Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»**

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
*Очная*

Год набора 2026

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 "23" 01 2026 г.

Заведующий кафедрой автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники

*наименование кафедры* *подпись* А.С. Безгин *расшифровка подписи*

*Исполнители:*

Доцент *должность* *подпись* В.В. Быковский *расшифровка подписи*

*должность* *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии, научный руководитель по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
*код наименование* *личная подпись* Э.Л. Трекова *расшифровка подписи*

Научный руководитель магистерской программы *личная подпись* Н.Г. Семенова *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов

*личная подпись* *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству ИЭЭС

*личная подпись* С.А. Сильвашко *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Быковский В.В., 2026
© ОГУ, 2026

**1 Цели и задачи освоения дисциплины**

**Цель освоения дисциплины:**

Приобретение студентом навыков исследования электромагнитного поля.

**Задачи:**

- изучение основных разделов теории электромагнитного поля, способов получения и применения электрической энергии,
- изучение методов решения уравнений переменных электромагнитных полей с учетом заданных сред и граничных условий.

**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 | **Знать:** Основные определения электромагнитного поля, уравнения Максвелла, граничные условия для различных сред, законы распространения, отражения и преломления электромагнитных волн. Классификацию веществ по магнитных и электрическим свойствам, законы Ома, Джоуля-Ленца, Кирхгофа.<br>**Уметь:** Решать задачи о распространении и излучении электромагнитных волн. Пользоваться уравнениями теории электромагнитного поля<br>**Владеть:** Математическими методами анализа электромагнитных явлений. |
| ПК*-3 Способен применять соответствующий математический аппарат при решении профессиональных задач | ПК*-3-В-2 Решает задачи о распространении и излучении электромагнитных волн | **Знать:** Методы расчета электрических и магнитных полей.<br>**Уметь:** Применять уравнения Максвелла, теорему Умова-Пойтинга, понятие векторного магнитного потенциала для расчета полевых задач. Использовать уравнения магнитной гидродинамики для описания электромагнитных волн в вакууме и в различных средах.<br>**Владеть:** Методикой исследования электрических и магнитных полей. |
| ПК*-4 Способен применять современное | ПК*-4-В-1 Применяет современное математическое, CAD, | **Знать:** Функционал пакет моделирования полей методом конечных элементов FEMM 4.2 и программных систем MathCAD и SmathStudio. |

| Код и наименование формируемых компетенций | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| программное обеспечение для проектирования и моделирования объектов профессиональной деятельности | САПР программное обеспечение для проектирования и моделирования объектов профессиональной деятельности | **Уметь:** Применять пакет моделирования полей методом конечных элементов FEMM 4.2 для анализа электрических и магнитных полей. **Владеть:** Навыком обработки результатов проведенных исследований с использованием программных систем MathCAD и SmathStudio. |

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

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

| Вид работы | Трудоемкость, академических часов | |
|---|---|---|
| | 1 семестр | всего |
| **Общая трудоёмкость** | **180** | **180** |
| **Контактная работа:** | **34,25** | **34,25** |
| Лекции (Л) | 18 | 18 |
| Практические занятия (ПЗ) | 8 | 8 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 8 | 8 |
| Промежуточная аттестация (зачет, экзамен) | 0,25 | 0,25 |
| **Самостоятельная работа:**<br>*- выполнение курсовой работы (КР);*<br>*- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;*<br>*- подготовка к лабораторным занятиям;*<br>*- подготовка к практическим занятиям;*<br>*- подготовка к рубежному контролю.*<br>*- изучение разделов 1 и 2 курса в системе электронного обучения.* | **145,75**<br>+ | **145,75** |
| **Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)** | **зачет** | |

Разделы дисциплины, изучаемые в 1 семестре

| № раздела | Наименование разделов | Количество часов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | всего | аудиторная работа | | | внеауд. работа |
| | | | Л | ПЗ | ЛР | |
| 1 | Электростатическое поле | 44 | 6 | 2 | 4 | 32 |
| 2 | Магнитное поле | 42 | 4 | 2 | 4 | 32 |
| 3 | Электромагнитное поле | 48 | 4 | 2 | - | 42 |
| 4 | Плоские электромагнитные волны. Поверхностный эффект | 46 | 4 | 2 | - | 40 |
| | Итого: | 180 | 18 | 8 | 8 | 146 |
| | Всего: | 180 | 18 | 8 | 8 | 146 |

### 4.2 Содержание разделов дисциплины

**Раздел 1. Электростатическое поле**

Основные определения. Напряженность электрического поля. Электрический потенциал. Поляризованность диэлектрика. Теорема Гаусса. Уравнения Пуассона и Лапласа. Граничные

условия. Энергия электростатического поля. Методы расчета электростатических полей. Ток и плотность тока проводимости. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Первый закон Кирхгофа в дифференциальной форме. Граничные условия.

**Раздел 2. Магнитное поле**

Основные величины, характеризующие магнитное поле. Магнитный поток и его непрерывность. Закон полного тока. Векторный магнитный потенциал. Граничные условия. Энергия магнитного поля. Методы расчета магнитных полей.

**Раздел 3. Электромагнитное поле.**

Полный электрический ток. Дивергенция плотности тока проводимости. Непрерывность полного тока. Первое уравнение Максвелла. Второе уравнения Максвелла. Полная система уравнений электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга. Уравнения Максвелла и теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме. Запаздывающие или обобщенные электродинамические потенциалы. Излучение электромагнитных волн. Поле вибратора в ближней и дальней зонах.

**Раздел 4. Плоские электромагнитные волны. Поверхностный эффект.**

Основные определения. Уравнения плоской волны. Распространение плоской волны в идеальном диэлектрике, в хорошо проводящей среде, в неоднородной среде. Явление поверхностного эффекта. Активное сопротивление и внутренняя индуктивность цилиндрического провода с учетом поверхностного эффекта. Переменный магнитный поток в плоском листе.

### 4.3 Лабораторные работы

| № ЛР | № раздела | Наименование лабораторных работ | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Длинный металлический брусок в равномерном электростатическом поле | 2 |
| 2 | 1 | Двухпроводная линия внутри диэлектрика в электрическом поле | 2 |
| 3 | 2 | Магнитное поле катушки с током | 2 |
| 4 | 2 | Исследование магнитного поля однофазной реактивной электрической машины | 2 |
| | | Итого: | 8 |

Лабораторные работы выполняются в среде пакета моделирования полей методом конечных элементов FEMM 4.2. При оформлении результатов моделирования рекомендуется использовать систему решения математических, инженерно-технических и научных задач SmathStudio.

### 4.4 Практические занятия

| № занятия | № раздела | Тема | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Электростатическое поле в проводящих средах | 2 |
| 2 | 2 | Магнитное поле | 2 |
| 3 | 3 | Электромагнитное поле | 2 |
| 4 | 4 | Электромагнитные волны | 2 |
| | | Итого: | 8 |

### 4.5 Курсовая работа

Тема: «Электромагнитное поле в проводящей среде и диэлектрике». Перечень решаемых задач:

- Расчет параметров схем замещения конденсаторов на основании уравнений Максвелла в декартовой и цилиндрической системах координат с учетом заданного частотного диапазона;
- Исследование тепловых потерь систем помощью вектора Пойнтинга. Расчет электрического сопротивления с учетом поверхностного эффекта и эффекта близости;
- Исследование волновых процессов в проводящих средах.

Вариант задания выдается преподавателем. При расчетах в решаемых задачах рекомендуется использовать систему решения математических, инженерно-технических и научных задач SmathStudio.

## 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: учебник / Л.А. Бессонов. – 11-е изд. - М.: Издательство Юрайт, 2012. -317 с.
3. Быковская, Л.В. Моделирование электрических и магнитных полей в программе FEMM [Электронный ресурс] : лабораторный практикум для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Л. В. Быковская, В. В. Быковский, Д. В. Сурков; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 4.41 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2019. - 100 с. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/94977_20190603.pdf

### 5.3 Периодические издания

Журналы:

- «Электричество»;
- «Электротехника» – реферативный журнал.

### 5.4 Интернет-ресурсы

http://bourabai.ru/toe/ - Теоретические основы электротехники и электроники (составитель К.А. Хайдаров);
http://www.infosait.ru/ – библиотека стандартов;
https://www.coursera.org/learn/electrodynamics-introduction-«Coursera», МООК: «Electrodynamics: AnIntroduction»;
https://www.coursera.org/learn/electrodynamics-analysis-of-electric-fields -«Coursera», МООК: «Electrodynamics: Analysis of Electric Fields»;
https://www.coursera.org/learn/electrodynamics-electric-magnetic-fields-«Coursera», МООК: «Electrodynamics: Electric and Magnetic Fields».

### 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

Электронные ресурсы библиотеки университета: электронные версии пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы.

Пакеты прикладных программ:

- Система решения математических, инженерно-технических и научных задач SmathStudio;
- Пакет моделирования полей методом конечных элементов FEMM 4.2.
- 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
- Государственные стандарты [Электронный ресурс]: база данных /. – Режим доступа :https://docplan.ru/list0.htm, свободный. – Загл. с экрана.

## 6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Лекционные занятия проводятся в специализированной мультимедийной лекционной аудитории, оснащенной мультимедийной проекционной аппаратурой, включающей в себя: проектор, экран, персональный компьютер.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерные классы, оснащенные компьютерами, в котором с использованием программного пакета FEMM 4.2 выполняются лабораторные работы.

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

***К рабочей программе прилагаются:***

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.