

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

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.08.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	7 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	7 семестр - 131,7 часа;
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 2023

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	Ширинский С.В.
	Идентификатор	Rac9f4bfa-ShirinskiiSV-a85b725f

С.В. Ширинский

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-8 Способен участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике и анализировать полученные результаты	ИД-1ПК-8 Применяет основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, использует компьютер для обработки информации	знать: - аналитические и численные методы расчета магнитного поля в электрической машине. уметь: - использовать методы расчетов магнитных полей для анализа магнитного состояния электрической машины.
ПК-8 Способен участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике и анализировать полученные результаты	ИД-3ПК-8 Разрабатывает упрощенные модели электромеханических преобразователей энергии и протекающих в них процессов	знать: - основы электромеханического преобразования энергии. уметь: - 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 (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	78	7	14	-	10	-	-	-	-	-	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	78		14	-	10	-	-	-	-	-	54	-	

														<p>процессов в электрических машинах" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], Глава 13, стр. 396-402 [2], Глава 1-5, стр. 6-160 [3], Глава 1-2, стр. 11-64 [4], 1.4. Индуктивность катушек, стр. 17-20 [5], 3. Расчетные задания: стр. 126-132, 133-137 [6], Глава 22-23, стр. 242-273</p>
2	Магнитодвижущие силы, потокосцепления и индуктивности обмоток	101.7	18	-	6	-	-	-	-	-	-	77.7	-	<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	101.7	18	-	6	-	-	-	-	-	-	77.7	-	

													<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], Глава 27-28, стр. 333-361 [2], Глава 6-7, стр. 161-253 [6], Глава 24-26, стр. 274-332
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	180.0	32	-	16	-	-	-	-	0.3	131.7	-	
	Итого за семестр	180.0	32	-	16	-	-	-	-	0.3	131.7	-	

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

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:				
аналитические и численные методы расчета магнитного поля в электрической машине	ИД-1ПК-8	+		Контрольная работа/Преобразование энергии в электрических машинах Контрольная работа/Структура обмотки Домашнее задание/Элементарные магнитные поля в электрических машинах
основы электромеханического преобразования энергии	ИД-3ПК-8		+	Расчетно-графическая работа/Индуктивности обмоток Расчетно-графическая работа/Схема обмотки, кривая МДС и гармонический состав поля
Уметь:				
использовать методы расчетов магнитных полей для анализа магнитного состояния электрической машины	ИД-1ПК-8	+		Контрольная работа/Преобразование энергии в электрических машинах Контрольная работа/Структура обмотки Домашнее задание/Элементарные магнитные поля в электрических машинах
применять аналитические и численные методы расчета для анализа процессов электромеханического преобразования энергии	ИД-3ПК-8		+	Расчетно-графическая работа/Индуктивности обмоток Расчетно-графическая работа/Схема обмотки, кривая МДС и гармонический состав поля

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. 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>;
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://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=9189>;
3. Универсальный метод расчета электромагнитных процессов в электрических машинах / А. В. Иванов-Смоленский, [и др.] . – М. : Энергоатомиздат, 1986 . – 216 с.;
4. 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://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10399>;
5. 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://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11118>;

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. Майнд Видеоконференции;
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-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-205, Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стол, стул, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
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	Е-207, Лекционная аудитория	стол, стул, шкаф, лабораторный стенд
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ЭЭА-26, 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