

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

<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.08.05
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	7 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	7 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 93,5 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>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	7 семестр - 0,5 часа;

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:** 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-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-3ПК-5 Демонстрирует знание законов электротехники, математического анализа и основ теории электрических аппаратов	знать: - принципы построения электромеханических систем преобразования энергии.
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-6ПК-5 Применяет методы анализа и расчета электротехнических устройств для теоретического исследования электромагнитных процессов в электрических и силовых электронных аппаратах	уметь: - применять методы и программное обеспечение для анализа электромеханических систем электрических машин и аппаратов; - выполнять анализ динамических процессов типовых конструкций электромеханических систем электрических машин; - выполнять анализ динамических процессов типовых конструкций электромеханических систем электрических аппаратов.

## **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 «Электрические машины»
- знать курс «Электрические и электронные аппараты»
- знать курс «Методы расчетов электромагнитных полей»
- знать курс «Математическое моделирование электротехнических объектов»

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 4 зачетных единицы, 144 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	Электромеханическая система (ЭМС). Основные понятия, термины и определения. ЭМС в энергетике, на транспорте, машиностроении, средствах автоматизации и робототехнике.	18	7	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	30		10	-	4	-	-	-	-	-	16	-	

2.1	Физические явления и процессы в ЭМС. Методы и программное обеспечение для анализа ЭМС	30	10	-	4	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 3-34 [4], 4-35
3	ЭМС электрических машин. Принципы преобразования энергии. Моделирование процессов, управление.	30	10	-	4	-	-	-	-	-	16	-	<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.	30	10	-	4	-	-	-	-	-	16	-	[1], 104-112
4	ЭМС электрических аппаратов. Магнитострикционные, пьезоэлектрические и магнитогидродинамические ЭМС. Моделирование процессов, управление.	30	8	-	6	-	-	-	-	-	16	-	<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,	30	8	-	6	-	-	-	-	-	16	-	[2], 150-214 [4], 64-82 [5], 150-214

	управление.												
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	-	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	-	16	2	-	-	-	0.5	93.5		

**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. Основные понятия, термины и определения. Обзор ЭМС электроэнергетических установок на тепловых и гидроэлектростанциях, возобновляемой энергетики и микроэнергетических установок. ЭМС транспортных средств, в машиностроении, в 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. Обзор и анализ принципов работы ЭМС в энергетике, на транспорте, машиностроении, средствах автоматизации и робототехнике. Примеры технических



решений и перспективные разработки.;

2. Обзор, демонстрация работы и апробация на практических примерах существующих программных средств для анализа физических полей, процессов на макроскопическом уровне и моделей управления комплексами ЭМС;

3. Решение типовых задач с использованием упрощенных моделей электрических машин. Изучение примера макроскопической модели ЭМС, включающей преобразователь частоты, асинхронный двигатель и механическую нагрузку;

4. Решение типовых задач с использованием упрощенных моделей электрических аппаратов с электромагнитным приводом. Изучение примера макроскопической модели ЭМС, контактора постоянного тока и управляемого магнитного подвеса;

5. Моделирование динамики работы ЭМС электрических аппаратов с пьезоэлектрическими, магнитострикционными и магнитогидродинамическими преобразователями..

### **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-3ПК-5	+	+			Контрольная работа/Электродинамический, индукционный и магнитоэлектрический преобразователи энергии
<b>Уметь:</b>						
выполнять анализ динамических процессов типовых конструкций электромеханических систем электрических аппаратов	ИД-6ПК-5				+	Контрольная работа/МГД генератор
выполнять анализ динамических процессов типовых конструкций электромеханических систем электрических машин	ИД-6ПК-5			+		Контрольная работа/Преобразование энергии в трехфазной электрической машине с постоянными магнитами
применять методы и программное обеспечение для анализа электромеханических систем электрических машин и аппаратов	ИД-6ПК-5	+				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**

**7 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**

Экзамен (Семестр №7)

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

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.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/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. 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-205, Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стол, стул, компьютер персональный
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-205, Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стол, стул, компьютер персональный
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

### Электромеханические системы электрических машин и аппаратов

(название дисциплины)

#### 7 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 – Экзамен.**

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 магнитоэлектродинамические ЭМС. Моделирование процессов, управление.					
4.1	ЭМС электрических аппаратов. Магнитоэлектрические, пьезоэлектрические и магнитоэлектродинамические ЭМС. Моделирование процессов, управление.					+
Вес КМ, %:			20	30	30	20