

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
 Председатель ученого совета
 факультета энергетики
 и систем управления

А.В. Бурковский _____
 (подпись)
 _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Моделирование и исследование электроприводов
 (наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: Электропривода, автоматике и управления в технических системах

Направление подготовки (специальности):

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 (код, наименование)

Профиль: Электропривод и автоматика
 (название профиля по УП)

Часов по УП: 288; **Часов по РПД:** 288;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 252; **Часов по РПД:** 252;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП: - 0;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД: - 0;

Часов на самостоятельную работу по УП: 132 (40%);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 132 (40%);

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 8;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамен – 8; Зачеты – 0, Зачет с оценкой -7; Курсовой проект - 8; Курсовые работы – 0; Контрольные работы – 7,8.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах																	
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		5 / 18		6 / 18		7 / 18		8 / 10		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции													36	36	12	12	48	48
Лабораторные													18	18	24	24	42	42
Практические													18	18	12	12	30	30
Ауд. занятия													72	72	48	48	120	120
Сам. работа													36	36	96	96	132	132
Итого													108	108	144	144	252	252

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 сентября 2015 №955.

Программу составил: _____ к.т.н. Фурсов В.Б.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____ к.т.н. Писаревский Ю.В.

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профили Электропривод и автоматика.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электропривода, автоматки и управления в технических системах

протокол № _____ от _____ 201 г.

Зав. кафедрой ЭАУТС _____ д.т.н., проф., Бурковский В.Л.

Председатель МКНП _____ Тикунов А.В.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины – формирование у студентов способности проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств, с целью получения математических моделей адекватно отражающих реальные процессы в электроприводе и других системах автоматического управления.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	изучение основных моделей электропривода и методов моделирования;
1.2.2	освоение принципов построения моделей реальных устройств в области электропривода и систем управления;
1.2.3	приобретение навыков реализации моделей средствами вычислительной техники и инструментальными средствами;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.10
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по высшей математике (ОПК2), физике (ОПК2), информатике (ОПК1), механике (ОПК2), теоретическим основам электротехники (ОПК3), теории автоматического управления (ПК1, ПК2), силовой электроники (ПК1, ПК2), электрических машин (ПК1, ПК2), теории электропривода (ОПК2, ПВК4) в пределах программы высшего профессионального образования в объеме бакалавриата	
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее	
Б3	Государственная итоговая аттестация

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-2	способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
Знает: – теоретические основы информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современные программные и технические средства компьютерной графики; методы сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем; Умеет: - формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета; использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;	

Владеет: – практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики.	
ПВК 4	- способность рассчитывать режимы работы и параметры оборудования электромеханических комплексов и электроэнергетических систем.
Знает: -основы теории электромеханического преобразования энергии и физические основы работы электрических машин, физические явления в электрических аппаратах;	
Умеет: – применять информационные технологии и средства компьютерной графики при моделировании электроприводов;	
Владеет: - теоретическими и практическими навыками моделирования электроприводов;	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	теоретические основы информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современные средства компьютерной графики;
3.1.2	основы теории электромеханического преобразования энергии и физические основы работы электрических машин, физические явления в электрических аппаратах;
3.1.3	методы сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;
3.2	Уметь:
3.2.1	применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;
3.2.2	формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;
3.2.3	использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;
3.3	Владеть:
3.3.1	практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;
3.3.2	теоретическими и практическими навыками моделирования;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ П./п	Наименование раздела дисциплины	Се-местр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Введение. Виды моделирования. Программное обеспечение моделирования. Методы численного решения дифференциальных уравнений.	7	1-3	6	2	-	2	10
2	Математические модели элементов электропривода.	7	4-18	30	16	18	34	98
3	Моделирование систем управления электроприводом	8	23-34	12	12	24	96	144
Итого				48	30	42	132	252

4.1 Лекции

Неделя се-местра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
7 семестр		36	
1	Лекция 1 Введение. Моделирование математическое и физическое. Компьютерное моделирование и его особенности. Общая схема построения современных программ по моделированию. Состояние и перспективы моделирования электромеханических систем.	2	
2	Лекция 2 Программное обеспечение моделирования. Методы численного решения дифференциальных уравнений.	2	
3	Лекция 3 Программа Simulink. Моделирование линейных систем автоматического управления. Блоки Simulink. Создание subsystem. Приложение SimPowerSystem. Назначение и возможности. Библиотека SimPowerSystem: электрические источники, элементы, машины, измерения, силовая электроника.	2	

4	Лекция 4 Дополнительные библиотеки. Дискретизация системы. Назначение и практическое осуществление. Дискретные блоки. Эталонное время.	2	
5	Лекция 5 Математические модели элементов привода. Управляемые <i>источники</i> питания, их математическое описание и компьютерные модели. Управляемые тиристорные выпрямители.	2	
6	Лекция 6 Широтно-импульсные преобразователи; автономные инверторы с различными законами управления.		
7	Лекция 7 ШИМ инверторы; их характеристики; замкнутые и разомкнутые. Многоуровневые инверторы.	2	
8	Лекция 8 Электрические двигатели. Моделирование работы двигателей.	2	
9	Лекция 9 ДПТ – двигатель постоянного тока, упрощенная и полная модели, линейная и нелинейная. Влияние нагрузки, двухмассовая нагрузка. Встроенная модель ДПТ. Пуск ДПТ с одномассовой и двухмассовой нагрузкой.	2	
10	Лекция 10 СДПМ – синхронный двигатель с постоянными магнитами: запись уравнений для трехфазной модели. Оси dq. Преобразование осей координат.	2	
11	Лекция 11 Уравнения СДПМ в осях dq. Встроенная модель СДПМ. Пуск СДПМ. Влияние нагрузки.	2	
12	Лекция 12 БДПТ – бесконтактный двигатель постоянного тока. СДПМ как БДПТ. Принцип работы, механические характеристики. Отличие от ДПТ.	2	
13	Лекция 13 Индукторный двигатель. Переход от СДПМ к реактивному двигателю, уравнения в осях dq. Вращающий момент. Встроенная модель.	2	
14	Лекция 14 Шаговые двигатели. Устройство. Способы управления фазами шагового двигателя. Особенности и ограничения. Основные уравнения. Моделирование шагового двигателя.	2	
15	Лекция 15 АД – асинхронный двигатель. Уравнения АД в координатах ABC. Переход к осям $\alpha\beta$.	2	
16	Лекция 14 Уравнения АД в осях dq. Встроенная модель АД	2	
17	Лекция 17 Определение параметров встроенной модели АД. Пуск АД. Конденсаторные асинхронные двигатели.	2	
18	Лекция 18 Синхронная машина с электромагнитным возбуждением.	2	
8 семестр		12	
25	Лекция 19 Моделирование систем управления. Регулирование в приводах. Основные показатели качества регулирования. Особенности нелинейных систем. Область допустимых значений регулирования. Регуляторы. Модели. Системы подчиненного управления. Двухконтурная система управления ДПТ с обратными связями по току и скорости. Настройка системы.	2	
27	Лекция 20 Асинхронные электроприводы со скалярным управлением. Законы регулирования. Векторная система управления СМПМ с обратными связями по току и скорости.	2	

29	Лекция 21 Моделирование векторной системы управления АД по полю с обратными связями по току и скорости. Цифровые системы управления. Информация в цифровых системах. Квантование. Уравнения для цифровых систем регулирования.	2	
31	Лекция 22 Моделирование цифровых систем - две задачи моделирования: Влияние квантованности на устойчивость и качество регулирования. Соответствие программы для микроконтроллера поставленной задаче регулирования. Методы решений. Датчики в ЭП. Математические модели датчиков скорости и угла; постоянного и переменного тока. Области применения.	2	
33	Лекция 23 Фазоимпульсные системы управления. Особенности математических моделей. Сложности моделирования. Оптимизация и настройка систем регулирования. Приложение SISO Design Tool и его применение к настройке динамики и статики линейных систем управления.	2	
35	Лекция 24 Приложение Simulink Optimization для оптимизации нелинейных систем управления. Применение программ оптимизации.	2	
Итого часов:		48	

4.2 Практические занятия (дисплейный класс)

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
7 семестр		18		
1-4	Моделирование линейных и нелинейных систем автоматического управления.	4	4	работающая модель
5-7	Моделирование инверторов - управляемых преобразователей постоянного напряжения в переменное.	6	6	работающая модель
8-12	Моделирование двигателей постоянного тока с одно и двух-массовой нагрузкой.	4	4	работающая модель
13-18	Моделирование индукторного двигателя.	4	4	работающая модель
8 семестр		12		
24-26	Системы подчиненного управления.	4	4	работающая модель

27-30	Векторная система управления синхронной машиной с постоянными магнитами	4	4	работающая модель
30-34	Моделирование цифровых систем: влияние квантования на работу системы регулирования.	4	4	работающая модель
Итого часов		30	30	

4.3 Лабораторные работы (дисплейный класс)

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
7 семестр		18		
1-3	Моделирование электронных преобразователей. Управляемые источники постоянного напряжения.	2		защита
4-5	Моделирование электронных преобразователей. Инверторы.	2		защита
6-7	Моделирование ШИМ инверторов: разомкнутые и замкнутые.	2		защита
8-9	Моделирование двигателей постоянного тока. Создание subsystem.	2		защита
10-11	Моделирование синхронной машины с постоянными магнитами (БДПТ – бесконтактного двигателя постоянного тока).	4		защита
12-14	Моделирование асинхронного двигателя.	2		защита
15-16	Моделирование шагового двигателя.	2		защита
17-18	Моделирование системы подчиненного управления.	2		защита
8 семестр		24		
23-24	Моделирование системы скалярного управления асинхронным двигателем.	4	4	защита
25-26	Моделирование системы векторного управления синхронной машиной с постоянными магнитами	4	4	
27-28	Моделирование системы векторной системы управления асинхронным двигателем.	6	6	защита
29-31	Моделирование цифровых систем управления электроприводом.	6	6	защита
32-34	Оптимизация системы подчиненного регулирования.	4	4	защита
Итого часов		42	42	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
7 семестр		Экзамен	36
3	Подготовка к практическому занятию.	опрос	4
5	Подготовка к лабораторной работе.	защита	4
7	Подготовка к практическому занятию.	опрос	4
9	Подготовка к лабораторной работе.	защита	4
11	Подготовка к практическому занятию.	опрос	4
13	Подготовка к лабораторной работе.	защита	4
15	Подготовка к практическому занятию.	опрос	4
17	Подготовка к зачету.	опрос	6
8 семестр		Зачет. Курсовой проект	96
24	Подготовка к к лабораторной работе.	защита	4
26	Подготовка к практическому занятию.	опрос	4
	Подготовка к лабораторной работе.	защита	4
27	Подготовка к лабораторной работе.	защита	4
28	Подготовка к практическому занятию.	опрос	4
	Подготовка к лабораторной работе.	защита	4
29	Подготовка к лабораторной работе.	защита	4
30	Подготовка к практическому занятию.	опрос	10
	Подготовка к лабораторной работе.	защита	
	Выполнение курсового проекта		
31	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение курсового проекта	защита	10
32	Подготовка к практическому занятию.	опрос	10
	Подготовка к лабораторной работе.	защита	
	Выполнение курсового проекта		
33	Подготовка к лабораторной работе.	защита	10
	Выполнение курсового проекта		
34	Подготовка к практическому занятию.	опрос	8
	Подготовка к лабораторной работе.	защита	
	Выполнение курсового проекта		
35	Подготовка к зачету.	опрос	20
	Защита курсового проекта	защита	
Итого часов			132

4.5 Методические рекомендации для студентов по освоению дисциплин образовательных программ высшего образования

Цель методических рекомендаций - обеспечить студенту оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

1. Методические рекомендации по изучению дисциплины

Студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины (да-

лее - РПД), с ее целями и задачами, связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимся на образовательном портале вуза, с графиком консультаций преподавателей кафедры.

1.1. Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям (теоретический курс)

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Именно поэтому контроль над систематической работой студентов всегда находится в центре внимания кафедры.

Студентам необходимо:

- на отдельные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, представленный лектором на портале или присланный на «электронный почтовый ящик группы» (таблицы, графики, схемы). Данный материал будет охарактеризован, прокомментирован, дополнен непосредственно на лекции;

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

1.2. Рекомендации по подготовке к практическим (лабораторным) занятиям

Студентам следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
- до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

- на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучавшейся на занятии.

2. Методические рекомендации по выполнению различных форм самостоятельных домашних заданий

Самостоятельная работа студентов включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины студентам предлагается перечень заданий для самостоятельной работы.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению.

Студентам следует:

- руководствоваться графиком самостоятельной работы, определенным РПД;
- выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы;

- при подготовке к экзамену параллельно прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины, фиксируя неясные моменты для их обсуждения на плановой консультации.

3. Методические рекомендации по работе с литературой

Любая форма самостоятельной работы студента (подготовка к семинарскому занятию, курсовой работы, доклада и т.п.) начинается с изучения соответствующей литературы, как в библиотеке, так и дома.

К каждой теме учебной дисциплины подобрана основная и дополнительная литература.

Основная литература - это учебники и учебные пособия.

Дополнительная литература - это различные справочники, энциклопедии, интернет ресурсы.

4. Методические рекомендации по подготовке, написанию и оформлению курсовой работы (проекта)

Выполнение курсовой работы (проекта) проводится с целью формирования общепрофессиональных компетенций и способностей к научно-исследовательской работе, позволяющих:

осуществлять поиск и использование информации (в том числе справочной и нормативной), сбор данных с применением современных информационных технологий, необходимых для решения профессиональных задач;

выбирать инструментальные средства для обработки данных в соответствии с поставленной задачей, применяя современный математический аппарат, программные продукты;

анализировать результаты расчетов, используя современные методы интерпретации данных, обосновывать полученные выводы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Информационные лекции;
5.2	Практические занятия: а) решение задач по моделированию на основе теоретических знаний, получаемых на лекциях с использованием программного обеспечения;
5.3	лабораторные работы: – выполнение лабораторных работ на реальном оборудовании, – защита выполненных работ с использованием программного обеспечения;
5.4	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к лекциям, лабораторным работам и практическим занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – подготовка к текущему контролю успеваемости;
5.5	консультации по всем вопросам учебной программы.
5.6	Информационные технологии – личный кабинет обучающегося; – самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных; – использование электронной почты преподавателей и обучающихся для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Паспорт компетенций для текущего контроля для РПД

Разделы дисциплины	Объект контроля	Форма контроля	Метод контроля	Срок выполнения
1	2	3	4	5
Виды моделирования. Программное обеспечение моделирования. Методы численного решения дифференциальных уравнений.	Знание предмета и методов численного решения дифференциальных уравнений, основные термины.	Опрос	Устный	2 неделя
Математические модели элементов электропривода	Моделирование элементов электропривода: управляемые выпрямители, широтно-импульсные преобразователи; автономные инверторы; ШИМ инверторы; электрические двигатели; датчики.	Опрос		3-16 недели
	Моделирование СДПМ		Контрольная работа №1.	15 неделя
Моделирование систем управления электроприводом	Моделирование систем управления: системы подчиненного управления; асинхронные электроприводы со скалярным управлением; векторная система управления СМПМ; векторная система управления АД; цифровые системы управления; оптимизации систем управления.	Опрос	Устный	25-34 недели
	Моделирование системы скалярного управления АД		Курсовой проект	33 неделя

Полная спецификация оценочных средств, процедур и контролируемых результатов в привязке к формируемым компетенциям, показателей и критериев оценивания приводится в Фонде оценочных средств по дисциплине, являющемся приложением к рабочей программе.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
7.1.1. Основная литература				
1	Фурсов, В. Б.	Моделирование электропривода [Текст]: учеб. пособие / В.Б. Фурсов - Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2008. 105 с.	2008 печ.	1
2	Фурсов, В. Б.	Моделирование электропривода: лабораторный практикум: учеб. пособие (2 Мб) / В.Б. Фурсов. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. 62 с	2013 элек.	1
7.1.2. Дополнительная литература				
3	Черных, И. В.	Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink [Текст]: монография / И. В. Черных – М.ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с. сайт MirKnig.com	2008 печ.	1
4	Дьяконов, В.	Simulink 4. Специальный справочник [Текст]: монография / В. Дьяконов. - СПб: Питер, 2002. – 528 с. сайт MirKnig.com	2002 печ.	1
5	Фурсов В.Б.	Моделирование в системе SimPowerSystem. Учебное пособие. Воронеж.: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2005. 116 с.	2005 элек.	1
6	Фурсов В.Б.	Моделирование в системе SIMULINK. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2004. 56 с.	2004 элек.	1
7.1.3 Методические разработки				
7	Фурсов В.Б.	Методические указания по выполнению лабораторных работ № 1-6 по дисциплине "Моделирование электропривода". Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2007. 29 с.	2007 печ.	1
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
1	Математические пакеты Matlab 15			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Дисплейный класс каф. ЭАУТС
------------	-----------------------------

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год издания. Вид издания.	Обеспеченность
1. Основная литература				
Л1.1				
1	Фурсов В.Б.	Моделирование электропривода [Текст]: учеб. пособие / В.Б. Фурсов - Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2008. 105 с.	2008, печ.	1
2	Фурсов В.Б.	Моделирование электропривода: лабораторный практикум: учеб. пособие (2 Мб) / В.Б. Фурсов. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. 62 с.	2013,элек.	1
2. Дополнительная литература				
Л2.1				
3	Фурсов В.Б.	Моделирование в системе SimPowerSysem. Учебное пособие. Воронеж.: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2005. 116 с.	2005, элек.	1
4	Фурсов В.Б.	Моделирование в системе SIMULINK. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2004. 56 с.	2004, элек.	1
3. Методические разработки				
Л3.1				
5	Фурсов В.Б.	Методические указания по выполнению лабораторных работ № 1-6 по дисциплине "Моделирование электропривода". Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2007. 29 с.	2008, печ.	1

Зав. кафедрой _____ / Бурковский В.Л. /
 Директор НТБ _____ / Буковшина Т.И. /

Приложение 2
Приложение к рабочей программе
дисциплины «Моделирование и исследование электроприводов»

**Фонд оценочных средств
по дисциплине «Моделирование и исследование электроприводов»**

для направления подготовки (специальности)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код, наименование)

Профили подготовки (специализация) **Электропривод и автоматика,**

(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения очная

Срок обучения 4 года

Паспорт фонда оценочных средств для текущего контроля
и промежуточной аттестации
для направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
профиль «Электропривод и автоматика»
Форма обучения – очная. Срок обучения – 4 года

Раздел дисциплины	Код формируемой компетенций	Объект контроля	Форма и методика контроля	Контрольные материалы	Срок исполнения	
7 семестр						
1. Введение. Виды моделирования. Программное обеспечение моделирования. Методы численного решения дифференциальных уравнений.	Знание предмета и методов численного решения дифференциальных уравнений, основные термины.	ОПК-2 ПВК-4	-Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики; основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах; методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем; -умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области; формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета; использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов; - владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики; теоретическими и практическими навыками моделирования;	Устный опрос во время практических занятий.	Вопросы к зачету 1- 6	2 неделя
2. Математические модели элементов электропривода	Моделирование элементов электропривода: управляемые выпрямители, широтно-импульсные преобразователи; автономные инверторы; ШИМ инвер-	ОПК-2 ПВК-4	-Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики; основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах; методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем; -умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;	Устный опрос во время практических занятий. Защита лабораторных работ.	Вопросы к зачету 7 - 22.	3-17 недели

	торы; электрические двигатели; датчики.		<p>формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;</p> <p>использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;</p> <p>- владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;</p> <p>теоретическими и практическими навыками моделирования;</p>			
	Моделирование СДПМ	ОПК-2 ПВК-4	<p>-Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики;</p> <p>основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах;</p> <p>методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;</p> <p>-умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;</p> <p>формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;</p> <p>использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;</p> <p>- владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;</p> <p>теоретическими и практическими навыками моделирования;</p>	Контрольная работа во время практических занятий в течение 45 мин. без использования справочной литературы. Результат объявляется на следующем занятии.	Контрольная работа №1.	15 неделя
Промежуточная аттестация - экзамен						
Разделы 1-2		ОПК-2 ПВК-4	<p>-Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики;</p> <p>основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах;</p> <p>методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;</p> <p>-умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;</p>			

			<p>формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;</p> <p>использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;</p> <p>- владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;</p> <p>теоретическими и практическими навыками моделирования;</p>			
8 семестр						
3. Моделирование систем управления электроприводом	<p>Моделирование систем управления: системы подчиненного управления; асинхронные электроприводы со скалярным управлением; векторная система управления СМПИМ; векторная система управления АД; цифровые системы управления; оптимизации систем управления.</p>	ОПК-2 ПВК-4	<p>-Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики;</p> <p>основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах;</p> <p>методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;</p> <p>-умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;</p> <p>формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;</p> <p>использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;</p> <p>- владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;</p> <p>теоретическими и практическими навыками моделирования;</p>	Устный опрос во время практических занятий. Защита лабораторных работ.	<p>Вопросы к зачету 23 - 34.</p> <p>Вопросы к защите лабораторных работ в методических указаниях 7.1.3.1</p>	25-34 недели
	<p>Моделирование системы скалярного управления АД</p>	ОПК-2 ПВК-4	<p>-Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики;</p> <p>основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах;</p> <p>методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;</p> <p>-умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;</p>	<p>Контрольная работа во время практических занятий в течение 45 мин. без использования справочной литературы. Результат объявляется на следующем занятии.</p> <p>Защита курсового проекта</p>	<p>Контрольная работа №2.</p>	33 неделя

			<p>формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;</p> <p>использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;</p> <p>- владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;</p> <p>теоретическими и практическими навыками моделирования;</p>			
Промежуточная аттестация – зачет с оценкой						
Раздел 3		ОПК-2 ПВК-4	<p>-Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики;</p> <p>основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах;</p> <p>методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;</p> <p>-умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;</p> <p>формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;</p> <p>использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;</p> <p>- владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;</p> <p>теоретическими и практическими навыками моделирования;</p>	Устный опрос во время зачета	Вопросы к зачету	34 неделя

Критерии оценки контрольных заданий: «зачтено» - задание выполнено полностью, даже с подсказкой руководителя, и демонстрируется правильный подход к решению; «не зачтено» – в противном случае.

Вопросы к экзамену:

1. Моделирование физическое и математическое.
2. Можно ли компьютерное моделирование отнести к особому виду моделирования?
3. Программа Simulink. Назначение и возможности.
4. Работа в Simulink. Моделирование линейных систем автоматического управления. Построение переходных функций, логарифмических амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик, годографов и пр.
5. Блоки Simulink: непрерывные, разрывные, математические, направление сигналов, источники и приемники сигналов, функции пользователя.
6. Решатели Simulink; методы решений дифференциальных уравнений.
7. Типы данных, поддерживаемые Simulink.
8. Сигналы в Simulink.
9. Создание subsystem, маска subsystem, ввод параметров.
10. Приложение SimPowerSystem. Назначение и возможности. Силовая и сигнальная части. Взаимодействие между ними.
11. Библиотека SimPowerSystem: электрические источники, элементы, машины, измерения, силовая электроника. Дополнительные библиотеки.
12. Дискретизация системы. Назначение и практическое осуществление. Дискретные блоки. Эталонное время.
13. Управляемые *источники* питания, их математическое описание и компьютерные модели:
 - а) управляемые тиристорные выпрямители;
 - б) широтно-импульсные преобразователи;
 - в) автономные инверторы с различными законами управления;
 - г) ШИМ инверторы; их характеристики; замкнутые и разомкнутые.
 - д) микросхемы управления, моделирование логики их работы; драйверы.
14. Датчики положения, скорости, тока, магнитного потока, момента; их модели.
15. *Электромеханические преобразователи*: реле, магнитные пускатели, электромагниты.
16. *Регуляторы* и корректирующие звенья.
17. *Электрические двигатели*:

ДПТ – двигатель постоянного тока, упрощенная и полная модели, линейная и нелинейная. Влияние нагрузки, двухмассовая нагрузка. Встроенная модель ДПТ.

СДПМ – синхронный двигатель с постоянным магнитом: запись уравнений для трехфазной модели. Оси dq. Преобразование осей координат. Уравнения СДПМ в осях dq. Встроенная модель СДПМ.

Реактивный (индукторный) двигатель. Переход от СДПМ к реактивному двигателю, уравнения в осях dq. Вращающий момент. Встроенная модель.

БДПТ – бесконтактный двигатель постоянного тока. СДПМ как БДПТ. Принцип работы, механические характеристики. Отличие от ДПТ.

АД – асинхронный двигатель. Уравнения АД в координатах ABC. Переход к осям $\alpha\beta$. Уравнения АД в осях dq. Встроенная модель АД.

Шаговые двигатели. Устройство. Способы управления фазами шагового двигателя. Особенности и ограничения. Основные уравнения. Моделирование шагового двигателя.
18. Пуск ДПТ с одномассовой и двухмассовой нагрузкой. Наброс нагрузки.
19. Пуск СДПМ. Влияние нагрузки.
20. Работа БДПТ.
21. Определение параметров встроенной модели АД. Пуск АД. Наброс нагрузки.
22. Работа шагового двигателя при различных скоростных режимах.

Вопросы к зачету с оценкой

1. Регулирование в приводах. Основные показатели качества регулирования. Особенности нелинейных систем.
2. Область допустимых значений регулирования. Регуляторы.
3. Настройка систем. Блок оптимизации переходных процессов Simulink Response Optimization.
4. Системы подчиненного управления. Двухконтурная система управления ДПТ с обратными связями по току и скорости. Настройка системы.
5. Асинхронные электроприводы со скалярным управлением. Законы регулирования.
6. Векторная система управления СМППМ с обратными связями по току и скорости.
7. Векторная система управления АД по полю с обратными связями по току и скорости.
8. Цифровые системы управления. Информация в цифровых системах. Квантование. Уравнения для цифровых систем регулирования.
9. Моделирование цифровых систем. Методы решений.
10. Приложение SISO Design Tool и его применение к настройке динамики и статики линейных систем управления.
11. Оптимизации систем управления. Виды оптимизации. Методы поиска экстремума.
12. Приложение Simulink Response Optimization для оптимизации нелинейных систем управления.
13. Цифровые системы управления. Информация в цифровых системах. Квантование.
14. Уравнения для цифровых систем регулирования.
15. Моделирование цифровых систем. Методы решений.
16. Датчики в ЭП. Математические модели датчиков скорости и угла; постоянного и переменного тока. Области применения.
17. Оптимизация и настройка систем регулирования. Приложение SISO Design Tool и его применение к настройке динамики и статики линейных систем управления.
18. Приложение Simulink Optimization для оптимизации нелинейных систем управления.
19. Оптимизация системы подчиненного регулирования.