

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ¹
по дисциплине

«Управление в робототехнических системах»

Направление подготовки	15.03.06 Мехатроника и робототехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Робототехнические комплексы и системы

Обеспечивающее подразделение
<i>Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»</i>

Разработчик ФОС:

Старший преподаватель

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Савельев Д.О.

(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании
кафедры, протокол № _____ от «___» _____ 2023 г.

Заведующий кафедрой _____ Черный С.П.

¹ В данном документе представлены типовые оценочные средства. Полный комплект оценочных средств, включающий все варианты заданий (тестов, контрольных работ и др.), предлагаемых обучающемуся, хранится на кафедре в бумажном и электронном виде.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Общепрофессиональные		
ОПК-12 Способен участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	ОПК-12.1 Знает основные элементы мехатронных и робототехнических систем, этапы выполнения монтажных и пусконаладочных работ ОПК-12.2 Умеет составлять планы выполнения монтажных и пусконаладочных работ ОПК-12.3 Владеет навыками практического выполнения монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	Знать стандартные средства автоматизации, измерительной и вычислительной техники для проектирования мехатронных и робототехнических систем Уметь производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств мехатронных и робототехнических систем Владеть навыками выбора стандартных средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники для проектирования мехатронных и робототехнических систем в соответствии с техническим заданием

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Раздел 2-4	ОПК-12	Тест	Правильность выполнения задания
Разделы 1-6	ОПК-12	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов
Разделы 4-6	ОПК-12	Практические задания	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 1	ОПК-12	РГР	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 4	ОПК-12	Курсовой проект	Полнота и правильность выполнения задания

2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

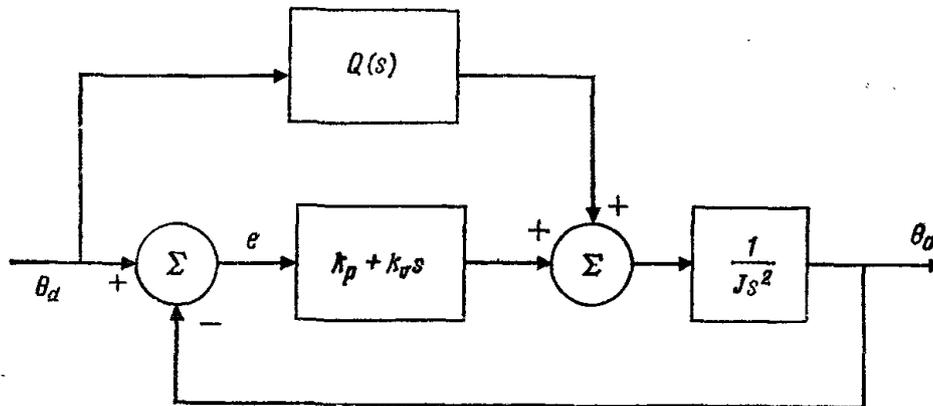
	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
6,7 семестр Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»				
	Тест	в течение семестра	10 баллов	10 баллов – 91-100 % правильных ответов – высокий уровень знаний; 8 баллов – 71-90 % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний; 6 баллов – 61-70 % правильных ответов – средний уровень знаний; 4 балла – 51-60 % правильных ответов – низкий уровень знаний; 0 баллов – 0-50 % правильных ответов – очень низкий уровень знаний.
	Лабораторная работа 1	в течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
	Лабораторная работа 2	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 3	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 4	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 5	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 6	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 7	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 8	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 9	в течение семестра	5 баллов	
	Лабораторная работа 10	в течение семестра	5 баллов	
	Практическое задание 1	в течение семестра	5 баллов	
	Практическое задание 2	в течение семестра	5 баллов	
	Практическое задание 3	в течение семестра	5 баллов	
	Выполнение РГР	в течение семестра	5 баллов	
	Текущая аттестация:	-	80 баллов	-
	ИТОГО:	-	80 баллов	-
Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый, минимальный уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий, максимальный уровень)				

должна иметь вид:

1. Аperiodического звена
3. равна 1

2. Колебательного звена
4. Равна 0

5. Для системы управления (см. рис.) покажите, что передаточная функция $Q(s)$ может быть выбрана такой, что ошибка слежения будет тождественно равна $E(s) = Q_d(s) - Q(s) = 0$



ЗАЩИТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Исследование системы управления схватом

- 1 Приведите основные структуры систем управления схватом?
- 2 Как рассчитать момент (усилие) схвата ?
- 3 Из каких основных узлов состоит схват ?
- 4 Как реализуется схваты для перемещения листового материала?

2. Исследование системы управления пневмоприводом перемещения

1. Приведите структуру пневмопривода перемещения?
2. Как рассчитываются параметры регулятора пневмопривода?
3. Приведите основные преимущества и недостатки пневмоприводов ?
4. Что понимается под разрешающей способностью пневмопривода?
5. Особенности релейного управления пневмоприводом?

3. Составление, сборка и наладка схемы циклового управления двумя пневмоприводами

- 1 Что включает в себя понятие цикл ?
- 2 Приведите диаграммы циклового управления роботом?
- 3 Особенности синтеза циклового управления двумя пневмоприводами.
- 4 Приведите пример оптимизационных мероприятий для совместного циклового управления двумя приводами.

4 Исследование системы управления поворотом робота

1. Приведите структурную схему системы управления поворотом робота?
2. Каким образом обеспечивается компенсация изменения момента инерции в системах управления приводами поворота?
3. Назначение и цели введения в систему управления обратной связи по ускорению?
4. Что такое регулятор и какие функции он выполняет в замкнутой системе регулирования?
5. Какие существуют схемы ограничения выходного сигнала операционного усилителя? Каковы их принципы действия?
6. Как расчетным путем определить передаточную функцию регулятора?

5. Экспериментальное определение точностных характеристик привода перемещения робота

1. Какими показателями определяются точность работы системы перемещения робота?
2. Что такое среднестатистическая ошибка?
3. Что воспринимается под термином повторяемость и от чего она зависит?
4. Влияет ли выбор системы координат на точностные показатели робота?
5. Как рассчитываются статическая и динамическая ошибки перемещения

6. Обучение системы управления перемещением схвата

1. В чем заключаются принципы обучения систем управления перемещениями схвата робота?
2. В чем заключается назначение пультов ручного управления манипуляторами при обучении систем управления схватами роботов?
3. Какие функции движения схвата могут быть заданы с использованием пульта ручного управления?
4. Поясните методику использования пультов ручного управления манипуляторами в процессе обучения системы управления движениями схвата?
5. Какие типовые траектории перемещения схвата между двумя точками пространства могут быть заданы с пульта управления?
6. С помощью каких действий с использованием ручного пульта управления достигается минимизируется ошибка позиционирования схвата?

7. Программирование системы управления роботом для процесса механообработки

1. Поясните основные принципы программирования системы управления роботом для процесса металлообработки?
2. Какие программные продукты можно использовать для программирования системы управления роботом для процесса металлообработки?
3. Какие исходные технологические параметры необходимо знать для программирования системы управления роботом для процесса металлообработки?
4. Какие системы координат используют при работе с программными продуктами предназначенными для программирования перемещений инструментов и приспособлений в процессе металлообработки?
5. Как производят совмещение системы координат, связанной с инструментом, с инерциальной системой координат, связанной с заготовкой?
6. Какая траектория движения инструмента называется эквидистантой?

8. Моделирование динамических режимов работы системы управления отдельными звеньями робота.

1. Что называют звеньями робота?
2. С использованием каких элементов систем автоматики приводятся в движение звенья робота?
3. Какие прямые показатели качества переходных процессов подлежат оценке при моделировании системы управления звеньями робота?
4. Чем в первую очередь определяется максимально достижимое быстродействие при отработке регулируемых координат системы управления отдельными звеньями робота?
5. Возможно ли в процессе движения отдельных звеньев робота их взаимное влияние на протекающие динамические процессы?

9. Программирование системы совместного управления роботов в рамках РТК

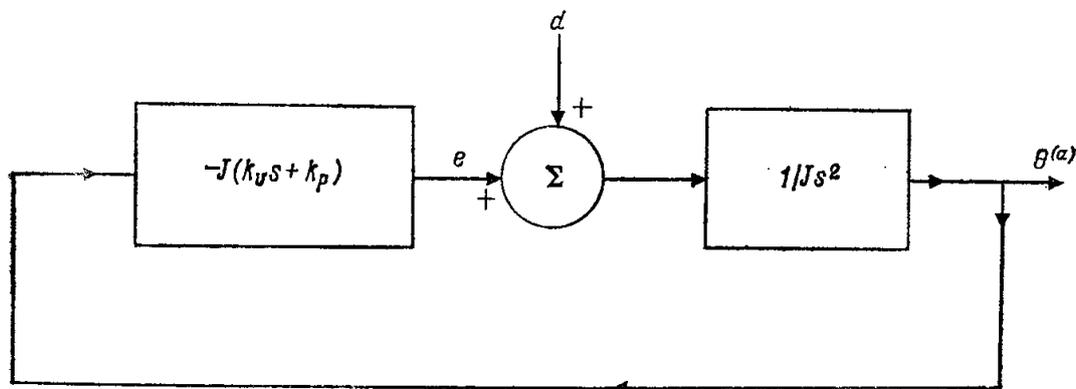
1. Какие основные технологические параметры производственного процесса необходимо учитывать при программировании системы совместного управления роботов в рамках РТК?
2. Какие основные технические параметры роботов необходимо учитывать при программировании системы совместного управления роботов в рамках РТК?
3. Как обеспечить синхронизацию в пространстве и во времени перемещений звеньев роботов в рамках РТК?
4. Как обеспечить безопасность перемещений отдельных звеньев роботов в рамках РТК?
5. Как обеспечить максимально возможную производительность и энергоэффективность РТК?

10. Моделирование переходных процессов с учетом ограничений

1. Почему работа электромеханических систем всегда требует ограничений регулируемых координат?
2. Какие основные ограничения регулируемых координат сопровождают работу электромеханических систем?
3. Как влияют ограничения на прямые показатели качества переходных процессов?
4. При каких условиях системы с ограничением регулируемых координат могут рассматриваться как линейные?
5. Какие технические параметры и схмотехнические решения определяют ограничения регулируемых координат в приводах различных типов?

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

Практическое задание 1. Расчет системы управления одноосной рукой робота
Для системы управления, функциональная схема которой приведена на рисунке:



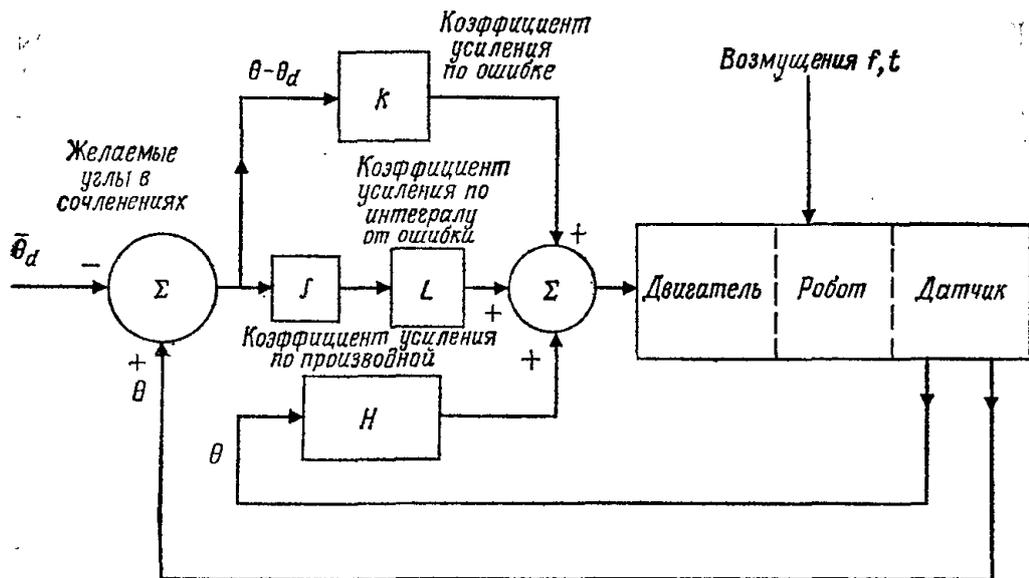
Требуется определить передаточную функцию по возмущающему воздействию

$$W_d(p) = \frac{Q^{(a)}(p)}{d(p)};$$

Данные для расчета: Момент инерции механизма $J=1,045 \text{ кгм}^2$, коэффициент передачи регулятора $k_p = 17,5$, коэффициент усиления преобразователя $k_u = 22$.

Практическое задание 2. Расчет независимого ПИД управления сочленениями робота

Для системы управления привода сочленения, приведенной на рис.



Оценить устойчивость управляющего алгоритма в случае применения ПИД –закона управления.

Практическое задание 3. Расчет эквивалентных моментов в сочленениях для двухзвенного плоского манипулятора

Для двухосного плоского манипулятора выразить моменты в сочленениях через силу и момент на схвате, обеспечивающие статическое равновесие

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

Расчет характеристик механизмов манипулятора

Задание

Промышленный манипулятор осуществляет перемещение в соответствии с цилиндрической системой координат. Он состоит из основания, вращающегося в опорах, закрепленного на основании колонны. По колонне в направлении вверх вниз передвигается суппорт руки. Длина руки изменяется путем выдвигания ее из суппорта в горизонтальном направлении.

Для обеспечения движения по углу φ , по координате z и по радиусу r используются индивидуальные приводы. Перемещение производится по координате z и координате r с помощью реечных механизмов, а по координате φ с помощью зубчатой передачи из двух шестерён. По координате φ для перемещения на колонне закрепляется зубчатый венец большой шестерни, которая является видимой. Ведущая малая шестерня жестко соединена с выходным валом шестеренчатого редуктора. Входной вал редуктора через кулачковую муфту соединен с валом электрического двигателя. привод по углу φ вместе с редуктором расположен на основании. Колонна вращается в двух подшипниках. Нижний подшипник упорно-радиальный, верхний – радиальный. Внешние обоймы подшипников на соответствующей посадке закреплены на основании.

Механизм движения суппорта по координате z имеет в своем составе зубчатую рейку, которая жестко закреплена на колонне. Ведущая шестерня, соприкасающаяся с этой рейкой, закреплена на выходном валу редуктора. Редуктор вместе с электродвигателем крепится на суппорте руки. Суппорт скользит вверх вниз по колонне на двух направляющих с цилиндрической внутренней поверхностью.

Механизм перемещения руки по радиусу r состоит из следующих частей: на руке закреплена зубчатая рейка, соприкасающаяся с рейкой; ведущая шестерня закреплена на

выходном валу редуктора. С входным валом редуктора с помощью кулачковой муфты со-прягается вал электродвигателя. Двигатель и редуктор движения по радиусу закреплены на суппорте руки. Рука скользит по направляющим с цилиндрическими внутренними по-верхностями, которые расположены на суппорте руки. На конце руки располагается устройство для крепления рабочего инструмента 5.

Необходимо по требуемым усилиям на инструменте рассчитать мощности двига-телей и приводов. Рассчитать результирующие моменты инерции, приведенные к валу двигателей.

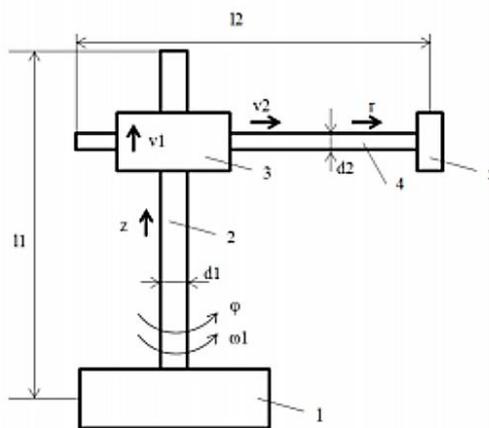
Для каждого из приводов, обеспечивающих движение по координатам φ , z и r , со-ставить кинематические схемы. На этих схемах должны быть показаны двигатель, соеди-нительная муфта двигателя, шестерни редуктора, зубчатые передачи, используемые для перемещения механизмов. На кинематических схемах так же должны быть показаны все направляющие движения механизмов. Должны быть показаны размеры всех шестерен, диаметр и толщина; все подшипники; валы условно считаем бесконечно тонкими стерж-нями, не имеющими массы.

Все детали механизмов и приводов выполнены из стали. Должен быть указан диа-метр и высота колонны, а также диаметр и длина руки. Предполагаем, что при расчете ко-лонна и рука представляют собой бесконечно тонкие стержни с массами, соответствую-щими массам этих деталей в изделии. Массами реечных механизмов пренебрегаем. Массы руки и колонны равномерно распределены по их длине. Для механизмов по координате z воздействующим на руку моментом, создаваемым рабочим механизмом вертикального направления пренебрегаем. Считаем, что все вертикальные усилия действуют по оси ко-лонны. Все редукторы двухступенчатые (две пары шестерёнок).

По результатам расчетов необходимо выбрать электрические двигатели для приво-дов отдельных механизмов робота-манипулятора.

Кинематические схемы механизмов робота-манипулятора

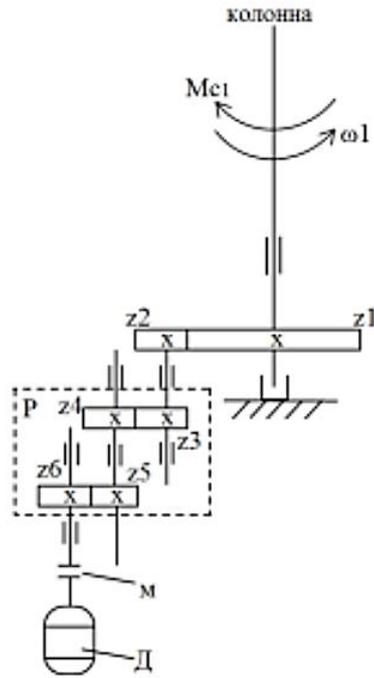
Схема робота-манипулятора представлена на рисунке 1.



1 – основание; 2 – колонна; 3 – суппорт руки; 4 – рука; 5 – инструмент; l_1 – длинна колонны; d_1 – диаметр колонны; l_2 – длинна руки; d_2 – диаметр руки; ω_1 - круговая частота вращения колонны (по координате φ); v_1 – скорость движения суппорта руки по колонне; v_2 – скорость горизонтального перемещения руки.

Рисунок 1 – Схема робота-манипулятора

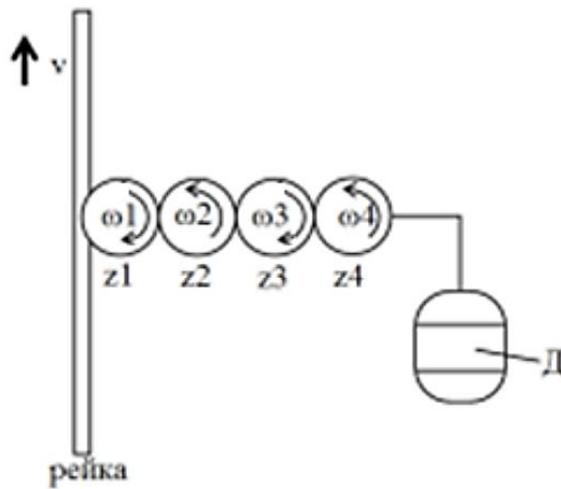
Кинематическая схема механизма поворота представлена на рисунке 2.



z_i – шестерня; Д – двигатель; M_{c1} – статический момент; Р – редуктор; м – муфта.

Рисунок 2 - Кинематическая схема механизма поворота

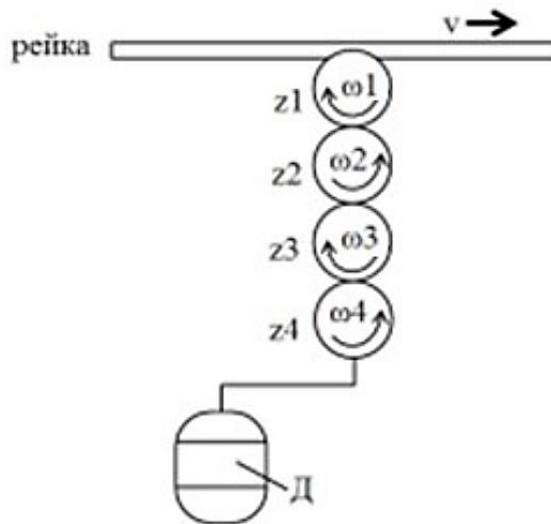
Кинематическая схема механизма подъёма представлена на рисунке 3.



z_i – шестерня; Д – двигатель

Рисунок 3 - Кинематическая схема механизма подъёма

Кинематическая схема механизма руки представлена на рисунке 4.



z_i – шестерня; Д – двигатель

Рисунок 4 - Кинематическая схема механизма руки

Все необходимые для расчетов исходные данные задаются преподавателем в соответствии с вариантами задания

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Разработка системы управления электроприводами робота

Задание

При выполнении РГР «Расчет характеристик механизмов манипулятора» были найдены нагрузки на механизмах, найдены моменты инерции, найдены статические моменты, определены мощности двигателей и выбраны типы двигателей.

1. Необходимо определить параметры силовых элементов, а именно: параметры источника питания якорной цепи двигателя (широотно-импульсного преобразователя), параметры защитной и коммутационной аппаратуры, а именно: предохранителей и автоматических выключателей. Для защиты приводов использовать быстродействующие автоматы, для защиты общего ввода на приводах использовать предохранители.

2. Рассчитать параметры и выбрать трансформаторное оборудование для случая, если напряжение на двигателях меньше, чем 440 В.

3. Выбрать датчики тока, работающие на эффекте Холла.

4. Выбрать датчики скорости, на основе инкрементальных энкодеров.

5. Выбрать датчики положения, на основе абсолютных энкодеров.

6. Система регулирования каждого привода будет трехконтурной. Внутренний контур – контур тока, внешний контур – контур скорости, внешний контур – контур положения. В реальных системах используют цифровые регуляторы, поэтому контура регулирования реализуем в традиционном аналоговом виде. Соответственно для этого будет необходимо коэффициенты передачи датчиков скорости и положения представлять как аналоговые.

7. С учётом выбранного оборудования рассчитать параметры структуры регулирования электропривода.

8. Синтезировать регуляторы, предполагая, что настройки контуров инженерные, исключая статическую ошибку по основной регулируемой координате системы электропривода. В системе электропривода должно быть предусмотрено ограничение регулируемых координат.

9. Рассчитать переходные процессы в системе электропривода.

10. Рассмотреть влияние изменения моментов инерции на характеристики электропривода. Проверить возможность компенсации этого влияния путём использования эталонной модели.

11. Составить принципиальную электрическую схему подключений электроприводов механизмов робота-манипулятора.

12. Оформить пояснительную записку к курсовому проекту в соответствии с действующими требованиями к оформлению этого документа.