

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.3 Переменное электромагнитное поле»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки)

Автоматизированные энергетические системы и комплексы

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Заочная

Год набора 2022

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.3 Переменное электромагнитное поле» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники

наименование кафедры

протокол № 5 от "20" 01 2022г.

Заведующий кафедрой

Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники

наименование кафедры

подпись

Э.Л. Греков
расшифровка подписи

Исполнители:

доцент
должность

подпись

А.М. Кутарев
расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

код наименование

личная подпись

расшифровка подписи

Научный руководитель магистерской программы

личная подпись

Н.Г. Семенова
расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

личная подпись

Н.Н. Бигалиева
расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству факультета

личная подпись

С.А. Сильвашко
расшифровка подписи

№ регистрации _____

© Кутарёв А.М., 2022

© ОГУ, 2022

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины:

- подготовить обучающихся к самостоятельному решению задач, связанных с расчётом электромагнитного поля с целью получения результатов для практического применения при исследованиях электрических машин и трансформаторов.

Задачи: Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- освоить вектора и уравнения электромагнитного поля;
- ознакомиться с допущениями, принимаемыми при решении полевых задач (и обоснованием корректности принимаемых допущений);
- ознакомиться с граничными условиями на границах расчётных областей и границах раздела сред;
- ознакомиться с основными аналитическими методами решения полевых задач;
- ознакомиться с численными методами решения полевых задач на примере метода конечных разностей;
- освоить методику обработки результатов аналитического и численного методов решения задач.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Пререквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.4 Исследование и моделирование электроэнергетических систем, Б2.П.Б.У.1 Практика по получению первичных навыков научно-исследовательской работы, Б2.П.Б.П.1 Проектная практика, Б2.П.В.П.1 Научно-исследовательская работа*

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 разрабатывать модели, реализующие функционирование объектов профессиональной деятельности	ПК*-2-В-2 Применяет уравнения магнитной гидродинамики для описания электромагнитных волн в вакууме и средах	<u>Знать:</u> - цели и задачи исследования электромагнитных полей в электромеханических преобразователях энергии. <u>Уметь:</u> - выбирать метод решения задачи исследования электромагнитных полей; - выбирать расчётную область и граничные условия, а также критерии оценки проектных решений.

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		<p><u>Владеть:</u> - навыками оценки корректности принятых допущений и полученных проектных решений.</p>
ПК*-3 Способен применять соответствующий математический аппарат при решении профессиональных задач	ПК*-3-В-2 Решает задачи о распространении и излучении электромагнитных волн	<p><u>Знать:</u> - современные методы исследования переменных электромагнитных полей (аналитические, численные, экспериментальные). <u>Уметь:</u> - применять современные методы и средства вычислительной техники для достижения поставленной цели. <u>Владеть:</u> - практическими навыками оценки и представления результатов исследования переменных электромагнитных полей</p>
ПК*-4 Способен применять современное программное обеспечение для проектирования и моделирования объектов профессиональной деятельности	ПК*-4-В-1 Применяет современное математическое, CAD, САПР программное обеспечение для проектирования и моделирования объектов профессиональной деятельности	<p><u>Знать:</u> - состояние и перспективы развития методов исследования переменных электромагнитных полей с целью использования результатов при создании электромеханических преобразователей энергии. <u>Уметь:</u> - осознанно применять на практике современные теоретические знания при исследовании переменных электромагнитных полей. <u>Владеть:</u> - углублёнными теоретическими и практическими знаниями в области исследования переменных электромагнитных полей.</p>

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	2 семестр	3 семестр	всего
Общая трудоёмкость	108	72	180
Контактная работа:	20,25	9,5	29,75
Лекции (Л)	8		8
Практические занятия (ПЗ)	6	8	14
Лабораторные работы (ЛР)	6		6
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,5	0,75
Самостоятельная работа: - выполнение курсовой работы (КР); - выполнение расчетно-графического задания (РГЗ); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	87,75	62,5 +	150,25
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	зачет	зачет	

Разделы дисциплины, изучаемые в 2 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Общие вопросы	12	1	1	-	10
2	Математическое моделирование электромагнитных процессов	20	3	1	-	16
3	Аналитические методы расчёта магнитных полей	32	2	2	-	28
4	Численные методы расчёта магнитных полей	44	2	2	6	34
	Итого:	108	8	6	6	88

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
3	Аналитические методы расчёта магнитных полей	18	-	2	-	16
4	Численные методы расчёта магнитных полей	54	-	6	-	48
	Итого:	72		8		64
	Всего:	180	8	14	6	152

4.2 Содержание разделов дисциплины

1 раздел Общие вопросы

Введение. Основные величины, характеризующие магнитное и электрическое поле. Допущения, принимаемые при расчётах магнитных полей в электромеханических преобразователях энергии.

2 раздел Математическое моделирование электромагнитных процессов

2.1 Уравнения электромагнитного поля. Понятия: “линейная среда”, “нелинейная среда”, “изотропная среда”, “анизотропная среда”.

2.2 Уравнения магнитостатики и электростатики. Уравнения электродинамики стационарных токов. Уравнения электродинамики квазистационарных явлений.

2.3 Функция скалярного потенциала магнитного поля. Уравнение Лапласа.

2.4 Функция векторного потенциала магнитного поля. Уравнение Пуассона.

2.5 Комплексный векторный потенциал. Уравнение Гельмгольца.

2.6 Магнитное поле у границы раздела двух сред. Граничные условия. Метод зеркальных отображений.

2.7 Электродинамические усилия, энергия магнитного поля, определение индуктивности проводников.

3 раздел Аналитические методы расчёта магнитных полей

3.1 Классификация методов исследования электромагнитных полей.

3.2 Метод разделения переменных. Определение формы полюсного наконечника явнополюсной синхронной машины, при которой распределение магнитной индукции на поверхности статора в режиме холостого хода будет синусоидальным.

3.3 Метод Роговского. Определение проводимости пазового рассеяния обмотки в открытом прямоугольном пазу электрической машины (решение двумерной задачи с помощью векторного потенциала магнитного поля). Определение проводимости пазового рассеяния из решения задачи в одномерной постановке (через вектора магнитного поля и с помощью векторного потенциала магнитного поля). Анализ полученных решений. Определение составляющих вектора магнитной индукции и сил, действующих на проводник с током, расположенный в пазу электрической машины.

3.4 Определение параметров массивного стержня, расположенного в открытом прямоугольном пазу электрической машины. Понятие «глубина проникновения плоской электромагнитной волны в проводящее полупространство».

4 раздел Численные методы расчёта магнитных полей

4.1 Основы метода конечных разностей. Вывод конечно-разностных уравнений. Способы ускорения сходимости итерационного процесса (метод Либмана, верхняя релаксация, аддитивный и мультипликативный способы корректировки решения).

4.2 Определение по результатам численного расчёта магнитного поля составляющих вектора магнитной индукции, энергии магнитного поля, потокосцепления обмоток, сил, действующих на обмотку.

4.3 Корректировка магнитной проницаемости при расчётах магнитного поля с учётом насыщения ферромагнитных участков магнитной цепи.

4.4 Определение параметров обмоток. Определение магнитных напряжений по участкам магнитной цепи. Анализ гармонического состава магнитного поля в зазоре электрической машины.

4.5 Подход к расчёту квазистационарных магнитных полей в электрических машинах.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	3	Разложение кривой распределения функции тока в ряд Фурье.	2
2	4	Программная реализация метода конечных разностей.	2
3	4	Программная реализация метода конечных разностей.	2
		Итого:	6

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1, 2	2	Представление функции распределения магнитной индукции на границе расчётной области в виде ряда Фурье	4
3	2	Магнитное поле у границы раздела двух сред. Граничные условия.	2
4	4	Вывод конечно-разностных уравнений.	2
5	4	Метод Либмана, верхняя релаксация, аддитивный и мультипликативный способы корректировки решения.	2
6	4	Корректировка магнитной проницаемости в элементах расчётной области при расчётах магнитного поля методом конечных разностей	2
7	4	Разработка алгоритма и ПО для расчёта магнитного поля МКР	2
		Итого:	14

4.5 Курсовая работа (3 семестр)

Тема: «Исследование свойств и характеристик, электромагнитных полей».

Перечень решаемых задач:

- решение задачи о распределении магнитного поля в спинке статора однофазного коллекторного двигателя при заданном распределении магнитной индукции на линии внутренней поверхности спинки. Задачу решить аналитическим методом с помощью скалярного (векторного) потенциала магнитного поля;

- решить задачу об определении параметров стержня, расположенного в открытом пазу электрической машины. Задачу решить методом Роговского;

- по заданному распределению нормальной (к поверхности экрана) составляющей вектора магнитной индукции определить вихревые токи в медном экране, расположенном в пазу ударного генератора;

- решение задачи о распределении магнитного поля в спинке статора однофазного коллекторного двигателя при заданном распределении магнитной индукции на линии внутренней поверхности спинки. Задачу решить методом конечных разностей с помощью скалярного (векторного) потенциала магнитного поля.

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле [Текст] : учебник / Л.А. Бессонов.- 10-е изд., стер. - М. : Гардарики, 2003. - 317 с. : ил. - ISBN 5-8297-0158-8.

5.2 Дополнительная литература

1. Сборник задач по теоретическим основам электротехники / под ред. Л.А. Бессонова. – М.: Высшая школа, 1988.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники // Электромагнитное поле: – М.: Издательство Юрайт, 2013, 2012.
3. Сипайлов, Г.А. Электрические машины (специальный курс)/ Г.А. Сипайлов, Е.В. Кононенко, К.А. Хорьков – М.: Высш. шк., 1987.-287 с.

5.3 Периодические издания

- Электричество : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.
- Известия высших учебных заведений. Электромеханика : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.
- Электротехника : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.
- Известия РАН. Энергетика : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2016.

5.4 Интернет-ресурсы

<http://toe.ho.ua/book/book.html>

- Учебники и задачки по электротехнике <http://bourabai.ru/toe/>
- Теоретические основы электротехники и электроники (составитель к.т.н. К.А. Хайдаров) <http://www.infosait.ru/> – библиотека стандартов;
- <http://www.rsl.ru/>: Российская государственная библиотека.
- <http://window.edu.ru/window/catalog>: Единое окно доступа к образовательным ресурсам
- <http://www.nlr.ru/>: Российская национальная библиотека.
- <http://www.gpntb.ru/>: Государственная публичная научно-техническая библиотека России.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- 1 Операционная система MicrosoftWindows
- 2 OpenOffice/LibreOffice - свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.
- 3 PTC MathCAD - интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач.
- 4 Lazarus - открытая среда разработки программного обеспечения на языке Object Pascal для компилятора Free Pascal.
- 5 Государственные стандарты [Электронный ресурс]: база данных /. – Режим доступа :<https://docplan.ru/list0.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
- 6 Справочник электрика и энергетика. – Режим доступа <http://www.elecab.ru/dvig.shtml>

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий используется аудитория 8112, вмещающая более 20 слушателей. Аудитория оснащена комплектами ученической мебели (столы, стулья), техническими средствами обучения (компьютеры и проекторы), служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных и практических занятий предназначен специализированный компьютерный класс (ауд. 8111). Выполнение всех расчётных работ по дисциплине «Переменное электромагнитное поле» производится на ЭВМ. Число рабочих мест в аудитории 8111 более 20.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 8111) оснащено компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.