Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.15 Математическое моделирование электромеханических устройств»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Электромеханика
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2023

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.15 Математическое моделирование электромеханических устройств*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники
наименование кафедры

протокол № 5 от "18" января 2023 г.

И. о. заведующего кафедрой
Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники — А.С. Безгин
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Ст. преподаватель — И.И. Гирфанов
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника — Митрофанов С.В.
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
личная подпись — Н.Н. Бигалиева
расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству института
личная подпись — С.А. Сильвашко
расшифровка подписи

№ регистрации _____

© Гирфанов И.И., 2023
© ОГУ, 2023

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

- сформировать понимание об основных способах математического моделирования электрических машин, принимаемых при этом допущениях, методах расчета характеристик процессов по данным моделям;
- формирование соответствующих компетенций согласно требованиям основной образовательной программы (ООП) подготовки бакалавров по направлению «Электроэнергетика и электротехника» с профилем подготовки «Электромеханика»

Задачи:

- изучение основных методов решения систем дифференциальных уравнений;
- изучение моделирования различного вида нагрузок;
- изучение прямого моделирования однофазных трансформаторов;
- изучение обобщенной электрической машины;
- изучение моделирования электромашинного трехфазного преобразователя частоты;
- изучение моделирования машин переменного тока (асинхронных машин, синхронных машин);
- изучение моделирование машин постоянного тока.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.12 Информационные технологии и программирование, Б1.Д.Б.15 Математика, Б1.Д.Б.19 Теоретические основы электротехники, Б1.Д.Б.21 Электрические машины, Б1.Д.В.8 Практикум по электромеханике, Б1.Д.В.19 Прикладные задачи программирования, Б1.Д.В.20 Специальный курс электромеханических преобразователей*

Постреквизиты дисциплины: *Б2.П.В.П.3 Преддипломная практика*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-2 Способен анализировать режимы работы объектов профессиональной деятельности	ПК*-2-В-5 Рассчитывает установившиеся и переходные режимы электрических машин и трансформаторов ПК*-2-В-9 Рассчитывает режимы работы электрических машин, трансформаторов и электрических аппаратов	**Знать:** - уравнения напряжений однофазного трансформатора; - связь между токами и потокосцеплениями; - режимы работы электрических машин и аппаратов; - уравнения электрических машин, трансформаторов и электрических аппаратов.

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		Уметь: - применять методы анализа и моделирования электрических машин и аппаратов. **Владеть:** - методами анализа и моделирования электрических машин и аппаратов.
ПК*-9 Способен проводить моделирование электромеханических преобразователей энергии и электрических аппаратов	ПК*-9-В-1 Демонстрирует понимание физических и энергетических процессов, протекающих в электрических машинах, трансформаторах и электрических аппаратах ПК*-9-В-2 Применяет соответствующий физико-математический аппарат для построения различных моделей электрических машин, трансформаторов и электрических аппаратов ПК*-9-В-3 Анализирует результаты математического и компьютерного моделирования электрических машин, трансформаторов и электрических аппаратов	**Знать:** - основные уравнения при моделировании асинхронных машин с короткозамкнутым и фазным ротором. Особенности расчета. - основные уравнения при моделировании синхронных машин; - моделирование синхронных машин без дополнительных обмоток. **Уметь:** - применить встроенные функции и операторы при решении задач электротехники и электромеханики. - исправлять неисправности объектов профессиональной деятельности; - проводить проверку оборудования. **Владеть:** - методами обоснования и проверки точности расчетов. - навыками по наладке оборудования, выявлению неисправностей объектов профессиональной деятельности.
ПК*-10 Способен использовать современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации электромеханических преобразователей энергии	ПК*-10-В-1 Использует программные средства ЭВМ для расчета и анализа характеристик и режимов работы объектов профессиональной деятельности, решения задач синтеза электромеханических преобразователей и обработки экспериментальных данных	**Знать:** - основные уравнения при моделировании машин постоянного тока; - расчет установившегося режима машины постоянного тока;

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	ПК*-10-В-2 Использует программные средства ЭВМ для построения и решения компьютерных и математических моделей электрических двигателей, трансформаторов и электрических аппаратов	- расчет пуска двигателя постоянного тока. - основные методы решения систем дифференциальных уравнений; - методы численного решения систем дифференциальных уравнений. **Уметь:** - использовать основные уравнения машин постоянного тока. - применять соответствующий профессиональной деятельности физико-математический аппарат, а также методы анализа и моделирования. **Владеть:** - навыком пуска двигателя постоянного тока. - математическими методами решения профессиональных задач; - основными приемами обработки экспериментальных данных исследования.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	7 семестр	8 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**108**	**108**	**216**
Контактная работа:	**34,25**	**25,5**	**59,75**
Лекции (Л)	18	8	26
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	32
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,5	0,75
Самостоятельная работа:	**73,75**	**82,5**	**156,25**

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	7 семестр	8 семестр	всего
- выполнение курсовой работы (КР); *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю и т.п.)*		+	
Вид итогового контроля	**зачет**	**диф. зач.**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Основные методы решения систем дифференциальных уравнений	4	1		1	2
2	Моделирование различного вида нагрузок	7	1		1	5
3	Прямое моделирование однофазных трансформаторов	8	2		1	5
4	Обобщенная электрическая машина	12	2		1	9
5	Моделирование электромашинного трехфазного преобразователя частоты	11	2		2	7
6	Моделирование трехфазных трансформаторов	13	2		2	9
7	Моделирование однофазных трансформаторов	11	2		2	7
8	Моделирование асинхронных машин	14	2		2	10
9	Моделирование синхронных машин	14	2		2	10
10	Моделирование машин постоянного тока	14	2		2	10
	Итого:	108	18		16	74

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Основные методы решения систем дифференциальных уравнений	13	0		1	12
2	Моделирование различного вида нагрузок	13	0		1	12
3	Прямое моделирование однофазных трансформаторов	13	1		2	10
4	Обобщенная электрическая машина	13	1		2	10
5	Моделирование электромашинного трехфазного преобразователя частоты	10	1		2	7
6	Моделирование трехфазных трансформаторов	10	1		2	7
7	Моделирование однофазных трансформаторов	10	1		2	7
8	Моделирование асинхронных машин	8	1		2	5
9	Моделирование синхронных машин	8	1		1	6
10	Моделирование машин постоянного тока	10	1		1	8
	Итого:	108	8		16	84
	Всего:	216	26		32	158

4.2 Содержание разделов дисциплины

1 Основные методы решения систем дифференциальных уравнений - Введение в численное исследование. Понятие численного моделирования электромеханических процессов. Методы численного решения систем дифференциальных уравнений. Методы Эйлера, Рунге-Кутта 4-го порядка. Встроенные в систему MathCAD методы численного исследования. Технология создания программ из нескольких частей. Связь между программами.

2 Моделирование различного вида нагрузок - Основная задача моделирования нагрузок вращающихся электрических машин. Введение в моделирование задач электромеханики. Моделирование статической нагрузки. Моделирование переменного момента движения. Моделирование скачкообразного изменения нагрузки.

3 Прямое моделирование однофазных трансформаторов - Уравнения напряжений однофазного трансформатора. Связь между токами и потокосцеплениями. Моделирование трансформатора с приведенными и не приведенными вторичными обмотками. Моделирование нелинейных однофазных трансформаторов. Методика учета нелинейных свойств стали. Моделирование линейных однофазных трансформаторов с нелинейной нагрузкой. Моделирование тиристорного инвертора тока.

4 Обобщенная электрическая машина - Введение. Основные допущения. Переход от трехфазной к двухфазной системе координат. Понятие осей α, β. Уравнения обобщенной электрической машины.

5 Моделирование электромашинного трехфазного преобразователя частоты - Понятие электромашинного преобразователя частоты. Прямое моделирование в естественной форме координат. Моделирование в осях α, β. Понятие осей вращающихся с произвольной скоростью. Моделирование в осях x, y.

6 Моделирование трехфазных трансформаторов - Введение в численное моделирование трансформаторов. Моделирование различных аварийных режимов трехфазных трансформаторов (обрыв фазы, короткое замыкание, асимметрия нагрузок и т.д.). Моделирование трехфазных трансформаторов в осях x, y. Моделирование трансформаторов с учетом нелинейных свойств стали.

7 Моделирование однофазных трансформаторов - Расчет установившегося процесса с помощью уравнений ОЭМ. Моделирование в осях α, β. Расчет установившихся процессов нелинейного дросселя. Расчет аварийных режимов работы однофазных трансформаторов.

8 Моделирование асинхронных машин - Основные уравнения при моделировании асинхронных машин с короткозамкнутым и фазным ротором. Особенности расчета. Двухфазная модель асинхронного двигателя. Расчет установившегося режима асинхронной машины. Расчет переходного режима асинхронной машины. Пуск асинхронного двигателя. Расчет переходного процесса при подключении к несинусоидальному источнику.

9 Моделирование синхронных машин - Основные уравнения при моделировании синхронных машин. Моделирование синхронных машин без дополнительных обмоток. Расчет синхронной машины с применением технологии программы из трех частей. Расчет установившегося режима синхронных машин. Расчет синхронной машины при переходе из двигательного в генераторный режим. Расчет переходного процесса синхронной машины при подключении к источникам несинусоидального напряжения. Моделирование синхронной машины в фазных осях. Модель синхронной машины в неподвижной системе координат.

10 Моделирование машин постоянного тока - Основные уравнения при моделировании машин постоянного тока. Расчет установившегося режима машины постоянного тока. Расчет пуска двигателя постоянного тока.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Основные методы решения систем дифференциальных уравнений	2
2	2	Моделирование различного вида нагрузок	2
3	3	Прямое моделирование однофазных трансформаторов	3
4	4	Обобщенная электрическая машина	3

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
5	5	Моделирование электромашинного трехфазного преобразователя частоты	4
6	6	Моделирование трехфазных трансформаторов	4
7	7	Моделирование однофазных трансформаторов	4
8	8	Моделирование асинхронных машин	4
9	9	Моделирование синхронных машин	3
10	10	Моделирование машин постоянного тока	3
		Итого:	32

4.4 Курсовая работа (8 семестр)

Курсовая работа выполняется в восьмом семестре. Целью выполнения курсовой работы является закрепление практических навыков самостоятельного решения инженерных задач, развитие творческих способностей и умение пользоваться технической, нормативной и справочной литературой.

Темой курсовой работы является моделирование переходных процессов в основных типах электрических машин.

Вариант задания задается преподавателем по пособию:

Митрофанов С.В., Падеев А.С., Ушакова Н.Ю. Математическое моделирование в электромеханике. - Оренбург: ОГУ, 2005. - 42 с.

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

5.1.1 Электрические машины: учебник для бакалавров / под ред. И. П. Копылова.- 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2015. - 675 с. : ил. - (Бакалавр). - Библиогр.: с. 668-669. - Предм. указ.: с. 670-675. - ISBN 978-5-9916-1501-3.

5.2 Дополнительная литература

5.2.1 Ушаков А.Н., Ушакова Н.Ю., Митрофанов С.В. Математическое моделирование электромеханических устройств: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. –118 с. - ISBN 5-7410-0586-1. Издание на др. носителе [Электронный ресурс]

5.2.2 Митрофанов, С. В. Математическое моделирование в электромеханике [Электронный ресурс]: метод. указания к выполнению расчет.-граф. задания по дисциплине "Мат. моделирование" / С. В. Митрофанов, А. С. Падеев, Н. Ю. Ушакова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. электромеханики. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.56 Мб). - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. - 42 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0 - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/924_20110728.pdf .

5.3 Периодические издания

5.3.1 Известия РАН. Энергетика: журнал. - М.: Академиздатцентр "Наука" РАН, 2023.

5.3.2 Известия высших учебных заведений. Электромеханика: журнал. - М.: Агентство "Роспечать", 2023.

5.3.3 Электротехника: журнал. - М.: Агентство "Роспечать", 2023.

5.4 Интернет-ресурсы

5.4.1 https://www.lektorium.tv/mooc - «Лекториум»
5.4.2 http://www.electrolibrary.info/history/ - электронная электротехническая библиотека
5.4.3 http://window.edu.ru/window/catalog - единое окно доступа к образовательным ресурсам.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

5.5.1 Open Office/LibreOffice - свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.

5.5.2 Система решения математических, инженерно-технических и научных задач Smath Studio. Доступна бесплатно. Разработчик: Андрей Ивашов. Режим доступа https://ru.smath.com

5.5.3 КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2019]. – Режим доступа к системе в сети ОГУ для установки системы: \\fileserver1\!CONSULT\cons.exe

5.5.4 Базы данных продуктов КЭАЗ для AutoCAD Electrical. – Режим доступа https://keaz.ru/partner/proektirovschikam/cad-files

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории используются для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций и текущего контроля.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели (столы, стулья), техническими средствами обучения (компьютеры и проекторы) служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оснащенный: проектором, одиннадцатью компьютерами и соответствующим комплектом мебели.

Помещение аудитории, используемое для самостоятельной работы обучающихся оснащено компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.