

**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**  
**ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**  
**И АППАРАТОВ**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08.10
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	8 семестр - 28 часа;
Практические занятия	8 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	8 семестр - 65,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	8 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курбатова Е.П.
	Идентификатор	R51c6ebe0-KurbatovaYP-a15ccd6f

Е.П. Курбатова

**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 электромеханических систем электрических машин и электрических аппаратов и методов их анализа для последующего использования в исследовательской, проектно-конструкторской деятельности и эксплуатации

### Задачи дисциплины

- изучить принципы построения электромеханических систем преобразования энергии в электроэнергетике и электротехнике;
- освоить методы и программное обеспечение для анализа физических процессов в электромеханических системах электрических машин и аппаратов;
- приобрести навыки анализа динамических процессов типовых конструкций электромеханических систем электрических машин и аппаратов;
- сформировать базовые знания в области мониторинга состояния электромеханических систем электроэнергетического оборудования.

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-3 Способен проводить работы по обработке технической информации и результатов исследований, ее анализу и применению для проектирования объектов профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, сопоставляет конкурентно-способные варианты технических решений	знать: - принципы построения электромеханических систем преобразования энергии.
ПК-3 Способен проводить работы по обработке технической информации и результатов исследований, ее анализу и применению для проектирования объектов профессиональной деятельности	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знание основных правил компоновки и проектирования электротехнических устройств	уметь: - применять методы и программное обеспечение для анализа электромеханических систем электрических машин и аппаратов; - выполнять анализ динамических процессов типовых конструкций электромеханических систем электрических аппаратов; - выполнять анализ динамических процессов типовых конструкций электромеханических систем электрических машин.

## 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 3 зачетных единицы, 108 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	Электромеханическая система (ЭМС). Основные понятия, термины и определения. ЭМС в энергетике, на транспорте, машиностроении, средствах автоматизации и робототехнике.	18	8	4	-	2	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Электромеханическая система (ЭМС). Основные понятия, термины и определения. ЭМС в энергетике, на транспорте, машиностроении, средствах автоматизации и робототехнике" и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 1-34 [2], 28-150 [5], 28-150</p>
1.1	Электромеханическая система (ЭМС). Основные понятия, термины и определения. ЭМС в энергетике, на транспорте, машиностроении, средствах автоматизации и робототехнике.	18		4	-	2	-	-	-	-	-	12	-	
2	Физические явления и процессы в ЭМС. Методы и программное обеспечение для анализа ЭМС	24		8	-	4	-	-	-	-	-	12	-	

2.1	Физические явления и процессы в ЭМС. Методы и программное обеспечение для анализа ЭМС	24	8	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 3-34 [4], 4-35
3	ЭМС электрических машин. Принципы преобразования энергии. Моделирование процессов, управление.	24	8	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "ЭМС с электрических машинами. Принципы преобразования энергии. Моделирование процессов, управление" и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
3.1	ЭМС электрических машин. Принципы преобразования энергии. Моделирование процессов, управление.	24	8	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	[1], 104-112
4	ЭМС электрических аппаратов. Магнитострикционные, пьезоэлектрические и магнитогидродинамические ЭМС. Моделирование процессов, управление.	24	8	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "ЭМС электрических аппаратов. Магнитострикционные, пьезоэлектрические и магнитогидродинамические ЭМС. Моделирование процессов, управление" и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
4.1	ЭМС электрических аппаратов. Магнитострикционные, пьезоэлектрические и магнитогидродинамические ЭМС. Моделирование процессов,	24	8	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	[2], 150-214 [4], 64-82 [5], 150-214

	управление.												
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0	28	-	14	-	-	-	-	0.3	48	17.7	
	Итого за семестр	108.0	28	-	14	-	-	-	-	0.3	65.7		

**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. Электромеханическая система (ЭМС). Основные понятия, термины и определения. ЭМС в энергетике, на транспорте, машиностроении, средствах автоматизации и робототехнике.

1.1. Электромеханическая система (ЭМС). Основные понятия, термины и определения. ЭМС в энергетике, на транспорте, машиностроении, средствах автоматизации и робототехнике.

Электромеханическая система (ЭМС). Основные понятия, термины и определения. ЭМС в энергетике, на транспорте, машиностроении, средствах автоматизации и робототехнике..

#### 2. Физические явления и процессы в ЭМС. Методы и программное обеспечение для анализа ЭМС

2.1. Физические явления и процессы в ЭМС. Методы и программное обеспечение для анализа ЭМС

Физические подсистемы ЭМС: электрическая, электромагнитная, механическая, гидрогазодинамическая, тепловая, виброакустическая. Обзор методов и программных средств для мультифизического моделирования физических процессов в ЭМС. Постановка задач анализа физических полей, процессов на макроскопическом уровне и моделей управления комплексами ЭМС..

#### 3. ЭМС электрических машин. Принципы преобразования энергии. Моделирование процессов, управление.

3.1. ЭМС электрических машин. Принципы преобразования энергии. Моделирование процессов, управление.

ЭМС вращающихся и линейных электрических машин с электромагнитными, магнитоэлектрическими, электродинамическими и индукционными принципами преобразования энергии. Рабочие характеристики ЭМС с электрическими машинами. Постановка задач моделирования работы и примеры моделей ЭМС с электрическими машинами. Методы управления ЭМС с электрическими машинами..

#### 4. ЭМС электрических аппаратов. Магнитоэлектрические, пьезоэлектрические и магнитогидродинамические ЭМС. Моделирование процессов, управление.

4.1. ЭМС электрических аппаратов. Магнитоэлектрические, пьезоэлектрические и магнитогидродинамические ЭМС. Моделирование процессов, управление.

ЭМС электрических аппаратов с электромагнитными приводами. ЭМС электрических аппаратов с магнитоэлектрическими, электродинамическими и индукционными принципами преобразования энергии. ЭМС электрических аппаратов с пьезоэлектрическими, магнитоэлектрическими и магнитогидродинамическими преобразователями. Магнитные муфты, управляемый магнитный подвес. Постановка задач моделирования работы и примеры моделей ЭМС электрических аппаратов. Методы и управления ЭМС электрических аппаратов..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Моделирование динамики работы ЭМС электрических аппаратов с пьезоэлектрическими, магнитоэлектрическими и магнитогидродинамическими преобразователями.;
2. Решение типовых задач с использованием упрощенных моделей электрических

- машин. Изучение примера макроскопической модели ЭМС, включающей преобразователь частоты, асинхронный двигатель и механическую нагрузку;
3. Обзор, демонстрация работы и апробация на практических примерах существующих программных средств для анализа физических полей, процессов на макроскопическом уровне и моделей управления комплексами ЭМС;
  4. Обзор и анализ принципов работы ЭМС в энергетике, на транспорте, машиностроении, средствах автоматизации и робототехнике. Примеры технических решений и перспективные разработки.;
  5. Решение типовых задач с использованием упрощенных моделей электрических аппаратов с электромагнитным приводом. Изучение примера макроскопической модели ЭМС, контактора постоянного тока и управляемого магнитного подвеса.

#### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

#### **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	
<b>Знать:</b>						
принципы построения электромеханических систем преобразования энергии	ИД-1ПК-3	+	+			Контрольная работа/Электродинамический, индукционный и магнитоэлектрический преобразователи энергии
<b>Уметь:</b>						
выполнять анализ динамических процессов типовых конструкций электромеханических систем электрических машин	ИД-2ПК-3			+		Контрольная работа/Преобразование энергии в трехфазной электрической машине с постоянными магнитами
выполнять анализ динамических процессов типовых конструкций электромеханических систем электрических аппаратов	ИД-2ПК-3				+	Контрольная работа/МГД генератор
применять методы и программное обеспечение для анализа электромеханических систем электрических машин и аппаратов	ИД-2ПК-3	+				Контрольная работа/Преобразование энергии в электромагнитной системе

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

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

**8 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. МГД генератор (Контрольная работа)
2. Преобразование энергии в трехфазной электрической машине с постоянными магнитами (Контрольная работа)
3. Преобразование энергии в электромагнитной системе (Контрольная работа)
4. Электродинамический, индукционный и магнитоэлектрический преобразователи энергии (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Зачет с оценкой (Семестр №8)

В диплом выставляется оценка за 8 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.2 : учебник для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / А. В. Иванов-Смоленский . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 532 с. - ISBN 5-7046-0913-9 .;
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/elib/view.php?id=8109>;
4. Курбатов, П. А. Математическое моделирование электромеханических систем электрических аппаратов : учебное пособие по курсам "Математическое моделирование электротехнических объектов", "Моделирование электромагнитных полей", "Механизмы электрических аппаратов" по специальности "Электрические и электронные аппараты" / П. А. Курбатов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 110 с. - ISBN 978-5-383-00092-2 .;

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. OpenModelica;
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	Е-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
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-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ЭЭА-2б, Архив	стол, стул, документы

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Электромеханические системы электрических машин и аппаратов

(название дисциплины)

#### 8 семестр

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

- КМ-1 Преобразование энергии в электромагнитной системе (Контрольная работа)
- КМ-2 Электродинамический, индукционный и магнитоэлектрический преобразователи энергии (Контрольная работа)
- КМ-3 Преобразование энергии в трехфазной электрической машине с постоянными магнитами (Контрольная работа)
- КМ-4 МГД генератор (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Электромеханическая система (ЭМС). Основные понятия, термины и определения. ЭМС в энергетике, на транспорте, машиностроении, средствах автоматизации и робототехнике.					
1.1	Электромеханическая система (ЭМС). Основные понятия, термины и определения. ЭМС в энергетике, на транспорте, машиностроении, средствах автоматизации и робототехнике.		+	+		
2	Физические явления и процессы в ЭМС. Методы и программное обеспечение для анализа ЭМС					
2.1	Физические явления и процессы в ЭМС. Методы и программное обеспечение для анализа ЭМС			+		
3	ЭМС электрических машин. Принципы преобразования энергии. Моделирование процессов, управление.					
3.1	ЭМС электрических машин. Принципы преобразования энергии. Моделирование процессов, управление.				+	
4	ЭМС электрических аппаратов. Магнитоэлектрические, пьезоэлектрические и магнитогиродинамические ЭМС. Моделирование процессов, управление.					
4.1	ЭМС электрических аппаратов. Магнитоэлектрические, пьезоэлектрические и магнитогиродинамические ЭМС. Моделирование процессов, управление.					+
Вес КМ, %:			20	30	30	20