

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЕ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Тарасова Аружан Талгатқызы

Синтез АСУ копировально-фрезерного станка с заданными показателями качества

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЕ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Синтез АСУ копировально-фрезерного станка с заданными показателями
качества»

6В07103 – Автоматизация и роботизация

Выполнила

Тарасова А. Т.

Рецензент

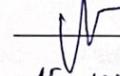
канд. техн. наук, доц.

 Туманов И. Е.

«9» июля 2023г.

Научный руководитель

канд. техн. наук, ассоц. проф.

 Орынбет М. М.

«15» июля 2023г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

6B07103 – Автоматизация и роботизация



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающейся Тарасовой А. Т.

Тема: «Синтез АСУ копировально-фрезерного станка с заданными показателями качества»

Утверждена приказом Б. Жаутикова № 408-П/Ө от «23» ноября 2022 г.

Срок сдачи законченной работы «15» мая 2023г.

Исходные данные к дипломному проекту: технологическое описание разновидностей копировально-фрезерных станков, технологическая схема АСУ ТП копировально-фрезерного станка.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) описание принципа работы копировально-фрезерного станка;
- б) разработка функциональной схемы АСУ ТП копировально-фрезерного станка;
- в) анализ и синтез систем копировально-фрезерного станка.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): функциональная схема автоматизации копировально-фрезерного станка; структурная схема САУ.

Рекомендуемая основная литература:

1 Юревич Е.И. Теория автоматического управления. Учебник для студентов высш.техн.учебн.заведений. Л., «Энергия», 2015.

2 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – 4-е изд., перераб. и доп.– С-П.: «Профессия», 2004. – 752 с.

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологический раздел Принцип работы копировально-фрезерного станка	15 марта 2023 г.	
Технологический раздел Разработка структурной схемы САУ	15 апреля 2023 г.	
Раздел расчётной части Синтез АСУ копировально-фрезерного станка	15 мая 2023 г.	

Подписи
консультантов и норм контролёра на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата	Подпись
Технологический раздел	М. М. Орынбет канд. техн. наук		12.06.23
Раздел расчётной части	М. М. Орынбет канд. техн. наук		22.06.23
Нормоконтролер	Э. Ж. Жанабаева маг. техн. наук, ассистент	12.06.23	

Научный руководитель



Орынбет М. М.

Задание принял к исполнению обучающийся

Тарасова А. Т.

Дата

«5» января 2023 г.

АНДАТПА

Диплом жобасы сапа көрсеткіштері көрсетілген көшіру-фрезерлеу машинасы үшін автоматтандырылған басқару жүйесін синтездеуге арналған. Жобаның мақсаты машинаның жоғары машинкалық дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ететін тиімді басқару жүйесін әзірлеу болды.

Жұмыс барысында машинаның талаптары мен сипаттамаларына талдау жүргізілді, позициялау дәлдігі, өңдеу жылдамдығы мен тұрақтылығы сияқты сапаның негізгі көрсеткіштері анықталды. Осы талдаудың негізінде аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етуді қоса алғанда, АҚҚ құрылымы әзірленді.

Қорытындылай келе, әзірленген АҚҚ автоматтандыру және процестерді бақылау саласына маңызды үлес болып табылатыны атап өтілді. Ол көшіру-фрезерлеу машинасының тиімділігін арттыруға, өңдеу сапасын арттыруға және талап етілетін сапа көрсеткіштеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект посвящен синтезу автоматизированной системы управления (АСУ) для копировально-фрезерного станка с заданными показателями качества. Цель проекта заключалась в разработке эффективной системы управления, обеспечивающей высокую точность обработки и надежность работы станка.

В ходе работы был проведен анализ требований и характеристик станка, определены основные показатели качества, такие как точность позиционирования, скорость обработки и стабильность работы. На основе этого анализа была разработана структура АСУ, включающая аппаратное и программное обеспечение.

В заключении работы подчеркивается, что разработанная АСУ представляет собой важный вклад в область автоматизации и управления технологическими процессами. Она позволяет повысить эффективность работы копировально-фрезерного станка, улучшить качество обработки и достичь требуемых показателей качества.

ANNOTATION

The diploma project is devoted to the synthesis of an automated control system (ACS) for a copying and milling machine with specified quality indicators. The goal of the project was to develop an effective control system that ensures high machining accuracy and reliability of the machine.

In the course of the work, an analysis of the requirements and characteristics of the machine was carried out, the main quality indicators were determined, such as positioning accuracy, processing speed and stability. Based on this analysis, the structure of the ACS was developed, including hardware and software.

In conclusion, it is emphasized that the developed ACS is an important contribution to the field of automation and process control. It allows you to increase the efficiency of the copying and milling machine, improve the quality of processing and achieve the required quality indicators.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Технологическая часть	8
1.1 Особенности процедуры фрезерования	8
1.2 Предназначение копировально-фрезерного станка	11
1.3 Конструкция копировально-фрезерного станка	13
1.4 Принцип работы копировально-фрезерного станка	15
2 Расчетная часть	18
2.1 Конструктивная схема САУ	18
2.2 Описание функциональной схемы САУ	20
2.3 Разработка структурной схемы САУ	21
2.4 Исследование устойчивости объекта	26
2.5 Синтез САУ	31
2.6 Расчет параметров корректирующего устройства	35
Заключение	37
Список использованной литературы	38
Приложение А	39
Приложение Б	40

ВВЕДЕНИЕ

Улучшение технологии и повышение производительности труда являются важнейшими задачами в рамках технологического процесса. Для успешного решения этих задач критическое значение имеет внедрение систем автоматического управления и регулирования как на уровне отдельных объектов и процессов, так и в целом на уровне производства. Именно поэтому основы автоматического регулирования и управления в настоящее время активно изучаются студентами практически всех инженерных специальностей при их подготовке.

Незамкнутая система характеризуется тем, что процесс ее работы не зависит непосредственно от результата воздействия на управляемый объект. Естественным шагом вперед в развитии автоматических систем является замыкание связи между входом системы (контрольными приборами) и входом (источником воздействия) таким образом, чтобы контрольные приборы, измеряя определенные величины, характеризующие процесс в управляемом объекте, одновременно служили источником воздействия на систему, причем величина этого воздействия соответствовала требуемым значениям. Таким образом, образуется замкнутая система.

В замкнутой автоматической системе имеется полная взаимозависимость между всеми ее компонентами, и изменения внутренних параметров системы и внешних возмущений оказывают гораздо меньшее влияние на регулируемый объект по сравнению с открытой системой.

Основной принцип заключается в автоматическом сравнении фактического значения регулируемого параметра с заданным значением. Разность между этими значениями приводит систему в действие таким образом, чтобы в процессе ее работы рассогласование автоматически устранялось, стремясь к нулю или к достаточно малой величине.

В данном дипломном проекте демонстрируется решение этих двух задач на примере системы автоматического управления (САУ) для управления фрезерным станком. Работа включает анализ САУ копировального фрезерного станка и разработку новой системы с заданными показателями качества.

1 Технологическая часть

1.1 Особенности процедуры фрезерования

Фрезерование – это процесс обработки материала с помощью фрезы, инструмента с острыми зубьями, расположенными на его поверхности. Фреза вращается и перемещается вдоль трех осей (горизонтальной, вертикальной и поперечной), удаляя материал и создавая необходимые формы, контуры и отверстия.

Основная цель фрезерования состоит в том, чтобы создать точные и высококачественные поверхности и детали. В зависимости от типа фрезы, обрабатываемого материала и требуемых результатов, фрезерование может выполняться с различными методами и техниками. Некоторые основные типы фрезерования включают:

- **Плоское фрезерование:** фреза перемещается параллельно к поверхности детали, удаляя материал и создавая плоскую поверхность. Этот метод используется для обработки больших поверхностей, выравнивания и удаления материала.

- **Профильное фрезерование:** фреза перемещается вдоль контура или профиля детали, создавая желаемую форму или кромку. Профильное фрезерование применяется для создания сложных форм, скруглений, выемок и выступов.

- **Круговое фрезерование:** фреза вращается вокруг своей оси, создавая круговую форму или отверстие в материале. Круговое фрезерование используется для создания отверстий различных диаметров и круглых форм.

- **Торцевое фрезерование:** фреза перемещается перпендикулярно к поверхности детали, создавая пазы, пазы под ключи, грани и другие элементы на концах деталей. Торцевое фрезерование применяется для создания плоских или угловых поверхностей на торце детали.

Фрезерование может выполняться на различных материалах, таких как металлы, пластмассы, дерево, композиты и другие. Оно широко применяется в промышленности, машиностроении, столярном деле, изготовлении прототипов и других областях, где требуется точная и высококачественная обработка поверхности.

Фрезерование представляет собой распространенный метод механической обработки, который используется для обработки фасонных и плоских поверхностей заготовок из стали, цветных металлов, чугуна и пластмассы. Этот процесс включает в себя черновую, чистовую и получистовую обработку, позволяющую получать изделия с правильной геометрической формой. Фрезерование отличается высокой производительностью.

Фрезерование может выполняться двумя способами: встречным фрезерованием (против подачи), когда направление подачи противоположно направлению вращения фрезы, и попутным фрезерованием (по подаче), когда направления вращения фрезы и подачи совпадают. С использованием

современных режущих материалов, таких как минерал-керамика и синтетические сверхтвердые материалы, фрезы способны обрабатывать закаленные материалы высокой твердости, что позволяет заменить процедуру шлифования.

Фрезерные станки предназначены для обработки поверхностей различных деталей, таких как рычаги, планки, корпуса, крышки и кронштейны с различной конфигурацией, включая как простые геометрические формы, так и сложные контуры, например шаблоны или кулачки. Они также используются для фрезерования поверхностей корпусных деталей.

Фрезерные станки подразделяются на две основные категории: станки общего назначения и специализированные аппараты. В первую группу входят продольно-фрезерные, консольные, бесконсольные и станки непрерывного фрезерования. Во вторую категорию включены резьбофрезерные станки, зубофрезерные станки, шлицефрезерные станки, шпоночно-фрезерные станки и копировально-фрезерные станки.

Фрезерование на копировально-фрезерном станке представляет собой специальный вид фрезерования, при котором используется копировальный механизм для повторения контуров и форм из оригинала или шаблона. Вот особенности процедуры фрезерования на копировально-фрезерном станке:

1) Использование шаблона: копировально-фрезерный станок работает на основе шаблонов или оригинальных деталей, которые служат для определения формы и контуров, которые необходимо скопировать. Шаблон может быть выполнен из дерева, пластика или других материалов и должен быть точным представлением требуемой формы.

2) Подготовка станка: станок должен быть настроен для работы с использованием копировального механизма. Это включает установку шаблона или оригинала на столе станка и настройку копирующего устройства, которое будет следовать контурам и формам шаблона.

3) Закрепление обрабатываемого материала: материал, который будет фрезероваться, должен быть надежно закреплен на столе станка. Это может быть достигнуто с помощью зажимов, присосок или специализированных крепежных приспособлений. Важно, чтобы материал был надежно закреплен, чтобы предотвратить его смещение во время процесса фрезерования.

4) Копирование формы: копировальный механизм станка следует контурам и формам шаблона при фрезеровании материала. Это достигается за счет передачи движения с шаблона на фрезерный инструмент. Копирующий механизм может быть осуществлен с помощью рычагов, подвижных штоков или системы считывания.

5) Фрезерование контуров: когда копировальный механизм передвигается по контурам шаблона, фрезерный инструмент также совершает соответствующие движения и режущие операции по материалу. Фрезер может иметь специальную форму или геометрию для воспроизведения требуемых контуров.

б) Контроль и настройка: во время фрезерования на копировально-фрезерном станке важно следить за точностью и качеством копирования. Оператор может производить дополнительную регулировку и настройку механизма, чтобы достичь требуемой точности и повторяемости фрезерования.

Фрезерование на копировально-фрезерном станке особенно полезно для воспроизведения сложных и криволинейных форм, которые трудно или невозможно достичь при обычном фрезеровании. Этот метод широко применяется в производстве мебели, лепного декора, форм и штампов.

Рассмотрим подробнее каждый этап процесса фрезерования:

– Подготовка: прежде чем приступить к фрезерованию, необходимо подготовить рабочее пространство и материал. Рабочая поверхность должна быть чистой и ровной, чтобы обеспечить точность обработки. Материал, который будет подвергаться фрезерованию, должен быть закреплен на столе или в специальном приспособлении с помощью зажимов или присосок.

– Выбор фрезы: в зависимости от требуемой операции и материала, выбирается соответствующий тип фрезы. Фрезы могут иметь разные формы, размеры и зубья для выполнения различных задач. Например, существуют пазовые фрезы, шар шлифовальные фрезы, фаскообразующие фрезы и другие специализированные инструменты.

– Установка и настройка фрезы: фреза устанавливается в фрезерную головку, которая в свою очередь крепится к шпинделю станка. При установке фрезы необходимо правильно затянуть ее и убедиться в надежном креплении. Также важно проверить выступ фрезы - расстояние от ее крайнего зуба до оси вращения - чтобы обеспечить правильную глубину фрезерования.

– Настройка параметров: для достижения оптимальных результатов фрезерования необходимо правильно настроить параметры станка. Это включает выбор правильной скорости вращения фрезы (обороты в минуту), подачи (скорость перемещения фрезы вдоль материала) и глубины резания (сколько материала будет удалено за один проход). Настройка этих параметров зависит от типа материала и требуемой точности обработки.

– Фрезерование: после подготовки и настройки станка можно приступать к фрезерованию. Во время работы фрезерная головка вращается, а стол или материал перемещается вдоль осей, обеспечивая нужное положение и движение фрезы. При соприкосновении зубьев фрезы с материалом происходит удаление материала, формируя требуемую форму, контур или отверстие.

– Контроль и отделка: в процессе фрезерования важно постоянно контролировать качество обработки. Оператор может использовать инструменты измерения, такие как штангенциркуль, микрометр или координатно-измерительную машину (СММ), чтобы убедиться в точности и размерах обработанной детали. По необходимости могут быть проведены дополнительные операции отделки, такие как шлифовка, полировка или обработка резьбы.

Процесс фрезерования является важной технологией в промышленности и инженерии, позволяющей создавать детали с высокой точностью и сложными

формами. Он требует опыта и знаний оператора для выбора правильного инструмента, настройки станка и определения оптимальных параметров фрезерования для каждого конкретного случая.

1.2 Предназначение копировально-фрезерного станка

Копировально-фрезерный станок – это специальный тип фрезерного станка, который используется для выполнения операций фрезерования и копирования. Он обладает дополнительными функциональными возможностями, позволяющими воспроизводить сложные формы и контуры по готовому образцу или шаблону. Вот основные особенности и характеристики копировально-фрезерного станка:

- Копирование образца: одной из ключевых особенностей копировально-фрезерного станка является возможность копирования формы образца или шаблона. Это позволяет точно воспроизводить сложные детали и поверхности, основываясь на имеющемся образце.

- Механизм копирования: копировальный механизм состоит из специального датчика или стилуса, который сканирует контур образца и передает информацию о его форме станку. Станок затем автоматически повторяет движения стилуса, чтобы скопировать форму на обрабатываемой детали.

- Многоканальность: некоторые копировально-фрезерные станки имеют возможность работать с несколькими стилусами или датчиками одновременно. Это позволяет одновременно копировать несколько контуров или выполнять множество операций на одной детали.

- Глубина обработки: копировально-фрезерные станки обычно позволяют регулировать глубину фрезерования. Это позволяет контролировать удаление материала и обеспечивать требуемую точность и гладкость поверхности.

- Сменные фрезы: как и обычные фрезерные станки, копировально-фрезерные станки используют сменные фрезы. Это позволяет выбирать оптимальный инструмент для конкретной операции фрезерования и обрабатываемого материала.

- Управление и программирование: современные копировально-фрезерные станки могут быть компьютеризированными и иметь системы управления, которые позволяют программировать операции фрезерования и контролировать точность и скорость работы. Это упрощает процесс настройки и повторного использования программ.

Копировально-фрезерные станки применяются в производстве мебели, прототипировании, изготовлении сложных деталей и других областях, где требуется точное копирование формы. Они предоставляют возможность создавать детали с высокой точностью и повторяемостью, что делает их важным инструментом для многих промышленных и технических процессов.

Копировально-фрезерные станки широко применяются для выполнения копировальных работ на объеме и плоскости, а также для объемной обработки с использованием объемных моделей и соответствующих копиров. Они используются для гравирования различных фасонных профилей, узоров, орнаментов и надписей, а также для легкой фрезерной работы. Одним из явных преимуществ таких станков является их способность выполнять сложные узоры при простой конструкции.

На копировально-фрезерных станках можно осуществлять различные фрезерные операции с использованием быстрорежущего и твердосплавного инструмента на материалах, таких как сталь, чугун и цветные металлы, в условиях как крупно-, так и мелкосерийного производства. Эти станки используются для изготовления гребневых винтов судов, лопаток турбореактивных двигателей и паровых турбин, рабочих колес гидротурбин, вырубных и ковочных штампов, прессовых и литейных форм, различных кулачков, штампов, пресс-форм, металлических моделей и заготовок.

Такое оборудование также применяется для сверления отверстий под рукоятки, замки, шпингалеты, металлические петли, а также для создания рамок для зеркал и каналов разных размеров на пластиковых и алюминиевых профилях, как показано в видео о копировально-фрезерных станках. Универсальные станки практически неспособны обрабатывать подобные изделия.

Копировально-фрезерный станок предназначен для фрезерования криволинейных деталей с использованием методики копирования по шаблону, на основе которого воспроизводится форма будущего изделия. Использование шаблонов позволяет исключить влияние человеческого фактора при выполнении такой сложной операции, и все готовые детали имеют одинаковую форму.

Для изготовления нескольких полностью идентичных изделий можно не только использовать один общий шаблон, но и производить последующие детали по образцу первой. Однако для более точного повторения рекомендуется дополнить станок копирующим устройством, таким как пантограф. Пантограф может иметь различную конструкцию, но его функция во всех случаях заключается в более точной передаче движения копирующей головки режущему устройству вдоль профиля.

Вот некоторые основные применения копировально-фрезерного станка:

1) Производство мебели: Копировально-фрезерные станки широко используются в производстве мебели для создания повторяющихся элементов, таких как ножки столов, спинки стульев, декоративные элементы и т.д.

2) Лепное производство: Копировально-фрезерные станки позволяют создавать сложные лепные элементы, такие как резные балясины, карнизы, розетки и другие декоративные детали для интерьера.

3) Производство форм и штампов: Копировально-фрезерные станки используются для изготовления форм и штампов, которые используются в прессовании, литье под давлением и других процессах формования материалов.

4) Производство прототипов: Копировально-фрезерные станки могут быть использованы для создания прототипов изделий и моделей с высокой точностью и повторяемостью, что позволяет проводить испытания и анализ перед началом серийного производства.

5) Ремонт и восстановление: Копировально-фрезерные станки используются для ремонта и восстановления деталей и элементов, которые имеют сложные геометрические формы и требуют точного копирования оригинала.

Копировально-фрезерные станки являются важным инструментом в области производства, где требуется высокая точность и повторяемость при создании сложных форм и контуров.

1.3 Конструкция копировально-фрезерного станка

Копировально-фрезерный станок имеет специальную конструкцию, которая позволяет ему выполнять операции фрезерования и копирования по заданному образцу. Вот основные компоненты и конструктивные особенности копировально-фрезерного станка:

– Рабочая поверхность: копировально-фрезерный станок обычно имеет плоскую рабочую поверхность, на которой закрепляется обрабатываемая деталь. Рабочая поверхность может быть изготовлена из стали, чугуна или других прочных материалов.

– Стол: стол является основной частью станка, на котором закрепляется обрабатываемая деталь. Стол может быть неподвижным или иметь возможность перемещения вдоль различных осей для обеспечения точности и многократного копирования формы.

– Копировальный механизм: копировально-фрезерный станок оснащен механизмом копирования, который позволяет станку сканировать и воспроизводить форму образца или шаблона. Механизм включает в себя специальный датчик или стилус, который перемещается вдоль контура образца, считывая его форму и передавая информацию станку.

– Фрезерная головка: фрезерная головка является ключевым компонентом копировально-фрезерного станка. Она содержит фрезу - инструмент с острыми зубьями, который вращается и удаляет материал, следуя контуру образца. Фрезерная головка может иметь различные типы фрез, в зависимости от требований обработки.

– Двигатель: копировально-фрезерный станок оснащен электрическим двигателем, который обеспечивает вращение фрезерной головки и перемещение стола или фрезы по осям. Двигатель может иметь регулируемую скорость вращения, позволяя контролировать процесс фрезерования.

– Управление и программирование: некоторые современные копировально-фрезерные станки имеют компьютеризированную систему управления, которая позволяет программировать операции фрезерования и

контролировать точность и скорость работы. Система управления может быть оснащена дисплеем и интерфейсом для удобного взаимодействия с оператором.

– Дополнительные компоненты: копировально-фрезерные станки могут включать дополнительные компоненты и приспособления, такие как устройства захвата, шаблоны, системы охлаждения и смазки, а также системы фиксации и крепления деталей.

Конструкция копировально-фрезерного станка может различаться в зависимости от производителя и модели, но в целом она обеспечивает точное копирование формы по образцу и позволяет выполнять операции фрезерования с высокой точностью и повторяемостью.

Копировально-фрезерный станок предназначен для обработки профилей (плоскостное фрезерование) или рельефов (объемное фрезерование) изделий с использованием режущего инструмента из твердосплавного материала, такого как фреза. Фреза воспроизводит на изделии контур или поверхность, определяемые задающим устройством, которое называется копиром. Ручное копировально-фрезерное оборудование имеет пневматическую, механическую или гидравлическую связь с системой слежения, которая контролирует направление режущего инструмента. Она воздействует на усилительное устройство с одной стороны и влияет на исполнительный орган с другой стороны.

В качестве копира может использоваться плоский шаблон, трехмерная модель, эталонная деталь, контурный чертеж, а копировальными устройствами могут служить щуп, копировальный ролик, палец или фотоэлемент. Образцы для копирования могут быть изготовлены из металла, пластмассы или дерева. Обрабатываемая деталь и копир закреплены на вращающемся столе.

Исполнительными органами в копировально-фрезерных станках могут быть использованы золотник, винт, соленоид, электромагнитная муфта, дифференциал. Для усиления сигнала в таких устройствах применяются электромагнитные, гидравлические или электрооптические реле. Качество поверхности заготовки и точность профиля зависят от скорости движения системы слежения: достигается шероховатость поверхности №6 и точность профиля 0,02 миллиметра. Привод для исполнительной цепи осуществляется через силовой гидроцилиндр или электродвигатель.

Копирование в установленном масштабе осуществляется с помощью специального устройства, называемого пантографом. Если вас интересует возможность самостоятельного создания копировально-фрезерного станка в домашних условиях, вы можете дополнить его таким устройством. Пантограф имеет направляющий палец, который расположен на оси и перемещается по копиру, ось вращения и инструментальный шпиндель. При перемещении пальца по копиру шпиндель описывает геометрически подобную фигуру на заготовке. Масштабирование копии определяется пропорциями плеч пантографа.

1.4 Принцип работы копировально-фрезерного станка

Принцип работы копировально-фрезерного станка основан на копировании формы образца или шаблона с использованием фрезерной головки. Вот основные этапы и принципы работы копировально-фрезерного станка:

- Подготовка образца: сначала необходимо подготовить образец или шаблон, который содержит желаемую форму или контур, который нужно скопировать. Образец может быть выполнен из дерева, металла или другого материала.

- Закрепление обрабатываемой детали: обрабатываемая деталь закрепляется на столе копировально-фрезерного станка. Для обеспечения надежной фиксации могут использоваться зажимы или другие приспособления.

- Настройка стилуса: на станке устанавливается специальный датчик или стилус, который будет сканировать форму образца. Стилус должен быть настроен таким образом, чтобы его конец соприкасался с образцом и мог перемещаться вдоль его контура.

- Копирование формы: во время работы станок перемещает стол или фрезерную головку вдоль трех осей (горизонтальной, вертикальной и поперечной) в соответствии с движениями стилуса, сканируя форму образца. Копирование осуществляется путем вращения фрезерной головки и удаления материала в соответствии с контуром образца.

- Регулировка глубины фрезерования: глубина фрезерования может быть регулируемой, что позволяет контролировать удаление материала и точность обработки. Оператор может настроить глубину фрезерования с помощью соответствующих регулировочных механизмов на станке.

- Смазка и охлаждение: во время процесса фрезерования важно обеспечить смазку и охлаждение, чтобы предотвратить перегрев инструмента и обрабатываемого материала. Для этого могут использоваться смазочные жидкости или системы охлаждения, которые помогают улучшить качество обработки.

Принцип работы копировально-фрезерного станка основан на точном копировании формы образца с использованием фрезерной головки и механизма копирования. Это позволяет создавать детали с высокой точностью и повторяемостью, что делает копировально-фрезерные станки востребованными в различных отраслях, где требуется производство деталей с заданными формами и контурами.

На копировально-фрезерном станке обработка изделий осуществляется с использованием задающего устройства, также известного как копир. Копир вызывает соответствующее перемещение специального режущего инструмента относительно заготовки через копировальное устройство. Копир воздействует на исполнительные органы, что позволяет заготовке и фрезе воссоздавать заданную поверхность во время их относительного движения (рисунок 1.1). Основными движениями являются вращение шпинделя, перемещение стола и салазок вдоль контура, а также движение шпиндельной головки при врезании.

Вспомогательные движения включают ускорение перемещений салазок, шпиндельной головки и стола, установочные перемещения на трейсерном столике, упорах, копировальном пальце и зажиме шпиндельной головки.

Копировально-фрезерные станки для обработки алюминия могут работать в двух режимах слежения: с обратной связью и без нее. В режиме простого действия копировальный щуп и фреза жестко связаны, и фреза повторяет движение щупа по копиру. Если копировальный щуп отклоняется в режиме с обратной связью, то возникает расхождение между положением копировального щупа и фрезы.

Результат этого расхождения передается в специальную систему слежения, которая отправляет исполнительному устройству сигнал для коррекции траектории инструмента. В этом случае отсутствует жесткая связь между фрезой и копиром, и копир не воспринимает режущие силы, а только передает соответствующий сигнал исполнительным органам.

Существуют два вида копировального фрезерования: объемное и контурное. При контурном копировании кривая копира может быть расположена в плоскости, параллельной или перпендикулярной оси фрезы. В первом случае стол с копиром и заготовкой перемещается вдольной направлению, а контроль кривой осуществляется путем вертикального перемещения врезки и копировального пальца. Во втором случае стол с копиром и заготовкой перемещается как в поперечном, так и в продольном направлении, соответствующая форме кривой копира.

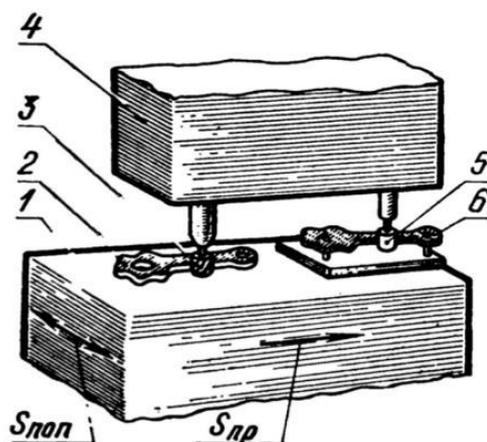


Рисунок 1.1 – Принцип работы копировально-фрезерных станков

При объемном копировании сложной трехмерной поверхности заготовки фреза обрабатывает ее последовательно в нескольких параллельных проходах стола. То есть при каждом рабочем проходе выполняется контурное копирование. В конце каждого прохода фреза смещается перпендикулярно линии на величину поперечной подачи, а затем следует следующий рабочий проход.

Существуют также копировально-фрезерные станки прямого действия, где движение от щупа передается фрезе через пантограф. Такие станки обычно используются для легкой гравировки и фрезерования. При использовании пантографа можно не только копировать, но и изменять масштаб заготовок относительно копира. Перемещение копировального щупа по установленному на столе станка копиру передается шпинделю, который описывает геометрический контур при обработке заготовки, подобный копиру.

Копировально-фрезерный станок состоит из нескольких основных компонентов и функций.

Станина – это жесткая и прочная конструкция, которая служит основой для всех остальных компонентов станка. Она обеспечивает стабильность и жесткость, необходимые для точной и надежной обработки материалов.

На столе размещается обрабатываемый материал. Стол может быть горизонтальным или наклонным, в зависимости от типа операций, которые выполняются на станке. Он обычно имеет возможность перемещения в различных направлениях с использованием системы направляющих и приводов.

Копирующий механизм – это механизм, который позволяет станку копировать форму образца или модели. Копирующий механизм может быть основан на различных принципах, включая механические, гидравлические, пневматические или электрические системы. Он обычно состоит из копировального вала, подшипников и каретки, которая перемещается вдоль образца и передает движение фрезерному блоку.

Фрезерный блок представляет собой исполнительное устройство станка и выполняет операции фрезерования материала. Он включает в себя фрезы (режущие инструменты) и шпиндель, которая вращает фрезы с высокой скоростью. Фрезерный блок может иметь возможность перемещения по осям X, Y и Z для достижения требуемых форм и размеров детали.

Приводы являются механизмами, обеспечивающими движение различных компонентов станка. Они могут быть электрическими, гидравлическими или пневматическими, и обычно осуществляют управление перемещением стола, копирующего механизма и фрезерного блока. Приводы позволяют точно контролировать перемещение и позиционирование обрабатываемых деталей.

Управляющая система копировально-фрезерного станка отвечает за управление всеми его функциями и операциями. В современных станках это часто осуществляется с использованием системы числового управления (CNC), которая позволяет программировать и контролировать различные параметры обработки, такие как скорость движения, глубина фрезерования и другие.

Копировально-фрезерные станки могут быть оборудованы датчиками и измерительными устройствами, которые обеспечивают контроль и обратную связь процесса обработки. Эти устройства могут использоваться для измерения размеров и позиций, обнаружения положения инструментов и определения точности обработки.

2 Расчетная часть

2.1 Конструктивная схема САУ

Система автоматического управления (САУ) имеет определенную конструктивную схему, которая включает в себя основные компоненты и их взаимосвязи. Вот основные элементы конструктивной схемы САУ:

- Измерительный элемент: измерительный элемент, также известный как датчик или датчик обратной связи, используется для измерения текущего состояния или параметров объекта управления. Он может измерять физические величины, такие как положение, скорость, давление, температура и другие параметры, которые необходимы для обратной связи.

- Ошибка: ошибка представляет разницу между желаемым значением и измеренным значением, полученным от измерительного элемента. Она является основной информацией для регулятора и определяет, требуется ли корректировка управления.

- Регулятор: регулятор используется для обработки ошибки и выработки сигнала управления. Он сравнивает желаемое значение с измеренным значением и генерирует управляющий сигнал, который будет применяться к объекту управления. Регулятор может быть реализован в виде аналоговой или цифровой электронной схемы, программного алгоритма или механического устройства.

- Исполнительный элемент: исполнительный элемент принимает управляющий сигнал от регулятора и преобразует его в физическое воздействие на объект управления. Это может быть электромеханический привод, гидравлический или пневматический актуатор, электронное устройство или другое устройство, которое осуществляет требуемое управление над объектом.

- Объект управления: объект управления – это система или процесс, который требуется контролировать и управлять. Это может быть механическая система, электрическая цепь, химический процесс, робот или любой другой объект, который нуждается в автоматическом управлении.

- Обратная связь: обратная связь представляет собой механизм, позволяющий информации о состоянии объекта управления передаваться обратно в САУ. Это позволяет системе корректировать управление на основе измеренных данных и обеспечивает более точное и стабильное управление.

Конструктивная схема САУ представляет взаимодействие всех этих компонентов и поток информации между ними. Общая идея заключается в том, чтобы измерить текущее состояние объекта, сравнить его с желаемым состоянием, сгенерировать управляющий сигнал и применить его к объекту, а затем использовать обратную связь для корректировки управления и поддержания желаемого состояния объекта.

САУ предназначена для управления приводами подачи копировального фрезерного станка (рисунок 2.1).

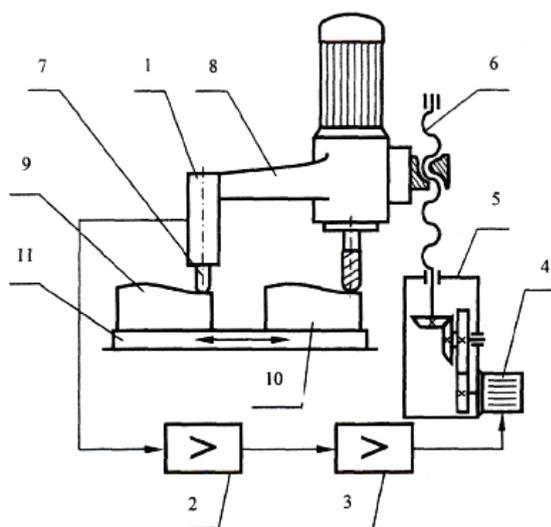


Рисунок 2.1 – Конструктивная схема САУ

Копировальный фрезерный станок предназначен для обработки сложных поверхностей деталей по копиру.

САУ копировального фрезерного станка состоит из преобразователя перемещения 1, усилителя 2, тиристорного усилителя преобразователя 3, управляемого двигателя 4, редуктора 5 с винтом 6. Преобразователь перемещения 1 имеет щуп 7 и закреплен на фрезерной бабке 8. Копир 9 и обрабатываемая деталь 10 установлены на столе 11, которому сообщается движение задающей подачи от отдельного привода.

При включении привода задающей подачи щуп 7 преобразователя 1 взаимодействует с профилем копира 9 и вырабатывает сигнал в виде напряжения, пропорционального отклонению щупа. Это напряжение через усилитель 2 поступает на вход усилителя-преобразователя 3 и вызывает вращение двигателя 4. Двигатель 4 через редуктор 5 и винт 6 вызывает смещение фрезерной бабки 8 в сторону уменьшения рассогласования. Корпус преобразователя перемещения 1 закреплен на фрезерной бабке, чем обеспечивается отрицательная обратная связь САУ.

Таким образом, фреза будет отслеживать перемещение щупа 7 и формировать требуемый профиль детали. В САУ в качестве объекта управления входит процесс резания в упругой технологической системе станка.

В соответствии с заданием в качестве исходных данных примем следующие параметры (таблица 1).

Таблица 1 – Исходные данные

Параметры	Значения
$T_{ЭУ}, c$	0
$K_{ЭУ}$	100
$T_{ТП}, c$	0.09
$K_{ТП}$	90
$K_{п}, B/мм$	20
$T_{я}, c$	0.07
$T_{М}, c$	0.2
$K_{Д}, 1/cB$	1.1
$K_{Р}$	0.05
$T_{Р}, c$	0.004
$C_{Р}$	700
K	0.25
z	6
$S_{М}$	0.1
μ	0.009
$t_0, мм$	2
$w_0, 1/c$	-
ξ	-
$C, H/мм$	10^6

2.2 Описание функциональной схемы САУ

Схема системы автоматического управления подачей при копировании приведена на рисунке 2.2. В систему автоматического управления необходимо ввести элементы.

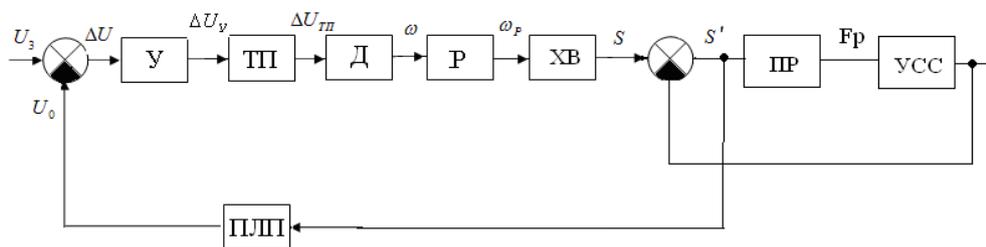


Рисунок 2.2 – Функциональная схема САУ

Здесь,
 У – усилитель;
 Д – двигатель;
 Р – механический редуктор;

ТП – тиристорный преобразователь;
 ПЛП – преобразователь линейных перемещений;
 ХВ – ходовой винт;
 ПР – процесс резания;
 УСС – упругая система станка.

Момент двигателя главного движения пропорционален силе резания и определяет ток в цепи питания, то есть преобразователь тока в цепи питания двигателя, вырабатывает сигнал пропорциональный силе резания. В результате этот сигнал поступает на вход сравнивающего устройства и сравнивается с входным заданным сигналом. В результате на вход электронного усилителя поступает сигнал ошибки, который вызывает изменение напряжения питания двигателя постоянного тока, а, следовательно, и скорость подачи стола.

2.3 Разработка структурной схемы САУ

Разработка структурной схемы САУ осуществляется на основе функциональной схемы системы (рисунок 2.3). В структурной схеме в отличие от функциональной должны быть определены все передаточные функции.

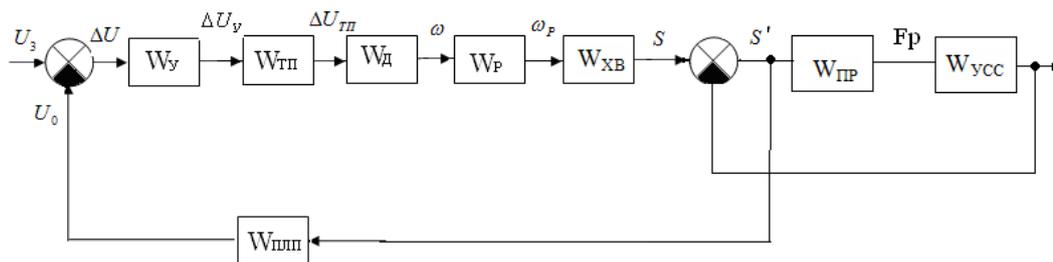


Рисунок 2.3 – Структурная схема САУ

Составим передаточные функции элементов системы. Формула дифференциального уравнения электронного усилителя выглядит следующим образом

$$T_{ЭУ} \frac{dU_{ВЫХ}}{dt} + U_{ВЫХ} = K_{ЭУ} \cdot U_{ВХ} \quad (1)$$

где $T_{ЭУ}$ – постоянная времени электронного усилителя;
 $U_{ВЫХ}$ – выходное напряжение;
 $U_{ВХ}$ – входное напряжение;
 $K_{ЭУ}$ – коэффициент усиления.

Передаточная функция электронного усилителя представляет собой апериодическое звено I порядка

$$T_{ЭУ} U_{ВЫХ}(s) + U_{ВЫХ} = K_{ЭУ} U_{ВХ}, \quad (2)$$

$$G_{\text{ЭУ}}(s) = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{K_{\text{ЭУ}}}{T_{\text{ЭУ}}s + 1} \quad (3)$$

Подставляя значения в уравнение (3), получим следующее выражение

$$G_{\text{ЭУ}}(s) = \frac{100}{0 \cdot s + 1} = 100$$

Дифференциальное уравнение электродвигателя постоянного тока имеет следующий вид

$$T_{\text{Я}} \cdot T_{\text{М}} \frac{d^2w}{dt^2} + T_{\text{М}} \frac{dw}{dt} + w = K_{\text{Д}} \cdot U_{\text{Д}} \quad (4)$$

где $T_{\text{Я}}$ – электромагнитная постоянная времени якоря;

$T_{\text{М}}$ – электромеханическая постоянная двигателя;

w – угловая скорость;

$K_{\text{Д}}$ – коэффициент передачи электродвигателя;

$U_{\text{Д}}$ – напряжение якоря.

Передающая функция электродвигателя постоянного тока (колебательное звено)

$$T_{\text{Я}}T_{\text{М}} \cdot s^2w(s) + T_{\text{М}} \cdot sw(s) + w(s) = K_{\text{Д}} \cdot U_{\text{Д}}(s), \quad (5)$$

$$W_{\text{Д}}(s) = \frac{w(s)}{U_{\text{Д}}(s)} = \frac{K_{\text{Д}}}{T_{\text{Я}}T_{\text{М}} \cdot s^2 + T_{\text{М}} \cdot s + 1}, \quad (6)$$

$$W_{\text{Д}}(s) = \frac{K_{\text{Д}}}{T^2p^2 + 2\xi Tp + 1} \quad (7)$$

Подставляя значения в уравнение (7), получим

$$T = \sqrt{T_{\text{Я}} \cdot T_{\text{М}}} = \sqrt{0.07 \cdot 0.2} = 0.12,$$

$$\xi = \frac{T_{\text{М}}}{2\sqrt{T_{\text{Я}} \cdot T_{\text{М}}}} = \frac{0.2}{2\sqrt{0.07 \cdot 0.2}} = 0.85,$$

$$W_{\text{Д}}(s) = \frac{1.1}{0.12^2p^2 + 2 \cdot 0.85 \cdot 0.12 \cdot p + 1} = \frac{1.1}{0.0144p^2 + 0.204p + 1}$$

Математическая модель механического редуктора имеет вид

$$W_{\text{ВЫХ}}(s) = K_p \cdot W_{\text{ВХ}}(s), \quad (8)$$

$$\frac{W_{\text{ВЫХ}}(s)}{W_{\text{ВХ}}(s)} = K_p \quad (9)$$

Подставляя значения в уравнение (9), получим

$$W_p(s) = K_p = 0.05$$

Дифференциальное уравнение тиристорного усилителя-преобразователя имеет вид

$$T_{\text{ТП}} \cdot \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} + U_{\text{ВЫХ}} = K_{\text{ТП}} \cdot U_{\text{ВХ}} \quad (10)$$

где $T_{\text{ТП}}$ – постоянная выхода тиристорного преобразователя, с;

$U_{\text{ВЫХ}}$ – выходное напряжение, В;

$U_{\text{ВХ}}$ – входное напряжение, В;

$K_{\text{ТП}}$ – коэффициент передачи (усиления).

Передаточная функция тиристорного усилителя-преобразователя

$$W_{\text{ТП}}(s) = \frac{K_{\text{ТП}}}{T_{\text{ТП}} + 1} \quad (11)$$

Подставляя значения в уравнение (11), получим

$$W_{\text{ТП}}(s) = \frac{90}{0.09p + 1}$$

Формула дифференциального уравнения преобразователя линейного перемещения имеет следующий вид

$$U_{\text{ВЫХ}} = K_{\text{П}} \cdot S_{\text{ВХ}} \quad (12)$$

где $U_{\text{ВЫХ}}$ – выходное напряжение преобразователя, В;

$K_{\text{П}}$ – коэффициент передачи, В/мм;

$S_{\text{ВХ}}$ – входное перемещение, мм.

Передаточная функция преобразователя линейного перемещения

$$W_{\text{ПЛП}}(s) = \frac{U_{\text{ВЫХ}}(s)}{S_{\text{ВХ}}(s)} = K_{\text{П}} \quad (13)$$

Подставляя значения в уравнение (13), получим

$$W_{\text{ПЛП}} = K_{\text{п}} = 20$$

Дифференциальное уравнение ходового винта имеет вид

$$W_{\text{ХВ}} = t_0 \quad (14)$$

Передаточная функция ходового винта

$$W_{\text{ХВ}}(s) = t_0 \quad (15)$$

Подставляя значения в уравнение (15), получим автоматический фрезерный станок привод

$$W_{\text{ХВ}}(s) = t_0 = 2$$

Передаточная функция процесса резания

$$W_{\text{ПР}} = \frac{K_{\text{р}}}{T_{\text{р}} + 1} \quad (16)$$

где $K_{\text{р}}$ – коэффициент резания;

$T_{\text{р}}$ – постоянная времени стружкообразования, с.

Сила резания при полном фрезеровании торцовой фрезой

$$P = \frac{k}{\pi} \cdot C_{\text{р}} \cdot S_{\text{Х}}^{1-k} \cdot t^{1-\mu} \cdot Z, \quad (17)$$

$$S_{\text{М}} = Z \cdot n \cdot S_{\text{Х}} \quad (18)$$

где $C_{\text{р}}$ – постоянный коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об.

Подставляя значения получим:

$$K_{\text{р}} = K_{\text{PS}} \cdot K_{\text{Pt}}, \quad (19)$$

$$K_{\text{PS}} = \frac{P_{\text{Х}}}{S_{\text{Х}}} = \frac{3.34}{0.00013} = 25668.46, \quad (20)$$

$$K_{Pt} = \frac{P_X}{t} = \frac{3.34}{2} = 1.67, \quad (21)$$

$$n = \frac{30 \cdot 13.3}{3.14} = 127.36$$

$$S_X = \frac{S_M}{Z \cdot n} = 0.00013, \quad (22)$$

$$P_X = \frac{2^{0.125}}{3.14} \cdot 700 \cdot 0.00013^{0.75} \cdot 2^{0.91} \cdot 6 = 3.34$$

$$K_P = 1.67 \cdot 25668.46 = 42866.33$$

Передаточная функция силы резания при полном фрезеровании торцевой фрезой имеет вид

$$W_{CP}(s) = \frac{42866.33}{0.004s + 1} \quad (23)$$

Дифференциальное уравнение эквивалентной упругой системы станка

$$\frac{1}{w_0^2} \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{2\xi}{w_0} \frac{dy}{dt} + y = \frac{1}{c} P_{BX} \quad (24)$$

где ω_0 – собственная частота колебаний, c^{-1} ;
 ξ – коэффициент затухания колебаний;
 y – деформация упругой системы станка, мм;
 C – жесткость упругой системы станка, Н/мм;
 P_{BX} – входной силовой параметр, Н.

Передаточная функция эквивалентной упругой системы станка (колебательное звено)

$$\frac{1}{w_0^2} s^2 Y(s) + \frac{2\xi}{w_0} s Y(s) + Y(s) = \frac{1}{c} P_{BX}(s), \quad (25)$$

$$W(s) = \frac{\frac{1}{c}}{T^2 s^2 + 2\xi T s + 1} \quad (26)$$

Подставляя значения в уравнение (26), получим

$$W_{YCC}(s) = \frac{\frac{1}{c}}{\left(\frac{1}{W_0^2}\right)s^2 + \left(\frac{2\xi}{W_0}\right)s + 1} = \frac{1}{C} = 10^{-6} \quad (27)$$

Для упрощения структурной схемы перенесём узел через два блока, по направлению распространения сигнала, при этом в контур добавляем два блока с обратными передаточными функциями. Введём новый блок W_1

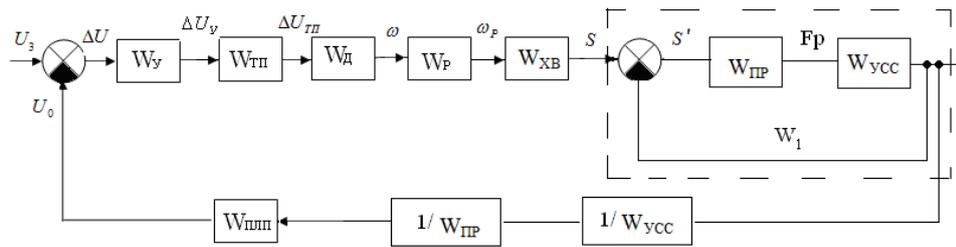


Рисунок 2.4 – Преобразование структурной схемы

$$W_1 = \frac{W_{ПР} \cdot W_{YCC}}{1 + W_{ПР} \cdot W_{YCC}}, \quad (28)$$

$$W_1 = \frac{\frac{42866.33}{0.004s + 1} \cdot 10^{-6}}{1 + \frac{42866.33}{0.004s + 1} \cdot 10^{-6}} = \frac{0.043}{(0.004s + 1.043)} = \frac{0.041}{0.0038s + 1} \quad (29)$$

2.4 Исследование устойчивости объекта

Устойчивость объекта относится к его способности оставаться в равновесии или восстанавливать равновесие после воздействия внешних сил или возмущений. Устойчивость является важным свойством в различных областях, таких как физика, инженерия, аэродинамика, робототехника и другие.

Устойчивость – это свойство системы возвращаться в исходный или близкий к нему установившийся режим после всякого выхода из него в результате какого-либо воздействия.

Техническое понятие устойчивости отражает понятное и очевидное свойство "хорошей" технической системы не только стабильно работать в нормальных режимах, но и "не уходить вразнос" при некотором, возможно небольшом, отклонении всевозможных параметров от номинала.

Устойчивость системы – простейшее техническое требование в системы в ряду более сложных требований, связанных с показателями качества и точности САУ.

Свойство устойчивости, являясь простейшим свойством системы, без которого система неработоспособна, может быть выражено числовыми показателями, которые легко могут быть вычислены и непосредственно связаны со всеми другими показателями качества и точности системы.

При исследовании и проектировании САУ часто используют ЛАХ и ЛФХ разомкнутых систем. Это объясняется тем, что разомкнутые САУ более просто исследовать экспериментально, чем замкнутые. В то же время по ним можно получить исчерпывающую информацию о поведении данной САУ в замкнутом состоянии.

Если система неустойчива, то достаточно любого толчка, чтобы в ней начался расходящийся процесс ухода из исходного установившегося состояния.

Исследуем заданный объект на устойчивость. Набираем структурную схему на ЭВМ в пакете Siam. Подставляя значения в передаточные функций, получаем следующий график (рисунок 4.1).

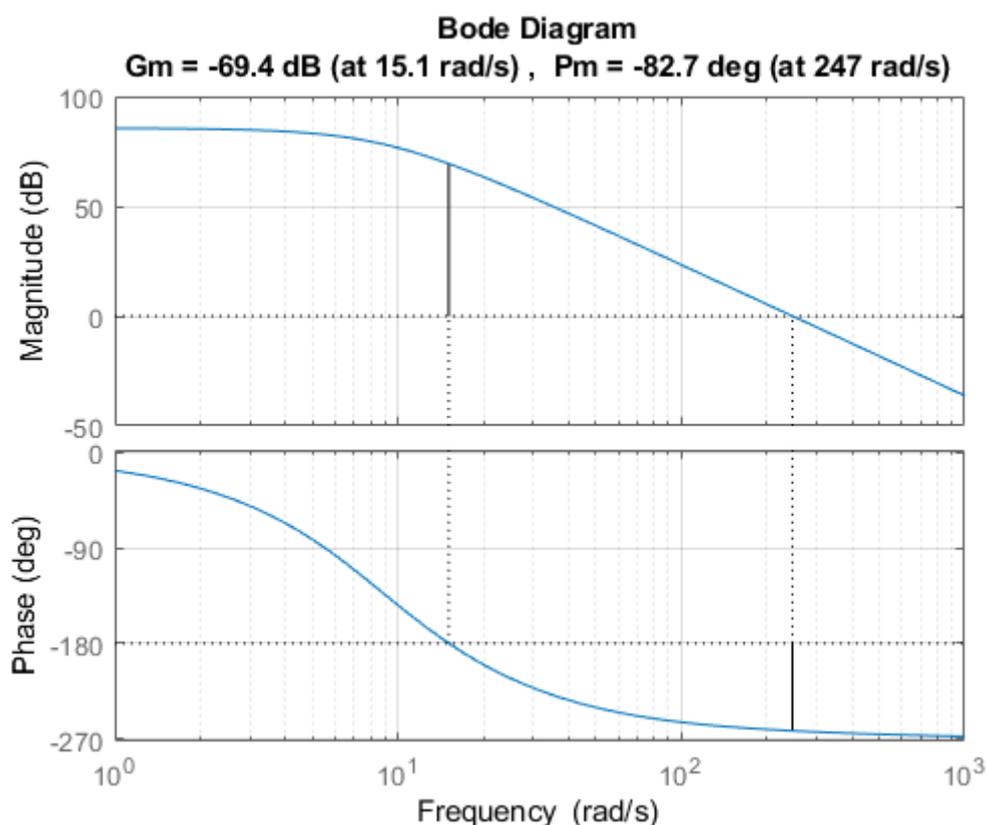


Рисунок 2.5 – ЛАХ и ЛФХ системы

ЭВМ выдает график переходного процесса, из графика видно, что система при исходных данных не устойчива. ЛФХ системы пересекает линию -180° быстрее, чем ЛАХ нулевую ось.

Для того чтобы добиться заданных показателей качества ($t_p = 0.6$ с; коэффициент перерегулирования $\sigma = 30\%$) вводим корректирующее устройство.

Применим последовательную коррекцию, т. к. САР с последовательной коррекцией имеет высокую частоту среза, что обеспечивает высокие требования к динамическим характеристикам устройств в неизменяемой части.

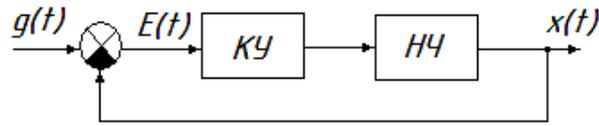


Рисунок 2.6 – Последовательная коррекция

Здесь,

$g(t)$ – входное воздействие;

$E(t)$ – отклонение регулируемой величины от заданного значения;

$x(t)$ – выходной параметр;

КУ – корректирующее устройство;

НЧ – неизменяемая часть.

Для ввода корректирующего устройства необходимо найти передаточную функцию разомкнутой системы.

Передаточная функция системы имеет следующий вид

$$W(s) = \frac{19025.82(0.004s + 1)}{(0.09s + 1)(0.12^2s^2 + 2 \cdot 0.85 \cdot 0.12s + 1)(0.0038s + 1)} \quad (30)$$

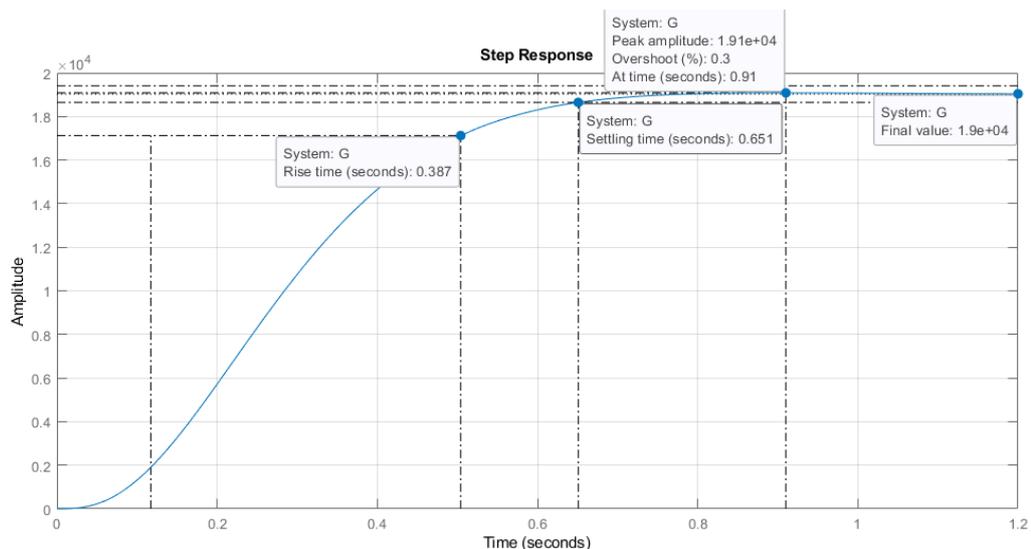


Рисунок 2.7 – переходной процесс разомкнутой системы и ее прямые оценки качества

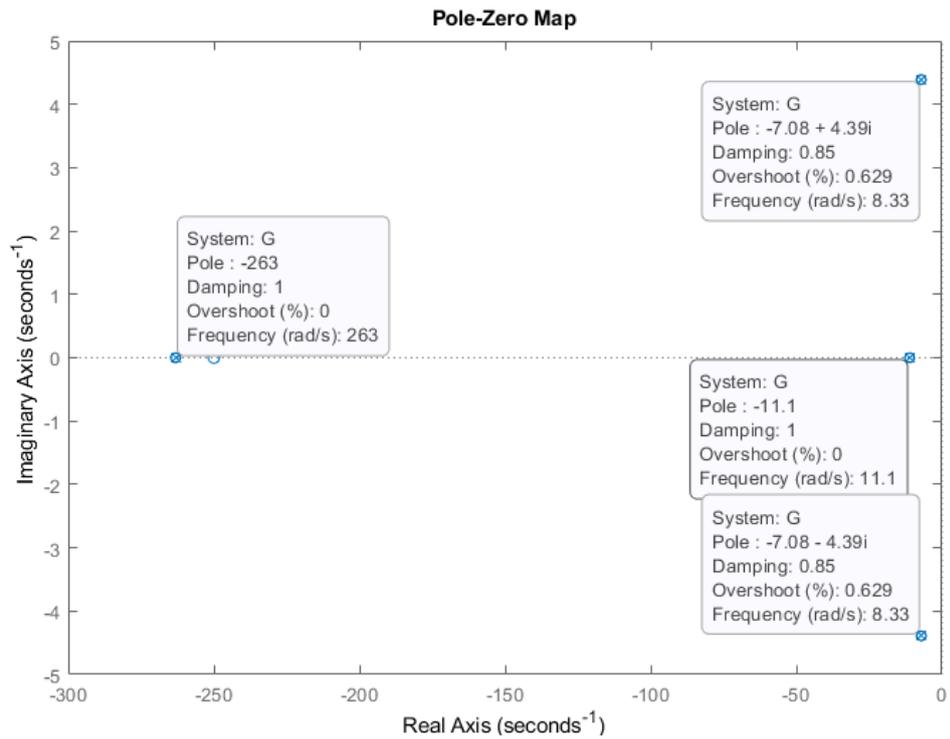


Рисунок 2.8 – полюса разомкнутой системы

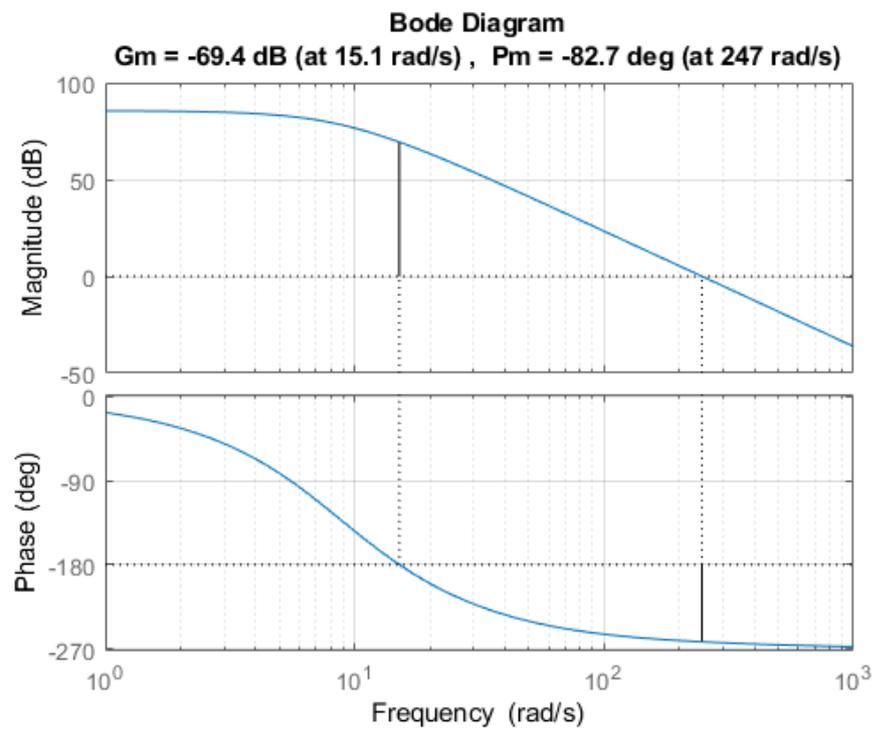


Рисунок 2.9 – ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы

```
>> G=tf([76.10328 19025.82],[0.0000049248 0.001420488 0.0338772 0.2978 1]);
>> T=feedback(G,-1)
```

T =

$$\frac{76.1 s + 1.903e04}{4.925e-06 s^4 + 0.00142 s^3 + 0.03388 s^2 - 75.81 s - 1.902e04}$$

Рисунок 2.10 – получение передаточной функции замкнутой системы

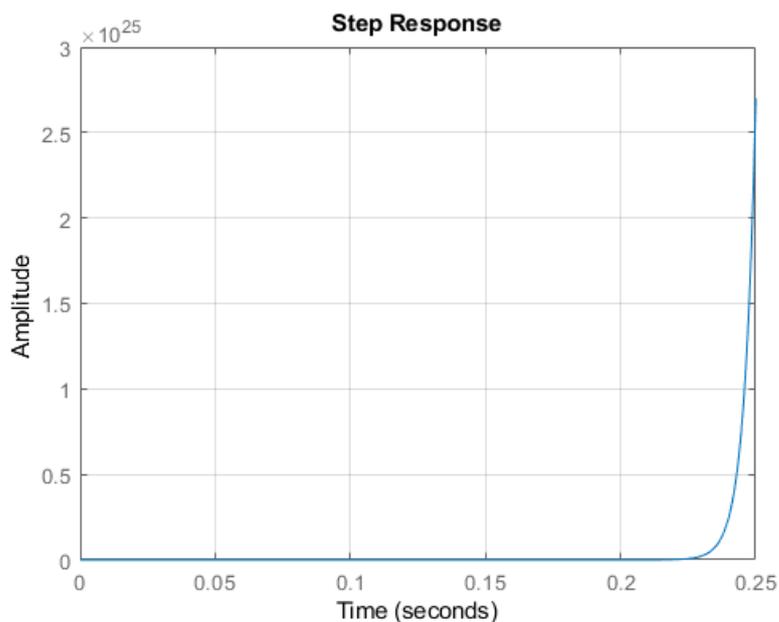


Рисунок 2.11 – переходной процесс замкнутой системы

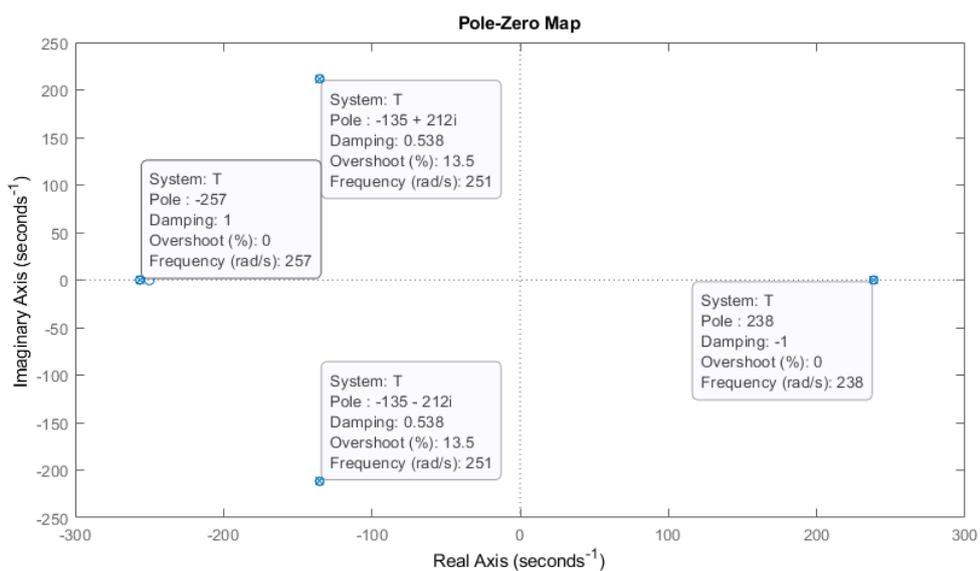


Рисунок 2.12 – полюса замкнутой системы

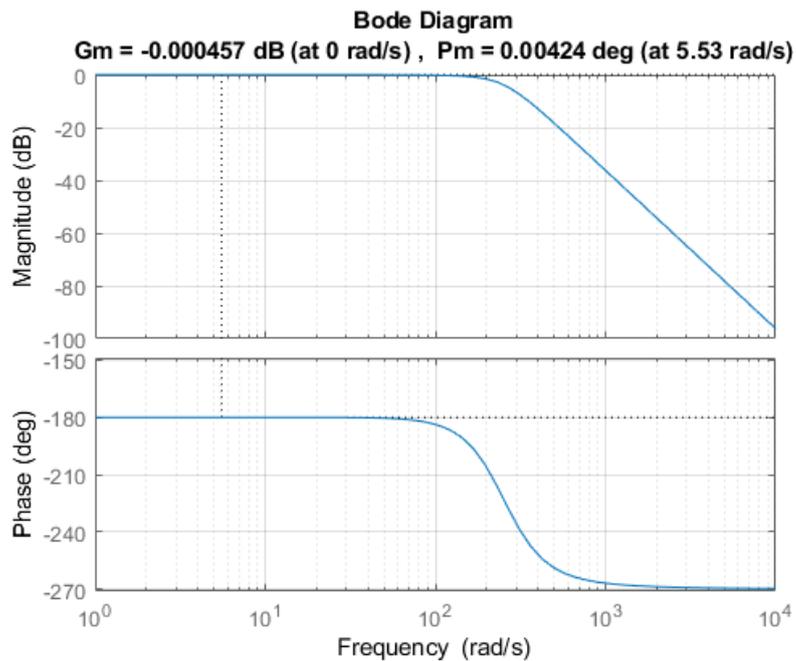


Рисунок 2.13 – ЛАЧХ и ЛФЧХ замкнутой системы

2.5 Синтез САУ

Корректирующее устройство – это механизм или инструмент, используемый для внесения коррекций или изменений в рабочий процесс или систему с целью достижения требуемого результата. Оно позволяет исправлять ошибки, компенсировать отклонения или оптимизировать работу.

Корректирующие устройства используются во многих областях и различных системах, включая машиностроение, автоматизацию, электронику, автомобильную промышленность, системы управления и другие.

В зависимости от конкретной области применения и задачи, корректирующие устройства могут иметь различные формы и принципы работы. Некоторые примеры корректирующих устройств:

- Регуляторы: регуляторы используются для автоматического корректирования параметров системы в реальном времени. Они могут контролировать и изменять факторы, такие как температура, давление, скорость, положение и другие, чтобы поддерживать требуемые значения или условия.

- Корректирующие звенья: в системах управления и электронике могут использоваться специальные корректирующие звенья, которые изменяют характеристики сигналов или входных данных, чтобы достичь определенных целей. Например, фильтры, усилители, компенсаторы и другие устройства могут использоваться для корректировки амплитуды, фазы, шумов или искажений сигнала.

- Регулирующие механизмы: в машиностроении и производстве могут применяться регулирующие механизмы, которые позволяют вносить изменения в положение, ориентацию или параметры деталей или инструментов.

Это может включать в себя регулировку винтов, пружин, рычагов, шарниров или других механизмов для точной настройки и коррекции.

– **Корректирующие инструменты:** в некоторых случаях используются специализированные инструменты или приспособления для внесения коррекций. Например, в зуботехнической лаборатории могут применяться корректирующие инструменты для модификации формы или контура зубных протезов.

Корректирующие устройства играют важную роль в обеспечении точности, стабильности и эффективности систем и процессов. Они позволяют устранять ошибки, компенсировать отклонения и достигать требуемого уровня качества и производительности.

Корректирующие устройства синтезируют на основании требований к свойствам САУ. Для этого необходимо знать передаточную функцию реальной САУ $W_{реал}$, которая чем-то не удовлетворяет разработчика, и желаемую передаточную функцию $W_{жел}$, которой должна обладать САУ в результате корректировки ее свойств.

Получили, что передаточная функция системы имеет вид

$$W(s) = \frac{19025.82(T_1s + 1)}{(T_2s + 1)(T_3^2s^2 + 2\xi T_3s + 1)(T_4s + 1)} \quad (31)$$

$$T_1=0.004 \text{ с}; \omega_1=250 \text{ с}^{-1}; \lg \omega_1=2.4$$

$$T_2=0.09 \text{ с}; \omega_2=11.11 \text{ с}^{-1}; \lg \omega_2=1.05$$

$$T_3=0.12 \text{ с}; \omega_3=8.33 \text{ с}^{-1}; \lg \omega_3=0.92$$

$$T_4=0.0038 \text{ с}; \omega_4=263.16 \text{ с}^{-1}; \lg \omega_4=2.42$$

$$K=19025.83; 20\lg K=85.6$$

По полученным данным строим неизменяемую ЛАХ и ЛФХ (Приложение А).

Для построения ЛАХ и ЛФХ рекомендуется следующий порядок:

1) раскладывают сложную передаточную функцию на множители, являющиеся передаточными функциями типовых динамических звеньев;

2) вычисляют сопрягающие частоты отдельных звеньев и строят асимптотические ЛАХ и ЛФХ каждого элементарного звена;

3) путем графического суммирования ЛАХ и ЛФХ звеньев строят результирующие характеристики.

Вычислим частоту среза. Найдем передаточную функцию корректирующего устройства для исследования устойчивости объекта с помощью ЛАХ.

По номограмме Солодовникова определяем диапазон частоты среза в зависимости от заданного времени регулирования и величине перерегулирования $\sigma = 30\%$.

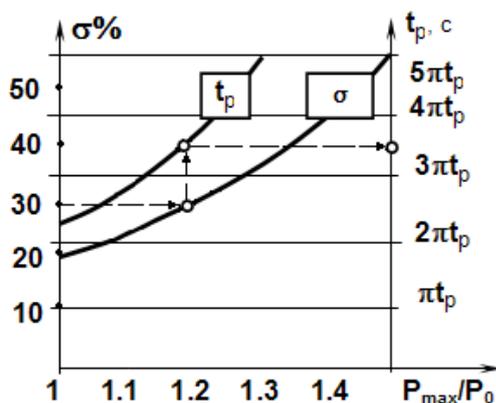


Рисунок 2.14 – номограмма Солодовникова

Желаемая ЛАХ определяется показателями качества и точностью процесса регулирования. Среднечастотная часть желаемой ЛАХ характеризуется частотой среза. Частота среза определяется с помощью номограммы Солодовникова. Для наиболее простой реализации корректирующего устройства последовательные изломы наклонов высокочастотной желаемой ЛАХ и ЛАХ неизменяемой части системы должны совпадать.

Таблица 2 – Показатели устойчивости

Тип системы	Показатели устойчивости для диапазона частот			
	От 0,01 до 100	От 100 до 1000	От 1000 до 10000	Более 100000
	Системы с высокими показателями качества: $\sigma_{\max} = 24\%; t_p = 3\pi/\omega_c$			
γC	45	50	55	60
НМ	16	18	20	22
-НМ	14	16	18	20

Показатели устойчивости: $N_M = 16$; $-N_M = -14$; $K_{Ж} = K_p = 42668,33$; $20\lg K_{Ж} = 20\lg 42688,33 = 92,6$.

Строим желаемую логарифмическую амплитудную характеристику.

Найдем корректирующее устройство. Для нахождения корректирующего устройства необходимо вычесть неизменяемую ЛАХ из желаемой.

Затем требуется определить передаточную функцию корректирующего устройства по известной ЛАХ. Процедура определения передаточной функции состоит из следующих этапов:

- 1) известная ЛАХ представляется в асимптотическом виде, для этого непрерывная кривая заменяется отрезками прямых либо горизонтальных, либо с наклоном, кратным ± 20 дБ/дек;
- 2) асимптотическая ЛАХ раскладывается на ЛАХ элементарных звеньев;

3) для каждой из полученных ЛАХ определяются k и $\omega_1 = 1/T$ и записывается передаточная функция типового звена;

4) передаточная функция САУ определяем путем перемножения передаточных функций типовых звеньев.

Таким образом, получили, что передаточная функция корректирующего устройства имеет вид

$$W_{\text{КУ}} = \frac{K_{\text{КУ}}(T_{\text{Ж}2}s + 1)(T_4s + 1)(T_3s + 1)}{s(T_{\text{Ж}1}s + 1)(T_{\text{ЗЖ}}s + 1)}, \quad (31)$$

$$W_{\text{КУ}} = \frac{0.57(0.34s + 1)(0.12s + 1)(0.024s + 1)}{s(3548.13s + 1)(0.0105s + 1)} \quad (32)$$

2.6 Расчет параметров корректирующего устройства

По виду передаточной функции корректирующего устройства определим схему корректирующего устройства.

Выбираем электрическую схему, передаточную функцию типового корректирующего устройства. Она будет содержать в себе следующие электрические схемы:

1) Передаточная функция корректирующего звена

$$\frac{T_1s + 1}{T_2s + 1} = \frac{0.34s + 1}{3548.13s + 1} \quad (33)$$

Таким образом, получили, что

$$R_1 = 40 \text{ Ом};$$

$$R_2 = 10 \text{ кОм};$$

$$C = 0.35 \text{ Ф.}$$

2) Передаточная функция корректирующего звена

$$\frac{G_0(T_1s + 1)}{(T_2s + 1)} = \frac{0.57(0.12s + 1)}{(0.0105s + 1)}, \quad (34)$$

$$G_0 = \frac{R_0}{R_0 + R_1}, \quad (35)$$

$$G_0 = 0.0566T_1 = R_1 \cdot C_1, \quad (36)$$

$$T_2 = \frac{R_0}{R_0 + R_1} \cdot T_1 \quad (37)$$

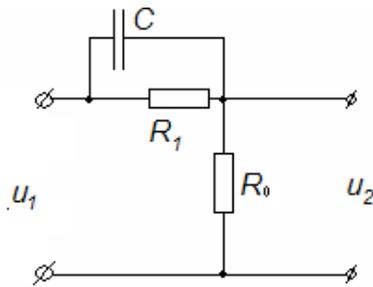


Рисунок 2.15 – Схема корректирующего звена

Таким образом, получили, что

$$R_1 = 10 \text{ Ом};$$

$$R_0 = 0,7 \text{ Ом};$$

$$C_1 = 0.012 \text{ Ф}.$$

3) Передаточная функция корректирующего звена

$$\frac{k(T_1s + 1)}{s} = \frac{(0.024s + 1)}{s}, \quad (38)$$

$$k = \frac{1}{R_1 C} \quad (39)$$

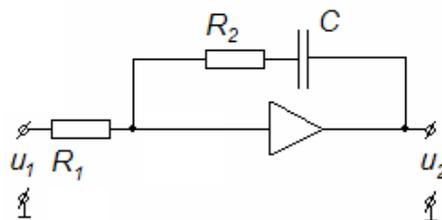


Рисунок 2.16 – Схема корректирующего звена

Таким образом, получили, что

$$R_1 = 3 \text{ Ом};$$

$$R_2 = 0,072 \text{ Ом};$$

$$C = 0.33 \text{ Ф}.$$

Реализация передаточной функции корректирующего устройства через четырёхполюсники, имеет вид

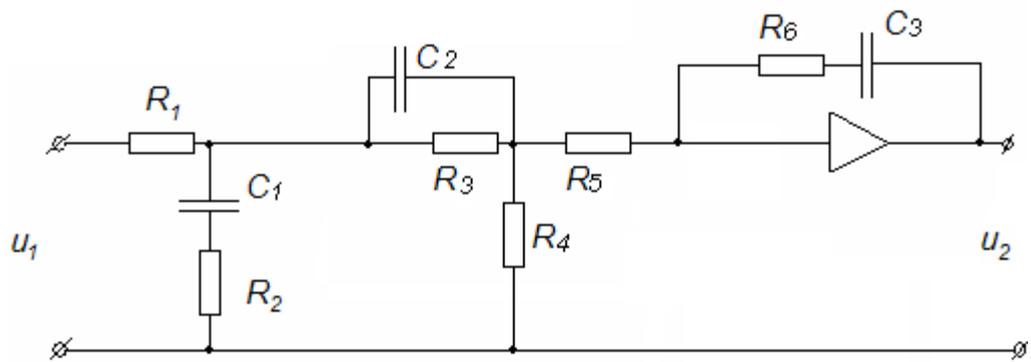


Рисунок 2.17 – Схемотехническая реализация передаточной функции корректирующего устройства

Здесь,

$$R_1 = 40 \text{ Ом};$$

$$R_2 = 10 \text{ кОм};$$

$$R_3 = 10 \text{ Ом};$$

$$R_4 = 0.7 \text{ Ом};$$

$$R_5 = 3 \text{ Ом};$$

$$R_6 = 0,072 \text{ Ом};$$

$$C_1 = 0.35 \text{ Ф};$$

$$C_2 = 0.012 \text{ Ф};$$

$$C_3 = 0.33 \text{ Ф}.$$

При коррекции с помощью интегрирующих устройств система менее подвержена влиянию помех.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данного дипломного проекта был выполнен синтез АСУ копировально-фрезерного станка с заданными показателями качества. Основной целью проекта было разработать систему, способную точно и повторяемо копировать контуры и формы из оригинала или шаблона на обрабатываемый материал.

В процессе выполнения проекта были определены основные требования к системе АСУ, включая точность копирования, повторяемость, эффективность работы станка и другие показатели качества. Был проведен анализ различных методов и инструментов, которые могут быть использованы для достижения поставленных целей.

На основе проведенного анализа была разработана система АСУ, включающая копирующий механизм, фрезерный инструмент, управляющую систему и дополнительные компоненты. Была учтена необходимость достижения требуемой точности и повторяемости фрезерования при работе станка.

В результате тестирования и моделирования системы АСУ были достигнуты поставленные показатели качества. Система показала высокую точность копирования, обеспечивая повторяемость контуров и форм. Эффективность работы станка была оптимизирована, что позволило достичь высокой производительности при обработке материала.

Однако, несмотря на успешную разработку и реализацию системы АСУ, следует отметить некоторые ограничения и возможности для дальнейшего совершенствования. Важно уделить внимание дальнейшему исследованию и разработке в области оптимизации процесса фрезерования, расширению функциональности системы и улучшению управляющей системы.

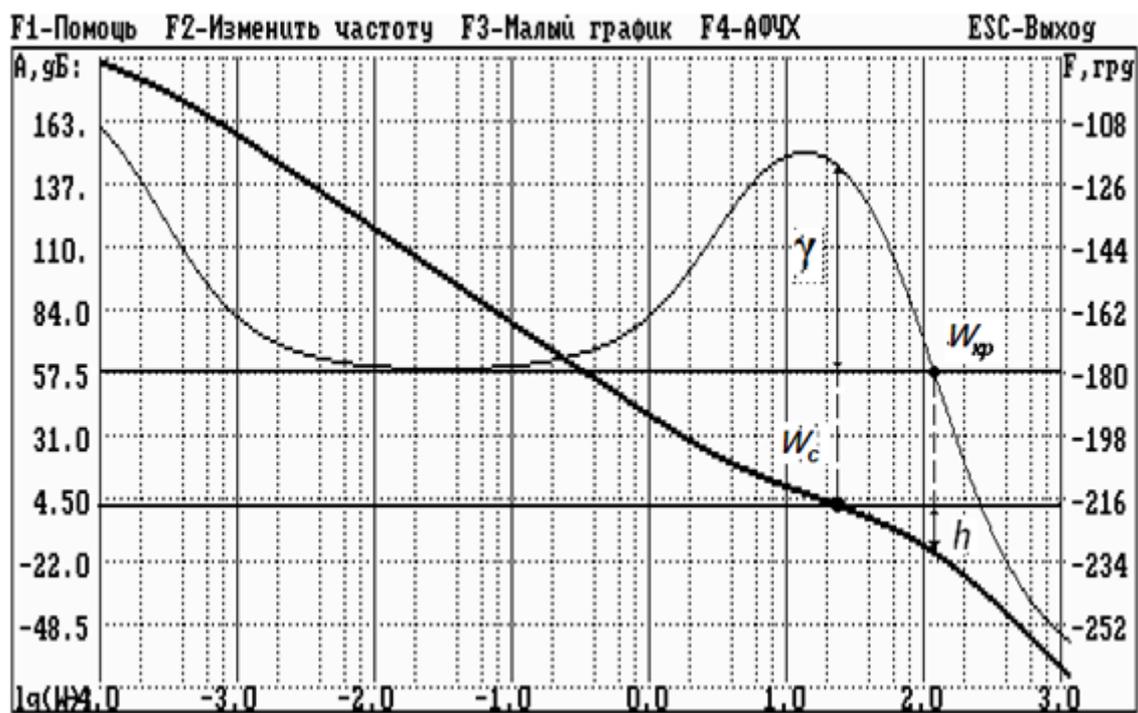
В заключение, данный дипломный проект по синтезу АСУ копировально-фрезерного станка с заданными показателями качества был успешно выполнен. Разработанная система позволяет точно и повторяемо копировать контуры и формы, соответствуя требованиям производства. Результаты работы могут быть применены в различных областях производства, включая мебельное производство, лепное производство и производство форм и штампов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Юревич Е.И. Теория автоматического управления. Учебник для студентов высш.техн.учебн.заведений. Л., «Энергия», 2015.
- 2 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – М.: Наука, 2010. – 768 с.
- 3 Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. М.: Наука, 2009. 304 с.
- 4 Ю.М Соломонцев «Теория автоматического управления» Москва, «Высшая школа», 2008, 91с.
- 5 Тюков Н.И., Дурко Е.М. и др. Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Теория управления» / УГАТУ. – Уфа, 2011 – 35с.
- 6 Тугашова Л.Г. Моделирование статических и динамических режимов процесса ректификации нефти. – М: Роспатент, 2017.
- 7 Паршаков С.И. Основы управления техническими процессами и системами: учебное пособие / М.В.Ерпалов. – Екатеринбург: Издательство Урал. ун-та, 2017. – 148 с.
- 8 Ким Д.П. Теория Автоматического Управления. – 2-е изд., испр. и доп. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – С. 90-92.
- 9 Малафеев С.И., Малафеева А.А. Основы автоматике и системы автоматического управления: учебник для студ. высш. учеб. Заведений. – М: Издательский центр «Академия», 2010. – 384 с.
- 10 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – 4-е изд., перераб. и доп.– С-П.: «Профессия», 2004. – 752 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ЛАЧ и ЛФЧ системы копировально-фрезерного станка



**Протокол анализа Отчета подобия
заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения заявляет, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Тарасова Аружан Талгаткызы

Название: Синтез АСУ копировально-фрезерного станка с заданными показателями качества

Координатор: Орынбет Марат Маханбетович

Коэффициент подобия 1: 0.58

Коэффициент подобия 2: 0

Замена букв: 9

Интервалы: 0

Микропробелы: 2

Белые знаки: 0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем не допускаю работу к защите.

Обоснование: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 0.58 и Коэффициент подобия 2: 0. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

« 15 » июня 202 3 г.
Дата



Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:
Дипломный проект допускается к защите.

« 15 » июня 202 3 г.
Дата



Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Тарасова Аружан Талгаткызы

Название: Синтез АСУ копировально-фрезерного станка с заданными показателями качества

Координатор: Орынбет Марат Маханбетович

Коэффициент подобия 1: 0.58

Коэффициент подобия 2: 0

Замена букв: 9

Интервалы: 0

Микропробелы: 2

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 0.58 и Коэффициент подобия 2: 0. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«15» июня 2022 г.

Дата



Подпись Научного руководителя

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломный проект

Тарасовой Аружан Талгатқызы

6В07103 – Автоматизация и роботизация

На тему: Синтез АСУ копировально-фрезерного станка с заданными показателями качества

Синтез АСУ копировально-фрезерного станка остаётся актуальным во многих отраслях промышленности. Этот тип станка позволяет автоматизировать процесс изготовления деталей и изделий, основываясь на образце или шаблоне.

В пояснительной записке, предоставленной на рецензирование, показан синтез АСУ копировально-фрезерного станка с заданными показателями качества.

В первом разделе был описан процесс фрезерования копировально-фрезерного станка, его назначение и принцип работы, также разработана функциональная схема автоматизации копировально-фрезерного станка.

Во втором разделе получена математическая модель на основе структурной схемы, проведен анализ прямых оценок качества замкнутой системы. Вследствие чего был проведен синтез корректирующего устройства для обеспечения желаемых результатов.

Графический и текстовый материал оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к оформлению учебных работ.

Данный дипломный проект отличает проработанность, полноту изложенного теоретического материала. Приведённые исследования доказывают отличную теоретическую подготовку дипломанта.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что дипломный проект допускается к защите, а студент Тарасова Аружан Талгатқызы присвоения академической степени бакалавра по специальности 6В07103 – Автоматизация и роботизация.

Научный руководитель

Асоц. Проф. К.Т.Н

(должность, уч. степень, звание)

(подпись)

«15» июня 2023... г.



Орынбет М.М.

Ф. И.О.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект

Тарасовой Аружан Талгатқызы

6B07103 – Автоматизация и роботизация

На тему: «Синтез АСУ копировально-фрезерного станка с заданными показателями качества»

Выполнено:

- а) презентация на 13 слайдах
- б) пояснительная записка на 40 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Синтез АСУ копировально-фрезерного станка остаётся актуальным во многих отраслях промышленности. Этот тип станка позволяет автоматизировать процесс изготовления деталей и изделий, основываясь на образце или шаблоне.

В пояснительной записке, предоставленной на рецензирование, показан синтез АСУ копировально-фрезерного станка с заданными показателями качества.

В первом разделе был описан процесс фрезерования копировально-фрезерного станка, его назначение и принцип работы, также разработана функциональная схема автоматизации копировально-фрезерного станка.

Во втором разделе получена математическая модель на основе структурной схемы, проведен анализ прямых оценок качества замкнутой системы. Вследствие чего был проведен синтез корректирующего устройства для обеспечения желаемых результатов.

Графический и текстовый материал оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к оформлению учебных работ.

Данный дипломный проект отличает проработанность, полноту изложенного теоретического материала. Приведённые исследования доказывают отличную теоретическую подготовку дипломанта.

Оценка работы

Учитывая вышеизложенное, считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «95» (*отлично*), а студент Тарасова Аружан Талгатқызы присвоения академической степени бакалавра по специальности 6B07103 – Автоматизация и роботизация.

Рецензент

К.т.н. доцент КазНУ им. Альфарابي

Туманов И.Е.

«9»

2023 г.