

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации
производственных процессов
Кафедра электромеханики им. А. Б. Зеленова



УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по
учебной работе
Д. В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Системы оптимального и векторного управления электроприводами
(наименование дисциплины)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код, наименование направления)

Автоматизированные электромеханические комплексы и системы
(профиль подготовки)

Квалификация магистр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины. обеспечение подготовки, позволяющей разрабатывать и исследовать современные электромеханические системы постоянного и переменного тока, синтезировать регуляторы, придающие электроприводам требуемые показатели качества, а также формирование практических навыков использования методов анализа и моделирования систем оптимального и векторного управления электропривода.

Задачи изучения дисциплины: изучение методов оптимизации современных электроприводов; ознакомление с синтезом оптимальных по быстродействию электроприводов; освоение методов аналитического конструирования оптимальных регуляторов по интегрально-квадратичному критерию качества в различных фазовых пространствах; приобретение навыков синтеза регуляторов электропривода методом обратной задачи динамики и релейно-модального управления; изучение принципов построения и синтеза регуляторов системы векторного управления машинами переменного тока; приобретение навыков моделирования электромеханических систем оптимального и векторного управления.

Дисциплина направлена на формирование компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины: курс входит в БЛОК 1 «Дисциплины (модули)», обязательная часть Блока 1 подготовки студентов по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», магистерская программа «Автоматизированные электромеханические комплексы и системы».

Дисциплина основывается на базе дисциплин: «Теория автоматического управления», «Системы управления электропривода».

Является основой для изучения следующих дисциплин: выпускная квалификационная работа магистра.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента для решения профессиональных задач деятельности, связанных с применением электроприводов в различных сферах деятельности.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4,5 зачетных единицы, 162 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (36 ак.ч. для групп ЭМС, 6 ак. ч. для группы ЭМС-з), практические занятия (36 ак.ч. для групп ЭМС, 4 ак.ч. для группы ЭМС-з), и самостоятельная работа студента (36 ак.ч. для групп ЭМС, 152 ак.ч. для группы ЭМС-з).

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

По дисциплине предусмотрен курсовой проект трудоемкостью 1 зачетная единица, 36 ак. ч. Все часы отведены на самостоятельную работу студентов.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Системы оптимального и векторного управления электроприводами» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ОПК-1	ОПК 1.1 Знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок. ОПК 1.2 Умеет анализировать новую научную проблематику соответствующей области знаний; применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и опытно конструкторских разработок. ОПК 1.3 Владеет проведением анализа новых направлений исследований в соответствующей области знаний; обоснованием перспектив проведения исследований в соответствующей области знаний
Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ОПК-2	ОПК-2.1 Выбирает необходимый метод исследования для решения поставленной задачи. ОПК-2.2 Проводит анализ полученных результатов. ОПК-2.3 Представляет результаты выполненной работы.
Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК-1	ПК-1.1. Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентно способные варианты технических решений. ПК-1.2. Обосновывает выбор проектного решения. ПК-1.3. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4,5 зачётных единицы, 162 ак. ч. Трудоемкость курсового проекта составляет 1 зачетная единица, 36 ак. ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену, выполнение курсового проекта.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак. ч.	Ак .ч. по семестрам
		1
Аудиторная работа, в том числе:	72	72
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	–	–
Курсовая работа/курсовой проект	–	–
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	90	90
Подготовка к лекциям	9	9
Подготовка к лабораторным работам	–	–
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	18	18
Выполнение курсовой работы / проекта	36	36
Расчетно-графическая работа (РГР)	–	–
Реферат (индивидуальное задание)	–	–
Домашнее задание	–	–
Подготовка к контрольной работе	6	6
Подготовка к коллоквиумам	6	6
Аналитический информационный поиск	3	3
Работа в библиотеке	4	4
Подготовка к экзамену	8	8
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	Э	Э
Ак. ч.	162	162
З. е.	4,5	4,5

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 7 тем:

- тема 1 (Принципы построения электроприводов, оптимальных по быстродействию);

- тема 2 (Аналитическое конструирование оптимальных релейных регуляторов для электропривода);

- тема 3 (Синтез быстродействующих электроприводов методом обратной задачи динамики (линейные модели);

- тема 4 (Синтез электромеханических систем методом обратной задачи динамики (нелинейные модели);

- тема 5 (Методы модального управления и ОЗД);

- тема 6 (Математическая модель обобщенной машины);

- тема 7 (Векторное управление машинами переменного тока).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 5.1 – 5.4 соответственно.

Таблица 5.1 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения, 1 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	Принципы построения электроприводов, оптимальных по быстродействию	Постановка задачи. Учет основных ограничений. Методы синтеза оптимальных по быстродействию электроприводов. Синтез упрощенной оптимальной по быстродействию позиционной системы на фазовой плоскости. Особенности реализации таких систем.	2	Расчет электроприводов предельного быстродействия. Синтез оптимальной по быстродействию системы.	6		
		Нелинейная коррекция как средство повышения быстродействия электропривода.	2				
2	Аналитическое конструирование оптимальных релейных регуляторов для электропривода	Постановка задачи. Интегральный квадратичный критерий качества. Функциональное уравнение Беллмана-Ляпунова. Матричное уравнение Барбашина.	2	Синтез оптимальных регуляторов электропривода методом аналитического конструирования	6		
		Синтез оптимального релейного управления, минимизирующего интегральный квадратичный функционал. Скользящие режимы, инвариантность к координатным и параметрическим возмущениям. Математическая модель силовой части электропривода в различных фазовых пространствах.	2				
		Синтез оптимального релейного регулятора тока в пространстве управляемой координаты и ее производных. Выбор фазового пространства для синтеза регулятора тока с учетом его реализации помехозащищенности.	2				

Продолжение таблицы № 5.1

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
		Синтез регулятора скорости в различных фазовых пространствах. Задатчики движений.	2				
		Особенности синтеза регулятора положения. Задатчик движений на основе оптимальной по быстродействию модели позиционного электропривода. Работы кафедры ЭМ ДонГТУ в этой области.	2				
3	Синтез быстродействующих электроприводов методом обратной задачи динамики (линейные модели)	Симметрия в автоматических системах и ОЗД. Связь структур объекта и управляющего устройства. Задачи ОЗД. Синтез алгоритма управления системы, обладающей заданным спектром при описании объекта управления дифференциальным уравнением высокого порядка. Задание желаемой траектории. Получение программной управляющей функции. Переход к алгоритму замкнутой системы. Представление управления в виде двух составляющих: компенсирующей и обеспечивающей движение по желаемой траектории. Синтез регулятора скорости методом ОЗД.	2	Расчет регуляторов тока, скорости и положения методом ОЗД	6		

Продолжение таблицы № 5.1

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
		Синтез закона управления для электропривода, силовая часть которого представлена системой дифференциальных уравнений первого порядка. Переход к каноническому пространству. Использование матрицы Фробениуса для нахождения коэффициентов характеристического уравнения. Программное управление, реализующее желаемую траекторию движения. Переход к замкнутой системе в пространстве исходных координат.	2				
		Синтез регуляторов скорости и положения в различных пространствах.	2				
4	Синтез электромеханических систем методом обратной задачи динамики (нелинейные модели)	ОЗД в нелинейных системах. Симметрия в нелинейных САУ. Алгоритмы формирования управляющей силы или ускорения. Реализация алгоритмов управления по ускорению.	2	Синтез регуляторов тока, скорости, положения методом ОЗД при задании ОУ математ. уравнений первого порядка	2		
		Создание в релейной системе скользящих режимов для реализации алгоритмов управления по управляющей силе. Инвариантность таких систем к координатным и параметрическим возмущениям. Синтез релейного регулятора скорости ЭП.	2				

Продолжение таблицы № 5.1

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
5	Методы модального управления и ОЗД	Модальное управление в электроприводе. Алгоритм расчета модальных регуляторов. Выбор желаемого характеристического полинома. Синтез регуляторов тока и скорости электропривода постоянного тока.	2	Расчет модальных регуляторов	4		
6	Математическая модель обобщенной машины	Машины переменного тока как объекты автоматического управления. Математическое описание двухфазной машины в векторной форме. Прямое преобразование вектора из естественной системы координат в расчетную и обратно. Математическое описание машины в расчетной системе координат. Математическая модель обобщенной машины. Правила перехода от трехфазной к двухфазной системе. Схема замещения обобщенной машины.	2	Прямое и обратное преобразование векторов при синтезе регуляторов	6		
7	Векторное управление машинами переменного тока	Электропривод переменного тока с векторным управлением (постановка задачи). Выражение электромагнитного момента через различные вектора.	2	Синтез регуляторов систем с векторным управлением	6		
		Частотно-регулируемый электропривод с управлением по вектору главного потока сцепления.	2				

Продолжение таблицы № 5.1

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
		Перевод математической модели обобщенной машины асинхронного короткозамкнутого двигателя в пространстве измеряемых координат. Синтез регуляторов главного потокосцепления и электромагнитного момента.	2				
		Полная структурная и функциональная электрическая схемы системы векторного управления асинхронным короткозамкнутым двигателем. Современные промышленные электропривода с векторным управлением.	2				
Всего аудиторных часов			36	—	36	—	—

Таблица 5.2 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения, 1 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	Основные принципы построения оптимальных электромеханических систем	Методы синтеза оптимальных по быстродействию электроприводов. Синтез упрощенной оптимальной по быстродействию позиционной системы на фазовой плоскости. Аналитическое конструирование оптимальных релейных регуляторов для электропривода. Интегральный квадратичный критерий качества. Функциональное уравнение Беллмана-Ляпунова. Матричное уравнение Барбашина. Синтез оптимального релейного управления, минимизирующего интегральный квадратичный функционал. Скользящие режимы, инвариантность к координатным и параметрическим возмущениям. Синтез оптимального релейного регулятора тока в пространстве управляемой координаты и ее производных. Синтез регулятора скорости в различных фазовых пространствах. Задатчики движений. Особенности синтеза регулятора положения. Задатчик движений на основе оптимальной по быстродействию модели позиционного электропривода	2	—	—		

Продолжение таблицы 5.2

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
2	Использование метода обратной задачи динамики (ОЗД) для синтеза современных высокочастотных электроприводов	Синтез быстродействующих электроприводов методом обратной задачи динамики (линейные модели). Симметрия в автоматических системах и ОЗД. Связь структур объекта и управляющего устройства. Задачи ОЗД. Синтез алгоритма управления системы, обладающей заданным спектром при описании объекта управления дифференциальным уравнением высокого порядка. Синтез регулятора скорости методом ОЗД. Синтез закона управления для электропривода, силовая часть которого представлена системой дифференциальных уравнений первого порядка. Синтез регуляторов скорости и положения в различных пространствах. Синтез электромеханических систем методом обратной задачи динамики (нелинейные модели). Методы модального управления и ОЗД.	2	Расчет электроприводов предельного быстродействия. Синтез оптимальных регуляторов электропривода методом аналитического конструирования	2		

Продолжение таблицы 5.2

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
3	Использование принципов векторного управления для синтеза современных высокочастотных электроприводов переменного тока	Математическая модель обобщенной машины. Машины переменного тока как объекты автоматического управления. Векторное управление машинами переменного тока. Частотно-регулируемый электропривод с управлением по вектору главного потокосцепления. Перевод математической модели обобщенной машины асинхронного короткозамкнутого двигателя в пространстве измеряемых координат. Синтез регуляторов главного потокосцепления и электромагнитного момента. Полная структурная и функциональная электрическая схемы системы векторного управления асинхронным короткозамкнутым двигателем. Современные промышленные электропривода с векторным управлением.	2	Расчет регуляторов тока, скорости и положения методом ОЗД. Расчет модальных регуляторов. Синтез регуляторов систем с векторным управлением	2		
Всего аудиторных часов			6	—	4	—	—

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала

(https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf).

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-1, ОПК-2, ПК-1	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена
ОПК-3, ПК-1	Дифференцированный зачет	Комплект контролирующих материалов для защиты курсового проекта

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 коллоквиума) – всего 60 баллов;
- практические работы – всего 40 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60 % от максимального.

Экзамен по дисциплине «Системы оптимального и векторного управления электроприводами» проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время сессии студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п. 6.4), либо в ре-

зультате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6.2 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашние задания

Для студентов очной формы обучения домашние задания не предусмотрены. Студенты заочной формы обучения в каждом семестре выполняют контрольную работу по имеющимся методическим указаниям.

6.3 Темы рефератов

Написание рефератов при изучении дисциплины не предусмотрено.

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1 Принципы построения электроприводов, оптимальных по быстродействию

- 1) Какие критерии оптимальности качества используются в электроприводе?
- 2) Что такое оптимальная по быстродействию электромеханическая система?
- 3) Какие ограничения координат электропривода нужно учитывать при синтезе оптимальных электроприводов?
- 4) Что такое фазовый портрет упрощенной оптимальной по быстродействию позиционной системы электропривода?

Тема 2 Аналитическое конструирование оптимальных релейных регуляторов для электропривода

- 1) Что такое обобщенный интегральный критерий качества и интегральная квадратичная оценка?
- 2) Что такое функциональное уравнение Беллмана-Ляпунова для нахождения оптимального управления?
- 3) Что такое матричное управление Барбашина?

- 4) Какой вид имеет функция Ляпунова для системы 3-го порядка?
- 5) Какой вид оптимального управления через функцию Ляпунова?
- 6) Что такое "скользящий" режим в электроприводе?
- 7) Какой вид имеет оптимальное управление для регулятора тока если силовая часть представлена в пространстве (I, pI) ?
- 8) Что такое задатчик движений?
- 9) В чем состоит особенность синтеза оптимального регулятора положения?
- 10) Как синтезировать задатчик предельного быстродействия для позиционного электропривода?
- 11) Что такое аналитическое конструирование оптимальных регуляторов?

Тема 3 Синтез быстродействующих электроприводов методом обратной задачи динамики (линейные модели)

- 1) Что такое обратная задача динамики как метод синтеза электропривода?
- 3) Какие задачи ОЗД?
- 4) Что такое заданный спектр электромеханической системы?
- 5) В чем заключается алгоритм управления системы, обладающей заданным спектром (ОУ описан уравнением высокого порядка)?
- 6) Как задается желаемая траектория движения?
- 7) В чем суть закона управления для регулятора скорости если $T_\mu \approx 0$?
- 8) Как осуществляется переход к каноническому пространству?
- 9) Что такое матрица управляемости и ее ранг?
- 10) Какая последовательность синтеза регулятора скорости $T_\mu = 0$ в пространстве $(\omega, p\omega)$?

Тема 4 Синтез электромеханических систем методом обратной задачи динамики (нелинейные модели)

- 1) Что такое управляющая сила?
- 2) Как показать, что существует симметрия в нелинейных системах между ОУ и УУ?
- 3) Как с помощью ОЗД найти управляющие силы?
- 4) Как осуществляется алгоритмическое решение уравнение равенства фактической и желаемой управляющей силы?
- 5) Как осуществляется синтез релейного регулятора скорости методом ОЗД при использовании управляющей силы?

Тема 5 Методы модального управления и ОЗД

- 1) В чем суть модального управления?
- 2) Что такое "мода"?
- 3) Какой алгоритм расчета системы электропривода с модальным управлением?
- 4) Как показать синтез модального регулятора скорости?
- 5) Какие полиномы замкнутой системы с желаемым распределением корней используются при модальном управлении?

Тема 6 Математическая модель обобщенной машины

- 1) Что такое обобщенная машина?
- 2) Какие допущения делают при составлении математической модели обобщенной машины?
- 3) Как осуществляется прямое и обратное преобразование вектора из естественной системы координат в расчетную и обратно?
- 4) Как выглядит математическая модель обобщенной машины?
- 5) Как осуществляется переход от 3-х фазной к 2-х фазной системе и обратно?

- 6) Как изобразить схему замещения обобщенной машины?

Тема 7 Векторное управление машинами переменного тока

- 1) Как изобразить формулу для электромагнитного момента через такие пары векторов $(\bar{\psi}_0, \bar{i}_s)$; $(\bar{\psi}_r, \bar{i}_s)$; $(\bar{\psi}_r, \bar{\psi}_s)$?
- 2) Что такое вектор главного потокосцепления машины?
- 3) Как рассчитать матричное уравнение для расчета контура стабилизации вектора главного потокосцепления?
- 4) Что такое нелинейные перекрестные связи, влияющие на стабилизацию модуля главного потокосцепления?
- 5) Как компенсируются нелинейные перекрестные связи в системе стабилизации вектора главного потокосцепления?
- 6) Как найти проекцию матрично-векторного уравнения обобщенной машины на ось V ?
- 7) Как осуществляется синтез регулятора электромагнитного потока?
- 8) Какие перекрестные нелинейные связи мешают регулированию электромагнитного момента?

6.5 Вопросы для подготовки к экзаменам

- 1) Какие критерии оптимальности качества используются в электроприводе?
- 2) Что такое оптимальная по быстродействию электромеханическая система?
- 3) Какие ограничения координат электропривода нужно учитывать при синтезе оптимальных электроприводов?
- 4) Как изобразить фазовый портрет упрощенной оптимальной по быстродействию позиционной системы электропривода?
- 5) Что такое обобщенный интегральный критерий качества и интегральная квадратичная оценка?
- 6) Как записать функциональное уравнение Беллмана-Ляпунова для нахождения оптимального управления?
- 7) Что такое матричное управление Барбашина?
- 8) Какой вид имеет функция Ляпунова для системы 3-го порядка?
- 9) Какой вид оптимального управления через функцию Ляпунова?
- 10) Что такое "скользящий" режим в электроприводе?
- 11) Как записать оптимальное управление для регулятора тока если силовая часть представлена в пространстве (I, pI) ?
- 12) Как записать матричное уравнение Барбашина для регулятора тока если силовая часть представлена в пространстве (I, ω, E_n) ?
- 13) Как записать матричное уравнение Барбашина для регулятора скорости в пространстве (ω, I, pI) или (ω, I, E_n) ?
- 14) Что такое задатчик движений?
- 15) В чем состоит особенность синтеза оптимального регулятора положения?
- 16) Как синтезировать задатчик предельного быстродействия для позиционного электропривода?
- 17) Что такое аналитическое конструирование оптимальных регуляторов?
- 18) Что такое обратная задача динамики как метод синтеза электропривода?
- 19) Как на примере электропривода показать наличие симметрии в структурах объекта управления и управляющего устройства?
- 20) Какие задачи ОЗД?

- 21) Что такое заданный спектр электромеханической системы?
- 22) В чем суть алгоритма управления системы, обладающей заданным спектром (ОУ описан уравнением высокого порядка)?
- 23) Как задается желаемая траектория движения?
- 24) В чем суть закона управления для регулятора скорости если $T_\mu \approx 0$?
- 25) В чем суть закона управления для электропривода если силовая часть задана дифференциальными уравнениями первого порядка?
- 26) Как осуществляется переход к каноническому пространству?
- 27) Что такое матрица управляемости и ее ранг?
- 28) Как изобразить матрицу Фробениуса?
- 29) Какая последовательность синтеза регулятора скорости $T_\mu = 0$ в пространстве $(\omega, p\omega)$?
- 30) Что такое управляющая сила?
- 31) Как показать, что существует симметрия в нелинейных системах между ОУ и УУ?
- 32) Как с помощью ОЗД найти управляющие силы?
- 33) Как осуществляется алгоритмическое решение уравнение равенства фактической и желаемой управляющей силы?
- 34) Как осуществляется синтез релейного регулятора скорости методом ОЗД при использовании управляющей силы?
- 35) В чем суть модального управления?
- 36) Что такое "мода"?
- 37) Какой алгоритм расчета системы электропривода с модальным управлением?
- 38) В чем заключается синтез модального регулятора скорости?
- 39) Какие полиномы замкнутой системы с желаемым распределением корней используются при модальном управлении?
- 40) В чем суть синтеза модального регулятора тока с полиномом Баттерворта?
- 41) Что такое обобщенная машина?
- 42) Какие допущения делают при составлении математической модели обобщенной машины?
- 43) Как осуществляется прямое и обратное преобразование вектора из естественной системы координат в расчетную и обратно?
- 44) Приведите математическую модель обобщенной машины?
- 45) Как осуществляется переход от 3-х фазной к 2-х фазной системе и

обратно?

- 46) Как выглядит схема замещения обобщенной машины?
- 47) Как привести формулу для электромагнитного момента через такие пары векторов $(\bar{\psi}_0, \bar{i}_s)$; $(\bar{\psi}_r, \bar{i}_s)$; $(\bar{\psi}_r, \bar{\psi}_s)$?
- 48) Что такое вектор главного потокосцепления машины?
- 49) В чем суть матричного уравнения для расчета контура стабилизации вектора главного потокосцепления?
- 50) Что такое нелинейные перекрестные связи, влияющие на стабилизацию модуля главного потокосцепления?
- 51) Как компенсируются нелинейные перекрестные связи в системе стабилизации вектора главного потокосцепления?
- 52) Как найти проекцию матрично-векторного уравнения обобщенной машины на ось V ?
- 53) Как осуществляется синтез регулятора электромагнитного потока?
- 54) Какие перекрестные нелинейные связи мешают регулированию электромагнитного момента?

6.6 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

По дисциплине предусмотрен курсовой проект на тему «Сравнительный расчет и исследование систем подчиненного и оптимального управления электроприводов постоянного тока» трудоемкостью 1 зачетная единица, 36 ак. ч. Курсовой проект выполняется в 1 семестре. Все часы отведены на самостоятельную работу студентов. Курсовой проект выполняется по методическим указаниям:

Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу "Системы оптимального и векторного управления электроприводами" (для студентов специальностей 7.092203 и 8.092203 5-6 курсов дневной и заочной форм обучения) / Сост. В.Н. Столяров, А.И. Мотченко. – Алчевск, ДонГТУ, 2008. – 82 с.

https://moodle.dstu.education/pluginfile.php/246889/mod_resource/content/1/МУ%20для%20выполнения%20курсового%20проекта.pdf

Кроме этого, используется литература, приведенная в разделе 7.1.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 65-100 страниц. В ней должны содержаться следующие разделы:

- Введение;
- Постановка задачи;
- Выбор средств технической реализации;

Синтез системы в пространстве исходных фазовых координат;
Синтез системы в пространстве производных фазовых координат;
Синтез задатчика траектории;
Построение цифровых моделей систем;
Исследование статических и динамических характеристик системы;
Анализ результатов. Выводы.

В графической части проекта должны содержаться структурные схемы исследуемых систем, функциональные схемы, схемы цифровых моделей, графики переходных процессов при номинальных параметрах объекта управления и при их вариации.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Эпштейн, Г. Л. Теория оптимального управления : учебное пособие по дисциплине «Теория оптимального управления» / Г. Л. Эпштейн, А. П. Иванова. — Москва : Российский университет транспорта (МИИТ), 2020. — 129 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/116088.html> (дата обращения: 22.08.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Бабёр, А. И. Системы автоматического управления электроприводами : учебное пособие / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2020. — 148 с. — ISBN 978-985-7234-86-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/125465.html> (дата обращения: 22.08.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Фираго, Б. И. Векторные системы управления электроприводами : учебное пособие / Б. И. Фираго, Д. С. Васильев. — Минск : Вышэйшая школа, 2016. — 160 с. — ISBN 978-985-06-2624-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/90750.html> (дата обращения: 22.08.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Дополнительная литература

1. Структурный синтез систем оптимального управления электроприводом постоянного тока методом аналитического конструирования регуляторов : конспект лекций по разделу специального курса теории электропривода для специальности 7.092203 / А.Б. Зеленов . — Алчевск : ДГМИ, 2000 . — 76с.

2. Садовой, А.В. и др. Системы оптимального управления прецизион. электроприводами. Под ред. А.В.Садового. — К.: ИСИМО, 1996. — 298 с.

3. Крутько, П.Д. Обратная задача динамики. Цикл лекций: Учеб. пособие для вузов. — М: Машиностроение, 2004. —576 с.

5. Асинхронные электроприводы с векторным управлением / В.В. Рудаков, И.М. Столяров, В.А. Дартау. Л.: Энергоатомиздат, 1987. — 136 с.

6. Калашников, В.И. Векторное управление асинхронным электроприводом. — Донецк, ДонНТУ, 2006. — 150с.

Учебно-методическое обеспечение

1. Системы оптимального и векторного управления: метод. указания к выполнению курсового проекта / В.Н. Столяров, А.И. Мотченко; Каф. АЭМС. Алчевск: ДонГТУ, 2008. – 82 с.

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.

3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.

4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.

5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.

6. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) : официальный сайт. — Москва. — <https://www.gosnadzor.ru/>. — Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

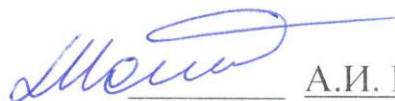
Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 8.1 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Учебно-исследовательская лаборатория «Микропроцессорных средств и систем» (22 посадочных места)</i> Исследовательский стенд апробации алгоритмов управления сложными электромеханическими системами на базе преобразователя частоты SINAMICS <i>Компьютерный класс</i> Персональный компьютер – 17 шт.	ауд. 105, гл. корп. ауд. 319, гл. корп.

Лист согласования РПД

Разработал
проф. кафедры электромеханики
им. А. Б. Зеленова _____
(должность)


(подпись) А.И. Мотченко
(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись) _____
(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись) _____
(Ф.И.О.)

Заведующий кафедрой


(подпись) Д.И. Морозов
(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электромеханики им. А.Б. Зеленова

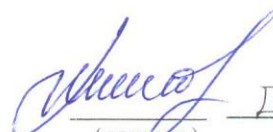
от 22.08.2024г.

Декана факультета


(подпись) В.В. Дьячкова
(Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической
комиссии по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и
электротехника


(подпись) Д.И. Морозов
(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


(подпись) О.А. Коваленко
(Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	