).

Реальные условия эксплуатации бесконтактных датчиков на оборудовании часто достаточно жесткие, воздействия разносторонние.

ДБИ не требуют обслуживания в процессе эксплуатации, но при монтаже следует учитывать определенные ограничения.

В разрабатываемой САУ решено использовать бесконтактный индуктивный датчик ВБИ-Б10-60К-1113-З [11].

3.2 Построение математической модели электропривода

Для построения математической модели проектируемой системы автоматического управления выбран объект вал электродвигателя.

Технологическим параметром системы управления выбрана частота вращения вала электродвигателя, поэтому далее будет рассматриваться контур регулирования вала основного электродвигателя.

Поддержание постоянной частоты вращения вала основного электродвигателя на заданном уровне будет осуществляться автоматически по сигналам датчика вращения. В качестве датчика вращения используется бесконтактный индуктивный датчик ВБИ-Б10-60К-1113-З.

Сигналы с данного датчика поступают в регулятор, который через исполнительные механизмы и регулирующие органы, будет осуществлять поддержание частоты вращения в заданных пределах.

Далее предполагается привести расчет технический расчет параметров регулятора, которые позволяют организовать управление работой в оптимальном режиме.

В работе используется система ПЧ-АД с обратной связью по скорости (рисунок 3.5).

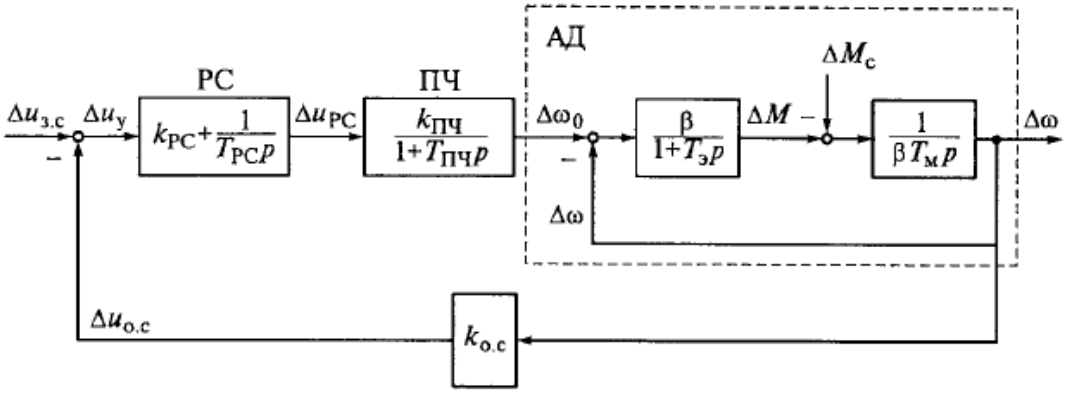

Рисунок 3.5 – Схема ПЧ-АД с обратной связью по скорости

Необходимо произвести обоснование выбора и расчёт параметров структурной схемы используемого асинхронного двигателя МТКН 511-8.

В настоящее время существует несколько структурных схем асинхронного электродвигателя. Использование структурной схемы двигателя во вращающейся системе координат с ориентацией на вектор потокосцепления ротора, позволяет значительно упростить синтез системы управления, используя методы, хорошо проработанные в теории электроприводов постоянного тока.

На рисунке 3.6 представлена структурная схема асинхронного электродвигателя во вращающейся системе координат с ориентацией на вектор потокосцепления ротора.

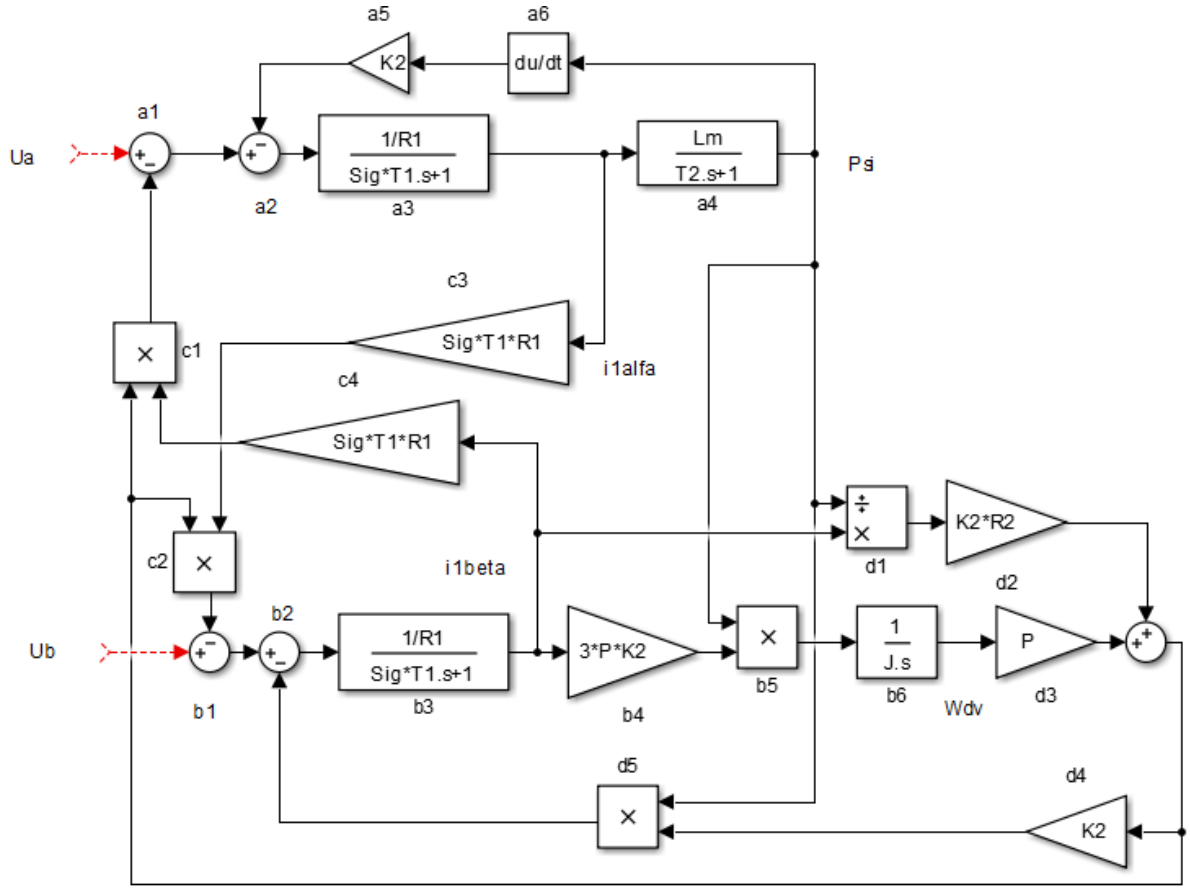

Рисунок 3.6 – Структурная схема асинхронного электродвигателя во вращающейся системе координат с ориентацией на вектор потокосцепления ротора

Элементы структурной схемы с индексом «a» относятся к каналу формирования потокосцепления ротора. Элементы с индексами «b» и «d» к каналу формирования скорости двигателя. Элементы с индексом «c» характеризуют перекрёстные взаимосвязи.

Расчет параметров данной структурной схемы проводится по каталожным данным двигателя.

Первоначально определим номинальное значение фазного тока:

$$I_{in} = \frac{P_2}{m \cdot U_{ln} \cdot \eta \cdot \cos\varphi} \quad (3.1)$$

$$I_{in} = \frac{110000}{3 \cdot 380 \cdot 0{,}914 \cdot 0{,}86} = 33{,}5 \text{ А}.$$

Номинальное скольжение:

$$S_n = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} \quad (3.2)$$

$$S_n = \frac{(1500-1455)}{1500} = 0{,}03.$$

Критическое скольжение:

$$S_k = \left[m_k + \sqrt{(m_k^2 + 2 \cdot S_n \cdot (m_k - 1)} - 1)\right] \cdot S_n \cdot$$

$$\cdot [\, 1 - 2 \cdot S_n \cdot (m_k - 1\,)]^{-1} \quad (3.3)$$

$$S_k = \left[2{,}6 + \sqrt{(2{,}6^2 + 2 \cdot 0{,}03 \cdot (2{,}6 - 1)} - 1)\right] \cdot 0{,}03 \cdot$$

$$\cdot [\, 1 - 2 \cdot 0{,}03 \cdot (\, 2{,}6 - 1\,)]^{-1} = 0{,}156.$$

Безразмерный коэффициент:

$$b_k = 1 + s_n \quad (3.4)$$

$$b_k = 1 + 0{,}03 = 1{,}03.$$

Механические потери:

$$\Delta P_m = (U_s \cdot (\sqrt{3} \cdot I_{ln}) \cdot \cos\varphi - P_2) \cdot \left(1 + \frac{n_1^2}{1000^2}\right)^1 \cdot 0{,}05 \quad (3.5)$$

$$\Delta P_m = (660 \cdot (\sqrt{3} \cdot 33{,}5) \cdot 0{,}86 - 30000) \cdot \left(1 + \frac{1500^2}{1000^2}\right)^1 \cdot 0{,}05 = 473 \text{ Вт.}$$

Затем определяем значения параметров структурной схемы.

Сопротивление обмотки статора:

$$R_1 = \frac{U_S^2 \cdot (1 - S_n)}{2 \cdot b_k \left(1 + \frac{b_k}{S_k}\right) \cdot m_k \cdot (P_2 + \Delta P_m)} \quad (3.6)$$

$$R_1 = \frac{660^2 \cdot (1 - 0{,}03)}{2 \cdot 1{,}03 \left(1 + \frac{1{,}03}{0{,}156}\right) \cdot 2{,}6 \cdot (30000 + 473)} = 0{,}359 \text{ Ом.}$$

Сопротивление обмотки ротора:

$$R_2 = \frac{(P_2 + \Delta P_m)}{3 \cdot (1 - S_n) I_{ln}^2} \cdot S_n \quad (3.7)$$

$$R_2 = \frac{(30000 + 473)}{3 \cdot (1 - 0{,}03) \cdot 33{,}5^2} \cdot 0{,}03 = 0{,}2803 \text{ Ом.}$$

Индуктивность обмотки статора:

$$L_1 = \frac{U_s}{2\sqrt{3} \cdot \pi \cdot f_1 \cdot I_{ln} \cdot [\sqrt{1 - (\cos\varphi)^2} - \cos\varphi \left[\frac{(S_n)}{S_k}\right]} \quad (3.8)$$

$$L_1 = \frac{660}{2\sqrt{3}\cdot 3{,}14\cdot 50\cdot 33{,}5\cdot[\sqrt{1-(0{,}86)^2}-0{,}86[\frac{(0{,}03)}{0{,}156}]} = 0{,}1043\text{Гн.}$$

Индуктивность обмотки ротора:

$$L_2 = L_1 \tag{3.9}$$

$$L_2 = 0{,}1043 \text{ Гн.}$$

Индуктивность рассеяния статора:

$$= \frac{\sqrt{(\frac{U_S}{i_k \cdot I_{ln}\cdot\sqrt{3}})^2-(R_2+R_1)^2}}{2\cdot\pi\cdot f_1} \tag{3.10}$$

$$L_{\sigma s} = \frac{\sqrt{(\frac{660}{6{,}8\cdot 33{,}5\cdot\sqrt{3}})^2-(0{,}2803+0{,}359)^2}}{2\cdot 3{,}14\cdot 50} = 0{,}0053 \text{ Гн.}$$

Индуктивность намагничивающего контура:

$$L_m = L_1 - L_{\sigma s} \tag{3.11}$$

$$L_m = 0{,}1043 - 0{,}0053 = 0{,}099 \text{ Гн.}$$

Коэффициенты рассеяния двигателя:

$$\text{Sig} = 1 - \frac{L_m^2}{L_2 \cdot L_1} \tag{3.12}$$

$$\text{Sig} = 1 - \frac{0{,}099^2}{0{,}1043\cdot 0{,}1043} = 0{,}0996.$$

Коэффициент:

$$K_2 = \frac{L_m}{L_1} \tag{3.13}$$

$$K_2 = \frac{0{,}099}{0{,}1043} = 0{,}949.$$

Постоянная времени фазы обмотки статора:

$$T_1 = \frac{L_1}{R_1} \tag{3.14}$$

$$T_1 = \frac{0{,}1043}{0{,}359} = 0{,}2905 \text{ с.}$$

Выполнив подстановку рассчитанных параметров, получим следующую структурную схему (рисунок 3.7).

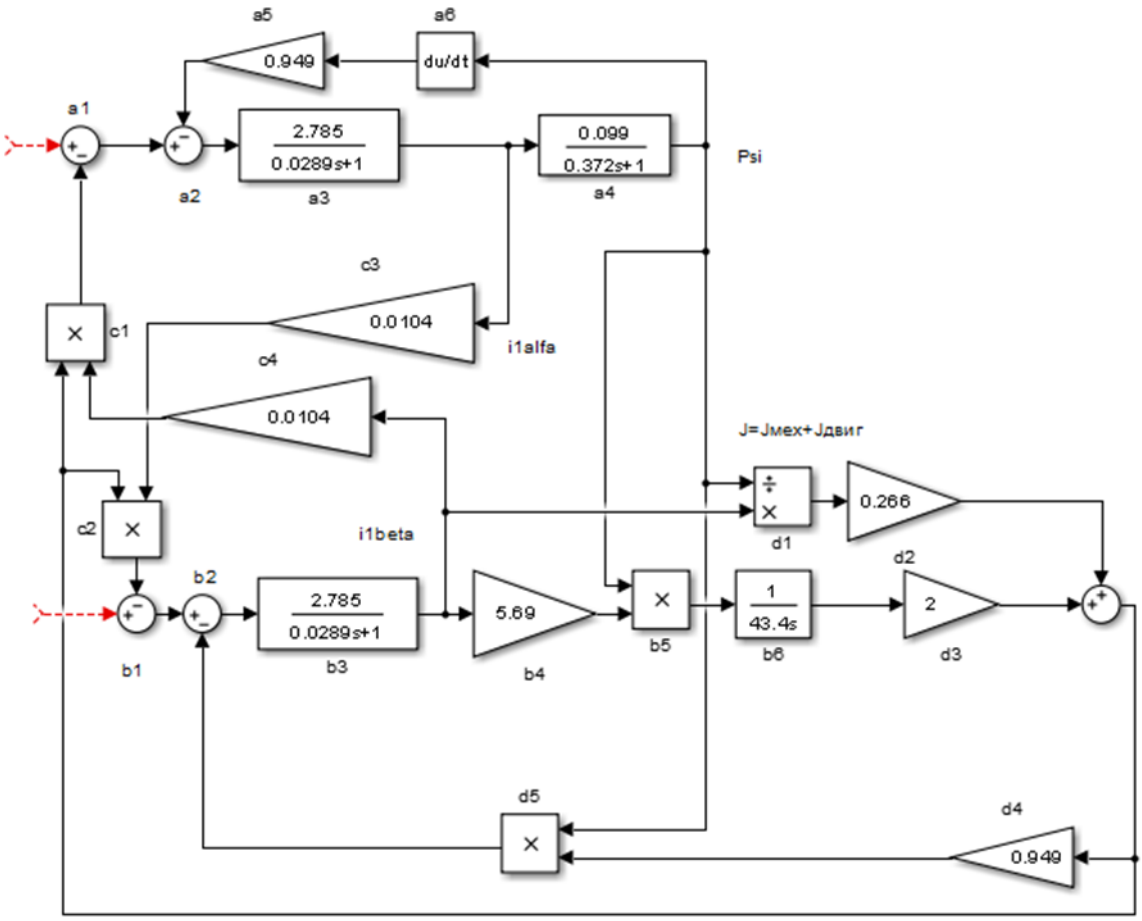

Рисунок 3.7 – Структурная схема асинхронного электродвигателя во вращающейся системе координат с ориентацией на вектор потокосцепления ротора

Структурная схема асинхронного привода с векторным управлением со стабилизацией потокосцепления ротора (предложена Соколовским Г. Г.), изображена на рисунке 3.8.

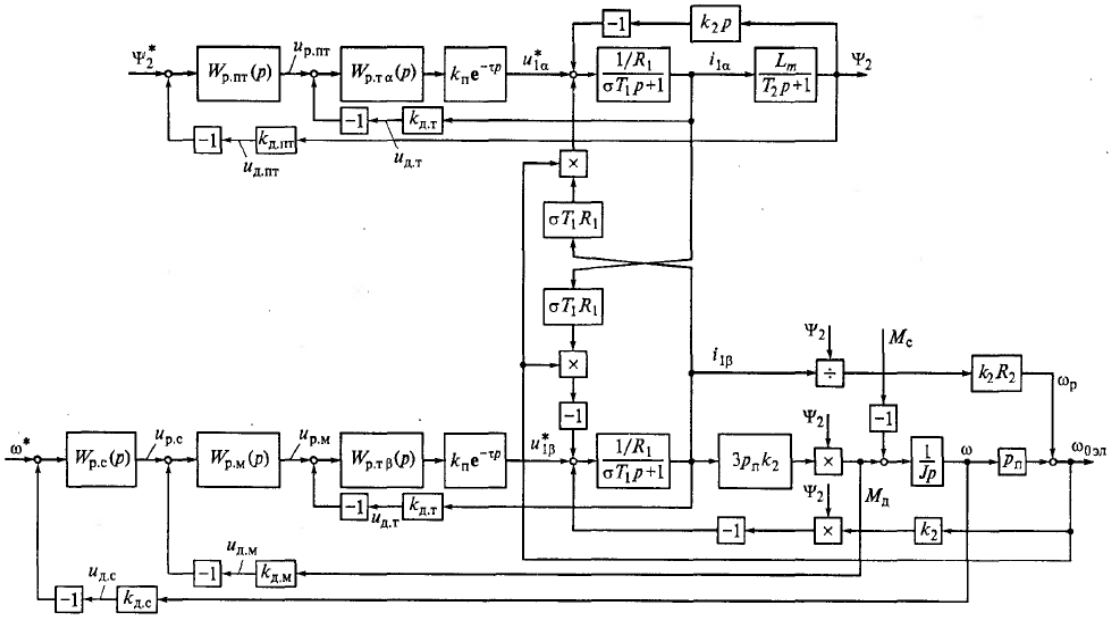

Рисунок 3.8 – Структурная схема асинхронного привода с векторным управлением со стабилизацией потокосцепления ротора

Элементы с индексами «a», «b» и «c» относятся к структурной схеме асинхронного двигателя во вращающейся системе координат с ориентацией на вектор потокосцепления ротора.

Система стабилизации потокосцепления и система регулирования скорости построены по принципу подчиненного регулирования.

Система стабилизации потокосцепления, изображенная в верхней части структурной схемы, является двухконтурной, контур тока внутренний, а контур потокосцепления внешний.

Система автоматического регулирования скорости, изображенная в нижней части структурной схемы, состоит из трех контуров, где контур тока и контур момента являются внутренними, а контур скорости внешним.

Внутренние контуры тока и момента целесообразно настраивать на оптимум по модулю. Внешний контур потокосцепления, также необходимо настраивать на оптимум по модулю. Однако, внешний контур скорости рекомендуется настраивать на симметричный оптимум [1].

Передаточная функция силовой части преобразователя частоты представляет собой звено с чистым запаздыванием.

$$W_{\text{пч}} = k_{\text{п}} e^{-\tau\varphi} \quad (3.15)$$

где $K_{\text{п}} = 380$ В – фазное напряжение питающей сети.

$$\tau = \frac{1}{f_{\text{так}}}, \quad (3.16)$$

где, $f_{\text{так}}$ - тактовая частота преобразователя

Используя преобразование Тейлора, выражение (3.15) можно представить в виде:

$$W_{\text{пр}}(s) = k_{\text{пр}} \cdot \frac{1}{\text{T}_{\text{пр}} s+1}, \quad (3.17)$$

Силовая часть преобразователя частоты может быть представлена апериодическим звеном первого порядка ($К_{пр}$=220, $T_{пр}=1/f_{такт}$, где $f_{такт}$ – тактовая частота преобразователя равная 10 кГц).

Коэффициенты передачи датчиков целесообразно принять равными единице.

3.3 Синтез регуляторов системы автоматического управления

Моделирование производим в среде Matlab Simulink. Схема моделирования приведена на рисунке 3.9.

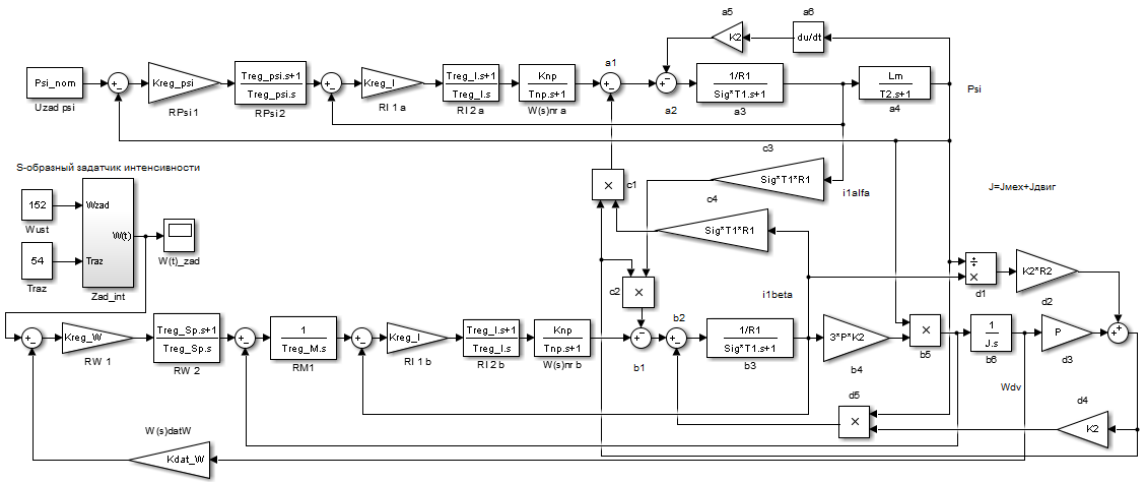

Рисунок 3.9 – Структурная схема асинхронного привода при векторном управлении со стабилизацией потокосцепления ротора

Значение номинального потокосцепления определяется по формуле:

$$\mathrm{Psi_{nom}} = \left(\frac{2 \cdot \mathrm{M_{nom}} \cdot \mathrm{R_2}}{3 \cdot \mathrm{P} \cdot (\omega_0 - \omega_{\mathrm{nom}})}\right)^{0,5}, \quad (3.18)$$

где, синхронная угловая частота вращения:

$$\omega_0 = \frac{\mathrm{n_1} \cdot 6{,}28}{60} \quad (3.19)$$

$$\omega_0 = \frac{1500 \cdot 6{,}28}{60} = 157 \ \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Номинальная угловая частота вращения:

$$\omega_{\mathrm{nom}} = \frac{\mathrm{n_2} \cdot 6.28}{60}, \quad (3.20)$$

$$\omega_{\mathrm{nom}} = \frac{1455 \cdot 6{,}28}{60} = 152{,}3 \ \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Номинальный момент двигателя:

$$\mathrm{M_{nom}} = \frac{\mathrm{P_2}}{\omega_{\mathrm{nom}}}, \quad (3.21)$$

$$\mathrm{M_{nom}} = \frac{30000}{152{,}3} = 197 \text{ Нм}.$$

Следовательно:

$$\mathrm{Psi_{nom}} = \left(\frac{2 \cdot 197 \cdot 0.2803}{3 \cdot 2 \cdot (157 - 152{,}3)}\right)^{0,5} = 1{,}97 \text{ Вб}.$$

Произведем синтез регулятора контура тока.

Структурная схема контура тока приведена на рисунке 3.10.

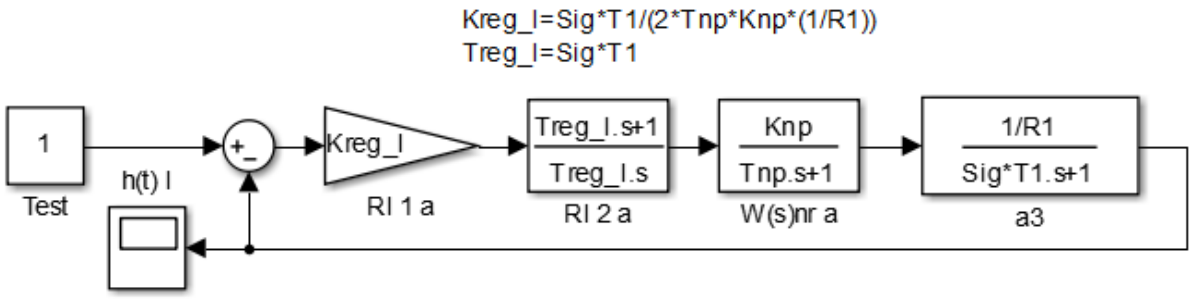

Рисунок 3.10 – Структурная схема контура тока

В связи с тем, что контур тока внутренний, то его настраивают на оптимум по модулю. Так как в данном контуре в качестве неизменяемой его

части присутствуют два последовательно подключенных апериодических звена, следует использовать ПИ – регулятора.

Постоянная времени регулятора определяется по формуле (3.22), динамический коэффициент усиления - по формуле (3.23).

$$T_{\text{рег I}} = \text{Sig} \cdot T_1 = 0{,}0289 \text{ с} \quad (3.22)$$

$$K_{\text{рег I}} = \frac{\text{Sig} \cdot T_1}{2 \cdot T_{\text{пр}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot \frac{1}{R_1}} = \frac{0{,}0289}{2 \cdot 0{,}0001 \cdot 220 \cdot 2{,}785} = 0{,}136 \quad (3.23)$$

На рисунке 3.11 изображена структурная схема контура тока, настроенного на оптимум по модулю.

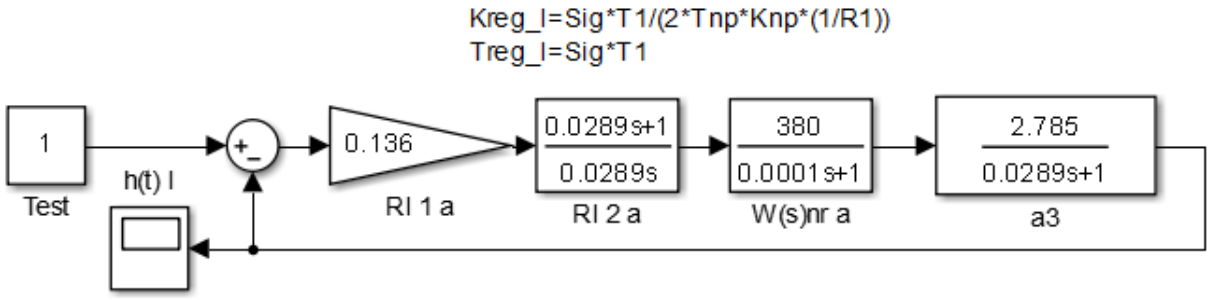

Рисунок 3.11 – Структурная схема контура тока, настроенного на оптимум по модулю

Переходная характеристика этого контура показана на рисунке 3.12, перерегулирование и время первого согласования полностью соответствует критериям оптимума по модулю.

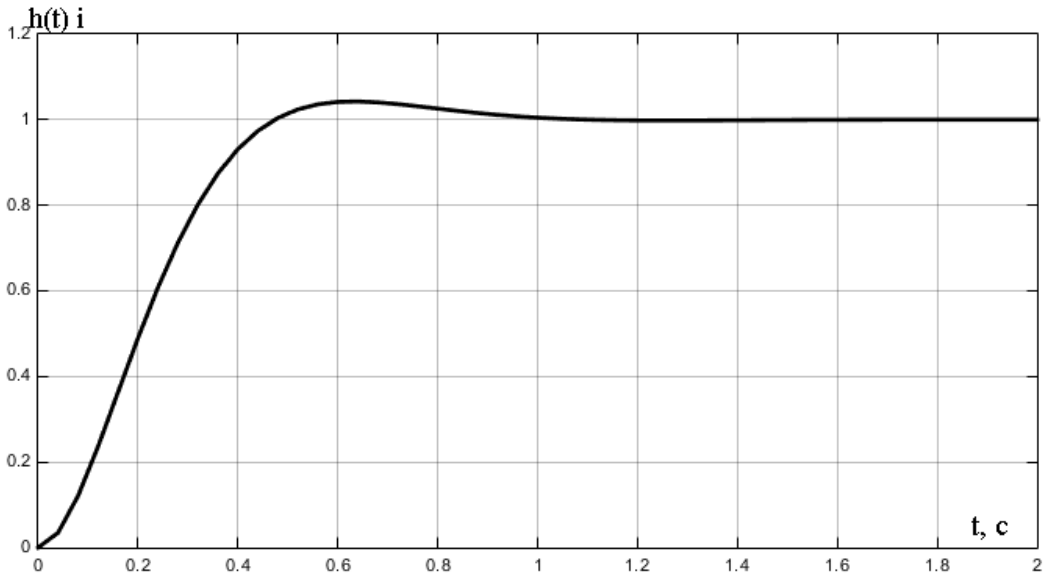

Рисунок 3.12 – Переходная характеристика контура тока

Произведем синтез регулятора контура стабилизации потокосцепления.

Структурная схема контура потокосцепления с внутренним контуром тока, представлена на рисунке 3.13.

Согласно существующим рекомендациям, настраивать контур стабилизации потокосцепления необходимо на оптимум по модулю.

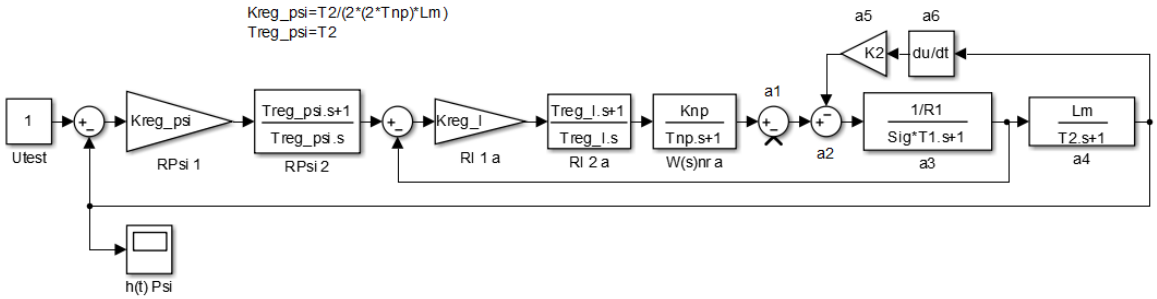

Рисунок 3.13 – Обобщенная структурная схема контура потокосцепления

Стоит отметить, что внутренний контур тока настроен на оптимум по модулю, его передаточная функция является апериодическим звеном второго порядка, которую можно заменить на апериодическое звено первого порядка с постоянной времени, равной двум малым постоянным времени контура тока.

$$W_{т.экв} = \frac{1}{2 \cdot T_м + 1},$$

где $T_м$ – малая постоянная времени, равная $T_{пр}$.

Обратной связью a5, a6 пренебрегаем. Неизменяемая часть контура потокосцепления после принятых допущениях представляет собой два последовательно включенных апериодических звена первого порядка. Следовательно, необходимо использовать пропорционально-интегральный регулятор.

Постоянная времени регулятора:

$$T_{reg}psi = T_2 = 0{,}372, \quad (3.24)$$

динамический коэффициент усиления:

$$K_{reg}psi = \frac{T_2}{2 \cdot (2 \cdot T_{пр}) \cdot Lm} \quad (3.25)$$

$$K_{reg}psi = \frac{0{,}372}{4 \cdot 0{,}0001 \cdot 0{,}099} = 9393$$

На рисунке 3.14 изображена упрощенная структурная схема контура потокосцепления с рассчитанными параметрами регулятора и принятыми допущениями.

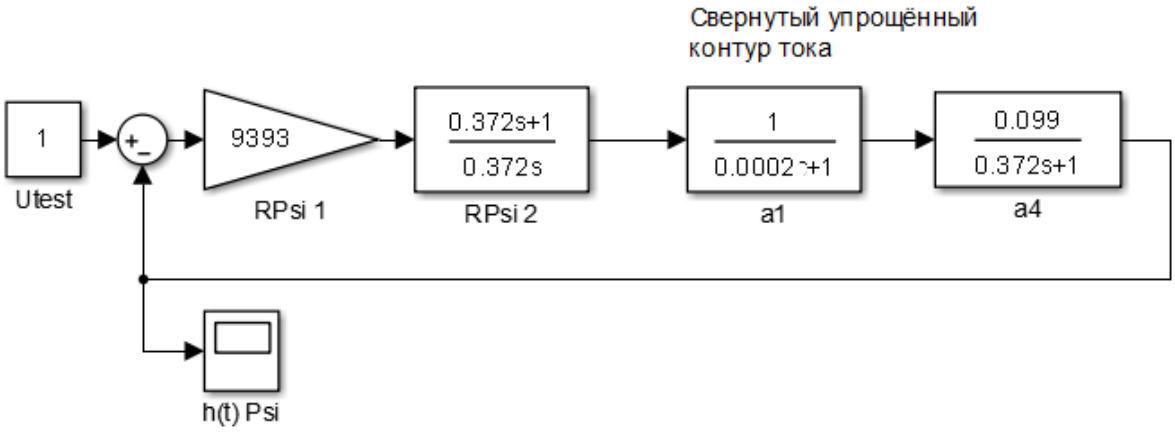

Рисунок 3.14 – Структурная схема упрощённого контура потокосцепления

На рисунке 3.15 изображена переходная характеристика реального контура стабилизации потокосцепления.

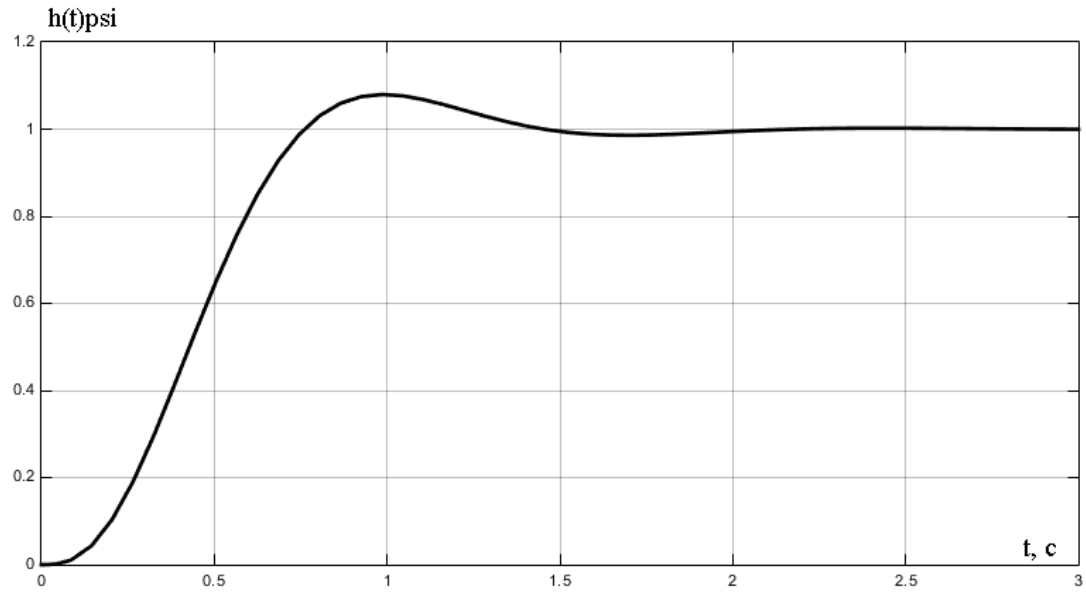

Рисунок 3.15 – Переходная характеристика контура потокосцепления

Анализ этой характеристики показывает, что перерегулирование и время первого согласования отличаются от значений, характерных для идеальной настройке на оптимум по модулю, но контур быстродействующий и устойчивый.

Произведем синтез регулятора контура момента.

Структурная схема реального контура момента, приведена на рисунке 3.16.

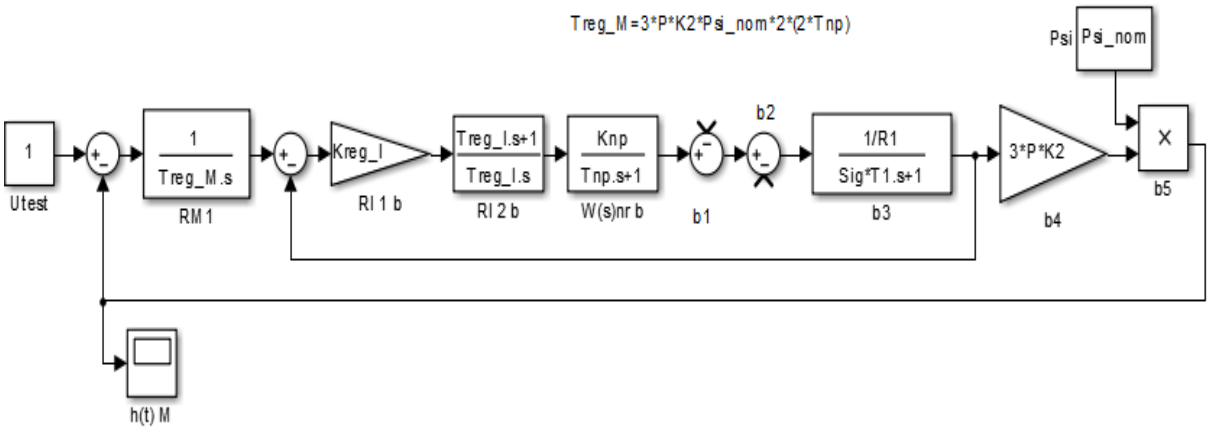

Рисунок 3.16 – Структурная схема реального контура момента.

Контур момента является внутренним по отношению с внешнему контуру скорости, и внешним по отношению к контуру тока. Следовательно, контур

момента необходимо настраивать на оптимум по модулю. Учитывая замену реального контура тока апериодическим звеном первого порядка регулятор момента должен быть интегральным.

Постоянная времени регулятора:

$$T_{reg}M = 3 \cdot p \cdot K2 \cdot Psi_{\text{ном}} \cdot 2 \cdot 2 \cdot T_{\text{пр}} \quad (3.26)$$

$$T_{reg}M = 3 \cdot 2 \cdot 0{,}949 \cdot 1{,}97 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0{,}0001 = 0{,}00448.$$

На рисунке 3.17 изображен упрощённый контур момента, в котором контур тока представлен апериодическим звеном первого порядка.

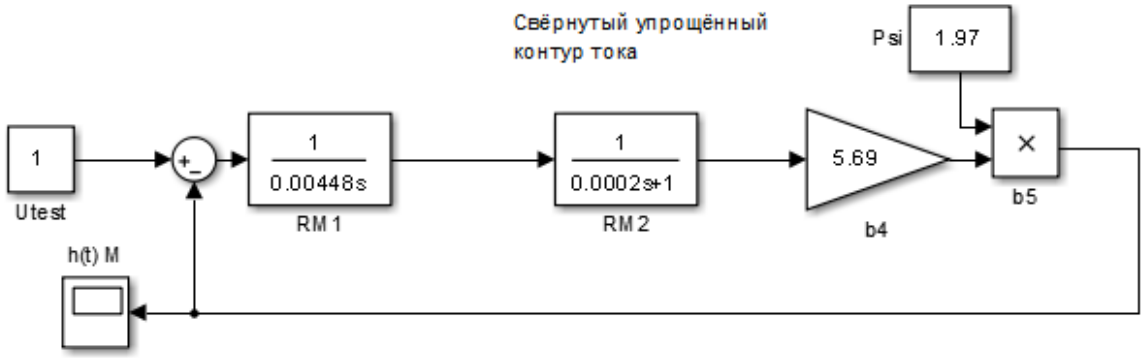

Рисунок 3.17 – Структурная схема упрощённого контура момента

На рисунке 3.18 изображена переходная характеристика реального контура момента.

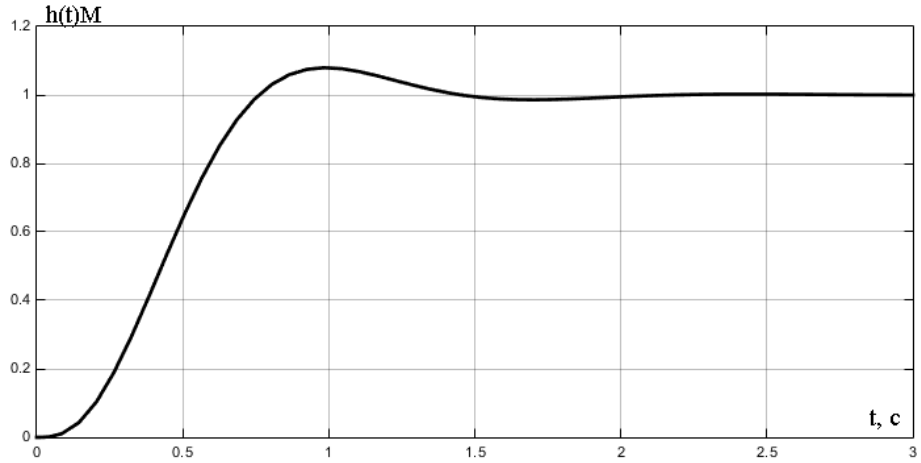

Рисунок 3.18 – Переходная характеристика реального контура момента

Анализ данной характеристики показывает, что она не соответствует переходной характеристике идеально настроенного на оптимум по модулю контура. Но контур устойчивый и быстродействующий.

Произведем синтез регулятора контура скорости.

Структурная схема реального контура скорости приведена на рисунке 3.19.

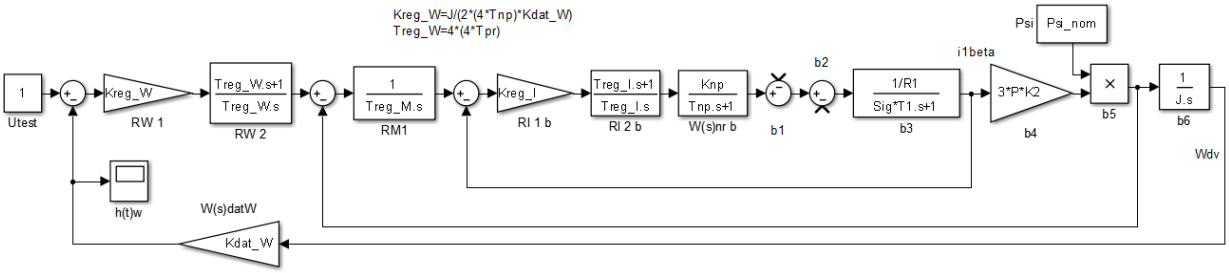

Рисунок 3.19 – Структурная схема реального контура скорости

Контур скорости является внешним контуром, поэтому его целесообразно настраивать на симметричный оптимум. Это позволяет при возникновении возмущающего воздействия по моменту исключить ошибку по скорости, то есть сделать ее равной нулю.

Внутренний контур момента заменяется на апериодическое звено первого порядка с постоянной времени $4T_{пр}$. В таком случае, объект управления в контуре скорости будет выглядеть как последовательно соединенные интегральное и апериодическое звено первого порядка. В качестве регулятора следует использовать ПИ - регулятор.

Динамический коэффициент усиления рассчитывается по формуле (3.27):

$$K_{reg}w = \frac{J}{2 \cdot 4T_{пр} \cdot K_{dat}w} \quad (3.27)$$

$$K_{reg}w = \frac{43{,}4}{2 \cdot 0.0004 \cdot 1} = 54250.$$

Постоянная времени регулятора:

$$T_{per} = 4 \cdot (4 \cdot T_{пр}) \quad (3.28)$$

На рисунке 3.20 изображена упрощённая структурная схема контура скорости, настроенного на симметричный оптимум с рассчитанными параметрами.

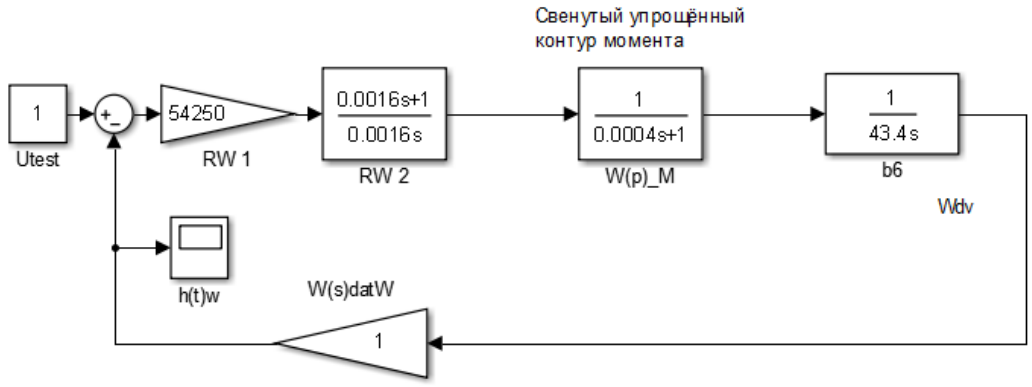

Рисунок 3.20 – Структурная схема упрощённого контура скорости

Переходная характеристика реального контура скорости, настроенного на симметричный оптимум показана на рисунке 3.21.

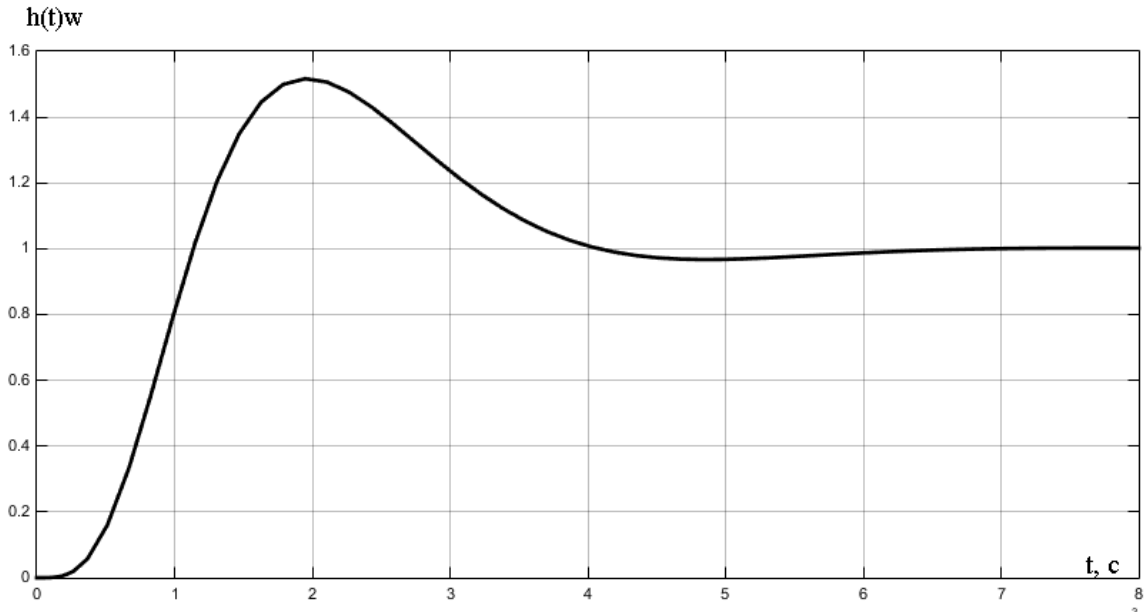

Рисунок 3.21 – Переходная характеристика контура скорости

Анализ данной характеристики показывает, что контур устойчивый и достаточно быстродействующий.

Исследование переходных процессов в СВУ возможно с помощью модели, основанной на однолинейной структуре СВУ с опорным вектором главного потокосцепления Ψ_0, данной на рисунке 3.22 [2].

Рассмотрим подробнее модель структуры СПВУ во вращающейся системе координат (рисунок 3.20), построенной по аналогии с моделью системы постоянного тока (СПТ) для расчета переходных процессов (настройки регуляторов САР). Она содержит кроме двигателя преобразователь (ТП), канал регулирования момента, подсистему стабилизации потока (Ssys. Φ_0), дополнительный контур (ДК) для работы в режиме постоянной мощности (рисунок 3.23). Параметры модели соответствуют данным исследуемого привода с асинхронным двигателем МТКН 511-8.

Модель основана на положении о том, что при векторном регулировании, подобно тому, как в ДПТ влияние реакции якоря устраняется с помощью компенсационной обмотки, максимальный момент $M = c_м \Phi_m \ I_2 \cos \ \psi_2$ получается при сведении угла ψ_2 между векторами ЭДС и тока ротора I_2 к пренебрежимо малой величине.

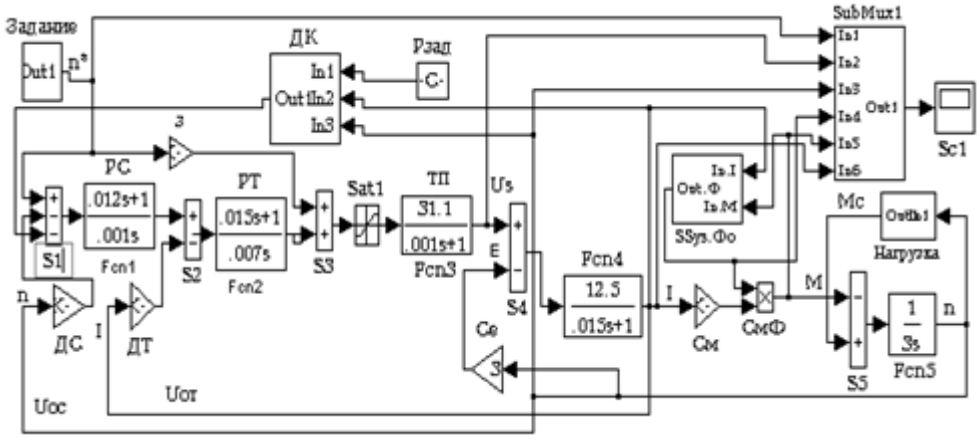

Рисунок 3.22 – Модель СПВУ с АД, эквивалентная СПТ

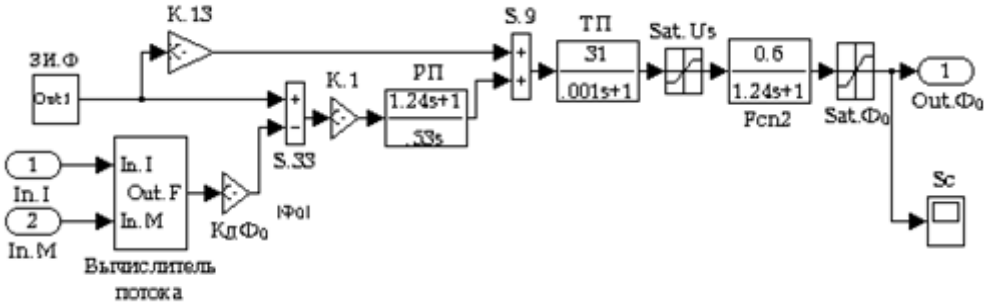

Рисунок 3.23 – Подсистема стабилизации главного потокосцепления АД

АД получена при линеаризации зависимости момента двигателя от тока:

$$M = c_{\text{м}}\,\Phi_0\,I_s, \qquad (3.20)$$

где Φ_0 – основной магнитный поток; I_s – ток статора асинхронного двигателя; $c_{\text{м}} = 0{,}5mp_0$.

Известно, что ток статора нагруженного АД согласно схеме замещения примерно равен току ротора: ($|I_s| \approx |I_2|$).

ЭДС вращения:

$$E = C_e\,n. \qquad (3.21)$$

где C_e – постоянная, равная числу пар полюсов машины (p_0), n – угловая скорость.

Двигатель представлен несколькими типовыми звеньями, в том числе инерционным звеном *Fcn*5 с суммарной постоянной времени $J = 3$ кг·м^2 и апериодическим звеном *Fcn*4 с параметрами [1]:

$$T_i = (L_s(1 - k_r k_s))/(R_s + k_r R_r) = 0{,}015 \text{ с},$$

$$K_i = 1/(R_s + k_r R_r) = 12{,}5 \text{ См},$$

где $k_s = 0{,}9695$ – коэффициент магнитной связи статора;

$k_r = 0{,}968$ – коэффициент магнитной связи ротора;

$R_s = 0{,}0492$ Ом;

$R_r = 0{,}031$ Ом – сопротивления статора и ротора;

$(1 - k_s k_r)L_s = L'_s$ – переходная индуктивность статора.

Преобразователь выполнен в виде апериодического звена *Fcn*3. За постоянную времени $T_\mu = 0{,}001$ с (как и в модели рисунке 3.21) принят период коммутации широтно-импульсного преобразователя (ШИП).

В двухконтурной системе частотного регулирования внешний регулятор скорости (РС) и регулятор тока (РТ) во внутреннем контуре пропорционально-интегральные. Параметры регуляторов определены по методике, данной в [1].

Контур стабилизации (регулирования) модуля главного потокосцепления (Ssys. Φ_0), приведенный на рисунке 3.21, с регулятором потока РП выполнен в соответствии со схемой рисунке 3.20. В схему введено ограничение выходного напряжения ТПЧ и насыщение магнитного потока (Sat.Ф).

Магнитный поток вычисляется в подсистеме «Вычислитель потока» по известной формуле для моментной характеристики $M = C_m \Phi_o I_2 \times$ $\times(\cos\psi_2 = 1)$. Задание потока, как и скорости, – сигнал 10 В. Подсистема выполнена с введением параметров двигателя МТКН 511-8:

$$k_\Psi = \frac{k_S(1-k_r)}{1-k_S}\frac{L_r}{R_r} = 0{,}6 \text{ с};$$

$$T_\Psi = \frac{1-k_S k_r}{1-k_S}\frac{L_r}{R_r} = 1{,}24 \text{ с}.$$

Подсистема Ssys. Φ_0 при расчете регуляторов канала скорости векторной системы может быть представлена блоком как «постоянная» (Φ_0 = const), если не рассматриваются параметры регуляторов контура стабилизации (регулирования) основного магнитного потокосцепления асинхронного двигателя.

Практический интерес представляют динамические характеристики СПВУ при настройках по условиям технического и симметричного оптимумов.

На рисунке 3.24 даны уровни перерегулирования скорости при моделировании линейного разгона АД для двух моделей СПВУ. На рисунке 3.22, *а* представлены процессы в модели, выполненной по рисунку 3.22.

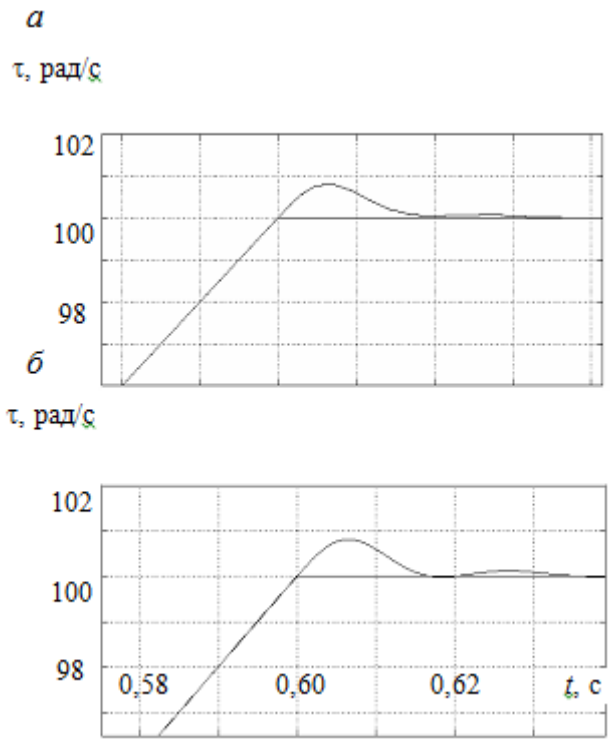

Рисунок 3.24 – Результаты моделирования динамики привода

На рисунке 3.24, *б* для сравнения даны процессы для «классической» математической модели СПВУ с опорным вектором главного потокосцепления по рисунку 3.23, использующей координатные преобразования и дифференциальные уравнения обобщенной асинхронной машины, при одинаковых настройках регуляторов [1].

Несмотря на то, что модель на рисунке 3.22 не учитывает особенности характеристик асинхронной машины, наличие контуров, замкнутых по параметрам привода, способствует незначительному влиянию нелинейностей на динамику.

Результаты моделирования переходных процессов с использованием модели на рисунке 3.24, *б* практически не отличаются от результатов в модели, синтезированной по амплитудным значениям электромагнитных параметров. Динамические характеристики совпадают с достаточной точностью и перерегулирования отличаются не более чем на 5-10 %.

Компьютерное моделирование динамики СВУ с помощью рассмотренной модели привода с векторным управлением позволяет получить требуемый вид переходного процесса для оптимизации режима его работы.

Выводы

В данном разделе выпускной квалификационной работы произведено обоснование выбора необходимого технического обеспечения и разработка математической модели электропривода. Для исследуемого объекта решено применить схему частотно-регулируемого ЭП. В качестве канала регулирования выбирается контур, объектом в котором является электродвигатель привода подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1, а регулируемым параметром – частота вращения привода ($f_{вых}$).

В качестве преобразователя частоты решено применить модель ATV212HU40N4, которая хорошо зарекомендовала себя на рынке специальных технических средств.

Так же произведено построение математической модели электропривода и синтез регуляторов системы автоматического управления.

4. Изготовление детали «вал» на станке после модернизации

4.1 Характеристика детали

Предполагается разработать операционно-технологического процесса изготовления детали типа «вал». Вал изготавливается из легированной стали 40Х ГОСТ 4543-71 Бв = 980 МПа.

Изготавливаемый вал представляет собой цилиндр ступенчатой формы. Общее количество ступеней вала определяет конечную трудоемкость его изготовления. Конструкция изготавливаемой детали подразумевает наличие двух ступеней, предназначенных для установки на них подшипников. Обработку этих ступеней необходимо осуществлять по шестому квалитету. Также конструкция вала подразумевает наличие двух центровых отверстий, которые предназначены для установки и фиксации вала в приспособлении для обработки с соблюдением требований по точности. Шлицы вала выполняются в соответствии с пятым квалитетом точности.

После изучение основных особенностей изготавливаемой детали можно сделать следующие выводы:

1. Обработку всех поверхностей вала целесообразно осуществлять с помощью режущего инструмента.

2. Имеющиеся оборудование и оснастка способны обеспечить выполнение всех требований относительно точности обработки поверхностей вала.

Также конструкция вала имеет следующие особенности:

1. Необходимость соблюдения высокой точности при обработке определенных поверхностей вала.

2. Необходимость соблюдения высокой точности при выполнении отверстий вала.

В качестве материала для изготовления детали выбрана сталь марки 40Х, основные свойства и химический состав которой представлены в таблицах 4.1 – 4.2. Изготавливаемый вал характеризуется наличием ряда ответственных

поверхностей, обработка которых должна осуществляться с соблюдением определенных требований точности.

Таблица 4.1 – Химический состав стали 40Х ГОСТ 4543-71, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	До 0,3	До 0, 035	До 0, 035	0,8-1,1	До 0,3

Таблица 4.2 – Механические свойства стали 40Х ГОСТ 4543-71

б, МПа	бв, МПа	δ, %	Ψ, %	KCU, Дж/м2	НВ (не более)
780	980	10	45	59	248

Для обеспечения необходимой твердости и износостойкости вала в процессе изготовления необходимо подвергнуть процедурам закаливания.

Конечная геометрическая форма детали, ее конструктивные особенности, а также химические и физические свойства определяют форму заготовки, которая является наиболее оптимальной в конкретных условиях. Помимо этого при выборе заготовки необходимо учитывать технические параметры и возможности применяемого оборудования. Наиболее оптимальным материалом заготовки детали является сталь марки 40Х. Данная марка стали наиболее часто применятся при изготовлении таких деталей, как: трубы, оси, валы, втулки и т.д. В качестве заготовки принимается прокат из стали марки 40Х.

Рисунок 4.1 представляет собой эскиз изготавливаемой детали.

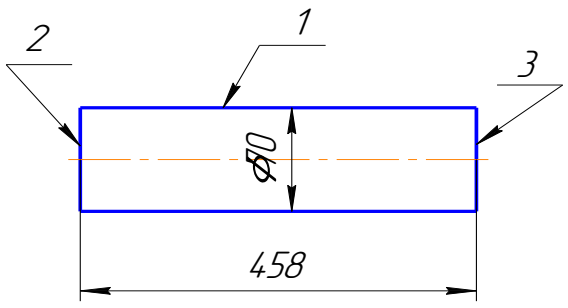

Рисунок 4.1 – Чертеж заготовки

В результате проведенного технологического анализа было установлено, что конструкция детали соответствует технико-экономическим требованиям, а также обеспечивает необходимый уровень технологичности.

Исследуемый вал представляет собой тело вращения и относится к классу валов.

Основное функциональное назначение коленчатых валов заключается в преобразовании энергии поступательного движения штоков поршней в энергию вращения. Конструктивные особенности валов делают эти детали элементами конструкции с низкими показателями жесткости. Вместе с этим валы работают в условиях воздействия больших переменных нагрузок. Помимо этого условия работы валов характеризуются наличием значительных изгибающих сил, а также сил кручения.

Общий уровень надежности механизма или конструкции во многом зависит от степени прочности его валов.

Вал имеет цилиндрическую форму. В детали отсутствуют необрабатываемые резанием поверхности детали. Самой качественной поверхностью являются шлицевая поверхность, цилиндрические поверхности, имеющие шероховатость Ra1,25, самой грубой поверхностью являются торцы детали: шлифовального круга и резца. Также вал подвергается термической обработки – цементации, с толщиной упрочняемого слоя 1,1…1,6мм и твердость этого слоя 51…67 HRC.

Вал изготавливается из легированной стали 40Х ГОСТ 4543-71 $б_в$ = 980 МПа.

Уровень технологичности детали – это комплекс показателей, которые отражают степень возможности ее изготовления с применением наиболее эффективных и рациональных технологических процессов и оборудования. При этом уровень технологичности также определяет и степень соответствия изготавливаемой детали требованиям конструкторской документации и возможности выполнения всех операций обработки в наиболее оптимальной последовательности.

Анализ технологичности конструкции детали выполняется по двум направлениям: качественной оценке и количественной. Качественная оценка сводится к определению достоинств и недостатков элементов конструкций детали. Количественная оценка технологичности определяется по коэффициентам.

К достоинствам детали относятся:

– наличие поверхностей, которые могут быть использованы при базировании;

– возможность совмещения технологической и измерительной баз;

– квалитеты точности, назначенные на ответственные поверхности и шероховатость, выбраны в соответствии с ГОСТами;

– конструкция детали не имеет труднодоступных поверхностей;

– в целом вал симметричен относительно главных осей;

– для обеспечения заданных размеров не требуется специальный инструмент.

– контроль поверхностей осуществляется стандартным мерительным инструментом, без ограничения по доступности, что делает ее контролепригодной.

К недостаткам относятся:

– цилиндрические отверстия изготавливаются с высокой степенью шероховатости, что приведет к применению нескольких видов инструментов для обработки одной поверхности.

4.2 Технологические процессы изготовления детали

Изучив конструктивные и механические особенности изготавливаемой детали было выбрано три наиболее подходящих и оптимальных варианта изготовления ее заготовки:

– метод круглого горячего проката в соответствии с требованиями ГОСТ 2590-2006;

– метод ковки.

Для того, чтобы осуществить экономическое обоснование выбора метода получения заготовки необходимо осуществить расчет себестоимости получения заготовки различными методами.

Формула для расчета себестоимости заготовки при использовании метода круглого горячего проката в соответствии с требованиями ГОСТ 2590-2006 имеет вид:

$$C_1 = M + \sum C_{тех}, \quad (4.1)$$

где M – стоимость материала, необходимого для производства заготовки, руб.;

$\Sigma C_{тех}$ – суммарные затраты на реализацию технологических операций правки, калибрования, разрезки, руб.

Формула для расчета стоимости материала для производства заготовки имеет вид:

$$M = m_з \cdot \frac{S}{1000} - (m_з - m_д) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (4.2)$$

где $m_з$ - вес материала для производства заготовки, кг;

S – стоимость единицы веса материала, руб.;

$m_д$ - вес детали после обработки исходной заготовки, кг;

$S_{отх}$ - стоимость единицы веса отходов, руб.

$$M = 1{,}6 \cdot \frac{2400000}{1000} - (13{,}9 - 4{,}7) \cdot \frac{240000}{1000} = 1632 \text{ руб.}$$

Для расчета технологической себестоимости воспользуемся следующей формулой:

$$C_{тех} = \frac{C_{п.з.} \cdot T_{шт-к}}{60}, \quad (4.3)$$

где $C_{п.з.}$ – уровень приведенных затрат, который соответствует одному рабочему месту, руб./ч;

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время, необходимое для выполнения всех заготовительных операций, мин.

$$T_{шт-к} = \frac{L_{рез} + l_1 + l_2}{s_м} \cdot i, \quad (4.3)$$

где $L_{рез}$ – общая протяженность резов при изготовлении штучных заготовок, мм;

$L_{рез}$=D=70 мм;

l1+l2 – общая протяженность врезания и перебега, мм; l1+l2=5мм;

$S_м$ – скорость резания, мм/мин;

$S_м$=60 мм/мин; ;[4,С.12];

i – коэффициент, который учитывает продолжительность времени выполнения вспомогательных операций;

$$T_{шт-к} = \frac{70+5}{60} \cdot 1 = 1{,}25 \text{ мин}$$

$$C_{тех} = \frac{3525 \cdot 1{,}25}{60} = 73{,}44 \text{ руб.}$$

$$C_1 = 1632 + 73{,}44 = 1705 \text{ руб.}$$

Заготовка, получаемая ковкой:

$$S_{заг} = \left(\frac{S}{1000} \cdot m_з \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_П \right) - (m_з - m_д) \cdot \frac{S_{отл}}{1000}, \quad (4.4)$$

где K_T - коэффициент, который учитывает класс точности; $K_T = 1$; [3];

K_C - коэффициент, который учитывает группу сложности; $K_C = 1$; [3];

K_B - коэффициент, который учитывает массу заготовки и детали; $K_B = 1{,}1$; [3, с.25];

K_M - коэффициент, который учитывает свойства используемого материала; $K_M = 1{,}08$; [3];

$K_П$ - коэффициент, который учитывает объем выпускаемой продукции; $K_П = 0{,}8$; [3].

$$S_{заг} = \left(\frac{3200000}{1000} \cdot 6{,}226 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}08 \cdot 0{,}8\right) - (6{,}226 - 4{,}7) \cdot \frac{240000}{1000} = 18568{,}77 \text{ руб.}$$

Экономический эффект $Э_{ЗАГ}$, руб., вычисляют по формуле

$$Э_{ЗАГ} = (S_1 - S_2) = (1705 - 18569) \cdot 6000 = -16863{,}6 \text{ руб.} \qquad (4.5)$$

После проведенных расчетов было установлено, что изготовление заготовки детали методом проката является наиболее оптимальным и рациональным вариантом.

Задачей дипломного проекта является соблюдение точности размеров. Все размеры изготавливаемой детали должны соответствовать чертежам и допускам. В процессе обработки заготовки и производства готовой детали неизбежны отклонения от номинальных размеров. Степень отклонения фактического размера от номинального называется допуском размера, либо просто допуском. Величина допуска зависит от требуемой точности соблюдения размеров, от технологии изготовления, а также от применяемого оборудования, приспособлений и оснастки. Чем выше допуск на размеры, тем ниже себестоимость изготавливаемой детали. С другой стороны, чем выше допуск, тем ниже эксплуатационные характеристики детали. Таким образом, при определении оптимального допуска на размеры необходимо искать компромисс между экономическими и эксплуатационными характеристиками готовой детали.

Также должны соблюдаться точности формы и взаимного расположения поверхностей детали. При особых требованиях к точности формы и расположение поверхностей назначаются заранее и соответствующим образом обозначаются на чертежах. Для детали даны требования по радиальному, торцевому биению и допуск симметричности.

Для данной детали применяются специальные технические требования: «Вал» необходимо применить покрытие хим.окс.прм. Что означает химическое оксидирование пропитанное маслом, оно является защитным покрытием черного цвета. Покрытие хорошо защищает сталь от коррозии в легких условиях эксплуатации. Достоинством химически оксидированной поверхности является то, что процесс не меняет размеров деталей. Образующиеся в результате окисные пленки предохраняют изделия от коррозии, служат в качестве электроизоляции, являются основой для нанесения на них защитных покрытий – лака, краски, жировой смазки и т.д.

Далее необходимо подробно изучить и проанализировать существующий технологический процесс изготовления детали на предмет его соответствия требованиям точности готового изделия, а также на предмет обеспечения требований по программе выпуска и экономических показателей.

Таблица 4.3 представляет собой существующий технологический процесс изготовления детали.

В базовом технологическом процессе применяются слесарные операция, что для выбранного среднесерийного типа производства неприемлемо. Поэтому необходимо исключить эту операция из техпроцесса. При этом применяется несколько видов инструментов для обработки одной поверхности, и необходимо использовать минимальное количество инструментов. Также необходимо снизить количество переходов в токарных операциях, для этого применим прогрессивные металлорежущие токарные станки. Остальные элементы техпроцесса удовлетворяют заданной серийности и условиям производства и не требуют изменений.

Таблица 4.3 – Существующий технологический процесс

№ операции	Наименование операции	Содержание операции	Оборудование
005	Заготовительная		
010	Токарная	Торцевать	Токарный мод. 16К20Т1
015	Автоматно-токарная	Точить поверхности	Токарный мод. 16К20Т1
020	Токарная	Сверлить глухое отверстие, накатать резьбу	Токарный мод. 16К20Т1
025	Токарная	Точить поверхности начисто	Токарный мод. 16К20Т1
030	Шлицефрезер-ная	Фрезеровать шлицы с припуском	Шлицефрезерный мод. 5350
035	Слесарная	Зачистить заусенцы	
040	Термическая	Цементация	Установка ТВЧ
045	Круглошлифовальная	Шлифовать шейки вала	Круглошлифовальный мод. 3У12
050	Шлицешлифова-льная	Шлифовать шлицы	Шлицешлифова-льный станок 3451
055	Слесарная	Зачистить заусенцы	
060	Контрольная		

Типовую схему процесса изготовления валов можно представить в такой последовательности (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Типовой техпроцесс обработки валов

№ операции	Наименование операции	Содержание операции	Оборудование	Технологическая база
005	Заготовительная			
010	Фрезерно-центровальная	Фрезерование (подрезание) торцов и центрование	Фрезерно-центрова-льный или токарный станки	Наружная поверх-ность
015	Токарная	Черновая и чистовая токарная обработка	Токарный станок	Центровые отверстия
020	Фрезерная	Фрезерование шпоноч-ных канавок, лысок, уступов	Фрезерный станок	Центровые отверстия, шейки вала
025	Сверлильная	Сверление отверстий, нарезание резьбы	Сверлиль-ный станок	Шейки вала
030	Шлицефрезер-ная	Черновая, чистовая обработка шлицев	Шлицефре-зерный станок	Центровые отверстия
035	Термическая	Термообработка	Печь, установка ТВЧ	Центровые отверстия
040	Шлифование	Шлифование опорных шеек	Центро-шлифова-льный	Центровые отверстия
045	Шлицешлифо-вальная	Обработка боковых по-верхностей шлицев и центрирующих диаметров вала	Кругло-шлифова-льный станок	Центровые отверстия
050	Контрольная			

Несмотря на большое разнообразие размеров и конструктивных форм, валы подвергаются одинаковым процессам обработки. Типичными установочными базами для них являются центровые отверстия. На некоторых

операциях обработки при воздействии изгибающих сил резания, например, при фрезеровании плоскостей, сверлении радиальных отверстий в качестве установочных баз используют обработанные шейки.

В зависимости от конструкций или программы выпуска изделий технологический процесс изготовления валов может отличаться только последовательностью обработки или введением дополнительных операций.

Схему обработки детали выбираем на основании анализа конструкции, технических требований на ее изготовление и возможностей производства. Изготовление детали производим в два этапа: первый этап – операции по образованию геометрической формы, до нарезания шлицев, второй этап – операции по нарезанию и отделке шлицев, а также шлифования необходимых поверхностей.

Всякая заготовка, предназначенная для дальнейшей механической обработки, изготавливается с припуском на размеры готовой детали. Этот припуск, представляющий собой излишек материала, необходимый для получения окончательных размеров и заданного класса шероховатости поверхности деталей, снимается на станках режущими инструментами. При различных способах получения заготовок припуски будут разными. Чрезмерные припуски вызывают излишние затраты на изготовление детали и тем самым увеличивают ее себестоимость, слагающуюся из трех основных элементов: затрат на материал, основной заработной платы производственных рабочих, накладных расходов. Излишние припуски вызывают повышение затрат на режущие инструмент, так как излишний материал снимается в несколько проходов, вследствие чего увеличивается основное технологическое время, а из-за необходимости увеличение глубины резания требуется повысить мощность станка и как следствие увеличение расхода электроэнергии.

С другой стороны, слишком малые припуски не дают возможности выполнить необходимую механическую обработку с желаемой точностью и чистотой, в результате чего получается брак, что также удорожает изделие.

Основными конструкторскими базами вала являются поверхности опорных шеек. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей на всех операциях затруднительно. Для условия сохранения единства и постоянства баз за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий по ГОСТ 14034–74. Для исключения погрешности базирования при выдерживании длин ступеней от торца вала необходимо в качестве опорной технологической базы использовать торец заготовки. С этой целью заготовку устанавливают на плавающий передний центр. А для самой первой операции, где нет еще центровых отверстий, технологическими базами будут являться опорные шейки заготовки и один из торцев, для этого заготовку ставим в призмы.

Таким образом, при выборе заготовок необходимо стремиться к назначению оптимальных припусков, обеспечивающих выполнение механической обработки с удовлетворением требований к точности и чистоте обрабатываемых поверхностей при наименьшей себестоимости детали.

Данные по выбору метода обработки и формирования технологического процесса приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Маршрутный план обработки

№ операции	Содержание операции	Оборудование	Режущий инструмент	Оснастка
005	Фрезерно-центровальная Центрирование и подрезка торцев 10 и 11	Фрезерно-центровальный полуавтомат 2А931	Фреза, центровочное сверло	Призмы

010	Токарная (черновая) Точить поверхности	Токарный станок с ЧПУ 16К20Т1	Резцы проходные	центра
015	Токарная (чистовая)	Токарный станок с ЧПУ 16К20Т1	Резцы проходные, канавочные, фасочные. Резец для нарезания резьбы М22х1,5	центра
020	Фрезерная Фрезеровать шпоночный паз 20	Горизонтально-фрезерный станок 6Р13	пальцевая шпоночная фреза	3-х кулачковый патрон
025	Сверлильная Сверлить и нарезать резьбу 12, зенкеровать фаску 19	Горизонтально-расточной станок 2620	СверлоØ12, сверло-метчик М20х1,5	Призмы
030	Шлицефрезер-ная Фрезеровать шлицы на пов. 8	Шлицефрезерный полуавтомат 5350А	червячная фреза	центра
035	Термическая	Печь ТВЧ		
040	Шлифовальная Шлифовать пов.2, 5, 6 и 7	Круглошлифовальный станок 3М151	Шлифоваль-ный круг	центра
045	Шлицешлифо-вальная Шлифовать нарезанные шлицы	Шлицешлифо-вальный станок 3451В	Абразивная головка	центра

В процессе разработки технологического процесса изготовления любой детали необходимо осуществить выбор оптимальных припусков на все размеры. При установлении больших припусков будут иметь место значительные перерасход материала, увеличенный износ инструмента, а также увеличение степени сложности проведения операций механической обработки.

С другой стороны, при назначении низких припусков в большинстве случаев с поверхности заготовки не будет полностью удален поверхностный слой, который, как правило, является дефектным. Помимо этого малые значения припуска не способны обеспечить выполнение требований точности и качества обработки заготовок. Как следствие, при неправильном выборе припусков резко возрастают требования к заготовкам, а также происходит увеличение доли бракованных изделий. С помощью правильно выбранного припуска обеспечивается компенсация неточностей выполнения всех предыдущих операций технологического процесса. Установка припусков осуществляется двумя способами: опытно-статическим и расчетно-аналитическим.

Опытно-статистический способ определения припуска оптимально подходит для относительно простых деталей, к которым предъявляются средние требования точности и которые изготавливаются сериями либо единично. При применении опытно-статического метода обеспечивается короткое время разработки всего технологического процесса. Вместе с этим данный способ не предусматривает подробное описание правил и норм обработки определенных поверхностей. В связи с этим наблюдается увеличение общего припуска на большинство размеров изготавливаемой детали.

Расчетно-аналитический метод определения припусков оптимально подходит для деталей, которые выпускаются в условиях массового и крупносерийного производства. Основным документом, определяющим припуски и допуски на механическую обработку плоскостей, является

ГОСТ 53464-2009. Таблица 4.6 содержит информацию о припусках и предельных отклонениях на размеры изготавливаемой детали.

Таблица 4.6 – Припуски и предельные отклонения на обрабатываемые поверхности вала

Поверхность	Размер, мм	Припуск, мм		Допуск, мм
		Расчетный	Табличный	
Торцевая Поверхность 2,3	458	-	4,5	+0,8 -0,8
Диаметр 1	70	-	2·3,3	+0,1 -0,9

Выводы по разделу:

Станки с числовым программным управлением обеспечивают реализацию функций автоматического выполнения в определенной последовательности обрабатывающих операций. Таким образом, обеспечивается автоматическое изменение взаимного расположения детали и обрабатывающего инструмента в определенной последовательности.

Для разработки руководящей программы технологом-программистом должна быть подготовленная технологическая документация, которая содержит всю необходимую геометрическую, числовую, технологическую информацию и включает в себя: расчётно-технологическую карту (РТК), заполненный бланк числовой и технологической информации и программный лист с программой в кодах ISO.

В процессе написания управляющей программы для разрабатываемого РТК необходимо в обязательном порядке предусмотреть: подробный анализ технического задания и набора исходной информации; создание эскизной документации на изготавливаемые детали; определение наиболее оптимального

оборудования; расчет режимов обработки и подготовительных операций; определение базовых поверхностей и размеров заготовки, а также начала координат; формирование последовательности операций по обработке заготовки; расчет оптимальных режимов работы оборудования и станков; определение наиболее оптимальных и рациональных маршрутов движения режущего инструмента; написание программного кода для станков с ЧПУ.

Обработку детали проводят за одну установку. Чистовое точение наружных поверхностей резцом проходным, проточить канавку с радиусами – резец канавочный, резец радиусный. Вал устанавливается в центрах с хомутиком по поверхности диаметром 8,23 мм.

Управление производством или отдельным технологическим процессом является совокупностью целого ряда различных технологических операций.

Для того, чтобы обеспечить полноценный эффективный и непрерывный технологический процесс необходимо в определенной последовательности выстроить необходимые технологические операции с привлечением необходимого персонала и специалистов, а также с использованием наиболее подходящего инструмента и приспособлений.

Между различными звеньями исполнительной цепи технологического процесса необходимо организовать взаимосвязь и обмен всей необходимой информацией.

Более высшие звенья производственной цепи в рамках своих полномочий имеют возможность вносить определенные коррективы в работу и технологические операции низших звеньев производственной цепи.

На рассматриваемом производственном объекте действует структура производства, основанная на линейно-штабной модели организации производства.

Такая модель представляет собой более усовершенствованный вариант линейной модели организации производства. Линейно-штабная модель, в отличие от линейной, имеет в своем составе звено, осуществляющее стратегическое планирование.

Линейно-штабная структура подразумевает наличие структурных подразделений, которые наделены полномочиями принятия определенных управленческих решений, а также возможностью управления рядом структурных подразделений, которые находятся на низших ступенях производственной иерархии.

Помимо этого они могут выполнять советнические функции для вышестоящих структурных подразделений.

Наиболее оптимальным вариантом в рассматриваемых условиях является бригадная модель организации производственной деятельности.

Специализированная бригада рабочих должна реализовать функции качественного, эффективного и своевременного выполнения ремонтных работ и технического обслуживания.

Для управления и координации действий производственными бригадами организуется обособленный участок.

5. Технико-экономический раздел

5.1 Расчет капитальных вложений

Основным фактором, обеспечивающим экономический эффект при внедрении новой техники в области автоматизации является экономия затрат на проведение регламентных и ремонтных работ.

Цель расчета - определение экономической эффективности системы автоматизации в условиях исследуемого производства.

К капитальным вложениям относятся затраты на приобретение оборудования, материалы и трудозатраты персонала.

Величина капитальных вложений ΔK (единовременные затраты) в проект автоматизации рассчитывается по формуле [2]:

$$\Delta K = C_{об.н} + З_{м}, \quad (5.1)$$

где $C_{об.н}$ – стоимость нового оборудования;

C_{i} – затраты на монтаж оборудования;

Информация о стоимости оборудования представлена ниже в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Стоимость оборудования системы автоматизации

Наименование оборудования	Кол., шт.	Стоимость оборудования, руб.	Сумма, руб.
Контроллер	1	29300	29300

Датчики	20	43700	874000
Автоматический выключатель	1	44850	44850
Пульт управления	1	72200	72200
Кабель	50 м	2000	10000
ИТОГО			1030350
Прочие траты	10%	-	103035
Затраты на транспортировку	20 %	-	206070
ВСЕГО			1342455

Затраты на монтажные и пуско-наладочные работы (ПНР) представлены ниже в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Затраты на монтажные и пуско-наладочные работы

Вид работ	Разряд	Кол-во чел.	Фонд оплаты труда, руб.
Монтаж	6	2	31500
Сварочные работы	6	1	18900
Наладка оборудования	-	1	23625
ИТОГО			74025

Величина общих дополнительных капитальных вложений на внедрение системы составляет [4]:

$$\Delta K = 1342455 + 74025 = 1416480 \text{ руб.}$$

В процессе расчета затрат на заработную плату обслуживающего персонала учитывается, что для данных категорий сотрудников применяется повременная система оплаты труда.

Расчет затрат на заработную плату по базовому и внедряемому вариантам приведен в таблице 5.3 и таблице 5.4 ниже.

Таблица 5.3 – Затраты на заработную плату сотрудников по базовому варианту

Наименование специальности	Кол., чел.	Оклад, руб.	Годовой фонд оплаты труда, руб.
Слесарь-инструментальщик	1	24000	288000
Мастер по эксплуатации	1	24500	294000
Инженер-механик	1	25000	300000
ВСЕГО	3	73500	882000

Таблица 5.4 – Затраты на заработную плату сотрудников по внедряемому варианту

Наименование специальности	Кол., чел.	Оклад, руб.	Годовой фонд оплаты труда, руб.
Оператор КИП	1	25000	300000
Диспетчер	1	24000	288000
ВСЕГО	2	49000	588000

Годовые расходы на содержание и эксплуатацию оборудования приведены в таблице 5.5 и таблице 5.6.

Таблица 5.5 – Годовые расходы на содержание и эксплуатацию оборудования по базовому варианту

Наименование статей расхода	Ед. измерен. руб.	Сумма
Зарплата обслуживающего персонала	руб.	882000
Страховые взносы (30,2%)	руб.	267849,84
Затраты на ремонт оборудования привода подач (5%)	руб.	1025
Амортизация оборудования (12%)	руб.	2460
Прочие расходы (10%)	руб.	112100,42
ВСЕГО	руб.	1265435,26

Таблица 5.6 – Годовые расходы на содержание и эксплуатацию оборудования по внедряемому варианту

Наименование статей расхода	Ед. измерен. руб.	Сумма
Зарплата обслуживающего персонала	руб.	588000
Страховые взносы (30,2%)	руб.	173268,09
Затраты на ремонт оборудования привода подач	руб.	1760,75
Амортизация оборудования	руб.	4085,8
Прочие расходы	руб.	65185,77
ВСЕГО	руб.	832300,41

Исходя из годовых расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, можно сделать сравнение базового и внедряемого вариантов с точки зрения экономии средств, которое приведено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Годовая экономия средств на содержание и эксплуатацию оборудования

Наименование статей расхода	Ед. измерен.	Базовый вариант	Проектир. вариант	Экономия
Зарплата	руб.	882000	588000	294000

обслуживающего персонала				
Страховые взносы (30,2%)	руб.	267849,84	173268,09	94581,75
Затраты на ремонт оборудования привода подач	руб.	1760,7	1025	735,7
Амортизация оборудования	руб.	4085,8	2460	1625,8
Прочие расходы	руб.	112100,4	65185,7	46914,7
ВСЕГО	руб.	1267796,74	829938,79	437857,95

5.2 Расчет основных технико-экономических показателей разработанной системы управления

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений для данного проекта составит:

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{Э_{зп}}, \; T_{ок} \le T_{н}, \; T_{н} = \frac{1}{E_{н}}, \tag{5.2}$$

где $T_{ок}$ – срок окупаемости,

ΔK – затраты на внедрение системы**;**

$Э_{зп}$ – экономия затрат на обслуживание;

$E_{н}$ – определяется, как ставка рефинансирования ЦБ РФ.

$$Т_{ок} = \frac{\Delta К}{Э_{зп}} = \frac{1416480}{433134,95} = 3,3 года,$$

Т.к. $T_н = 8$ *лет* $\Rightarrow$ $T_{ок} \leq T_н$.

Технико-экономические показатели для наглядного представления экономической эффективности модернизации системы управления сведены в таблицу 5.8.

Таблица 5.8 – Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Единицы измерен.	По базовому варианту	По внедряемому варианту
Дополнительные капитальные вложения	руб	-	107240
Годовой фонд зарплаты обслуживающего персонала	руб.	882000	588000
Страховые взносы (30,2%)	руб.	267849,84	173268,09
Амортизация оборудования	руб./год	1025	1760,75
Затраты на ремонт и обслуживание системы привода подач	руб./год	2460	4085,8
Прочие расходы	руб./год	112100,42	65185,775
Срок окупаемости	год	-	3,3

Вывод по разделу:

Как видно, модернизация системы позволит сократить количество обслуживающего персонала на 1 человека. Экономия заработной платы составит 437857,95 руб. в год.

Исходя из расходов на модернизацию оборудования, можно сделать вывод, что модернизация системы позволит значительно сократить расходы на оборудование, нежели на покупку новой системы, что является экономически выгодней.

6. Раздел экологичности и безопасности

6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

На здоровье и работоспособность человека в процессе труда оказывает влияние совокупность факторов производственной среды и трудового процесса.

Вредный производственный фактор - фактор среды и трудового процесса, который вызывает профессиональную патологию, временное или стойкое снижение работоспособности, повышает частоту соматических и инфекционных заболеваний.

Опасный производственный фактор – фактор среды и трудового процесса, который является причиной острого заболевания или внезапного ухудшения здоровья, смерти.

К опасным и вредным производственным факторам в данной работе относятся:

- подвижные части оборудования;

- движущиеся машины и механизмы;

- повышенная или пониженная температура воздуха;

- повышенная или пониженная температура поверхности оборудования, материалов;

- повышенная запыленность и загазованность воздуха;

- повышенная или пониженная влажность и подвижность воздуха;

- повышенный уровень статического электричества;

- повышенный уровень электромагнитных излучений;

- повышенная напряженность электрического и магнитного поля;

- повышенный уровень шума, вибрации;

- отсутствие или недостаток естественного и искусственного освещения;

- недостаточная освещенность рабочей зоны;

- острые кромки, заусеницы и шероховатости на поверхностях заготовок инструментов и оборудования.

6.2 Технические решения по безопасности производственного процесса

Задачей охраны труда является снижение до минимума вероятности поражения или заболевания работающего, создание необходимых условий труда для работы.

Разрабатываемая система автоматизации процесса должна обеспечивать безопасные условия труда и стабильность работы оборудования. В ходе внедрения средств автоматизации появляется возможность осуществления процесса производства быстрее, качественнее и с наименьшим вмешательством обслуживающего персонала, что обеспечивает безопасную работу с минимальным использованием физического труда. В разрабатываемой системе автоматики предложен ряд блокирующих устройств, обеспечивающих безопасную работу персонала и предотвращающих непреднамеренную порчу оборудования. Также система автоматизации позволяет частично устранить физическую работу на участке.

Для оповещения оперативного персонала об изменении технологического процесса установлена светосигнальная аппаратура AD22-22DS в количестве 3 штук.

Питание подаётся от электрощита на щит КИПиА, а от вводимого ключа к индивидуальному источнику внутри щитов.

Не допускается размещение вторичных приборов, кнопок, ключей, сигнальной аппаратуры на боковых стенках и дверях шкафных.

Внутри каждого шкафного щита должно предусматриваться освещение. Лампы для освещения монтажной стороны щитов:220В,127В.

Напряжения для питания инструмента и ламп не более 36В, а для щитов с внутренним проходом 12В. Розетки и вилки на 36В должны отличаться конструктивно и по цвету от розеток на 220В.

Сборки коммутационных зажимов должны устанавливаться на передней и боковой стенке щитов в один ряд. Можно устанавливать в два ряда только вертикально и расстояние между сборками зажимов не менее 200 мм. В зависимости от размера шкафа количество блоков зажимов строго определено.

Электропроводка между приборами одной панели выполняется между зажимами этих приборов, минуя сборки зажимов.

Компенсационные провода присоединяются непосредственно к приборам, минуя сборки зажимов.

Заземлению подлежат все щиты и пульты для установки в помещения всех категорий при наличии в них средств автоматизации и аппарата управления, требующих напряжение более 36В переменного тока и 120В постоянного тока.

В этом случае внутри щитов и пультов заземлению подлежат только те, которые на своих корпусах имеют вывод «земля».

Для заземления внутри щитов приборов и средств автоматизации в качестве заземления проводников рекомендуется применять медные жилы монтажных проводов сечением 1,5 мм^2.

6.3 Средства защиты и органы управления

В данной работе для монтажа выбран щит с монтажной панелью ЩМП-5 0 36 УХЛЗ (1000х650х300). Вырезы в щите под приборы обрабатываются с чистотой поверхности шероховатости Rz80.

Монтаж средств автоматизации производственных процессов всех отраслей промышленности выполняется по рабочим чертежам. Поэтому монтажному персоналу необходимо твёрдо знать, как выполняются проекты

автоматизации, в каких разделах размещены те или иные проектные материалы, их состав и содержание. Основными проектными материалами для производства монтажных работ являются функциональная и принципиальная схемы автоматизации.

6.4 Электробезопасность

Электрический ток, воздействуя на организм человека, может вызвать поражения. Степень таких поражений зависит от рода и силы тока, времени действия, пути прохождения в теле.

Человек начинает ощущать воздействие проходящего через него переменного тока промышленной частоты 50 Гц силой 0,6-1,5 мА и постоянного тока 5-7 мА. При увеличении тока, проходящего через тело человека, его воздействие усиливается и при значении переменного тока промышленной частоты 10 мА (60-80 мА постоянного тока) происходит непроизвольное сокращение мышц (судороги) рук, в результате чего человек не может разжать руку, в которой зажата токоведущая часть, то есть он не в состоянии самостоятельно нарушить контакт с токоведущей частью. При больших значениях тока руки парализуются, затрудняется дыхание. Чем больше ток, тем скорее нарушается работа легких и сердца. При токе промышленной частоты 100 мА и более прекращается работа легких и сердца, причем поражение сердца наступает через 2-3 секунды с начала воздействия тока.

ГОСТ 12.1.038-82 «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» установлены предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и силы токов, протекающих через тело человека и возникающих в электроустановках произвольного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц при времени нахождения под напряжением 10 мин.

На территории предприятия используется сеть промышленной частоты 50 Гц напряжением 220 В, которая питает ПЭВМ центра и другую оргтехнику.

Технические мероприятия, проводимые на предприятяии для защиты от поражения электрическим током, проводятся в соответствии с действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ и ПТБ потребителей) и «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ).

К организационным мероприятиям по электробезопасности, действующим на предприятии относят периодический инструктаж персонала.

К техническим мероприятиям относят:

- использование автоматов защитного отключения;
- использование заземления.

Защитное заземление представляет собой преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. В соответствии с ПУЭ сопротивление системы защитного заземления в любое время года для установок с напряжением до 1000 В не должно превышать 4 Ом.

Заземление техники центра осуществляется при помощи трубчатых заземлителей, вмонтированных в здание, в котором расположена организация.

6.5 Санитарно-гигиенические мероприятия

Согласно СанПиН 1.2.3685-21, под метеорологическими условиями производственной среды понимают сочетания температуры, относительной влажности, скорости движения и запыленности воздуха. Температура воздуха является одним из основных параметров, характеризующих тепловое состояние микроклимата. Скорость движения воздуха - это вектор усредненной скорости перемещения воздушных потоков под действием различных побуждающих сил.

Для характеристики содержания влаги в воздухе используют понятия - абсолютная, максимальная и относительная влажность.

Параметры микроклимата на рабочем месте приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Параметры микроклимата на рабочем месте

Категория работ	Энергозатраты, Вт	Периоды года, температура (°С)	
		холодный	теплый
легкая	до 139	22-24	23-35
средней тяжести	175-232	18-20	21-23
тяжелая	более 290	16-18	18-20

Для обеспечения установленных норм в рабочем помещении применяют вентиляцию, что позволяет также обеспечить чистоту воздуха. Система вентиляции выполняется в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Проведённый анализ системы вентиляция позволяет утверждать, что имеющаяся вентиляция соответствует СНиП 41-01-2003.

Источниками шума на рабочих местах являются станки и оборудование, центральная система вентиляции и кондиционирования воздуха.

В рабочем помещении предприятия уровень шума на рабочих местах не превышает значений, установленных для данных видов работ Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах, и составляет примерно 30 дБА.

В помещении, где работает инженерно-технический персонал, осуществляющий аналитический или измерительный контроль, уровень шума не превышает 60 дБА, что так же соответствует нормативным документам.

Шумящее оборудование, уровни шума которого превышают нормированные, согласно нормативной базе, должно находиться вне помещения, в котором организуются рабочие места. Однако такого рода помещения на предприятии отсутствуют.

Допустимые нормы вибрации оценены согласно СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» и соответствуют указанному стандарту.

Источником электромагнитных полей промышленной частоты являются токоведущие части действующих электроустановок. Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем, что выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, сильных болях в области сердца, изменении кровяного давления и пульса.

В соответствии с ГОСТ 12.1.002—84, ССБТ «Электромагнитные поля токов промышленной частоты. Общие требования безопасности», нормы допустимых уровней напряженности электромагнитных полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 ч допускается при напряженности, не превышающей 5 кВ/м.

Основными видами средств коллективной защиты от воздействия электромагнитного поля токов промышленной частоты являются стационарные или переносные заземленные экранирующие устройства.

Стационарное экранирующее устройство – это составная часть электрической установки в виде козырька, навеса или перегородки из металлических канатов, прутков, сеток, предназначенная для защиты персонала в открытых распределительных устройствах и в воздушных линиях электропередач при осмотре оборудования и при оперативном наблюдении за производством работ.

Переносные экраны, также используемые при работах по обслуживанию электроустановок, бывают в виде съемных козырьков, навесов, перегородок, палаток, щитов.

6.6 Пожарная безопасность

Пожарная профилактика включает в себя профилактику возгораний, мероприятия по локализации возникающих очагов пожара, мероприятия по эвакуации людей при пожаре, пожарную сигнализацию и связь с пожарной охраной, технические средства пожаротушения.

Профилактика возгораний базируется на поддержании температуры горючих смесей ниже температуры воспламенения, недопущения инициирования процесса горения или искрения.

Мероприятия, позволяющие реализовать эти принципы:

- защита электрических сетей от воспламенения при перегрузке и коротком замыкании;

- соблюдение режима смазки;

- применение смазочных материалов с температурой воспламенения более 170 ºС;

- защита от молнии.

Мероприятия, направленные на локализацию очагов пожара:

- создание надежных преград на пути распространения огня(огнестойких стен, перекрытий, покрытий, дверных тамбуров, водяных завес);

- складирование паллетов и картонных коробок в отдельном помещении;

- использование дренчерных систем локализации огня.

Мероприятия для обеспечения своевременной эвакуации людей при пожаре:

-размещение технологического оборудования с обеспечением проходов для людей и проезда цехового транспорта;

- размещение цехового оборудования вблизи строительных конструкций здания;

- размещение трубопроводов и электрокоммуникаций так, чтобы они не мешали свободному перемещению (вертикальные участки – вблизи строительных конструкций здания, горизонтальные – выше 2,5 м или заглублены ниже уровня пола);

- обеспечение достаточного количества эвакуационных выходов;

- использование негорючих материалов для дверей на путях эвакуации;

- обеспечение аварийного освещения на путях эвакуации;

- поступление свежего воздуха в помещение и удаление дымовых газов при эвакуации людей;

- использование сигнализации о пожаре и необходимости эвакуации;

- применение индивидуальных средств защиты.

В комплект первичных средств пожаротушения в производственном помещении входят углекислотные огнетушители (ОУ-2, ОУ-8), ящики с песком, асбестовое полотно.

В помещении цеха предусмотрены планы эвакуации персонала на случай пожара. В цехе размещены пожарные щиты и огнетушители в специально отведённых для них местах.

6.7 Охрана окружающей среды

Основными условиями для улучшения экологии в стране являются: рациональное использование, охрана и трата запасов природного резерва, обеспечение безопасности экологии и противорадиационные меры, повышение и формирование экологического мышления у населения, а также контроль над экологией в промышленности.

Охрана окружающей среды на предприятии определила ряд мероприятий для снижения уровня загрязнений, вырабатываемого предприятиями:

– выявление, оценка, постоянный контроль и ограничение выброса вредных элементов в атмосферу, а также создание технологий и техники, охраняющих и сберегающих природу и ее ресурсы;

– разработка правовых законов, направленных на охранные меры окружающей среды и материальное стимулирование выполненных требований и профилактики комплекса природоохранных мероприятий;

– профилактика экологической обстановки путем выделения специально отведенных территорий (зон).

Помимо экологической безопасности объекта (охрана окружающей среды на предприятии) не менее важна и безопасность жизнедеятельности (БЖД) на предприятии. В это понятие включен комплекс организационных предприятий и технических средств для предотвращения отрицательного воздействия производственных факторов на человека. Для начала все работники

предприятия прослушивают курс по технике безопасности, который инструктирует непосредственный руководитель работ или инежнер по охране труда.

Помимо простой техники безопасности рабочие должны также соблюдать ряд правил по техническим требованиям и нормативам предприятия, а также поддерживать санитарно-гигиенические нормы и микроклимат на рабочем месте.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе разработаны решения по модернизации приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1.

По завершению выполнения выпускной квалификационной работы получены следующие результаты:

– исследованы теоретические аспекты организации работы электроприводов в станкостроении;

– произведен анализ особенностей организации систем управления приводами станков

– исследованы общие характеристики и особенности работы приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– исследована кинематическая схема станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– произведено описание действующей системы управления приводами подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– разработаны основные требования при модернизации приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– произведен расчет мощности и выбор электродвигателя ;

– произведен расчет и выбор аппаратов защиты;

– произведен выбор оборудования системы управления приводов подач станка с ЧПУ модели 16К20Т1;

– произведено построение математической модели электропривода;

– произведен синтез регуляторов системы автоматического управления;

– разработан технологический процесс производства детали на станке после модернизации.

По завершению работы, можно утверждать, что поставленная цель полностью достигнута, а задачи выполнены.

Список использованных источников

1. Анучин, А.С. Системы управления электроприводов / А.С. Анучин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 373 с.

2. Арефьев, В.Н. Основы теории управления и автоматики: учебное пособие[Текст]: – Ульяновск.-М.: УлГТУ, 2017. – 315с.:ил.

3. Борисов, А.М. Программируемые устройства автоматизации: учебное пособие / А.М. Борисов, А. С. Нестеров, Н.А. Логинова. [Текст]: – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 186 с.

4. Бекишев, Р.Ф. Электропривод: Учебное пособие для академического бакалавриата / Р.Ф. Бекишев, Ю.Н. Дементьев. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 301 с.

5. Бурков, А.Ф. Основы теории и эксплуатации судовых электроприводов: Учебник / А.Ф. Бурков. - СПб.: Лань, 2018. - 340 с.

6. Бурков, А.Ф. Судовые электроприводы: Учебник / А.Ф. Бурков. - СПб.: Лань, 2019. - 372 с.

7. Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М. Издательский центр “Академия”, 2017.

8. Васильев, Б.Г. Электропривод.Энергетика электропривода: Учебник / Б.Г. Васильев. - М.: Солон-пресс, 2015. - 268 с.

9. Васильев, Б.Ю. Электропривод. Энергетика электропривода / Б.Ю. Васильев. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 268 с.

10. Власов, К.П. Теория автоматического управления. Основные положения. Примеры расчета: 2-е изд.,испр. и доп.: [Текст]: - М.: Гуманитарный центр, 2017. – 540с.

11. Водовозов, А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: Учебное пособие . [Текст]: – Вологда: ВоГТУ, 2018. – 131 с.

12. Гильфанов К.Х., Арапов В.А. Проектирование автоматизированных систем: Учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017 г.-290 с.

13. Дьяков В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию. – М.: «Высшая школа», 2018.

14. Епифанов, А.П. Электропривод в сельском хозяйстве: Учебное пособие / А.П. Епифанов, А.Г. Гущинский, Л.М. Малайчук. - СПб.: Лань, 2016. - 224 с.

15. Кангин, А.В. Аппаратные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры: учебное пособие / В.В. Кангин, В.Н. Козлов. [Текст]: – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 418 с.: ил. – (Автоматика).

16. Кацман М.М. Электрические машины. – М.:«Академия», 2016.

17. Кацман М.М. Электрический привод. – М.: «Академия», 2015.

18. Клюев, А.С., Глазов, Б.В., Дубровский, А.Х., Клюев, А.А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. [Текст]: – М.: Энергоатомиздат, 2017.

19. Кузнецов, М.М. Проектирование автоматизированного производственного оборудования/ М.М. Кузнецов, Б.А. Усов, В.С. Стародубов. – М.: Машиностроение, 2017. – 303 с.

20. Кузьмицкий, И.Ф., Кобринец, В.П., Овсянников, А.В. Моделирование объектов и систем управления. [Текст]: – Минск.: БГТУ, 2019.

21. Курбанов, С.А. Основы электропривода: Учебное пособие / С.А. Курбанов, Д.С. Магомедова. - СПб.: Лань П, 2016. - 192 с.

22. Лазарев, Ю.Ф. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс. [Текст]: – СПб.: Питер;Киев: Издательская группа BHV, 2015. – 512с.

23. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: «Высшая школа», 2018.

24. Неменко, А.В. Механические компоненты электропривода машин: расчет и проектирование: Учебное пособие / А.В. Неменко. - М.: Вузовский учебник, 2017. - 80 с.

25. Неменко, А.В. Механические компоненты электропривода машин: расчет и проектирование: Учебное пособие / А.В. Неменко. - М.: Вузовский учебник, 2017. - 253 с.

26. Никитенко, Г.В. Пульсатор доильного аппарата с линейным электроприводом: Монография / Г.В. Никитенко, И.В. Капустин, В.А. Гринченко. - СПб.: Лань, 2017. - 196 с.

27. Никулин, О.В. Разработка и исследование частотно-регулируемого синхронного электропривода бурового насоса / О.В. Никулин. - М.: Русайнс, 2015. - 160 с.

28. Москаленко В.В. Электрический привод. - М.: «Академия», 2017.

29. Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода / В.В. Москаленко. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 208 с.

30. 10. Москаленко, В.В. Системы автоматизированного упр. электропривода: Уч. / В.В. Москаленко. - М.: Инфра-М, 2018. - 576 с.

31. Онищенко, Г.Б. Теория электропривода: Учебник / Г.Б. Онищенко. - М.: Инфра-М, 2018. - 384 с.

32. Роботизированные комплексы: Альбом схем и чертежей: Учебн. пособие для тех. вузов / Ю.М.Соломенцев, К.П.Жуков и др. – М.: Машиностроение, 2017 – 140с., ил.

33. Справочник по теории автоматического управления, под ред. А.А. Красовского, 2018. - 382 с.

34. Справочник технолога машиностроителя в 2-х томах, под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова 4-е издание, Машиностроение, 2015. 496 с.

35. Средства измерения, контроля и автоматизации технологических процессов. Вычислительная и микропроцессорная техника. – Котов, К.И., Шершевер, М.А. [Текст]: – М. :Металлургия, 2018.

36. Терёхин, В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие/В.Б.Терёхин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск.[Текст]:- М.:Томский политехнический университет, 2019. – 292с.

37. Турпаев А.Н. Винтовые механизмы и передачи. – М., Машиностроение, 2018. – 223с.

38. Фролов, Ю.М. Регулируемый асинхронный электропривод: Учебное пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. - СПб.: Лань, 2018. - 464 с.

39. Яни, А.В. Регулируемый асинхронный электропривод: Учебное пособие / А.В. Яни. - СПб.: Лань, 2016. - 464 с.