

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические и электронные аппараты

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины  
МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.08.01
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	5 семестр - 5; 6 семестр - 4; всего - 9
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	324 часа
<b>Лекции</b>	5 семестр - 16 часов; 6 семестр - 28 часа; всего - 44 часа
<b>Практические занятия</b>	5 семестр - 32 часа; 6 семестр - 14 часов; всего - 46 часа
<b>Лабораторные работы</b>	5 семестр - 16 часов; 6 семестр - 12 часов; всего - 28 часа
<b>Консультации</b>	5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	5 семестр - 113,5 часов; 6 семестр - 85,5 часа; всего - 199,0 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Тестирование Контрольная работа Лабораторная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,0 час

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курбатов П.А.
	Идентификатор	R1a0c0ffa-KurbatovPA-23b01cca

(подпись)

П.А. Курбатов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курбатов П.А.
	Идентификатор	R1a0c0ffa-KurbatovPA-23b01cca

(подпись)

П.А. Курбатов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киселев М.Г.
	Идентификатор	R572ca413-KiselevMG-f37ee096

(подпись)

М.Г. Киселев

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Получение знаний в области численных методов расчетов электромагнитных полей электротехнических объектов и практических навыков применения универсальных программных средств полевого анализа для последующего использования в исследовательской и проектно-конструкторской деятельности.

### Задачи дисциплины

- освоить методы и программные средства для расчетов электромагнитных полей электротехнических объектов;
- приобрести практические навыки при решении конкретных задач по определению параметров и характеристик магнитных систем электротехнических объектов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-5 Способен использовать методы математического анализа и компьютерного моделирования для изучения принципов функционирования и исследования характеристик и особенностей работы электрических и электронных аппаратов различного функционального назначения	ИД-1 <sub>ПК-5</sub> Демонстрирует знание законов электромагнитного поля, проводит исследование электротехнических объектов	знать: <ul style="list-style-type: none"><li>- основные понятия и термины электромагнитного поля;</li><li>- принцип действия магнитной левитации;</li><li>- методы контроля магнитных материалов и элементов магнитных систем;</li><li>- принцип действия и конструкции магнитных систем переменного тока;</li><li>- принцип действия и конструкции магнитных систем постоянного тока.</li></ul>
ПК-5 Способен использовать методы математического анализа и компьютерного моделирования для изучения принципов функционирования и исследования характеристик и особенностей работы электрических и электронных аппаратов различного функционального назначения	ИД-6 <sub>ПК-5</sub> Применяет методы анализа и расчета электротехнических устройств для теоретического исследования электромагнитных процессов в электрических и силовых электронных аппаратах	уметь: <ul style="list-style-type: none"><li>- рассчитывать параметры магнитных систем электромагнитов с использованием численных методов;</li><li>- выполнять контроль магнитных материалов с помощью катушек Гемльгольца;</li><li>- применять численные методы и программные средства для расчетов стационарного электромагнитного поля;</li><li>- применять численные методы и программные средства для расчетов квазистационарного электромагнитного поля;</li><li>- анализировать силовые взаимодействия в магнитных системах;</li><li>- проводить экспериментальные исследования и рассчитывать параметры электромагнитов постоянного тока с использованием</li></ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		численных методов; - проводить экспериментальные исследования и рассчитывать параметры электромагнитов переменного тока с использованием численных методов; - рассчитывать параметры магнитных систем электрических машин с использованием численных методов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрические и электронные аппараты (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать курс "Высшая математика"
- знать курс "Физика"
- знать курс "Теоретические основы электротехники"

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Введение. Электромагнитные величины. Основные законы и понятия электромагнитного поля	30	5	4	-	8	-	-	-	-	-	18	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Введение. Электромагнитные величины. Основные законы и понятия электромагнитного поля" и подготовка к тесту "Электромагнитные величины"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр.144-156 [2], стр. 30-37 [3], стр. 4-23 [5], стр. 30-37</p>	
1.1	Введение. Электромагнитные величины. Основные законы и понятия электромагнитного поля	30		4	-	8	-	-	-	-	-	18	-		
2	Методы расчетов стационарного магнитного поля на основе интегральных и дифференциальных уравнений в частных производных. Численные методы решения уравнений.	30		4	-	8	-	-	-	-	-	18	-		<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Методы расчетов стационарного магнитного поля на основе интегральных и дифференциальных уравнений в частных производных. Численные методы решения уравнений" и подготовка к контрольной работе "Расчет стационарного магнитного поля"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 38-50 [3], стр. 9-23 [5], стр. 38-50</p>
2.1	Методы расчетов стационарного магнитного поля на основе интегральных и дифференциальных уравнений в частных производных.	30		4	-	8	-	-	-	-	-	18	-		

	Численные методы решения уравнений.												
3	Электрические и магнитные свойства материалов. Моделирование нелинейных и гистерезисных свойств материалов.	42	4	8	8	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно ознакомиться с описанием лабораторной работы №1 "Определение магнитных моментов намагниченных деталей с помощью катушек Гельмгольца", изучить задачи выполнения лабораторной работы и обработки полученных результатов.
3.1	Электрические и магнитные свойства материалов. Моделирование нелинейных и гистерезисных свойств материалов.	42	4	8	8	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Электрические и магнитные свойства материалов. Моделирование нелинейных и гистерезисных свойств материалов" и подготовка к контрольной работе "Силовые взаимодействия в магнитном поле" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 51-60 [3], стр. 24-33 [4], стр. 4-19 [5], стр. 51-60
4	Расчет параметров магнитных систем на основе анализа магнитного поля.	42	4	8	8	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно ознакомиться с описанием лабораторной работы №2 "Электромагнитный подвес", изучить задачи выполнения лабораторной работы и обработки полученных результатов.
4.1	Расчет параметров магнитных систем на основе анализа магнитного поля.	42	4	8	8	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр.61-71 [4], стр. 20-38 [5], стр.61-71
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>80</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>113.5</b>			

5	Интегральные и дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля. Движение в магнитном поле	18	6	6	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Интегральные и дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля. Движение в магнитном поле" и подготовка к контрольной работе "Анализ процесса импульсного намагничивания постоянного магнита в катушках Гельмгольца"	
5.1	Интегральные и дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля. Движение в магнитном поле	18		6	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 30-50 [3], стр. 4-23 [5], стр. 30-50
6	Электромагнитные процессы в электромагнитах постоянного и переменного тока	30		8	4	4	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно ознакомиться с описанием лабораторной работы №3 "Определение параметров магнитного поля и тяговых характеристик электромагнита постоянного тока броневое типа", изучить задачи выполнения лабораторной работы и обработки полученных результатов.
6.1	Электромагнитные процессы в электромагнитах постоянного и переменного тока	30		8	4	4	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Электромагнитные процессы в электромагнитах постоянного и переменного тока" и подготовка к контрольной работе "Электрические параметры электромагнита переменного тока" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 144-197 [2], стр. 150-214 [3], стр. 40-87 [4], стр. 39-53 [5], стр. 150-214
7	Электромагнитное поле в электрических	26		8	-	4	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу"

	машинах														
7.1	Электромагнитное поле в электрических машинах.	26	8	-	4	-	-	-	-	-	-	14	-	Электромагнитное поле в электрических машинах" и подготовка к контрольной работе "Генератор с постоянными магнитами на роторе" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 40-87	
8	Электромагнитное экранирование. Электромагнитный контроль	32	6	8	4	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно ознакомиться с описанием лабораторной работы №4 "Исследование электромагнита переменного тока", изучить задачи выполнения лабораторной работы и обработки полученных результатов. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 40-87 [4], стр. 54-70	
8.1	Электромагнитное экранирование. Электромагнитный контроль	32	6	8	4	-	-	-	-	-	-	14	-		
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	-	33.5		
	Всего за семестр	142.0	28	12	14	-	2	-	-	0.5	52	33.5			
	Итого за семестр	142.0	28	12	14	2	-	-	0.5	85.5					
	ИТОГО	322.0	-	44	28	46	4	-	1.0	199.0					

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация



## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Введение. Электромагнитные величины. Основные законы и понятия электромагнитного поля

1.1. Введение. Электромагнитные величины. Основные законы и понятия электромагнитного поля

Электромагнитные величины: электрический заряд, электрическая постоянная, магнитная постоянная, плотность электрического заряда, напряжённость электрического поля, плотностью тока проводимости, электрический диполь, электрическая поляризация, электрическая индукция, плотность электрического тока смещения, магнитная индукция, сила Кулона, сила Лоренца, намагничённость, напряжённость магнитного поля. Законы электромагнитного поля. Источники поля векторов магнитной индукции и напряжённости магнитного поля. Закон электромагнитной индукции. Статические стационарные и квазистационарные поля. Уравнения Максвелла для частных случаев электромагнитного поля..

### 2. Методы расчетов стационарного магнитного поля на основе интегральных и дифференциальных уравнений в частных производных. Численные методы решения уравнений.

2.1. Методы расчетов стационарного магнитного поля на основе интегральных и дифференциальных уравнений в частных производных. Численные методы решения уравнений.

Система пространственных интегральных уравнений для векторов намагничённости ферромагнитных деталей магнитной системы со стационарным полем. Итерационный расчет намагничённости в деталях из магнит мягких и магнитотвердых материалов. Программный комплекс Easymag 3D. Граничные интегральные уравнения. Расчет магнитной проводимости трубки магнитного потока на основе системы граничных интегральных уравнений для фиктивных зарядов. Расчет стационарного магнитного поля при постоянных магнитных проницаемостях деталей. Метод конечных элементов для решения задач с распределенными в пространстве параметрами. Программные комплексы, использующие метод конечных элементов..

### 3. Электрические и магнитные свойства материалов. Моделирование нелинейных и гистерезисных свойств материалов.

3.1. Электрические и магнитные свойства материалов. Моделирование нелинейных и гистерезисных свойств материалов.

Электрические свойства материалов: электропроводящий материал, удельная электрическая проводимость, удельное электрическое сопротивление, изоляционный материал, полупроводник, сверхпроводник, диэлектрик, абсолютная диэлектрическая проницаемость, относительная диэлектрическая проницаемость, электрическая восприимчивость, (диэлектрическая восприимчивость), кривая поляризации, петля электрического гистерезиса, остаточная электрическая поляризация, диэлектрические потери, электрострикция, пьезоэлектрический эффект. Магнитные свойства материалов: магнитные материалы, абсолютная магнитная проницаемость, удельное магнитное сопротивление, относительная магнитная проницаемость, магнитная восприимчивость, диамагнетизм, идеальный диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм, температура Кюри, температура Нееля, материальные уравнения, идеальный сверхпроводник. Кривая намагничивания, магнитное насыщение, магнитный гистерезис, петля магнитного гистерезиса, остаточная магнитная

индукция, остаточная намагниченность, предельная остаточная магнитная индукция, коэрцитивная сила, кривая размагничивания, предельная петля гистерезиса, частные симметричные гистерезисные циклы, частные несимметричные гистерезисные циклы, магнитотвёрдый материал, магнитомягкий материал, магнитострикция.

#### 4. Расчет параметров магнитных систем на основе анализа магнитного поля.

##### 4.1. Расчет параметров магнитных систем на основе анализа магнитного поля.

Расчет параметров магнитных систем на основе анализа электромагнитного поля: потокосцепления, индуктивности, ЭДС. Возникновение сил между электромагнитом и элементом из магнитомягкого материала, постоянным магнитом и катушкой с током. Методы расчетов силовых взаимодействий в магнитном поле: интегрирование по источникам магнитного поля, метод ограничения области взаимодействия, формула Максвелла для пондеромоторной силы, энергетический метод. Обратные задачи электромагнитного поля. Расчет распределения намагниченности внутри постоянного магнита по измеренным значениям напряженности внешнего магнитного поля.

#### 5. Интегральные и дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля. Движение в магнитном поле

##### 5.1. Интегральные и дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля. Движение в магнитном поле

Уравнения Максвелла квазистационарного электромагнитного поля. Источники квазистационарного электромагнитного поля. Закон электромагнитной индукции при наличии движения. Полная система пространственных интегральных уравнений для источников квазистационарного электромагнитного поля. Общее решение для векторного магнитного потенциала. Расчет квазистационарного электромагнитного поля в программном комплексе Easymag 3D. Дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля. Расчет квазистационарного электромагнитного поля в программном комплексе FEMM.

#### 6. Электромагнитные процессы в электромагнитах постоянного и переменного тока

##### 6.1. Электромагнитные процессы в электромагнитах постоянного и переменного тока

Электромагнитные процессы в электромагнитах. Электромагниты постоянного тока. Электромагниты переменного тока с короткозамкнутыми витками. Макроскопическая модель электромагнита переменного тока. Расчет параметров макроскопической модели электромагнита с помощью анализа электромагнитного поля. Примеры применения электромагнитов в электрических аппаратах: приводы контакторов, автоматических выключателей и др. Электромагниты пропорционального действия и поляризованные электромагниты..

#### 7. Электромагнитное поле в электрических машинах

##### 7.1. Электромагнитное поле в электрических машинах.

Электромагнитные процессы в электрических машинах. Расчет электромагнитного поля и параметров эквивалентных схем машин постоянного тока, асинхронных машин с короткозамкнутым ротором, синхронных машин с обмоткой возбуждения и синхронных машин с постоянными магнитами. Анализ магнитного поля электрических машины с двойным питанием и машин Вернье..

## 8. Электромагнитное экранирование. Электромагнитный контроль

### 8.1. Электромагнитное экранирование. Электромагнитный контроль

Расчет электромагнитного поля в присутствии магнитных и электропроводящих экранов. Практические задачи экранирования постоянных и переменных электромагнитных полей. Анализ электромагнитного поля в задачах электромагнитного контроля изделий из магнитных и электропроводящих материалов.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Расчет электромагнитного момента и ЭДС машины постоянного тока.;
2. Расчет электромагнита переменного тока с экранирующим электропроводящим диском.;
3. Расчет втяжного электромагнита постоянного тока. Тяговая характеристика, индуцируемая ЭДС.;
4. Расчет потокосцепления катушки электромагнита. Собственные и взаимные индуктивности.;
5. Расчет индуцированной ЭДС в катушке электромагнита постоянного тока при движении постоянного магнита.;
6. Расчет индуцированной ЭДС в катушке электромагнита постоянного тока при движении якоря.;
7. Расчет параметров асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.;
8. Расчет тяговой характеристики электромагнита.;
9. Расчет силовых взаимодействий в магнитном поле. Метод ограничивающей поверхности.;
10. Расчет распределения намагниченности в магнитных системах с деталями из магнитотвердых материалов. Примеры решения задач (Easymag 3D). Система с постоянными магнитами.;
11. Расчет распределения намагниченности в магнитных системах с деталями из магнитомягких материалов (Easymag 3D). Электромагнит.;
12. Освоение программных средств для расчетов электромагнитного поля (Easymag 3D) на примерах решения простых задач стационарного магнитного поля. Траектории перемещения деталей. Средства визуализации результатов расчетов.;
13. Освоение программных средств для расчетов электромагнитного поля (Easymag 3D) на примерах решения простых задач стационарного магнитного поля. Граничные условия. Плоскопараллельные задачи. Зеркальная, осевая и периодические симметрии. Симметрии в локальных системах координат.;
14. Освоение программных средств для расчетов электромагнитного поля (Easymag 3D) на примерах решения простых задач стационарного магнитного поля. Расчет распределения векторов напряженности магнитного поля однородно намагниченных постоянных магнитов и катушек с постоянным током.;
15. Освоение программных средств для расчетов электромагнитного поля (Easymag 3D) на примерах решения простых задач стационарного магнитного поля. Задание исходных данных о конструкции магнитной системы.;
16. Расчет параметров синхронного генератора с постоянными магнитами.;
17. Расчет силовых взаимодействий в магнитном поле. Энергетический метод.;
18. Построение годографов вносимых ЭДС при электромагнитном контроле..

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Определение параметров магнитного поля и тяговых характеристик электромагнита постоянного тока броневых типа;
2. Электромагнитный подвес;

3. Определение магнитных моментов намагниченных деталей с помощью катушек Гельмгольца;
4. Исследование электромагнита переменного тока.

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Знать:</b>										
принцип действия и конструкции магнитных систем постоянного тока	ИД-1ПК-5							+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3 "Определение параметров магнитного поля и тяговых характеристик электромагнита постоянного тока броневого типа"
принцип действия и конструкции магнитных систем переменного тока	ИД-1ПК-5								+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №4 "Исследование электромагнита переменного тока"
методы контроля магнитных материалов и элементов магнитных систем	ИД-1ПК-5			+						Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 "Определение магнитных моментов намагниченных деталей с помощью катушек Гельмгольца"
принцип действия магнитной левитации	ИД-1ПК-5				+					Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2 "Электромагнитный подвес"
основные понятия и термины электромагнитного поля	ИД-1ПК-5	+								Тестирование/Электромагнитные величины
<b>Уметь:</b>										
рассчитывать параметры магнитных систем электрических машин с использованием численных методов	ИД-6ПК-5							+		Контрольная работа/Генератор с постоянными магнитами на роторе
проводить экспериментальные исследования и рассчитывать параметры электромагнитов переменного тока с использованием численных методов	ИД-6ПК-5								+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №4 "Исследование электромагнита переменного тока"
проводить экспериментальные исследования и рассчитывать параметры электромагнитов	ИД-6ПК-5				+					Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2 "Электромагнитный подвес"

постоянного тока с использованием численных методов										
анализировать силовые взаимодействия в магнитных системах	ИД-бПК-5			+						Контрольная работа/Силовые взаимодействия в магнитном поле
применять численные методы и программные средства для расчетов квазистационарного электромагнитного поля	ИД-бПК-5					+				Контрольная работа/Анализ процесса импульсного намагничивания постоянного магнита в катушках Гельмгольца
применять численные методы и программные средства для расчетов стационарного электромагнитного поля	ИД-бПК-5			+						Контрольная работа/Расчет стационарного магнитного поля
выполнять контроль магнитных материалов с помощью катушек Гемльгольца	ИД-бПК-5			+						Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 "Определение магнитных моментов намагниченных деталей с помощью катушек Гельмгольца"
рассчитывать параметры магнитных систем электромагнитов с использованием численных методов	ИД-бПК-5						+			Контрольная работа/Электрические параметры электромагнита переменного тока

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

###### **5 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет стационарного магнитного поля (Контрольная работа)
2. Силовые взаимодействия в магнитном поле (Контрольная работа)
3. Электромагнитные величины (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы №1 "Определение магнитных моментов намагниченных деталей с помощью катушек Гельмгольца" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 "Электромагнитный подвес" (Лабораторная работа)

###### **6 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Анализ процесса импульсного намагничивания постоянного магнита в катушках Гельмгольца (Контрольная работа)
2. Генератор с постоянными магнитами на роторе (Контрольная работа)
3. Электрические параметры электромагнита переменного тока (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы №3 "Определение параметров магнитного поля и тяговых характеристик электромагнита постоянного тока броневое типа" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №4 "Исследование электромагнита переменного тока" (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

###### Экзамен (Семестр №5)

Оценка за курс выставляется как среднее арифметическое из оценки за текущий контроль и оценки за промежуточную аттестацию

###### Экзамен (Семестр №6)

Оценка за курс выставляется как среднее арифметическое из оценки за текущий контроль и оценки за промежуточную аттестацию

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. Электрические и электронные аппараты : учебник и практикум для академического бакалавриата, для вузов по инженерно-техническим направлениям и специальностям / отв. ред. П. А. Курбатов . – М. : Юрайт, 2016 . – 440 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-9916-5890-4 .;
2. Основы теории электрических аппаратов : учебник для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / ред. П. А. Курбатов . – 5-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2015 . – 592 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1800-8 .;
3. Курбатов, П. А. Расчет и проектирование магнитных систем электрических аппаратов : учебное пособие по курсам "Расчет и проектирование магнитных систем электротехнических устройств", "Электромеханические системы электрических аппаратов" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / П. А. Курбатов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 116 с. - ISBN 978-5-7046-1635-1 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8109](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8109);
4. Дергачев, П. А. Расчет электромагнитных полей : практикум по курсу "Расчет электромагнитных полей" по направлению подготовки бакалавров 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника", модулю подготовки "Электрические и электронные аппараты" / П. А. Дергачев, Е. П. Курбатова, П. А. Курбатов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 76 с. - ISBN 978-5-7046-2202-04 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10973](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10973);
5. Акимов Е. Г., Белкин Г. С., Годжелло А. Г., Дегтярь В. Г. - "Основы теории электрических аппаратов", (5-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (592 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/168796>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Matlab;
4. EasyMag.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
4. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>  
<http://docs.cntd.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	ЭЭА-7, Типограф	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, дипломные и курсовые работы студентов



Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	ЭЭА-7, Типограф	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, дипломные и курсовые работы студентов
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	ЭЭА-10а, Лаборатория каф. "ЭМЭА"	стул, шкаф для хранения инвентаря, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, верстак слесарный, инвентарь учебный, книги, учебники, пособия, запасные комплектующие для оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	ЭЭА-7, Типограф	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, дипломные и курсовые работы студентов
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	ЭЭА-13, Аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, экран, доска маркерная, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ЭЭА-2б, Архив	стол, стул, документы

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Методы расчетов электромагнитных полей электротехнических объектов

(название дисциплины)

#### 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Электромагнитные величины (Тестирование)
- КМ-2 Расчет стационарного магнитного поля (Контрольная работа)
- КМ-3 Силовые взаимодействия в магнитном поле (Контрольная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы №1 "Определение магнитных моментов намагниченных деталей с помощью катушек Гельмгольца" (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита лабораторной работы №2 "Электромагнитный подвес" (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	16	16
1	Введение. Электромагнитные величины. Основные законы и понятия электромагнитного поля						
1.1	Введение. Электромагнитные величины. Основные законы и понятия электромагнитного поля		+				
2	Методы расчетов стационарного магнитного поля на основе интегральных и дифференциальных уравнений в частных производных. Численные методы решения уравнений.						
2.1	Методы расчетов стационарного магнитного поля на основе интегральных и дифференциальных уравнений в частных производных. Численные методы решения уравнений.			+			
3	Электрические и магнитные свойства материалов. Моделирование нелинейных и гистерезисных свойств материалов.						
3.1	Электрические и магнитные свойства материалов. Моделирование нелинейных и гистерезисных свойств материалов.				+	+	
4	Расчет параметров магнитных систем на основе анализа магнитного поля.						
4.1	Расчет параметров магнитных систем на основе анализа магнитного поля.						+
Вес КМ, %:			15	20	20	20	25

#### 6 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-6 Анализ процесса импульсного намагничивания постоянного магнита в катушках Гельмгольца (Контрольная работа)

- КМ-7 Электрические параметры электромагнита переменного тока (Контрольная работа)  
 КМ-8 Генератор с постоянными магнитами на роторе (Контрольная работа)  
 КМ-9 Защита лабораторной работы №3 "Определение параметров магнитного поля и тяговых характеристик электромагнита постоянного тока броневго типа" (Лабораторная работа)  
 КМ-10 Защита лабораторной работы №4 "Исследование электромагнита переменного тока" (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
		Неделя КМ:	4	8	12	14	14
1	Интегральные и дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля. Движение в магнитном поле						
1.1	Интегральные и дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля. Движение в магнитном поле		+				
2	Электромагнитные процессы в электромагнитах постоянного и переменного тока						
2.1	Электромагнитные процессы в электромагнитах постоянного и переменного тока			+		+	
3	Электромагнитное поле в электрических машинах						
3.1	Электромагнитное поле в электрических машинах.				+		
4	Электромагнитное экранирование. Электромагнитный контроль						
4.1	Электромагнитное экранирование. Электромагнитный контроль						+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20