

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: Электромеханика, электрические и электронные аппараты

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.09.02.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	7 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	7 семестр - 115,7 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Домашнее задание Контрольная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	7 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ширинский С.В.
	Идентификатор	Rac9f4bfa-ShirinskiiSV-a85b725f

С.В. Ширинский


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецова Е.А.
	Идентификатор	Re7bf1ad9-KuznetsovaYA-c9331b9

Е.А. Кузнецова

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

М.Г. Киселев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение процессов электромеханического преобразования энергии на основе теории электромагнитного поля, методов решения полевых задач, создания эквивалентных схем замещения магнитной цепи и метода гармонического анализа электромагнитного поля

Задачи дисциплины

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-4 Способен принимать участие в проектировании, анализировать конкурентоспособные варианты технических решений и обосновывать выбор целесообразных проектных решений в соответствии с требованиями технического задания в области электрических машин и аппаратов	ИД-5 _{ПК-4} Применяет приближенные методы расчета и выбора основных элементов электрических машин и аппаратов	знать: - аналитические и численные методы расчета магнитного поля в электрической машине; - основы электромеханического преобразования энергии. уметь: - использовать методы расчетов магнитных полей для анализа магнитного состояния электрической машины; - применять аналитические и численные методы расчета для анализа процессов электромеханического преобразования энергии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	Методы расчета электромагнитных полей и процессов в электрических машинах	82	7	14	-	14	-	-	-	-	-	54	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Методы расчета электромагнитных полей и процессов в электрических машинах"</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Методы расчета электромагнитных полей и процессов в электрических машинах и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Методы расчета электромагнитных полей и процессов в электрических машинах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы расчета электромагнитных полей и"</p>
1.1	Методы расчета электромагнитных полей и процессов в электрических машинах	82		14	-	14	-	-	-	-	-	54	-	

													<p>процессов в электрических машинах" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], Глава 1-2, стр. 11-64 [2], Глава 1-5, стр. 6-160 [3], 1.4. Индуктивность катушек, стр. 17-20 [4], 3. Расчетные задания: стр. 126-132, 133-137 [5], Глава 13, стр. 396-402 [6], Глава 22-23, стр. 242-273</p>
2	Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток	97.7	18	-	18	-	-	-	-	-	61.7	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток" <u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток"</p>
2.1	Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток	97.7	18	-	18	-	-	-	-	-	61.7	-	

													<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], Глава 6-7, стр. 161-253 [5], Глава 27-28, стр. 333-361 [6], Глава 24-26, стр. 274-332
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	180.0	32	-	32	-	-	-	-	0.3	115.7	-	
	Итого за семестр	180.0	32	-	32	-	-	-	-	0.3	115.7	-	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Методы расчета электромагнитных полей и процессов в электрических машинах

1.1. Методы расчета электромагнитных полей и процессов в электрических машинах

Существующие методы анализа электрических машин. Полевые и цепные методы расчета. Эквивалентная схема замещения магнитной цепи электрической машины. Особенности магнитного поля электрической машины. Основы метода зубцовых контуров. Магнитное поле зубцового контура – потоки, потокосцепления, проводимости. Эквивалентная схема замещения магнитной цепи зубцового контура. Эквивалентная схема замещения магнитной цепи ненасыщенной электрической машины. Обмотки машин переменного тока – математическое описание. Определение токов зубцовых контуров по токам электрических ветвей. Расчет схемы замещения – определение потоков зубцов и потокосцеплений зубцовых контуров. Определение потокосцеплений электрических ветвей. Индуктивности ветвей. Уравнение баланса напряжений ветвей. Энергия магнитного поля. Электромеханическое преобразование энергии. Электромагнитный момент..

2. Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток

2.1. Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток

МДС и поле фазы простой обмотки с $q = 1$, с произвольным q . Волна МДС. Простая многофазная обмотка. Сложная многофазная обмотка. Классификация высших гармонических МДС. Спектр поля многофазной обмотки. Спектр поля обмотки возбуждения. Потокосцепление и ЭДС катушки, катушечной группы, фазы, многофазной обмотки. Потокосцепления и ЭДС от высших гармоник поля. Главные индуктивности. Индуктивности для высших гармоник поля. Индуктивность рассеяния: пазового, лобового, дифференциального..

3.3. Темы практических занятий

1. Определение проводимостей взаимоиндукции зубцовых контуров по результатам полевого расчета.;
2. Простейшая эквивалентная схема замещения магнитной цепи машины постоянного тока.;
3. Правила формирования эквивалентной схемы замещения магнитной цепи электрической машины, имеющей зубчатую структуру сердечников.;
4. Учет насыщения элементов сердечников.;
5. Методы расчета нелинейных магнитных цепей.;
6. Методы решения алгебро-дифференциальных систем уравнений.;
7. Универсальный метод расчета полей и процессов в электрических машинах.;
8. Первоначальные и сопутствующие гармоники, зубцовые гармоники.;
9. Индуктивность катушки, фазы, взаимная индуктивность двух фаз, индуктивность многофазной обмотки для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей.;
10. Главное поле и поле рассеяния – потокосцепления, ЭДС и индуктивности.;
11. Проводимость пазового рассеяния двухслойной обмотки.;
12. Проводимость лобового рассеяния по методике Майе.;
13. Проводимость дифференциального рассеяния АД с КЗ ротором с учетом демпфирования..

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Методы расчета электромагнитных полей и процессов в электрических машинах"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток"

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	
Знать:				
основы электромеханического преобразования энергии	ИД-5ПК-4		+	Расчетно-графическая работа/Индуктивности обмоток Расчетно-графическая работа/Схема обмотки, кривая МДС и гармонический состав поля
аналитические и численные методы расчета магнитного поля в электрической машине	ИД-5ПК-4	+		Контрольная работа/Преобразование энергии в электрических машинах Контрольная работа/Структура обмотки Домашнее задание/Элементарные магнитные поля в электрических машинах
Уметь:				
применять аналитические и численные методы расчета для анализа процессов электромеханического преобразования энергии	ИД-5ПК-4		+	Расчетно-графическая работа/Индуктивности обмоток Расчетно-графическая работа/Схема обмотки, кривая МДС и гармонический состав поля
использовать методы расчетов магнитных полей для анализа магнитного состояния электрической машины	ИД-5ПК-4	+		Контрольная работа/Преобразование энергии в электрических машинах Контрольная работа/Структура обмотки Домашнее задание/Элементарные магнитные поля в электрических машинах

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Преобразование энергии в электрических машинах (Контрольная работа)
2. Структура обмотки (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Индуктивности обмоток (Расчетно-графическая работа)
2. Схема обмотки, кривая МДС и гармонический состав поля (Расчетно-графическая работа)
3. Элементарные магнитные поля в электрических машинах (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №7)

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Универсальный метод расчета электромагнитных процессов в электрических машинах / А. В. Иванов-Смоленский, [и др.] . – М. : Энергоатомиздат, 1986 . – 216 с.;
2. Ширинский, С. В. Методы анализа электрических машин : учебное пособие / С. В. Ширинский, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 256 с. - ISBN 978-5-7046-1835-5 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=9189>;
3. Гончаров, В. И. Моделирование магнитных полей в электрических машинах : учебное пособие по курсу "Моделирование магнитных полей в электрических машинах" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. И. Гончаров, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 80 с. - ISBN 978-5-7046-2067-9 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10399>;
4. Гончаров, В. И. Электромагнитные расчеты и моделирование полей в электрических машинах : практикум по курсам "Электромагнитные расчеты" и "Моделирование магнитных полей в электрических машинах" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. И. Гончаров, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 192 с. - ISBN 978-5-7046-2222-2 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11118>;
5. Иванов-Смоленский, А. В. Электрические машины. В 2 т. Т.1 : учебник для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / А. В. Иванов-Смоленский . – 3-е изд., стер . –

Москва : Издательский дом МЭИ, 2006 . – 652 с. - Издание доступно только в электронном виде. Для чтения пройдите по ссылке . - ISBN 5-903072-52-6 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=5295>;

6. Иванов-Смоленский А.В.- "Электрические машины. В двух томах. Том 1", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012222.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Scilab;
6. SmathStudio.

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

3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-215, Лекционная аудитория	
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-215, Лекционная аудитория	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-215, Лекционная аудитория	
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-215, Лекционная аудитория	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ЭЭА-2б, Архив	стол, стул, документы

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы анализа электрических машин

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Элементарные магнитные поля в электрических машинах (Домашнее задание)
- КМ-2 Структура обмотки (Контрольная работа)
- КМ-3 Преобразование энергии в электрических машинах (Контрольная работа)
- КМ-4 Схема обмотки, кривая МДС и гармонический состав поля (Расчетно-графическая работа)
- КМ-5 Индуктивности обмоток (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	14	16
1	Методы расчета электромагнитных полей и процессов в электрических машинах						
1.1	Методы расчета электромагнитных полей и процессов в электрических машинах		+	+	+		
2	Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток						
2.1	Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток					+	+
Вес КМ, %:			10	20	20	30	20