



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»

Инженерная школа

Кафедра технологий промышленного производства

Подлеснов Дмитрий Николаевич

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДВУСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ
МАНИПУЛЯЦИОННОГО УСТРОЙСТВА**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

по образовательной программе подготовки магистров
по направлению подготовки
15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Магистерская программа «Автоматизация технологических
процессов и производств (в промышленности)»

Владивосток
2018

Студент Д.Н. Подлеснов Подлеснов Д.Н.

подпись

Группа М3215

« 04 » 07 2018 г.

Руководитель магистерской диссертации
Юрчик Ф.Д., к.т.н., доцент кафедры ТПП

Ф.Д. Юрчик

(подпись)

« 05 » 07 2018 г.

В материалах заявки не содержится сведения, составляющие государственную тайну, и сведения, подлежащие экспортному контролю.

зав. каф.

17.07.18

[Handwritten signature]

Рецензент

д.т.н., профессор кафедры Автоматических и информационных систем Морского государственного университета им. адмирала Г.И. Невельского

(ученое звание)

Дыда А.А.

(фамилия, имя, отчество)

А.А. Дыда

(подпись)

« 05 » 07 2018 г.

Руководитель ОП к.т.н., доцент

К.В. Змеу

« 07 » 02 2018 г.

Защищена в ГЭК с оценкой

Хорошо

«Допустить к защите»

Секретарь ГЭК

С.Е. Коровин

С.Е. Коровин

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент

К.В. Змеу

К.В. Змеу

(подпись)

« 06 » 07 2018 г.

К.В. Змеу

Подпись

2018 г.

« » 201

В материалах данной выпускной квалификационной работы содержатся сведения, составляющие государственную тайну и сведения, подлежащие экспортному контролю.

Уполномоченный по экспортному контролю

_____/_____/« »_____
Ф.И.О. Подпись




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный федеральный университет»

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

Кафедра технологий промышленного производства

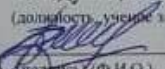
УТВЕРЖДЕНО

Руководитель ООП к.т.н., доцент
(должность, ученое звание)

 Змеу К.В.
(подпись) (Ф.И.О.)

« 12 » 02 2018 г.

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент
(должность, ученое звание)

 Змеу К.В.
(подпись) (Ф.И.О.)

« 17 » 02 2018 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу магистерскую диссертацию

Студенту Подлеснову Дмитрию Николаевичу группы М3215

Наименование темы: «Разработка и исследование системы двустороннего действия манипуляционного устройства»

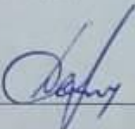
- 1) Разработка следящей системы двустороннего действия
- 2) Проектирование кинематической схемы
- 3) Проектирование функциональной схемы следящей системы двустороннего действия
- 4) Моделирование и создание управляющей программы

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

№ п/п	Наименование этапов дипломного проекта (работы)	Срок выполнения этапов проекта (работы)	Примечание
1.	Обзор научно-технической литературы, интернет источников, поиск аналогов	20.12.2017-01.01.2018	
2.	Разработка кинематической схемы	01.01.2018-07.02.2018	
3.	Расчет и выбор приводных механизмов	07.02.2018-18.02.2018	
4.	Моделирование системы в среде Matlab	19.03.2018-10.04.2018	
5.	Исследование математической модели	10.04.2018-05.05.2018	
6.	Создание управляющей программы	05.05.2018-18.05.2018	
7.	Разработка плакатов	18.05.2018-28.05.2018	
8.	Предоставление диплома к проверке	22.05.2018-28.06.2018	

Срок представления работы 30 июня 2018 г.

Дата выдачи задания 14 мая 2017 г.

Руководитель ВКР: к.т.н., доцент  Юрчик Ф.Д.
(подпись)

Задание получил  Подлсенов Д.Н.

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	6
Введение.....	7
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ.....	8
1 ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛОГОВ.....	9
1.1 Джойстик ThrustMaster Hotas Warthog.	9
1.2 Робот da vinci.....	10
1.3 Копирующий манипулятор МЭМ-10.....	12
1.4 Следящий электропривод.....	14
2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ	16
2.1 Функциональная схема следящей системы двустороннего действия ...	16
2.2 Кинематическая схема следящей системы двустороннего действия	17
3 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ.....	18
4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ	22
5 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	39
6 ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	43
7 ОХРАНА ТРУДА ОПЕРАТОРА МАНИПУЛЯЦИОННОГО УСТРОЙСТВА	51
7.1. Характеристика условий труда оператора	51
7.2. Освещение рабочего места оператора	53
7.3. Электромагнитные и ионизирующие излучения.....	53
7.4 Электробезопасность.....	55
7.5. Эргономические требования к рабочему месту.....	56
Заключение	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	61

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа – 64 страниц, 30 рисунков, 2 таблицы, 32 источников

Актуальность работы – в промышленности существует большая потребность в повышении производительности и качества выпускаемой продукции. Одним из путей решения этой задачи является модернизация предприятия путём создания следящих систем манипуляционных устройств. Для точной и эффективной работы оператора необходимо такая система управления, где будут задействованы все возможности оборудования при максимальной информативности. С этой задачей поможет справиться следящая система двустороннего действия.

Объектом исследования является математическая модель следящей системы двустороннего действия для манипуляционного устройства.

Цель работы – исследовать аналоги, выполнить построение математической модели следящей системы, провести исследование на ступенчатое воздействие задающего и исполнительного приводов.

Предмет исследования – в процессе выполнения работы были исследованы аналоги манипуляторов, подобные предлагаемому решению.

В результате проведенной работы была разработана следящая система двустороннего действия, проверена работоспособность системы путем моделирования с помощью программного обеспечения, разработана модель следящей системы двустороннего действия.

Основная задача создания системы направлена на облегчение работы оператора манипуляционного устройства путём создания следящей системы двустороннего действия для манипуляционного устройства.

Система предназначена для использования в промышленной и специальной робототехнике, в частности подводной, и в медицине. Для управления подводными аппаратами и манипуляционными устройствами.

Введение

Совершенствование производства ведет к значительному ужесточению требований к качественным показателям следящих систем, таким, как точность, быстродействие и эффективность.

Высокая конкуренция в промышленности требует постоянного усовершенствования производственного процесса, которое должно вести к повышению качества продукции и снижению затрат на производства. Автоматизация позволяет решить эти задачи, путём математического описания и моделирования процессов. Однако не все операции поддаются строгому математическому описанию. В силу вариативности параметров. И в связи с этим необходим человек оператор, который будет управлять этими процессами. Повысить эффективность его работы удаётся с помощью использование систем на основе электродвигателя. Для облегчения работы оператора и повышения эффективности необходимо дать возможность получать информацию не только визуальную чрез цифровые и аналоговые датчики. А путем передачи оператору информацию о силах и моментах через его органы чувств. С этой задачей помогает справиться следящие системы двустороннего действия.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Задача: Разработка модели следящей системы двустороннего действия

Основные цели:

Провести исследование аналогов, выявить преимущества и недостатки аналогов.

Разработка кинематической схемы для задающего и исполнительного устройств.

Моделирование математической модели задающего устройства в соответствии требований ГОСТ 21753-76 (Система человек-машина Рычаги управления Общие эргономические требования). Предельная нагрузка на задающей стороне не должна превышать 60 ньютонов.

Моделирование математической модели исполнительного устройства с полезной нагрузкой не выше 1000 Н.

Разработка функциональной схемы следящей системы двустороннего действия.

Создание математической модели следящей системы двустороннего действия.

Провести исследование математической модели.

1 ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛОГОВ

Для решения задачи создания следящей системы двустороннего действия, необходимо провести сравнительный анализ и выяснить какие манипуляторы и джойстики наилучшим образом подойдут для решение задачи. Аналоги взяты из области робототехники и из области манипуляторных электронных устройств. В качестве объектов исследования были выбраны: джойстик ThrustMaster Hotas Warthog; робот Da Vinci состоящий из консоли для оператора (аналог джойстика) и четырёх рук манипуляторов; копирующий манипулятор МЭМ-10.

1.1 Джойстик ThrustMaster Hotas Warthog.

Рассмотрим джойстик ThrustMaster Hotas Warthog. Его прототипом является органы управления военного штурмового самолёта Fairchild-Republic A-10.

На сегодняшней день он является самым передовым и многофункциональным из игровых манипуляторов.

Преимущества:

- система магнитного датчика H.E.A.R.T HallEffect AccuRate Technology: разрешение 16 бит (65536 x 65536 значений) позволяющие достичь высокую точностью.
- 55 программируемых кнопок

Недостатки

- отсутствие обратной связи



Рисунок 1 – джойстик ThrustMaster Hotas Warthog

1.2 Робот da vinci

Описание: Система da Vinci состоит из консоли хирурга, которая обычно находится в той же комнате, что и пациент, и тележки пациента с четырьмя интерактивными роботизированными руками, управляемыми с консоли. Три руки предназначены для инструментов, которые удерживают предметы, а также могут выступать в качестве скальпелей, ножниц или захватов. Хирург использует главные органы управления консоли для маневрирования трех или четырех роботизированных рук на теле пациента (в зависимости от модели). Конструкция сочлененного запястья инструментов превосходит естественный диапазон движения человеческой руки; масштабирование движения и уменьшение тремора дополнительно интерпретируют и улучшают движение рук хирурга. Система da Vinci всегда требует оператора-человека и включает в себя множество избыточных функций безопасности, предназначенных для минимизации возможностей человеческой ошибки по сравнению с традиционными подходами.

Система da Vinci была разработана, чтобы улучшить обычную лапароскопию, в которой хирург работает в статическом состоянии,

используя ручные инструменты с длинными валами, от которых немеют запястья. При обычной лапароскопии хирург должен смотреть вверх и далеко от инструментов, на соседний 2D-видеомонитор, чтобы увидеть изображение целевой анатомии. Хирург должен также полагаться на помощника пациента, чтобы правильно позиционировать камеру. Напротив, дизайн системы да Винчи позволяет хирургу работать с сидящего положения на консоли, с глазами и руками, расположенными в соответствии с инструментами, и с помощью элементов управления на консоли для перемещения инструментов и камеры.

Предоставляя хирургам превосходную визуализацию, повышенную ловкость, большую точность и эргономичный комфорт, хирургическая система да Винчи позволяет большему числу хирургов выполнять минимально агрессивные процедуры, включающие комплексное рассечение или реконструкцию. Для пациента процедура при использовании системы да Винчи может предложить все потенциальные преимущества минимально агрессивные воздействия, включая меньшую боль, меньшую потерю крови и меньшую потребность в переливании крови. Кроме того, система da Vinci может позволить сократить пребывание в больнице, ускорить восстановление и быстрее вернуться к нормальной повседневной деятельности. [2]



Рисунок 2 – четырёхрукий робот-манипулятор da Vinci

Преимущества

- встроенный симулятор для обучения хирурга-оператора;
- позволяет выполнять операции через надрезы в несколько миллиметров, на что не способен даже самый опытный хирург;
- четыре роботизированные руки с инструментами, имеющими 7 степеней свободы;
- уменьшение риска инфицирования хирурга оператора;
- масштабируемая система связи.

Недостатки

- высокая стоимость 2 млн. долларов;
- сложность обучения заключается, в сложности синхронизации совместной работы четырёх манипуляторов. А для работы двух и более операторов требуется сложное согласование, что требует значительного времени для подготовки совместной работы двух операторов.

1.3 Копирующий манипулятор МЭМ-10

Описание: Копирующий манипулятор представляет собой конструкцию позволяющую копировать движения человеческой руки, такие как изгибы, в локтевой части и вращения в кистевой и плечевой части. Благодаря шарнирным соединениям удаётся достичь подобной свободы движений. При помощи конических зубчатых колёс осуществляется передачи усилий манипулятору.

Технические характеристики

1. Грузоподъёмность манипулятора, кг 10
2. Углы качания кисти, локтя и руки, град. ± 110
3. Углы, на которые способен вращаться манипулятор. 360°
4. Длина звеньев рук манипулятора:
 - расстояние от рукоятки управления до оси шарнира качания кисти, м 100

- расстояние между осями шарниров качания кисти и локтя в управляющей и исполнительной руках, мм 300
 - расстояние от оси шарнира качания плеча до нижней плоскости коробки приводов исполнительного механизма:

I	МЭМ-10 СДГ I, мм	563
II	МЭМ-10 СДГ II, мм	473
III	МЭМ-10 СДГ III, мм	1123
IV	МЭМ-10 СДГ IV, мм	1033
 - расстояние между осями шарниров качания локтя и плеча в управляющей и исполнительной руках, мм 400
 - расстояние от оси шарнира качания плеча до нижней плоскости коробки приводов задающего механизма, мм 300
- Потребляемая мощность манипулятора, кВт 6,4

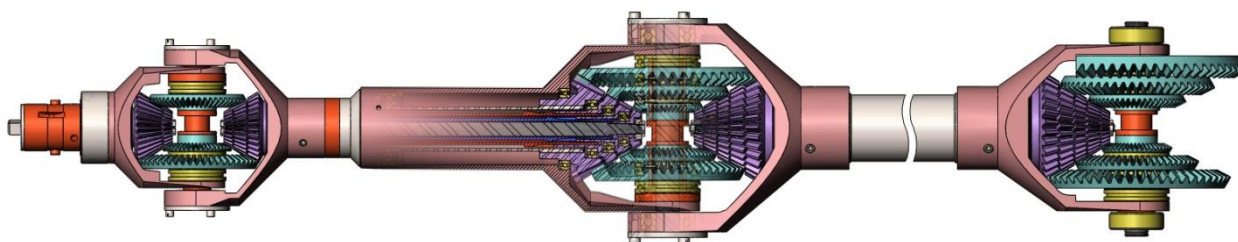


Рисунок 3 – Система сосредоточенных приводов копирующего манипулятора МЭМ-10

Преимущества

Компактное размещение шарниров

Принцип компоновки и конструкция манипулятора обеспечивают полную герметизацию рабочей зоны

Возможность проведения работ в вакууме

Исполнительный механизм манипулятора выполнен из радиационно- и коррозионно-стойких материалов.

Недостатки

Высокое электропотребление

1.4 Следящий электропривод

Рассмотрим патент модели следящего электропривода на примере патента РФ 2489798.

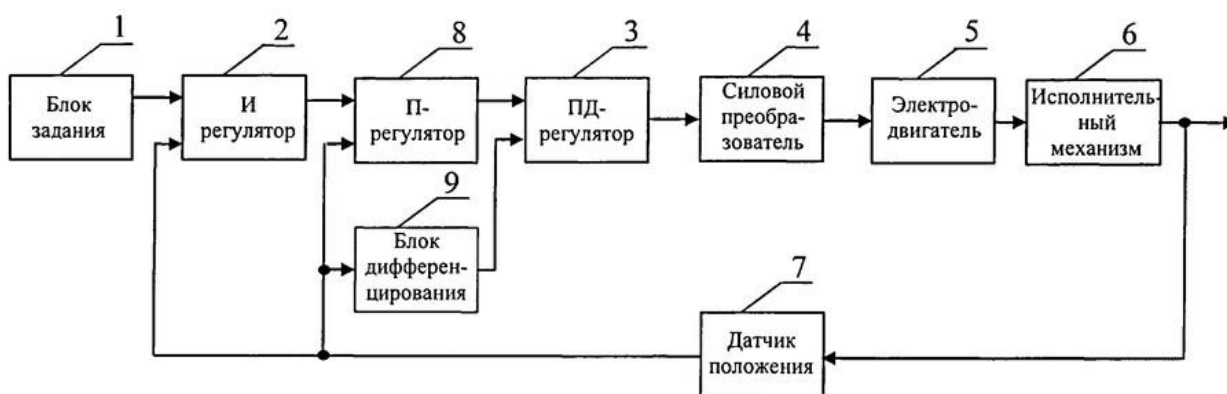


Рисунок 4 – функциональная схема системы следящего электропривода

На рисунке 4 показана функциональная схема следящего электропривода, состоящая из:

1 – блока задания; 2 – интегральный регулятор; 3 – пропорционально-дифференциальный регулятор; 4 – силовой преобразователь; 5 – электродвигателя; 6 – исполнительный механизм; 7 – , датчик положения; 8 – пропорциональный регулятор; 9 – блок дифференцирования.

На основании схемы представленной на рисунке 4 построена математическая модель рисунок 5

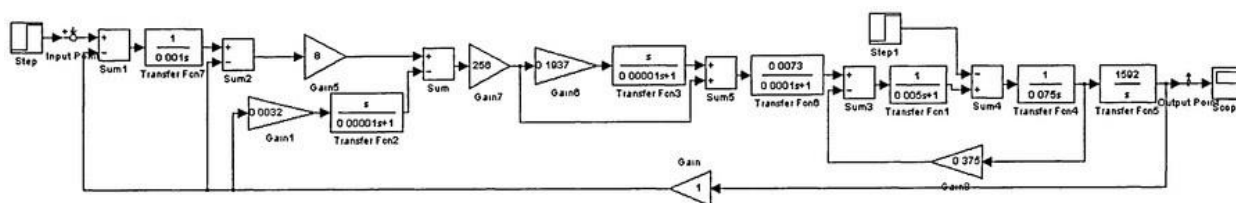


Рисунок 5 математическая модель следящего электропривода

Модель следящего электропривода работает следующим образом. В зависимости от задающего воздействия, поступающего от первого блока и сигнала датчика 7 положения интегральный регулятор 2 в совокупности с пропорциональным регулятором 8, блоком 9 дифференцирования и пропорционально-дифференциальным регулятором формируют сигнал на входе силового преобразователя 4. Силовой преобразователь 4 преобразует этот сигнал в напряжение на якоре электродвигателя 5 постоянного тока (статоре синхронной машины). При этом вал электродвигателя начинает вращаться и приводит в движение исполнительный механизм 6, перемещение которого измеряется датчиком 7 положения. Движение продолжается до тех пор, пока величина сигнала с датчика 7 положения не сравняется с величиной задающего сигнала, поступающего с выхода блока 1 задания. Интегральный регулятор 2 компенсирует действие всех помех, охваченных датчиком 7. Пропорциональный регулятор 8, блок 9 дифференцирования и пропорционально-дифференциальный регулятор 3 обеспечивают компенсацию основных инерционностей электродвигателя 5 и исполнительного механизма 6.

Преимущества следящего электропривода: высокая точность и быстрое действие системы

Недостаток: отсутствие обратной связи к задающему устройству

2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

2.1 Функциональная схема следящей системы двустороннего действия

Функциональная схема является видом графического изображения модели изделия. При помощи функциональной схемы можно отразить устройство функциональных изменений. Поскольку функциональные схемы не имеют собственной системы условных обозначений, их построение допускает сочетание кинематических, электрических и алгоритмических обозначений.

На рисунке 5 рассмотрим функциональную схему следящей системы двустороннего действия.



Рисунок 5 – Функциональная схема

В схеме на рисунке 5 представлены механические и электрические связи системы двустороннего действия. Задающее устройство представляет собой электродвигатель с редуктором и датчик положения. Устройство адаптивного управления состоит из контроллера, который обрабатывает информацию, поступающую от датчиков положения и реле управления электродвигателями. Исполнительное устройство имеет идентичную структуру с задающим устройством, с разницей в мощности двигателя, который выбирается в зависимости от объекта управления.

Следящая система функционирует следующим образом. Задание от оператора поступает посредством его физического воздействия на органы управления. Далее информация поступает на устройство адаптивного управления. Устройство адаптивного управления анализирует поступающий сигнал положения от задающего привода с поступающим сигналом положения от исполнительного привода. При рассогласовании поступающих сигналов устройство адаптивного управления, посылает управляющее воздействие на исполнительный привод. При увеличении рассогласования устройство адаптивного управления воздействует на задающее устройство, посылая сигнал с противоположным знаком на задающий привод. Таким эффектом достигается обратная связь двустороннего действия.

2.2 Кинематическая схема следящей системы двустороннего действия

Построим кинематическую схему, которая показана на рисунке 6

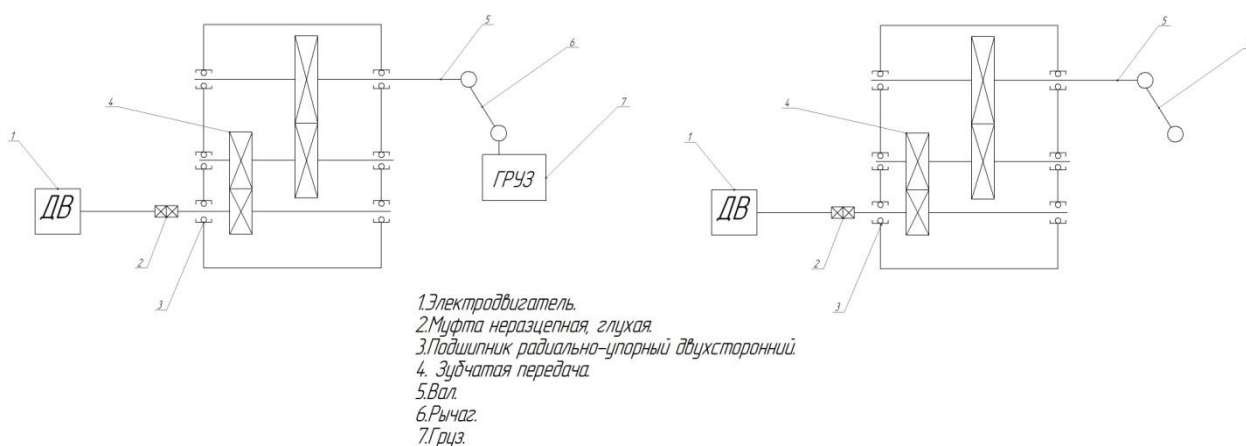


Рисунок 6 – Кинематическая схема следящей системы

На Рисунке 6 представлена кинематическая схема задающего привода и кинематическая схема исполнительного привода. Из схемы видно, что исполнительный привод состоит из электродвигателя, редуктора рычага и груза.

3 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ

На рисунке 7 изображена структурная схема следящей системы двустороннего действия.

Следящая система двухстороннего действия функционирует следующим образом.

При отсутствии нагрузки задающее устройство 1 находится в согласованном положении, сигналы на выходе регулятора 4 и I на выходе преобразователь 6 тока нулевые, величина выходной координаты равна задаче, ошибка равна нулю.

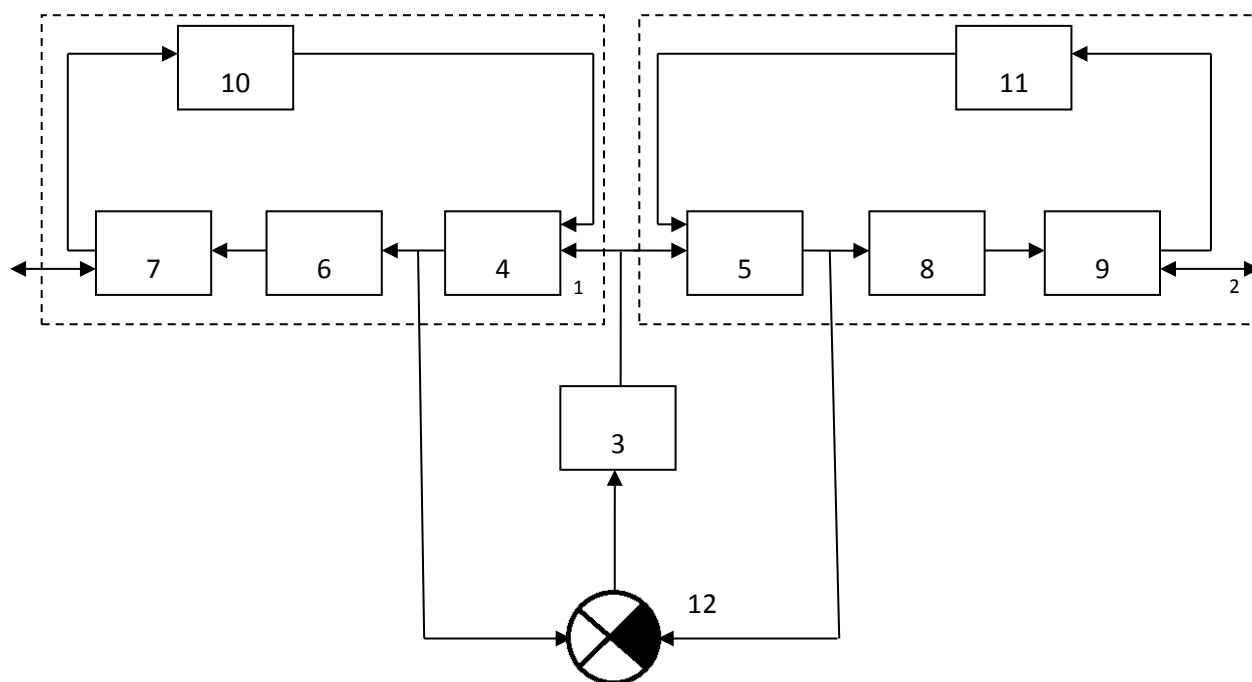


Рисунок 7 – структура следящей системы

Система содержит задающий 1 и исполнительный 2 следящие приводы, блок 3 интегрирования, два рыва регулятора 4 и 5, преобразователь 6 тока, двигатель 7, преобразователь тока 8, электродвигатель 9, первый 10 и второй 11 датчики положения, сумматор 12.

При возникновении момента внешней нагрузки на выходном валу привода 1 в первый момент времени за счет люфтов и упругости кинематической передачи выходная координата незначительно "проседает" в сторону действия момента внешней нагрузки. При этом возникает ненулевое рассогласование на входе регулятора 4 (например ПИД-регулятора), который вырабатывает сигнал, воздействующий на преобразователь 6 тока. Последний создает в двигателе 7 (например, двигателе постоянного тока) ток, определяющий момент противодействия на валу двигателя 7 моменту внешней нагрузки. Ток растет до тех пор, пока моменты: приложенный к валу задающего органа оператором (момент нагрузки задающего следящего привода 1) и противодействующий ему со стороны двигателя 7, не уравниваются. Увеличение "проседания", а вместе с ним и ошибки рассогласования на входе регулятора 4 прекращается.

Таким образом, указанная ошибка отрабатывается регулятором 4 так, что момент на выходном валу компенсирует приложенную извне нагрузку. При этом статическая ошибка задающего следящего привода 1 может остаться ненулевой (если привод 1 не обладает астатизмом) либо исчезнуть в случае астатического привода 1. В любом из описанных случаев привод 1 переходит в новое установившееся состояние.

Для того чтобы на выходном валу поддерживать уравнивающий внешнюю нагрузку момент, постоянная составляющая тока, следовательно, и выходного сигнала регулятора 4 – (при условии линейности характеристики преобразователя 6) независимо от алгоритма его функционирования и ошибки в установившемся режиме должна быть пропорциональна внешней нагрузке на валу следящего привода 1.

Работа исполнительного следящего привода 2 при компенсации внешних нагрузок, вызванных перемещаемым грузом, аналогична описанной с той лишь разницей, что преобразователь 8 преобразует выходной сигнал регулятора 5 в пропорциональный перепад давлений в полостях электродвигателя 9, который создает пропорциональный перепаду момент

противодействия нагрузке на выходном валу исполнительного следящего привода 2.

Таким образом, при приложении к выходным валам следящих приводов 1 и 2 внешних нагрузок на выходе регуляторов 4 и 5 возникают сигналы, и, постоянные составляющие которых содержат информацию об этих нагрузках, а точнее им пропорциональны.

В зависимости от разности сигналов и выделяемой в сумматоре 12, блок 3 интегрирования (например, блок двойного интегрирования) изменяет задание в направлении и со скоростью, пропорциональной указанной разности. Скорость движения выходных валов исполнительного 2 и задающего 1 следящих приводов пропорциональна разности моментных воздействий со стороны оператора и перемещаемой нагрузки.

В случае наличия в сигналах и высокочастотных составляющих, присутствующих при широтно- или частотноимпульсном управлении исполнительными частями 6 и 7 приводов 1 и 2, указанные составляющие не оказывают влияния на систему двустороннего действия, поскольку ослабляются в блоке 3 интегрирования, имеющем свойства фильтра нижних частот, а также в самих следящих приводах 1 и 2 за счет их линейных, нелинейных искажений и ограниченности частотного спектра полосы пропускания.

Реальные исполнительные части 6 и 7 всегда имеют запаздывание (инерцию), поэтому общие передаточные функции замкнутых по положению следящих приводов 1 и 2 от сигнала X к сигналам и будут иметь фазовое опережение, поскольку исполнительные части 6 и 7 включены в обратную связь при формировании указанных передаточных функций, т.е. сигналы и, возникают чуть раньше, чем компенсирующие моменты на валах следящих приводов 1 и 2, что благотворно сказывается на устойчивости внешнего контура системы двустороннего действия.

При необходимости реализации задающего следящего привода 1 в виде электро-электро- либо электропневматического необходимо выполнить его

исполнительную часть аналогично исполнительной части исполнительного следящего привода 2. При этом работа предлагаемой системы ни по функциям, ни по достигаемому результату не отличается от описанной.

4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

Для создания следящей системы двустороннего действия необходимо осуществить выбор компонентов для задающего и исполнительного устройства. Органы управления и средств контроля режимов работы задающего устройства должны соответствовать требованиям ГОСТ 21752, ГОСТ 21753, ГОСТ 22613, ГОСТ 22614 и ГОСТ 22615. В которых указано

Согласно ГОСТу 21753-76 следует выбрать следующие эргономические требования.

Форма рукоятки	Диаметр				Высота			
	для захвата пальцами		для захвата кистью		для захвата пальцами		для захвата кистью	
	Предельные значения	Оптимальные значения	Предельные значения	Оптимальные значения	Предельные значения	Оптимальные значения	Предельные значения	Оптимальные значения
Округлая (шаровидная, грушевидная, коническая и др.)	10-40	30	35-50	40	15-60	40	40-60	50
Удлиненная (веретенообразная, цилиндрическая и др.)	10-30	20	20-40	28	30-90	50-60	80-130	100

Таблица 1 Основные размеры рукояток рычагов управления в зависимости от их форм и способа захвата

Способ перемещения	Усилие, кгс, не более				
	Частота использования, раз в смену				
	Более 960	960-241	240-17	16-5	Менее 5
Преимущественно пальцами	0,5	1	1	1	3
Преимущественно кисть	0,5	1	1,5	2	4
Преимущественно кистью с предплечьем	1,5	2	2,5	3	6
Всей рукой	2**	3	4	6 (4)*	15 (7)
Двумя руками	4,5	9	9	9	20 (14)

Таблица 2 Значения усилий, прилагаемых к рукояткам рычагов управления, в зависимости от способа их перемещения и частоты использования

Согласно приведённым выше таблицам 1 и 2, выберем усилие необходимое для управления джойстиком задающего устройства.

В качестве прототипа задающего устройства выберем джойстик ThrustMaster Notas Warthog. Для его управления необходимо задействовать одну руку, управляя непосредственно кистью с предплечьем. Предполагается, что частота использования органов управления будет высокой. Выберем усилие 0,5 кгс для управления джойстиком в режиме без нагрузки и усилие 6 кгс в качестве максимальной нагрузки.

Выбор типа редуктора

Типы редукторов

Существует много типов редукторов, изготовленных по всему миру. Одним из основных отличий между редукторами является их эксплуатационные характеристики. Выбор из различных типов редукторов зависит от задач. Редуктора доступны во многих размерах, коэффициентах, эффективности и характеристиках люфта. Все эти конструктивные факторы будут влиять на производительность и стоимость редуктора. Существует несколько типов редукторов, которые перечислены ниже:

Конический редуктор

Конические шестерни

Существуют два типа конических редукторов, которые включают в себя либо прямые, либо спиральные зубчатые передачи. Прямые конические шестерни имеют прямые и конические зубы и используются в приложениях, требующих медленных скоростей. Спиральные конические шестерни имеют изогнутые и косые зубы и используются в приложениях, требующих высокопроизводительных высокоскоростных применений.

стойкий конический редуктор спиральный конический редуктор



Рисунок 8: Прямой конический редуктор



Рисунок 9: Спиральный конический редуктор

Физические свойства

Конические шестерни обычно изготавливаются из чугуна, алюминиевого сплава или других стальных материалов, но различаются между производителями.

Примечание. Механизмы, изготовленные из стальных материалов, могут быть шумными при вступлении в контакт с другими механизмами, а также в том, что они подвержены износу.

Применение

конических зубчатых передач Конические редукторы используют конические шестерни и в основном используются в углах с валами в перпендикулярном расположении.

- Печатный пресс
- Электростанции
- Автомобили

- Сталелитейные заводы
- Ручные дрели
- Дифференциальные приводы

Преимущества конических шестерен

- Конфигурация в прямом направлении
- Прочный

Недостатки конических передач

- Оси должны поддерживать силы
- Плохо срезанные зубы могут привести к чрезмерной вибрации и шуму во время работы

Спиральный редуктор

Спиральные шестерни

Спиральные шестерни разрезаются под углами, которые обеспечивают постепенный контакт между каждым из винтовых зубьев шестерни. Этот тип инноваций обеспечивает плавную и бесшумную работу. Редукторы с винтовыми передачами применимы в высокомоощных и эффективных применениях.



Рисунок 10: Спиральный редуктор

Физические свойства

Спиральные шестерни обычно изготавливаются из чугуна, алюминия или железа, но могут варьироваться в зависимости от производителя.

Примечание. Механизмы, изготовленные из стальных материалов, могут быть шумными при вступлении в контакт с другими механизмами, а также в том, что они подвержены износу.

Применение спиральных шестеренок Спиральные передачи широко используются в приложениях, требующих эффективности и высокой мощности.

- Нефтяная промышленность
- Воздуходувки
- Продовольствие и маркировка
- Резаки
- Лифты

Преимущества винтовых передач

- Может зацепляться параллельно или поперечно
- Плавная и бесшумная работа
- Эффективный
- Высокая мощность

Недостатки винтовых передач

- Результирующая тяга вдоль оси шестерни
- Добавки для смазки

Зубчатый редуктор

Зубчатые

шестерни Зубчатые шестерни выполнены с прямыми зубцами, установленными на параллельном валу. Уровень шума зубчатых колес относительно высок из-за сталкивающихся зубьев зубчатых колес, из-за которых зубцы зубчатых колес подвержены износу. Зубчатые передачи имеют ряд размеров и передаточных чисел для удовлетворения требований, требующих определенной скорости или крутящего момента.

Цилиндрический редуктор



Рисунок 11: Зубчатый редуктор

Физические свойства: Шпунтовые механизмы обычно изготавливаются из металлов, таких как сталь или латунь, и пластмасс, таких как нейлон или поликарбонат. Материал, используемый для изготовления зубчатых колес, может варьироваться в зависимости от производителя.

Примечание. Механизмы, изготовленные из стальных материалов, могут быть шумными при вступлении в контакт с другими механизмами, а также в том, что они подвержены износу.

Применение:

зубчатых передачи используются в устройствах, требующих снижения скорости с высоким выходным крутящим моментом.

- Упаковка
- Контроль скорости
- Строительство
- Электростанции

Преимущества зубчатого редуктора

- Экономически эффективным
- Высокие передаточные числа
- Компактный
- Высокий крутящий момент

Недостатки зубчатого редуктора

- Шумный
- Склонность к износу

Червячный редуктор

Червячные

передачи Червячные передачи способны выдерживать высокие ударные нагрузки, низкий уровень шума и не требуют технического обслуживания, но менее эффективны, чем другие типы передач. Червячные передачи могут использоваться в конфигурации с прямым углом. Червячная передача позволяет червям легко поворачивать шестерню; однако механизм не может повернуть червяк. Предотвращение передачи движению червя может быть использовано в качестве тормозной системы. Когда червячный редуктор не активен, он удерживается в заблокированном положении.



Рисунок 12: Червячный редуктор

Физические свойства

Червячные передачи обычно изготавливаются из алюминия, нержавеющей стали и чугуна. Используемый материал зависит от производителя.

Применение червячных передач

Червячные передачи используются в приложениях, требующих высоких скоростей и нагрузок, и могут быть настроены для приложений с прямым углом.

- Добыча
- Прокатные станы
- Прессы
- Приводы лифтов / эскалаторов

Преимущества червячных передач

- Высокая точность
- Конфигурации с прямым углом

- Система торможения
- Тихий шум
- Бесплатная поддержка

Недостатки червячных передач

- Ограничения
- Необратимый
- Низкая эффективность

Планетарный редуктор

Планетарные передачи

Планетарные редукторы названы так из-за их сходства с солнечной системой. Компоненты планетарной редуктор включают в себя солнечную шестерню, кольцевую шестерню и планетарные передачи. Солнечная шестерня представляет собой центральную шестерню, которая закреплена в центре, кольцевое зубчатое колесо (кольцевое кольцо), которое является наружным кольцом с внутренними зубьями, и планетарные шестерни, которые вращаются вокруг солнечных шестерен и сетки как с помощью солнечного, так и с кольцевого зубчатого колес ,

планетарный редуктор

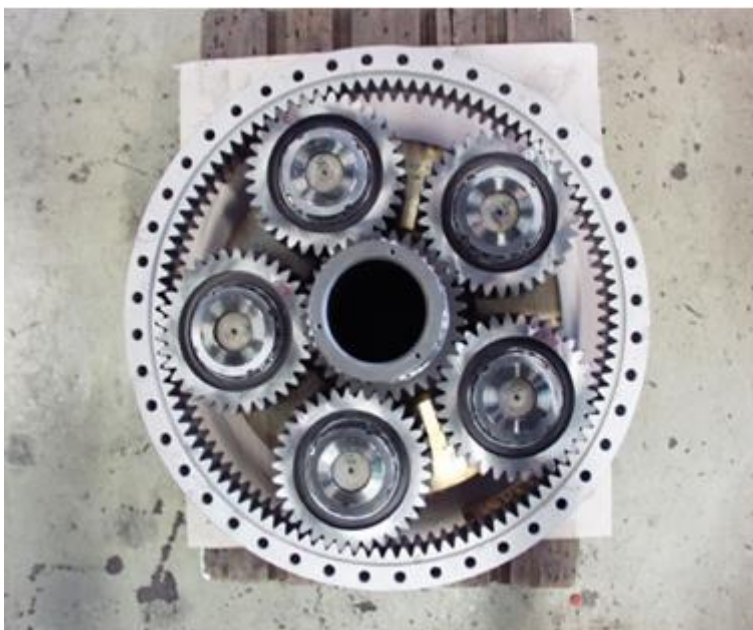


Рисунок 13: Планетарный редуктор

Физические свойства

Солнечные, кольцевые и планетарные передачи планетарного редуктора выполнены из алюминия, нержавеющей стали или латуни. Используемый материал зависит от производителя.

Примечание. Механизмы, изготовленные из стальных материалов, могут быть шумными при вступлении в контакт с другими механизмами, а также в том, что они подвержены износу.

Применение планетарных редукторов

Планетарные редукторы используются в конструкциях, требующих минимизацию люфта, компактных размеров, высокой эффективности, устойчивости к ударам и высокого отношения крутящего момента к весу.

Объекты применения планетарных редукторов.

- Лифты
- Краны
- Станки

- Автомобильная промышленность

Преимущества планетарных передач

- Высокая плотность мощности
- Компактный
- Высокая эффективность передачи энергии
- Повышенная стабильность
- Распределение нагрузки между планетарными передачами

Недостатки планетарных передач

- Высокие несущие нагрузки
- Комплексный дизайн
- Недоступность

Типы мотор-редукторов

Как указано в названии, мотор-редуктор состоит из электродвигателя (бесщеточный, щетки, АС, серво) и редуктора, также называемого коробкой передач, встроенной в простой пакет. Комбинация мотор-редуктора снижает сложность и снижает затраты в конструкциях, требующих высокой скорости низкоскоростного выхода. Мотор-редукторы могут быть изготовлены как цельные или комбинированные в виде отдельных компонентов. Мотор-редукторы с моторным редуктором и редуктором, разделяющие один и тот же вал, понимаются под интегралом. Существует широкий выбор шагового мотор-редуктора, бесщеточные мотор-редукторы, мотор-редукторы постоянного тока и мотор-редукторы переменного тока, встроенные либо в шпоры, так и в планетарные или червячные передачи.

Мотор-редукторы используются во многих применениях в промышленности, а также в бытовых приборах. Промышленное применение включает краны, подъемники, домкраты и конвейерные машины. В повседневной бытовой технике мотор-редукторы используются в стиральных машинах, смесителях, часах, ручных инструментах, таких как сверла и сушиллки.

4.2 Выбор электродвигателей

Самым популярным источником механической энергии является электропривод. Электроприводы применяют во многих сферах производства, их применяют во всех устройствах, начиная от бытовой техники, заканчивая космическими кораблями. При столь широком распространении электроприводов необходимо ими эффективно управлять. Для этого применяют методы управления с обратной связью для электроприводов, которые существенно улучшают их производительность с точки зрения достижения точного и быстрого управления движением с высокой эффективностью. Традиционно управляемые электроприводы основаны на двигателях постоянного тока и аналоговых контроллерах. Однако быстрое развитие силовой электроники и микропроцессорной техники за последние три десятилетия и внедрение передовых алгоритмов управления движением, включая компенсацию передачи соответствия, трения и люфта. Общая эффективность управления, эффективность, надежность, и доступность управляемых электроприводов существенно улучшена, ускоряя их проникновение в различные инженерные решения.

В связи с высоким развитием в области управления электроприводов создаются следящие системы двустороннего действия, которые предназначены для решения задачи управления устройствами с двумя и более электроприводами. Один, из них является задающим приводом, а

второй исполнительным. Эта системы необходима для регулирования нагрузку на исполнительном устройстве, чтобы предотвратить сильный износ двигателя.

Электродвигатель для задающего устройства

Электродвигатель для исполнительного устройства NP80NS C2

Номинальное напряжение питания: $U_{\text{НОМ}} = 12\text{В}$

Номинальная мощность: $P_{\text{НОМ}} = 0.37\text{ кВт}$

Номинальная скорость: $w_{\text{НОМ}} = 1564\text{ об/мин}$

Номинальный момент: $M_{\text{НОМ}} = 2.2\text{ Н*м}$

Номинальный ток: $I_{\text{НОМ}} = 3.3\text{А}$

Сопротивление обмотки якоря: $R = 5.67\text{ Ом}$

Индуктивность обмотки якоря: $L = 43.74*10^{-3}\text{ Гн}$

Момент инерции ротора: $J_{\text{дв}} = 0.012\text{ кг*м}^2$

Масса двигателя в комплекте с редуктором: 1,7 кг

Электродвигатель для исполнительного устройства

Номинальное напряжение питания: $U_{\text{НОМ}} = 220\text{В}$

Номинальная мощность: $P_{\text{НОМ}} = 3.06\text{ кВт}$

Номинальная скорость: $w_{\text{НОМ}} = 3454\text{ об/мин}$

Номинальный момент: $M_{\text{НОМ}} = 8.4\text{ Н*м}$

Номинальный ток: $I_{\text{НОМ}} = 24.3\text{А}$

Сопротивление обмотки якоря: $R = 0.62\text{ Ом}$

Индуктивность обмотки якоря: $L = 4.86*10^{-3}\text{ Гн}$

Момент инерции ротора: $J_{\text{дв}} = 0.012\text{ кг*м}^2$

Масса двигателя: 31 кг

Типы двигателей

Электродвигатели постоянного и переменного тока

В зависимости от используемого электрического тока двигатели делятся на две группы:

- приводы постоянного тока;
- приводы переменного тока.

Электродвигатели постоянного тока сегодня применяются не так часто, как раньше. Их практически вытеснили асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Главный недостаток электродвигателей постоянного тока – возможность эксплуатации исключительно при наличии источника постоянного тока или преобразователя переменного напряжения в постоянный ток. В современном промышленном производстве обеспечение данного условия требует дополнительных финансовых затрат.

Тем не менее, при существенных недостатках этот тип двигателей отличается высоким пусковым моментом и стабильной работой в условиях больших перегрузок. Приводы данного типа чаще всего применяются в металлургии и станкостроении, устанавливаются на электротранспорт.

Принцип работы электродвигателей переменного тока построен на электромагнитной индукции, возникающей в процессе движения проводящей среды в магнитном поле. Для создания магнитного поля используются обмотки, обтекаемые токами, либо постоянные магниты.

Электродвигатели переменного тока подразделяются на синхронные и асинхронные. У каждой подгруппы есть свои конструктивные и эксплуатационные особенности.

Синхронные электродвигатели

Синхронные двигатели – оптимальное решение для оборудования с постоянной скоростью работы: генераторов постоянного тока, компрессоров, насосов и др.

Технические характеристики синхронных электродвигателей разных моделей отличаются. Скорость вращения колеблется в диапазоне от 125 до 1000 оборотов/мин, мощность может достигать 10 тысяч кВт.

В конструкции приводов предусмотрена короткозамкнутая обмотка на роторе. Ее наличие позволяет осуществлять асинхронный пуск двигателя. К преимуществам оборудования данного типа относятся высокий КПД и небольшие габариты. Эксплуатация синхронных электродвигателей позволяет сократить потери электричества в сети до минимума.

Асинхронные электродвигатели

Асинхронные электродвигатели переменного тока получили наибольшее распространение в промышленном производстве. Особенностью данных приводов является более высокая частота вращения магнитного поля по сравнению со скоростью вращения ротора.

В современных двигателях для изготовления ротора используется алюминий. Легкий вес этого материала позволяет уменьшить массу электродвигателя, сократить себестоимость его производства.

КПД асинхронного двигателя падает почти вдвое при эксплуатации в режиме низких нагрузок – до 30-50 процентов от номинального показателя. Еще один недостаток таких электроприводов состоит в том, что параметры пускового тока почти втрое превышают рабочие показатели. Для уменьшения пускового тока асинхронного двигателя используются частотные преобразователи или устройства плавного пуска.

Асинхронные электродвигатели удовлетворяют требованиям разных промышленных применений:

- Для лифтов и другого оборудования, требующего ступенчатого изменения скорости, выпускаются многоскоростные асинхронные приводы.
- При эксплуатации лебедок и металлообрабатывающих станков используются электродвигатели с электромагнитной тормозной системой. Это обусловлено необходимостью остановки привода и фиксации вала при перебоях напряжения или его исчезновения.

- В процессах с пульсирующей нагрузкой или при повторно-кратковременных режимах могут использоваться асинхронные электродвигатели с повышенными параметрами скольжения.

Вентильные электродвигатели

Группа вентильных электродвигателей включает в себя приводы, в которых регулирование режима эксплуатации осуществляется посредством вентильных преобразователей.

К преимуществам данного оборудования относятся:

- Высокий эксплуатационный ресурс.
- Простота обслуживания за счет бесконтактного управления.
- Высокая перегрузочная способность, которая в пять раз превышает пусковой момент.
- Широкий диапазон регулирования частоты вращения, который почти вдвое выше диапазона асинхронных электродвигателей.
- Высокий КПД при любой нагрузке – более 90 процентов.
- Небольшие габариты.
- Быстрая окупаемость.

Мощность электродвигателя

В режиме постоянной или незначительно изменяющейся нагрузки работает большое количество механизмов: вентиляторы, компрессоры, насосы, другая техника. При выборе электродвигателя необходимо ориентироваться на потребляемую оборудованием мощность.

Определить мощность можно расчетным путем, используя формулы и коэффициенты, приведенные ниже.

5 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Математическое моделирование следящей системы двустороннего действия для манипуляционного устройства можно разделить на следующие этапы. Этап первый: подбор необходимых объектов отвечающих данной задачи, в моём примере это электродвигатель. Вторым этапом это моделирование электродвигателя по его физическим характеристикам. Третий этап – подбор редуктора для модели электродвигателя. Четвёртый этап настройка необходимых регуляторов для управления электродвигателем на заданное положение. Четвёртый этап является разработкой следящей системы. Пятым этапом разрабатывается следящая система двустороннего действия. Эта система состоит из двух следящих систем, которые перекрёстно следят и управляют одна другой.

Для создания математической модели двигателя постоянного тока со следующими характеристиками

Номинальное напряжение питания: $U_{\text{ном}} = 220\text{В}$

Номинальная мощность: $P_{\text{ном}} = 3.06\text{ кВт}$

Номинальная скорость: $\omega_{\text{ном}} = 3454\text{ об/мин}$

Номинальный момент: $M_{\text{ном}} = 8.4\text{ Н*м}$

Номинальный ток: $I_{\text{ном}} = 24.3\text{ А}$

КПД: $\eta_{\text{дв}} = 0.796$

Сопротивление обмотки якоря: $R = 0.62\text{ Ом}$

Индуктивность обмотки якоря: $L = 4.86 * 10^{-3}\text{ Гн}$

Момент инерции ротора: $J_{\text{дв}} = 0.012\text{ кг*м}^2$

Масса двигателя: 31 кг

Расчёт КПД двигателя.

$$P_{\text{эл}} = P_{\text{мех}} + P_{\text{теп}} + P_{\text{тр}} + P_{\text{инд}}, \quad (1)$$

где

- $P_{\text{эл}} = U \cdot I$ – электрическая мощность (подведенная), Вт;
- $P_{\text{мех}} = M \cdot \omega$ – механическая мощность на валу (полезная), Вт;
- $P_{\text{теп}} = I^2 \cdot R$ – тепловые потери в электрической цепи якоря (по закону Джоуля-Ленца), Вт;
- $P_{\text{тр}}$ – потери мощности двигателя на преодоление совокупности внутренних сил сопротивления, Вт;
- $P_{\text{инд}} = I \cdot L \frac{dI}{dt}$ – мощность, затрачиваемая на изменения магнитного поля катушки индуктивности якоря при изменении протекающего по ней тока, Вт.

КПД электрической машины вычисляется как отношение полезной механической мощности $P_{\text{мех}}$ к затраченной электрической $P_{\text{эл}}$:

$$\eta_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{мех}}}{P_{\text{эл}}}. \quad (2)$$

Следует обратить внимание, что КПД двигателя не постоянен. Он зависит от того, какая доля электрической мощности $P_{\text{эл}}$ расходуется на преодоление сил трения $P_{\text{тр}}$ и преобразуется в тепло. При низкой нагрузке двигателя $P_{\text{мех}}$ (когда двигатель недогружен и, соответственно, по его обмоткам течет низкий ток), существенная доля подведенной электрической мощности $P_{\text{эл}}$ затрачивается на преодоление сил внутреннего сопротивления двигателя $P_{\text{тр}}$. При низком токе двигатель может вообще не вращаться даже без нагрузки, т.к. развиваемый его ротором электромагнитный момент окажется меньше крутящего момента сил внутреннего сопротивления. В этом случае КПД двигателя будет равен нулю.

Расчёт для двигателя всех составляющих мощности согласно (1):

регулятор скорости, и если сигнал управления, поступающий от регулятора положения, будет кратно превосходить реальную скорость модели, то будет перерегулирование и систематическое накапливание ошибки. Это утверждение аналогично для последующих регуляторов (скорости и тока). После регуляторов стоит блок преобразования по току, где ток из логических пяти вольт проходит через реле преобразователь и задаётся нужное напряжение для управления электродвигателем. Модель является универсальной в связи с возможностью настроить любой электродвигатель постоянного тока по нужным показателям.

6 ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

6.1 Исследование математической модели на ступенчатое воздействие

Проведено исследование математической модели следящей системы двустороннего действия манипуляционного устройства на ступенчатое воздействие нагрузки исполнительного привода.

Математическая модель разработана с возможностью масштабирования. Возможно, масштабировать модель в большую сторону, например для управления большим порталным краном; также и в меньшую сторону для управления манипуляционным устройством при операциях в нейрохирургии.

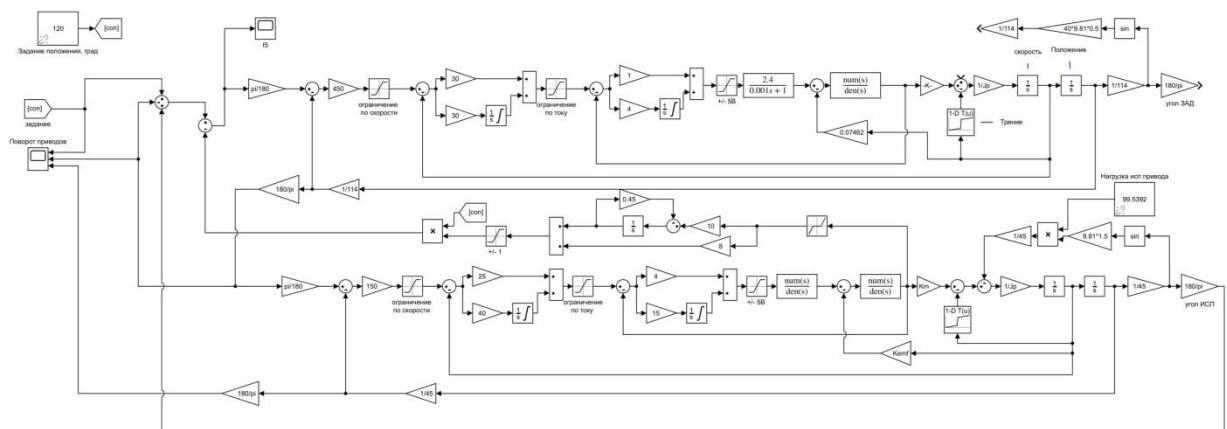


Рисунок 15 – модель системы двустороннего действия

На рисунке 15 представлена математическая модель системы двустороннего действия разработанная на базе программы MatLab Simulink.

Рассмотрим данную модель с разной ступенчатой нагрузкой. Сперва смоделируем ситуацию в которой исполнительное устройство не чем не нагружено. Момент нагрузки на исполнительный привод равен 0 Н.

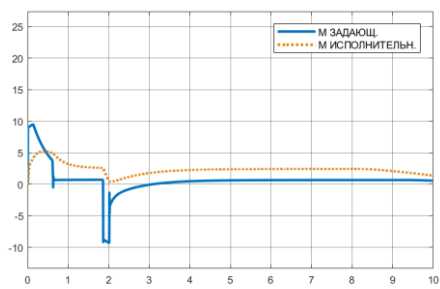


Рисунок 16 сравнение момента на валу двигателей при нагрузке 0Н

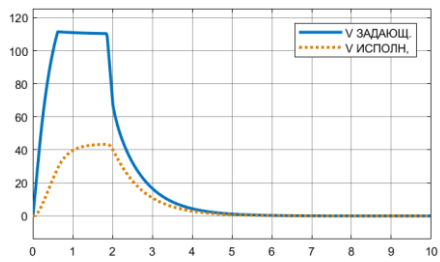


Рисунок – 17 изменение скорости при нагрузке 0 Н

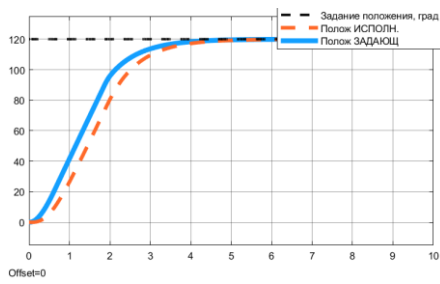


Рисунок – 18 изменение положения при нагрузке 0 Н

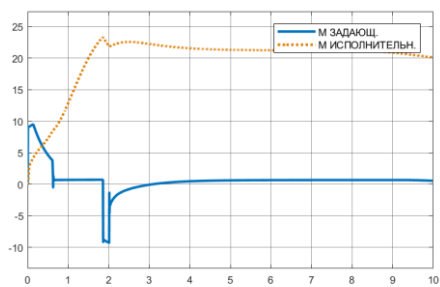


Рисунок 19 – Момент при нагрузке 500 Н

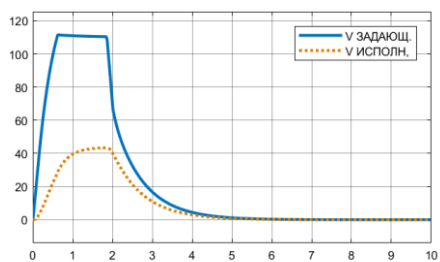


Рисунок 20 – скорость при нагрузке 500 Н

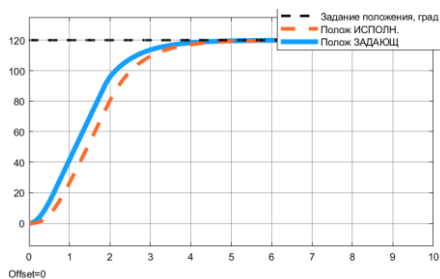


Рисунок 21 – положение при нагрузке 500 Н

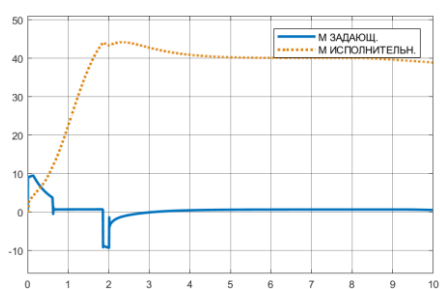


Рисунок 22 – момент при нагрузке 1000 Н

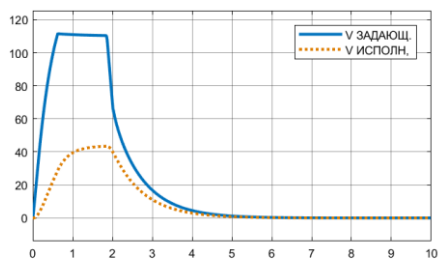


Рисунок 23 – скорость при нагрузке 1000 Н

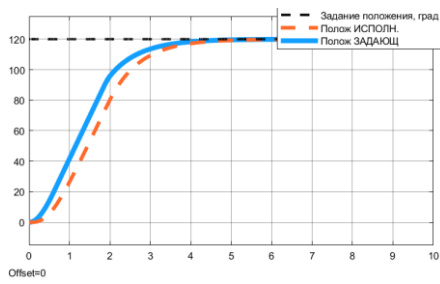


Рисунок 24 – положение при нагрузке 1000 Н

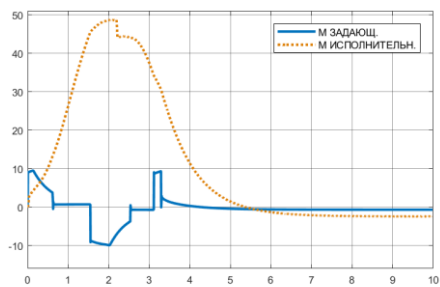


Рисунок 25 – момент при нагрузке 1200 Н

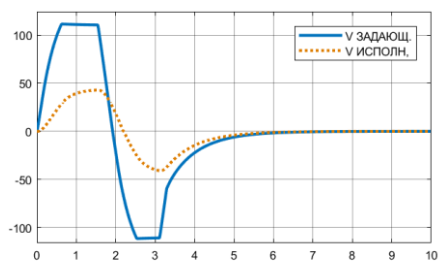


Рисунок 26 – скорость при нагрузке 1200 Н

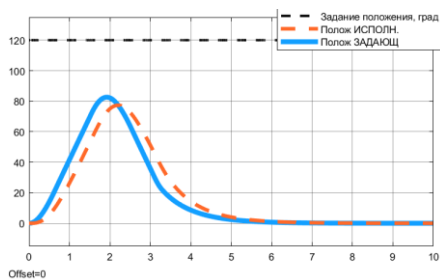


Рисунок 26 – положение при нагрузке 1200 Н

В ходе исследования (рисунок 17 по рисунок 26) математической модели следящей системы двустороннего действия для манипуляционного устройства, было выявлено:

Корректное управление исполнительным приводом при условии работе в заданном интервале нагрузок от 0Н до 1000, что соответствует выполнение положенной задачи.

Реагирование задающего и исполнительного электропривода на изменение нагрузки.

Корректное срабатывание системы защиты при превышении предельного тока на электродвигателе.

Из вышеизложенного исследования математической модели можно сделать следующий вывод. Система смоделирована корректно и отвечает всем заданным требованиям

7 ОХРАНА ТРУДА ОПЕРАТОРА МАНИПУЛЯЦИОННОГО УСТРОЙСТВА

Безопасность на производстве – один из важнейших аспектов в современной промышленности. Охрана труда позволяет человеку исполнять трудовые обязанности с наименьшим риском для здоровья. Этот раздел включает в себя меры, необходимые для обеспечения безопасности работника во время исполнения трудовых обязанностей, методы снижения, оказываемых на человека, опасных и нежелательных факторов.

Охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасности условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма составляет одну из главных забот человеческого общества. Обращается внимание на необходимость широкого применения прогрессивных форм научной организации труда, сведения к минимуму ручного, малоквалифицированного труда, создания обстановки, исключаящей профессиональные заболевания и производственный травматизм. На рабочем месте должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов производства. Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами. Эти нормативные документы обязывают к созданию на рабочем месте условий труда, при которых влияние опасных и вредных факторов на работающих либо устранено совсем, либо находится в допустимых пределах. Данный раздел дипломного проекта посвящен рассмотрению следующих вопросов:

- определение вредных факторов, оказываемых на оператора, во время управления глайдером.
- меры для избегания нежелательных последствий.

7.1. Характеристика условий труда оператора

В последнее время научно-технический прогресс подарил нам множество аппаратов, которые помогли облегчить физическую и умственную нагрузку для человека. Примером является, АНПА. Особенностью этих аппаратов является то, что они работают в автономном режиме, это существенно снижает количество людей, обслуживающий этот аппарат, а также и существенно облегчает работу по его обслуживанию. Одним из таких людей является оператор. Он осуществляет прием данных с аппарата и корректирует траекторию его движения, с помощью компьютера.

В настоящее время компьютеры широко распространены в подавляющем большинстве областей человеческой деятельности. Выявлено, что во время пользования компьютерной техникой человек-оператор подвергается различным опасным воздействиям: излучения электромагнитных полей, радиочастоты: (ВЧ, УВЧ и СВЧ), инфракрасное и ионизирующее излучение, шум и вибрации, статическое электричество.

Работа оператора с компьютером подразумевает значительные умственные нагрузки, нервное напряжение, повышенной зрительной утомляемостью, нагрузку на мышцы рук при работе с клавиатурой. Эргономичность и рациональная конструкция рабочего места оператора важны для поддержания оптимальной рабочей позы человека. В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать режим труда и отдыха.

Не соблюдение установленного режима ведет к зрительной утомляемости, что ведет к появлению жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

Оператор находится на суше, в кабинете. Его прямые функции - это прием данных с аппарата, управление траекторией движения аппаратом, оценка безопасности и эффективности работы. Все операции выполняются с помощью компьютерной техники. Опасности при работе оператора:

- умственное перенапряжение;
- напряжение глаз ввиду недостатка освещенности;

- нахождение в области повышенного электромагнитного излучения;
- в редких случаях поражение электрическим током.

7.2. Освещение рабочего места оператора

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомляемости. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчёт освещенности.

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная- 750лк; аналогичные требования при выполнении средней точности – 200 и 300лк соответственно. Кроме того, все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно.

Иными словами, степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должна быть примерно одинаковыми, т.к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

7.3. Электромагнитные и ионизирующие излучения

Большинство ученых считают, что как кратковременное, так и длительное воздействие всех видов излучения от экрана монитора не опасно для здоровья человека оператора, обслуживающего компьютеры. Однако исчерпывающих данных относительно опасности воздействия излучения от мониторов на работающих с компьютерами не существует и исследования в этом направлении продолжаются. Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в таблице 2.

Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10мкбэр/ч, а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучения от экрана монитора лежит в пределах 10.100мВт/м²

Таблица 2. Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений (в соответствии с СанПин 2.2.2.542-96)

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора	10 В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии	0.3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать:	
Для взрослых пользователей	20 кВ/м

Для студентов вузов и средних специальных учреждений	15кВ/м
Для детей дошкольных учреждений	10 кВ/м

Для снижения воздействия этих видов излучения рекомендуется применять мониторы с пониженным уровнем излучения (MPR-2, TCO-92, TCO-99), устанавливать защитные экраны, а также соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха.

7.4 Электробезопасность

Действие электрического тока в живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток производит термическое, электрическое, механическое, биологическое, световое воздействие. Допустим следует считать ток при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока через тело человека: при длительности действия более 10 с- 2мА, а при 120 с и менее – 6 мА. Безопасным напряжением считают 36 В (для светильников местного стационарного освещения, переносных светильников и т.д.) и 12 В (для переносных светильников при работе внутри металлических резервуаров, котлов). Но при определенных ситуациях и такие напряжения могут представлять опасность. В производственных процессах используется два рода тока - постоянный и переменный. Они оказывают различное воздействие на организм при напряжениях до 500 В. Опасность поражения постоянным током меньше, чем переменным. Наибольшую опасность представляет ток частотой 50 Гц, которая является стандартной для отечественных электрических сетей. Продолжительность воздействия тока влияет на конечный исход поражения. Чем дольше воздействует электрический ток на организм, тем тяжелее последствия. Условия внешней

среды, окружающей человека в ходе производственной деятельности, могут повысить поражения электрическим током. Увеличивают опасность поражения током повышенная температура и влажность, металлический или другой токопроводящий пол.

Для защиты оператора должны быть применены следующие меры:

- обязательное защитное заземление всех датчиков;
- постоянный контроль изоляции токовых проводников;

7.5. Эргономические требования к рабочему месту

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники.

Рабочее место и взаимное расположение всех элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места программиста должны быть соблюдены следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места и достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: Высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры, и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места оператора ЭВМ являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя. Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление оператора. Рациональная

планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещение предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Большое значение также придается правильной рабочей позе оператора. При неудобной позе могут появляться боли в мышцах, суставах и сухожилиях.

Требования к рабочей позе оператора следующие:

1. Голова не должна быть наклонена больше чем на 20° .
2. Плечи должны быть расслаблены.
3. Локти – под углом 80° ... 100° .
4. Предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека. Максимальная зона досягаемости рук - это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе. Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точки локтя относительно неподвижным плечом.

На рис 15 изображено: а- зона максимальной досягаемости, б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке, в- зона легкой досягаемости ладони, г – оптимальное пространство для грубой ручной работы, д- оптимальное пространство для ручной работы, требующей повышенной концентрации внимания

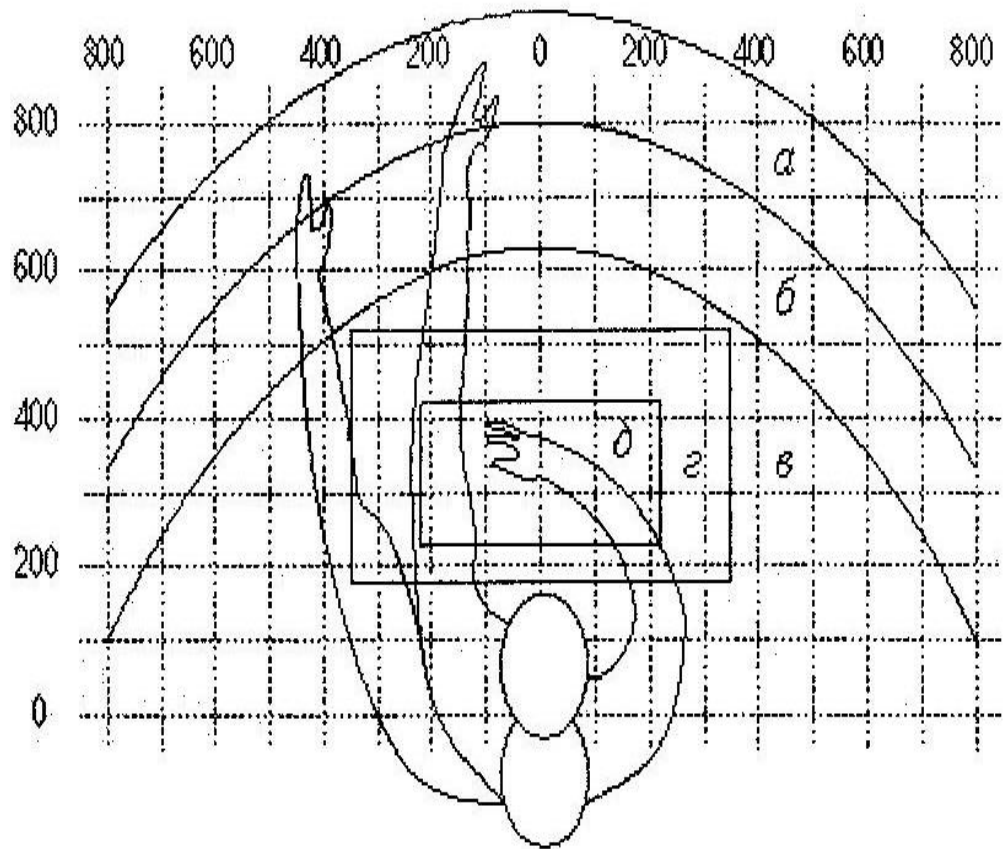


Рисунок 28. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости.

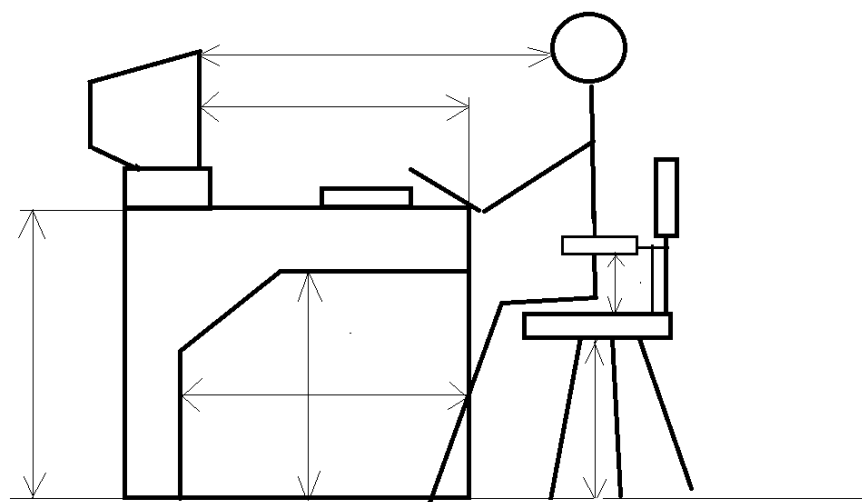


Рисунок 29. Рабочее место оператора.

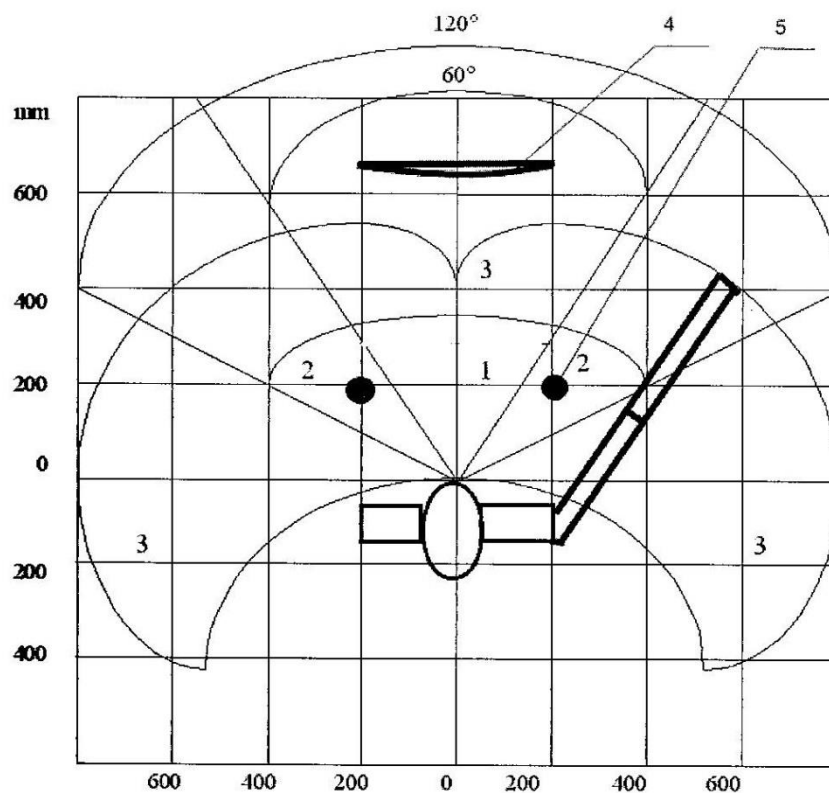


Рисунок 30. Зоны расположения средств отображения информации органов управления.

На рисунке 17 изображено: 1- зона прямого обзора, 2- зона бокового обзора, 3- рабочая зона рук человека, 4 –экран монитора, 5- рукоятка задающего устройства.

В данном разделе магистерской диссертации освещены требования к обеспечению безопасной работы оператора. Описываемые условия должны обеспечить комфортную и безопасную работу. Соблюдение данных требований позволит защитить оператора, управляющего глайдером от негативных последствий, оказываемых на него при осуществлении рабочих обязанностей.

Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы
Проведен поиск и критика существующих аналогов. Выявлены
преимущества и недостатки аналогов.

Построена функциональная схема следящей системы двустороннего
действия.

Построена кинематическая схема следящей системы двустороннего
действия.

Построена структурная схема следящей системы двустороннего
действия

В результате проведенной работы была разработана следящая система
двустороннего действия, проверена работоспособность системы путем
моделирования с помощью программного обеспечения, разработана модель
следящей системы двустороннего действия для манипуляционного
устройства.

Проведены исследования следящей системы на ступенчатую нагрузку.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бойко, Л.С. Редукторы и мотор-редукторы общемашиностроительного применения: Справочник / Л. С. Бойко, А. З. Высоцкий, Э. Н. Галиченко. – М.: Машиностроение, 1984. – 247 с.
2. Соколовский, Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: книга / Г.Г. Соколовский. – М.: Издательство Академия, 2008. – 272 с.
3. Белов, М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: книга / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов.– М.: Машиностроение, 2004. – 575с.
4. Бесекерский, В.А., Теория систем автоматического регулирования: книга / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – М.: Наука, 1975. – 768 с.
5. Воронин, С. Г. Электропривод летательных аппаратов: Учебно-методический комплекс / С.Г. Воронин. – М.: Наука, 1995-2011. – 489 с.
6. Герман-Галкин С. Г. и др. Цифровые электроприводы с транзисторными преобразователями:книга / С.Г. Герман-Галкин и др. – Л.: Энергоатомиздат, 1986 – 526 с.
7. Кулешова, В.С. Дистанционно управляемые роботы: учебное пособие / В.С. Кулешова, Н.А. Лакоты. – М.: Машиностроение, 1986. – 263 с.
8. Гурфинкель, В.С. Силовая обратная связь в системе управления манипулятором / В.С. Гурфинкель, Е.А. Девялин, А.В. Ленский и др. // Механика твердого тела. – 1984. № 6. – С. 56–63.
9. J. van der Meer, F. Riedijk, K. Makinwa, J. Huijsing, Standard CMOS Hall-Sensor with integrated Interface Electronics for a 3D Compass

Sensor, Proc. Of the 6th IEEE Conference on Sensors, Atlanta, GA, USA 28-31 October 2007, pp. 563-564

10. P. Kejik, E. Schurig, F. Bergsma, R. S. Popovic, First fully CMOS-integrated 3D Hall probe, Transducers'05, June 5-9, 2005, pp. 317-320

11. Герман-Галкин С. Г. и др. Цифровые электроприводы с транзисторными преобразователями: книга / С.Г. Герман-Галкин и др. – Л.: Энергоатомиздат, 1986 – 526 с.

12. Анфимов, М. И. Редукторы. Конструкции и расчет: учебное пособие / М.И. Анфимов. Изд. 4-е. – М.: Машиностроение, 1993. – 463 с.

13. Петров, Б.И. Динамика следящих приводов: Учебное пособие / Б. И. Петров, В. А. Полковников, Л. В. Рабинович, Л. В. Рабиновича. – М.: Машиностроение, 1982. – 496 с.

14. Егоров, И.Н. Проектирование следящих систем двустороннего действия: книга / И.Н. Егоров, Б.А. Жигалов, В.Г. Кулешов. – М.: Машиностроение, 1980. – 300 с.

15. Зенкевич, С.Л. Основы управления манипуляционными роботами: Учебник для вузов / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко. – 2-е издание.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2004. – 480 с.

16. Лаката, Н.А. Основы проектирования следящих систем: книга / Н.А. Лакоты. – М.: Машиностроение, 1978. – 230с.

17. Котов, Е.А. Программный комплекс для автоматизированного исследования и проектирования промышленных роботов: книга / Е.А. Котов, А.И. Максимов, Д.А. Польский, Л.М. Скворцов. – М.: Машиностроение, 1991 – 348 с.

18. Thrustmaster Hotas Warthog Joystick [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.thrustmaster.com/en_US/products/hotas-warthog

19. Da Vinci (робот-хирург) https://ru.wikipedia.org/wiki/Da_Vinci

20. ГОСТ 21753-76 Система человек-машина. Рычаги управления. Общие эргономические требования (с Изменением N 11.01.2018). Введ, 1997-01.01. М.: Издательство стандартов, 1987 – 5 с.
21. Архипцев, Ю.Ф. Асинхронные электродвигатели: учебное пособие / Ю.Ф. Архипцев, Н.Ф. Котеленец. – М.: Энергоатомиздат 2-е издание , 1986. – 104 с.
22. Куафе ,Ф. Взаимодействие работа с внешней средой: книга /Ф. Куафе. – М.: Мир, 1985.– 285 с.
23. ГОСТ 21752-76 Система человек-машина. Маховики управления и штурвалы. Общие эргономические требования (с Изменением N 1). М.: Издательство стандартов, 1976 – 8с.
24. ГОСТ 22613-77 Система человек-машина. Выключатели и фпереключатели поворотные. Общие эргономические требования М.: Издательство стандартов, 1977 – 7с.
25. ГОСТ 22614-77 Система человек-машина. Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования М.: Издательство стандартов, 1977 – 15с.
26. ГОСТ 22615-77 Система человек-машина. Выключатели и переключатели типа «Тумблер». Общие эргономические требования М.: Издательство стандартов, 1977 – 8с.
27. Трифонова, Г.О. Следящие системы приводов: учебное пособие / Г.О. Трифонова, О.И. Трифонова; МАДИ. – М., 2013. –142 с.
28. Терехин, В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие / В.Б. Терехин. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2008. – 320 с.
29. Удут, Л.С. Проектирование автоматизированных электроприводов постоянного тока: учебное пособие по курсовому проектированию / Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин. – л М.: ТПИ им. С.М. Кирова, 1991. – 104 с.

30. Удут, Л.С. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 1. – Введение в технику регулирования линейных систем. Часть 2. – Оптимизация контура регулирования: учебное пособие / Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 144 с.

31. Писаренко, А.В. Исследование следящей системы двустороннего действия с переменными параметрами нагрузки / А.В. Писаренко, Ф.Д. Юрчик // . – 2012. – № 1. – С. 223-225.

32. Егоров, И.Н. Проектирование следящих систем двустороннего действия: книга / И .Н. Егоров, Б.А. Жигалов, В.Г. Кулешов. – М.: Машиностроение, 1980 – 300 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»

Инженерная школа

Кафедра технологий промышленного производства

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВКР

на выпускную квалификационную работу - магистерскую диссертацию студента

Подлеснова Дмитрия Николаевича

Направление 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Магистерская программа «Автоматизация технологических процессов и производств (в промышленности)».

Группа М3215.

Руководитель ВКР - магистерской диссертации: Юрчик Ф.Д., к.т.н., доцент кафедры ТПП.

На тему «Разработка и исследование системы двустороннего действия манипуляционного устройства».

Дата защиты ВКР 6 июля 2018 года

В работе магистранту Д.Н. Подлеснову поставлена важная и актуальная задача создания системы двустороннего действия на основе электропривода для дистанционного управления манипуляционным устройством при выполнении подводно-технических и аварийно-спасательных работ.

В процессе исследования задачи выполнен анализ существующих технических решений в области авиации, медицины, промышленной робототехники. В частности, в области робототехники, определено назначение и выявлены конструктивные особенности задающих и исполнительных устройств подвижных манипуляционных аппаратов, где требуется отражение усилия на стороне оператора.

В проекте разработана функциональная схема и математическая модель системы следящего электропривода одной степени подвижности задающего устройства. Предложена кинематическая схема и алгоритм управления, реализуемый комплексом оборудования. Предложена схема модульного типа, содержащая приводы устройства для отражения масштабируемого момента на стороне оператора. Разработана структурная схема обработки сигналов, поступающих с пульта управления на двигатель исполнительного устройства, и исследованы режимы нагружения.

Исследование системы двустороннего действия манипуляционного устройства выполнено с использованием модели в программе MATLAB Simulink, где учтены параметры статического и динамического нагружения элементов устройства.

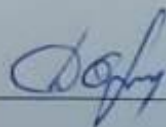
Получены приемлемые результаты в исследовании структуры системы двустороннего действия на основе электропривода, позволяющие реализовать физическую модель комплекса. Оригинальность текста ВКР составляет 65%.

К недостаткам следует отнести неритмичность и отставание от календарного плана выполнения работы. Не достаточную проработку конструкции стенда.

Материалы исследования целесообразно рекомендовать к опубликованию и использованию в учебном процессе и научных разработках кафедры.

Подлеснов Дмитрий Николаевич заслуживает присвоения ему степени "магистр" по направлению 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств и оценки за магистерскую диссертацию хорошо.

Руководитель ВКР
к.т.н., доцент кафедры ТПП.



Юрчик Ф.Д.