

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок
Кафедра электротехнических комплексов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА
к.т.н. Вильбергер М. Е.
“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Моделирование систем

Образовательная программа: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств,
профиль: Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовом комплексе

Курс: 3 4, семестры : 6 7

Факультет мехатроники и автоматизации, заочная форма обучения

		Семестр	
№	Вид деятельности	6	7
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	0	4
2	Всего часов	0	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	2	17
4	Лекции, час.	2	4
5	Практические занятия, час.	0	2
6	Лабораторные занятия, час.	0	2
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0	0
8	Аттестация, час.	0	2
9	Консультации, час.		7
10	Самостоятельная работа, час.	0	125
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)		РГЗ
12	Вид аттестации		ДЗ

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

ФГОС введен в действие приказом №200 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 27.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭАПУ, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

ЭТК, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета мехатроники и автоматизации, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Глазырин М. В.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Аносов В. Н.

профессор, д.т.н. Щуров Н. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Аносов В. Н.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:	
у8. уметь использовать ЭВМ при имитационном моделировании заданного исследуемого процесса	
Компетенция ФГОС: ПК.19 способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами; в части следующих результатов обучения:	
з10. знать основные методы математической обработки опытных данных и результатов экспериментальных исследований	
з7. знать основные методы теоретического и экспериментального исследования с использованием математических и физических моделей	
у14. уметь использовать известные методы решения алгебраических и интегро-дифференциальных уравнений, описывающие режимы работы электротехнических систем	
у9. уметь составлять и решать математические модели, адекватные исследуемому объекту	
Компетенция ФГОС: ПК.20 способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций; в части следующих результатов обучения:	
у5. уметь выполнять оценку достоверности полученных результатов экспериментальных исследований и осуществлять их интерпретацию	
у6. уметь определять параметры физических моделей на основе теорем о подобии для выполнения экспериментальных исследований	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Моделирование систем</i>	
ОПК.3.у8 уметь использовать ЭВМ при имитационном моделировании заданного исследуемого процесса	
1.Использовать ЭВМ при имитационном моделировании заданного исследуемого процесса	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.19.з7 знать основные методы теоретического и экспериментального исследования с использованием математических и физических моделей	
2.Основные методы теоретического и экспериментального исследования с использованием математических и физических моделей	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.19.з10 знать основные методы математической обработки опытных данных и результатов экспериментальных исследований	
3.Основные методы математической обработки опытных данных и результатов экспериментальных исследований	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.19.у14 уметь использовать известные методы решения алгебраических и интегро-дифференциальных уравнений, описывающие режимы работы электротехнических систем	
4.Использовать известные методы решения алгебраических и интегро-дифференциальных уравнений, описывающие режимы работы электротехнических систем	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

ПК.19.у9 уметь составлять и решать математические модели, адекватные исследуемому объекту	
5. Составлять и решать математические модели, адекватные исследуемому объекту	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.20.у5 уметь выполнять оценку достоверности полученных результатов экспериментальных исследований и осуществлять их интерпретацию	
6. Выполнять оценку достоверности полученных результатов экспериментальных исследований и осуществлять их интерпретацию	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.20.у6 уметь определять параметры физических моделей на основе теорем о подобии для выполнения экспериментальных исследований	
7. Определять параметры физических моделей на основе теорем о подобии для выполнения экспериментальных исследований	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Введение. Выдача задания на РГЗ. Библиографическое обеспечение				
6. Классификация методов моделирования. Цели и задачи моделирования электромеханических и электротехнических систем	0	2	2, 5	Получают представление о способах моделирования и областях их применения. Получают представление о целях и задачах моделирования электромеханических и электротехнических систем.
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Классификация моделей и виды моделирования.				
1. Основы моделирования	0	0,5	2, 5, 7	Введение. Задачи моделирования. Классификация моделей и виды моделирования. Методы исследования математических моделей систем и процессов. Линеаризация. Методы проверки результатов моделирования электромеханических систем.
Дидактическая единица: Построение и проверка математических моделей электромеханических систем				

2. Принципы построения математических моделей.	0	0,5	1, 2, 5, 7	Основы построения математических моделей электромеханических систем (на примере двигателя постоянного тока с независимым возбуждением). Принцип действия электромеханического преобразователя на примере электрической машины постоянного тока в двигательном и генераторном режимах. Составление электрической схемы замещения электрической машины постоянного тока с независимым возбуждением. Математическое описание динамических процессов в двигателе постоянного тока с независимым возбуждением. Учёт свойств механической передачи и приводимого механизма. Двухмассовые электромеханические системы. Основные допущения моделей. Начальные условия. Решение системы дифференциальных уравнений модели для процесса пуска двигателя аналитическим методом. Проверка результатов компьютерного эксперимента по механическим характеристикам. Интуитивное моделирование. Качественная проверка результатов расчёта переходных процессов. Применение закона сохранения энергии для проверки результатов моделирования.
3. Основы проверки математических моделей.	0	0,5	3, 4, 6	дифференциальных уравнений модели для процесса пуска двигателя аналитическим методом. Проверка результатов компьютерного эксперимента по механическим характеристикам. Интуитивное моделирование. Качественная проверка результатов расчёта переходных процессов. Применение закона сохранения энергии для проверки результатов моделирования.
Дидактическая единица: Математические модели электромеханических систем переменного тока.				

4. Моделирование электромеханических систем на основе асинхронной электрической машины	0	1,5	1, 2, 6, 7	Моделирование электромеханических систем переменного тока. Математическое описание обобщённой асинхронной машины. Метод пространственного вектора. Сегрегация фаз. Математическая модель асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат. Математическая модель асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат. Переходные процессы пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Проверка результатов моделирования. Выводы.
5. Моделирование синхронного генератора с магнитоэлектрическим возбуждением.	0	1	1, 2, 5, 6, 7	Математическое описание синхронного генератора с магнитоэлектрическим возбуждением. Модели синхронного генератора с магнитоэлектрическим возбуждением в неподвижной и вращающейся системах координат. Зависимость напряжения генератора от частоты вращения приводного двигателя в динамических режимах.

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Построение и проверка математических моделей электромеханических систем				
1. Моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса двигателя постоянного тока с независимым возбуждением	0	0,5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Рисуют функциональную схему электропривода, электрическую схему замещения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Составляют систему дифференциальных уравнений в форме Коши. Составляют программу расчёта переходных процессов в пакете Mathcad. Сопоставляют результаты теории и расчётов

2. Структурное моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса для двигателей постоянного тока с тремя различными способами возбуждения	0	0,5	1, 2, 4, 5, 6, 7	Рисуют функциональные схемы электроприводов, электрические схемы замещения двигателей. Составляют системы дифференциальных уравнений в форме Коши. Подготавливают детализированные структурные схемы для расчёта переходных процессов. Сопоставляют результаты теории и расчётов
3. Структурное моделирование переходных процессов в электроприводе регулируемой частоты вращения на базе системы Г-Д	0	0,5	1, 2, 4, 5, 6, 7	Производят структурное моделирование генератора постоянного тока. Рисуют функциональную схему электропривода с тахогенератором и регулятором скорости. Производят синтез регулятора. Подготавливают детализированные структурные схемы для расчёта переходных процессов. Сопоставляют результаты теории и расчётов
Дидактическая единица: Математические модели электромеханических систем переменного тока.				
4. Моделирование процесса пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	0	0,5	1, 2, 3, 4, 6, 7	Записывают уравнения идеализированного двухфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат. Подготавливают структурную схему. Осуществляют моделирование процесса пуска двигателя. Оформляют результаты расчётов в виде синхронизированных во времени диаграмм. Сопоставляют результаты теории и расчётов

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Построение и проверка математических моделей электромеханических систем				
1. Синтез регуляторов электропривода постоянного тока. Методика проверки результатов синтеза.	0	0,5	1, 2, 6	Изучают методику анализа и синтеза систем подчинённого регулирования
2. Получение передаточных функций четырёхполусников	0	0,5	2, 5	Получают навыки моделирования простейших электрических цепей

3. Подготовка и расчёт параметров моделей электрических машин постоянного тока при неполной справочной информации. Проверочные расчёты	0	0,5	3, 4, 5, 7	Получают навыки определения и проверки достоверности параметров моделей электромеханических систем
4. Вывод передаточной функции двигателя постоянного тока. Электромеханическая и электромагнитная постоянные времени	0	0,5	2, 5, 6, 7	Изучают методику получения передаточных функций электромеханических систем
Дидактическая единица: Математические модели электромеханических систем переменного тока.				
5. Подготовка и расчёт параметров моделей электрических машин переменного тока при неполной справочной информации. Проверочные расчёты	0	0	3, 4, 5, 7	Получают навыки определения и проверки достоверности параметров моделей электрических машин переменного тока

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	РГЗ	1, 2, 3, 4, 5, 6	70	3
Разработка структурных схем для моделирования частотного пуска асинхронного двигателя без нагрузки и под нагрузкой; для ступенчатого нагружения асинхронного двигателя из режима холостого хода. Подготовка параметров моделей на основе справочных данных на двигатель. Проверочный расчёт результатов моделирования.: Гурова Е. Г. Моделирование электротехнических систем : учебное пособие к компьютерному варианту расчетно-графических работ по курсу "Моделирование электротехнических систем" / Е. Г. Гурова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 48, [3] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208846				
2	Подготовка к занятиям	1, 2, 4, 5, 7	30	2
Подготовка к письменным опросам (повторение лекционного материала - 5 часов). Это необходимо для более полного освоения теоретического материала и приобретения практических навыков моделирования реальных САУ. Подготовка к лабораторным работам (4 работы): чтение раздаточных материалов к лабораторной работе и подготовка отчёта; подготовка к защите лабораторных работ, которая заключается в ответах на контрольные вопросы защищаемой лабораторной работы. На подготовку отводится 9 часов самостоятельной работы. : Гурова Е. Г. Моделирование электротехнических систем : учебное пособие к компьютерному варианту расчетно-графических работ по курсу "Моделирование электротехнических систем" / Е. Г. Гурова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 48, [3] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208846				
3	Подготовка к аттестации	2, 3, 5	25	2
Подготовка к зачёту проводится по конспектам лекций и рекомендованной литературе в соответствии с перечнем вопросов к зачёту: Гурова Е. Г. Моделирование электротехнических систем : учебное пособие к компьютерному варианту расчетно-графических работ по курсу "Моделирование электротехнических систем" / Е. Г. Гурова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 48, [3] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208846				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail
Консультирование	e-mail
Контроль	e-mail
Размещение учебных материалов	e-mail

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
<i>Лекция:</i>	0	
<i>Лабораторная:</i>	16	40
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Сырецкий Г. А. Моделирование систем. Ч. 3 : лабораторный практикум для дневного и заочного отделений МТФ специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)" / Г. А. Сырецкий ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 36, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154383 "		
<i>Лабораторная:</i>	16	40
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Сырецкий Г. А. Моделирование систем. Ч. 3 : лабораторный практикум для дневного и заочного отделений МТФ специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)" / Г. А. Сырецкий ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 36, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154383 "		
<i>РГЗ:</i>	10	40
<i>Зачет:</i>	4	20
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Защита ЛР	Защита РГЗ	Зачет
ОПК.3	у8. уметь использовать ЭВМ при имитационном моделировании заданного исследуемого процесса	+	+	+
ПК.19	з10. знать основные методы математической обработки опытных данных и результатов экспериментальных исследований	+	+	+
	з37. знать основные методы теоретического и экспериментального исследования с использованием математических и физических моделей	+	+	+

	у14. уметь использовать известные методы решения алгебраических и интегро-дифференциальных уравнений, описывающие режимы работы электротехнических систем	+	+	+
	у9. уметь составлять и решать математические модели, адекватные исследуемому объекту	+	+	+
ПК.20	у5. уметь выполнять оценку достоверности полученных результатов экспериментальных исследований и осуществлять их интерпретацию	+	+	+
	у6. уметь определять параметры физических моделей на основе теорем о подобии для выполнения экспериментальных исследований	+	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Симаков Г. М. Системы автоматического управления электроприводов металлорежущих станков / Г. М. Симаков. - Новосибирск, 2007. - 299 с. : схемы. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000072241
2. Лыкин А. В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов : [учебное пособие по направлению 140200 - "Электротехника"] / А. В. Лыкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2009. - 225, [1] с. : схемы. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000088261
3. Симаков Г. М. Цифровая схемотехника в автоматизированном электроприводе : учебное пособие / Г. М. Симаков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 154, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000068041

Дополнительная литература

1. Сырецкий Г. А. Интегрированные системы проектирования и управления. Ч. 1 : лабораторный практикум : учебное пособие / Г. А. Сырецкий ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 56, [5] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000127265
2. Сырецкий Г. А. Моделирование систем. Ч. 3 : лабораторный практикум для дневного и заочного отделений МТФ специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)" / Г. А. Сырецкий ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 36, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154383
3. Сырецкий Г. А. Моделирование систем. Ч. 2 : [учебное пособие для дневного и заочного отделений МТФ специальности "Автоматизация технологических процессов и производств" (в машиностроении)] / Г. А. Сырецкий ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 78, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000127342

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Гурова Е. Г. Моделирование электротехнических систем : учебное пособие к компьютерному варианту расчетно-графических работ по курсу "Моделирование электротехнических систем" / Е. Г. Гурова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 48, [3] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208846

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Office

2 Matlab Simulink

3 MathCAD

9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Выполнение лабораторных работ по дисциплине

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Моделирование систем приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.3 способность использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности	у8. уметь использовать ЭВМ при имитационном моделировании заданного исследуемого процесса	Моделирование процесса пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором Моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса двигателя постоянного тока с независимым возбуждением Моделирование синхронного генератора с магнитоэлектрическим возбуждением. Моделирование электромеханических систем на основе асинхронной электрической машины Принципы построения математических моделей. Синтез регуляторов электропривода постоянного тока. Методика проверки результатов синтеза. Структурное моделирование переходных процессов в электроприводе регулируемой частоты вращения на базе системы Г-Д Структурное моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса для двигателей постоянного тока с тремя различными способами возбуждения	РГЗ, раздел 3	Зачёт, вопросы 1-11; 18-23
ПК.19/НИ способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее	зб. знать основные методы теоретического и экспериментального исследования с использованием математических и физических моделей	Вывод передаточной функции двигателя постоянного тока. Электромеханическая и электромагнитная постоянные времени Моделирование процесса пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором Моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса двигателя постоянного тока с независимым возбуждением Моделирование синхронного генератора с магнитоэлектрическим возбуждением.	РГЗ, раздел 2	Зачёт, вопросы 6-10; 13-25

качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами		Моделирование электромеханических систем на основе асинхронной электрической машины Основы моделирования Получение передаточных функций четырёхполюсников Принципы построения математических моделей. Синтез регуляторов электропривода постоянного тока. Методика проверки результатов синтеза. Структурное моделирование переходных процессов в электроприводе регулируемой частоты вращения на базе системы Г-Д Структурное моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса для двигателей постоянного тока с тремя различными способами возбуждения		
ПК.19/НИ	з9. знать основные методы математической обработки опытных данных и результатов экспериментальных исследований	Основы проверки математических моделей. Подготовка и расчёт параметров моделей электрических машин переменного тока при неполной справочной информации. Проверочные расчёты Подготовка и расчёт параметров моделей электрических машин постоянного тока при неполной справочной информации. Проверочные расчёты	РГЗ, раздел 2	Зачёт, вопросы 1-8; 15, 16, 17
ПК.19/НИ	у9. уметь составлять и решать математические модели, адекватные исследуемому объекту	Вывод передаточной функции двигателя постоянного тока. Электромеханическая и электромагнитная постоянные времени Моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса двигателя постоянного тока с независимым возбуждением Моделирование синхронного генератора с магнитоэлектрическим возбуждением. Основы моделирования Подготовка и расчёт параметров моделей электрических машин переменного тока при неполной справочной информации. Проверочные расчёты Подготовка и расчёт параметров моделей электрических машин постоянного тока при неполной справочной информации. Проверочные расчёты Получение передаточных функций	РГЗ, раздел 2	Зачёт, вопросы 2-5; 11-15, 24

		четырёхполосников Принципы построения математических моделей. Структурное моделирование переходных процессов в электроприводе регулируемой частоты вращения на базе системы Г-Д Структурное моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса для двигателей постоянного тока с тремя различными способами возбуждения		
ПК.19/НИ	у14. уметь использовать известные методы решения алгебраических и интегро-дифференциальных уравнений, описывающие режимы работы электротехнических систем	Основы проверки математических моделей.	РГЗ, раздел 3	Зачёт, вопросы 6-10; 15, 16
ПК.20/НИ способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций	у5. уметь выполнять оценку достоверности полученных результатов экспериментальных исследований и осуществлять их интерпретацию	Вывод передаточной функции двигателя постоянного тока. Электромеханическая и электромагнитная постоянные времени Моделирование процесса пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором Моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса двигателя постоянного тока с независимым возбуждением Моделирование синхронного генератора с магнитоэлектрическим возбуждением. Моделирование электромеханических систем на основе асинхронной электрической машины Основы проверки математических моделей. Синтез регуляторов электропривода постоянного тока. Методика проверки результатов синтеза. Структурное моделирование переходных процессов в электроприводе регулируемой частоты вращения на базе системы Г-Д Структурное моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса для двигателей постоянного тока с тремя различными способами возбуждения	РГЗ, раздел 2	Зачёт, вопросы 1-3; 11-14, 25

ПК.20/НИ	уб. уметь определять параметры физических моделей на основе теорем о подобии для выполнения экспериментальных исследований	Моделирование процесса пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором Моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса двигателя постоянного тока с независимым возбуждением Основы моделирования Подготовка и расчёт параметров моделей электрических машин переменного тока при неполной справочной информации. Проверочные расчёты Подготовка и расчёт параметров моделей электрических машин постоянного тока при неполной справочной информации. Проверочные расчёты Принципы построения математических моделей. Структурное моделирование переходных процессов в электроприводе регулируемой частоты вращения на базе системы Г-Д Структурное моделирование процессов пуска, изменения нагрузочного момента и реверса для двигателей постоянного тока с тремя различными способами возбуждения	РГЗ, раздел 1	Зачёт, вопросы 2, 8, 10-13; 21, 23
----------	--	---	---------------	------------------------------------

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3, ПК.19/НИ, ПК.20/НИ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам. В ходе зачёта преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы уточняющего характера в рамках тематик вопросов билета. В ходе зачёта преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы уточняющего характера в рамках тематик вопросов билета.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.3, ПК.19/НИ, ПК.20/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт дифференцированного зачёта

по дисциплине «Моделирование систем», 7 семестр

1. Методика оценки

Зачёт проводится в устной форме, по вопросам. В ходе зачёта преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы уточняющего характера в рамках тематик вопросов билета (п. 4).

Форма зачётного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФМА

Билет № 5

к зачёту по дисциплине «Моделирование систем»

Применение закона сохранения энергии для проверки результатов моделирования.

Утверждаю: зав. кафедрой ЭАПУ _____ В.Н. Аносов
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на зачётный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопрос не дает основных определений и не способен привести примеры из лекций и лабораторных работ, оценка составляет *от 0 до 2 баллов*.
- Ответ на зачётный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопрос дает основные определения и приводит классификацию моделей, при этом затрудняется производить анализ структур моделей, оценка составляет *от 3 до 10 баллов*.
- Ответ на зачётный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент знает принципы создания моделей систем, способен анализировать результаты моделирования, однако не проявляет навыков в разработке и построении новых моделей, оценка составляет *от 11 до 15 баллов*.
- Ответ на зачётный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент в совершенстве владеет вопросами моделирования и проверки результатов, способен предлагать собственные решения в вопросах разработки и построения моделей систем, оценка составляет *от 16 до 20 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы зачёта учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. Коэффициент учета баллов за зачёт в общей оценке по дисциплине равен 1.

4. Вопросы к дифференцированному зачёту по дисциплине «Моделирование систем»

1. Основные положения теории подобия
2. Методы упрощения математических моделей
3. Цели исследования моделей электромеханических систем
4. Численные методы расчёта систем дифференциальных уравнений
5. Виды моделирования электромеханических систем. Классификация моделей
6. Составить уравнения и структурную схему модели двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Перечислить и обосновать основные допущения модели
7. Составить уравнения и структурную схему модели двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением. Перечислить и обосновать основные допущения модели
8. Составить уравнения и структурную схему модели асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат. Перечислить и обосновать основные допущения модели
9. Составить уравнения и структурную схему модели синхронного генератора с магнитоэлектрическим возбуждением во вращающейся системе координат. Перечислить и обосновать основные допущения модели
10. Составить уравнения и структурную схему модели системы Г-Д. Перечислить и обосновать основные допущения модели
11. Учёт свойств тиристорного управляемого выпрямителя при синтезе регуляторов и исследовании электроприводов постоянного тока
12. Учёт свойств транзисторного ШИП при синтезе регуляторов и исследовании электроприводов постоянного тока
13. Синтез и моделирование системы подчинённого регулирования электропривода постоянного тока
14. Виды механических передач. Составление математических моделей механической части электропривода
15. Методика проверки результатов моделирования аналитическим методом
16. Применение закона сохранения энергии для проверки результатов моделирования
17. Задача Коши. Метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты
18. Моделирование переходных режимов работы двигателя постоянного тока с независимым возбуждением
19. Моделирование переходных режимов работы двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением
20. Моделирование переходных режимов работы двигателя постоянного тока со смешанным возбуждением
21. Моделирование переходных режимов работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат
22. Моделирование переходных режимов работы синхронного генератора с магнитоэлектрическим возбуждением во вращающейся системе координат
23. Моделирование переходных режимов работы системы Г-Д
24. Моделирование режимов работы транзисторного ШИП в электроприводе постоянного тока
25. Настройка параметров систем подчинённого регулирования электроприводов постоянного тока

Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Моделирование систем», 7 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты изучают один из вариантов построения модели асинхронного частотно-регулируемого электропривода.

При выполнении расчетно-графического задания студенты, составляют уравнения и структурную схему модели электропривода, производят расчёты тестовых и рабочих режимов работы электропривода при помощи вычислительной техники и вручную с целью проверки результатов моделирования.

Обязательные структурные части РГЗ:

1. Описание силовой схемы электропривода
 - 1.1. Принцип действия и механическая характеристика асинхронного двигателя.
 - 1.2. Инерционные свойства преобразователя частоты как элемента системы электропривода.
 - 1.3. Построение структуры модели силовой части электропривода.
 - 1.4. Выводы.
2. Расчёт параметров модели асинхронного двигателя
 - 2.1. Расчёт номинального фазного тока и номинального момента.
 - 2.2. Расчёт параметров схемы замещения фазы асинхронного двигателя.
 - 2.3. Расчёт коэффициента жёсткости механической характеристики.
3. Моделирование типовых режимов работы асинхронного электропривода
 - 3.1. Моделирование плавного пуска без нагрузки и под нагрузкой.
 - 3.2. Моделирование процессов при внезапном приложении механической нагрузки.
 - 3.3. Проверочные расчёты.
 - 3.4. Выводы.

Перечень графического материала:

- Силовая схема электропривода.
- Механическая характеристика асинхронной машины.
- Графики переходных процессов.

Оцениваемые позиции: оформление работы согласно ГОСТ 2.105-95, полнота и точность изложения материала, рациональность и точность расчётов, качество оформления графического материала.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если работа оформлена не в соответствии с требованиями ГОСТ, выполнены не все части РГЗ, отсутствуют расчёты параметров модели, выбор структуры модели не обоснован, качество графического материала неудовлетворительное, оценка составляет от 0 до 1 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если работа оформлена с отклонениями от требований ГОСТ, если части РГЗ выполнены формально: анализ силовой схемы выполнен поверхностно, структура модели составлена с ошибками, электрическая схема электропривода не отвечает требованиям к ее функционированию, низкое качество графического материала, оценка составляет от 2 до 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если работа оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ, если анализ силовой схемы электропривода выполнен подробно, структура

модели составлена без ошибок, но без достаточного обоснования, хорошее качество графического материала, имеются проверочные расчёты установившихся режимов, оценка составляет от 11 до 16 баллов.

- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ силовой схемы электропривода выполнен подробно, структура модели составлена без ошибок, с полным пояснением уравнениями и механической характеристикой, хорошее качество графического материала, имеются проверочные расчёты всех смоделированных режимов работы электропривода, оценка составляет от 17 до 20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. Коэффициент учета баллов за РГЗ в общей оценке по дисциплине равен 1.

4. Примерный перечень вариантов заданий на РГЗ

Варианты на расчетно-графическое задание выдаются преподавателем, ведущим дисциплину, индивидуально каждому студенту. Вариант задания состоит из арабской цифры (от 1 до 26), задающих тип двигателя, для которого необходимо выполнить расчёт основных установившихся и динамических режимов работы, предварительно составив структурную схему модели. Например: 5.

Таблица вариантов расчетно-графического задания

№ вар.	$P_{\text{ном.}}$ кВт	$P_{\text{п}}$	кпд ном.	$\cos\varphi$ ном.	s_K	m_K	s ном. %	J_{Σ} кГм ²	X_m о.е.	R_1' о.е.	X_1' о.е.	R_2'' о.е.	X_2'' о.е.
1	1.5	3	0.75	0.74	0.31	2.2	6.4	0.008	1.8	0.11	0.11	0.088	0.21
2	2.2	3	0.81	0.73	0.255	2.2	5.1	0.013	1.9	0.09	0.11	0.067	0.21
3	3	3	0.81	0.76	0.37	2.5	4.7	0.017	1.9	0.085	0.074	0.063	0.10
4	4	3	0.82	0.81	0.38	2.5	5.1	0.021	2.0	0.077	0.073	0.062	0.11
5	5.5	3	0.85	0.80	0.36	2.5	3.3	0.040	1.9	0.067	0.072	0.041	0.11
6	7.5	3	0.855	0.81	0.26	2.5	3.2	0.058	2.1	0.060	0.070	0.040	0.11
7	18.5	2	0.895	0.88	0.16	2.3	2.2	0.13	4.3	0.042	0.085	0.024	0.13
8	22	2	0.900	0.90	0.14	2.3	2.0	0.19	4.0	0.041	0.080	0.021	0.12
9	30	2	0.910	0.89	0.14	2.3	1.9	0.23	3.9	0.034	0.068	0.018	0.12
10	3	2	0.82	0.83	0.31	2.4	4	0.009	2.2	0.078	0.079	0.053	0.13
11	4	2	0.84	0.84	0.315	2.4	4.6	0.011	2.4	0.067	0.079	0.053	0.14
12	5.5	2	0.855	0.85	0.25	2.2	3.6	0.017	2.8	0.064	0.078	0.041	0.13
13	7.5	2	0.875	0.86	0.195	3.0	2.9	0.028	3.0	0.048	0.085	0.033	0.13
14	11	1	0.880	0.90	0.19	2.8	2.3	0.023	4.2	0.040	0.061	0.025	0.12
15	15	1	0.880	0.91	0.12	2.2	2.1	0.050	4.0	0.052	0.092	0.022	0.12
16	18.5	1	0.885	0.92	0.125	2.2	2.1	0.053	4.5	0.049	0.092	0.022	0.12
17	22	1	0.885	0.91	0.125	2.5	1.9	0.070	3.6	0.039	0.091	0.020	0.11
18	30	1	0.905	0.90	0.125	2.5	1.8	0.085	3.8	0.030	0.073	0.018	0.11
19	37	1	0.90	0.89	0.115	2.5	1.9	0.15	4.1	0.029	0.094	0.021	0.12
20	45	1	0.91	0.90	0.115	2.5	1.8	0.17	4.9	0.027	0.088	0.020	0.13
21	11	2	0.875	0.87	0.195	3.0	2.8	0.04	3.2	0.043	0.085	0.032	0.13
22	15	2	0.885	0.88	0.16	2.3	2.3	0.10	4.0	0.047	0.086	0.025	0.13
23	3	1	0.845	0.88	0.325	2.5	4.3	0.004	3.4	0.072	0.057	0.047	0.10
24	4	1	0.865	0.89	0.28	2.5	3.3	0.006	3.4	0.054	0.055	0.036	0.099
25	5.5	1	0.875	0.91	0.29	2.5	3.4	0.008	3.8	0.050	0.054	0.036	0.11
26	7.5	1	0.875	0.88	0.17	2.8	2.5	0.010	3.7	0.046	0.058	0.028	0.14

Текст задания на РГЗ
" МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТНОГО ПУСКА
ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ
С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ "

Рассчитать графики переходных процессов по скорости, электромагнитному моменту, току и напряжению (для одной из фаз двигателя) при пропорциональном увеличении амплитуды и частоты напряжений статора от нуля до номинальных значений в течение одной секунды (по линейному закону). Требуется рассчитать переходные процессы пуска двигателя: при моменте сопротивления нагрузки равном нулю и половине номинального; при ступенчатом увеличении момента сопротивления нагрузки до номинального значения для двигателя, работающего на холостом ходу.

Составить структурную схему упрощенной модели двигателя, не учитывающую электромагнитные процессы. Произвести расчёт графиков переходных процессов по скорости и моменту. Сопоставить их с графиками изменения частоты питания двигателя и момента сопротивления нагрузки.

Номинальная частота питания двигателя равна 50 Гц. Номинальное фазное напряжение = 220 В (действующее значение).

Параметры схемы замещения фазы двигателя $X_m, R_1', X_1', R_2'', X_2''$ приведены в относительных единицах.

$$X = x \cdot I_{1ном.Ф} / U_{1Ф} ; \quad R = r \cdot I_{1ном.Ф} / U_{1Ф} ,$$

где X, R (заданы) – в относительных единицах; x и r (надо рассчитывать) – в омах.

$$I_{1номФ} = \frac{P_{2ном}}{3 \cdot U_{1Ф} \cdot \eta \cdot \cos \varphi} .$$

Образцы оформления титульных листов РГЗ:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок

Р А С Ч Е Т Н О - Г Р А Ф И Ч Е С К О Е З А Д А Н И Е

по дисциплине «Моделирование систем»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Расчетно-графическое задание по дисциплине
«Моделирование систем»

Тема: Описание режимов работы, разработка структурной и электрической
принципиальных схем системы автоматизированного электропривода типового
производственного механизма

Студент:

_____ Группа _____

Образовательная программа: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и
производств, профиль: Автоматизация технологических процессов и производств в
нефтегазовом комплексе

Руководитель расчетно-графического задания

_____/_____/____

Расчетно-графическое задание сдано на проверку

«__» _____ 201__ г.

Оценка: _____

Требования, предъявляемые к оформлению Расчетно-графического задания (ГОСТ 2.105-95)

1. Работа оформляется на одной стороне белой бумаги формата А4.
2. Текст пишется либо от руки, либо с применением любого технического средства. Разный стиль оформления не допускается. Размещение текста на странице: левое поле – 2.5, правое – 1.5, верхнее – 2.0, нижнее – 1.5 см.
3. Страницы текста нумеруются арабскими цифрами. Номер страницы проставляется в правом нижнем углу без точки в конце. Титульный лист и задание на курсовую работу включаются в общую нумерацию, но номера страниц на них не ставятся.
4. В тексте не разрешается сокращение слов и фраз, кроме общепринятых (стр., т.п., САУ, ТАУ и т.п.). При необходимости сокращения какого-либо наименования в тексте предварительно должно быть приведено пояснение. Например: корректирующее устройство (КУ). В дальнейшем может быть использовано указанное сокращение.
5. Наименования разделов, подразделов и пунктов пояснительной записки должны в точности соответствовать заданию на курсовое проектирование.
6. Разделы работы следует начинать с нового листа.
7. Расчёты в пояснительной записке должны предваряться пояснениями и ссылками на литературу.
8. Все расчёты должны производиться по формулам. Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Первую строку пояснения начинают со слова «где» без двоеточия.
9. Буквенные (символьные) обозначения параметров или переменных не должны повторяться.
10. Формулы сначала записываются в символьном (буквенном) виде, потом вместо каждого символа проставляется его численное значение и затем результат расчёта.
11. Сложные формулы следует упрощать в символьных обозначениях и только потом подставлять численные значения и записывать результат.
12. Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку.
13. Формулы нумеруются арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.
14. Расчёты, произведённые на компьютере в каких-либо прикладных программах, должны включаться в пояснительную записку в виде распечаток в полном объёме.

15. Иллюстрации (схемы, графики, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминались впервые, или на следующей странице. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в тексте.
16. Иллюстрации обозначаются словом «Рисунок», затем следует номер рисунка, тире и подрисуночная подпись. Нумеруются иллюстрации арабскими цифрами.
17. Численные данные повторяющихся расчётов следует сводить в таблицу. Таблицы следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки в тексте курсовой работы.
18. Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами. Номер проставляется в правом верхнем углу над таблицей после слова «Таблица». Затем указывается наименование таблицы.
19. Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных страницах, включаются в общую нумерацию страниц.
20. Список «Литература» должен содержать перечень источников, использованных при выполнении и написании работы. Источники следует располагать в порядке появления ссылок в тексте работы.
21. Ссылку на источник следует указывать порядковым номером из списка «Литература», выделенным квадратными скобками. Примеры ссылок - [2]; [5, стр. 12].
22. В списке «Литература» для каждого источника приводятся: Фамилия И. О. автора, наименование, издательство, год издания и количество страниц. Примеры оформления списка:
 - 1) Лыкин А. В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов : [учебное пособие по направлению 140200 - "Электроэнергетика"] / А. В. Лыкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2009. - 225, [1] с.

Структура Расчетно-графического задания и рекомендации по представлению его к защите

В состав пояснительной записки должны входить:

- обложка;
- титульный лист;
- задание на Расчетно-графическое задание;
- текст пояснительной записки;
- литература.

На проверку и защиту Расчетно-графическое задание представляется в полностью готовом и переплётённом виде. Переплёт можно заменить полупрозрачной папкой – скоросшивателем