

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.28
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	4 семестр - 4; 5 семестр - 4; всего - 8
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	288 часа
<b>Лекции</b>	4 семестр - 32 часа; 5 семестр - 32 часа; всего - 64 часа
<b>Практические занятия</b>	4 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	4 семестр - 16 часов; 5 семестр - 32 часа; всего - 48 часа
<b>Консультации</b>	5 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	4 семестр - 79,7 часа; 5 семестр - 77,5 часа; всего - 157,2 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> Домашнее задание Расчетно-графическая работа Лабораторная работа Контрольная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	4 семестр - 0,3 часа;
<b>Экзамен</b>	5 семестр - 0,5 часа; всего - 0,8 часа

**Москва 2019**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

**Преподаватель**

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Барат В.А.
	Идентификатор	Rb173df8d-BaratVA-106e228a

(подпись)

**В.А. Барат**

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель образовательной программы**

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Почернина Н.И.
	Идентификатор	R1d8f33d8-PocherninaNI-bbd47938

(подпись)

**Н.И. Почернина**

(расшифровка подписи)

**Заведующий выпускающей кафедры**

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Волков А.В.
	Идентификатор	R369593e9-VolkovAV-775a725f

(подпись)

**А.В. Волков**

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** освоение методов анализа и расчета электрических и магнитных цепей, получение общего представления о теории электромагнитного поля, изучение принципа действия электрических машин постоянного и переменного тока, изучение основ электроники.

### Задачи дисциплины

- изучение магнитного поля и его проявлений в различных технических устройствах;
- освоение современных методов и средств анализа и расчета цепей;
- изучение методов расчета электрических и магнитных полей, знание которых необходимо для успешной профессиональной деятельности.

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
ОПК-4 способен применять в расчетах теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и установках	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub> Демонстрирует знание теоретических основ электротехники, устройство и принцип действия электрических машин	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные методы расчета трехфазных цепей;</li><li>- основные методы расчета цепей переменного тока;</li><li>- основные методы расчета цепей постоянного тока;</li><li>- устройство и принцип действия электрических машин постоянного;</li><li>- устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя;</li><li>- устройство и принцип действия синхронной машины;</li><li>- способы построения вторичных источников электропитания;</li><li>- устройство и способы построения электронных усилителей.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- измерять рабочие и механические характеристики трехфазного асинхронного двигателя;</li><li>- проводить расчет и измерение характеристик простейших электронных усилителей;</li><li>- выбирать параметры вторичных источников электропитания;</li><li>- измерять внешние характеристики электрических генераторов;</li><li>- проводить синхронизацию синхронного генератора с энергосистемой, проводить измерение его характеристик в энергосистеме;</li><li>- проводить расчет цепей постоянного тока;</li><li>- проводить расчет цепей переменного</li></ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		тока; - проводить расчет трехфазных цепей.
ОПК-6 способен проводить измерения физических величин, определяющих работу энергетических машин и установок	ИД-1 <sub>ОПК-6</sub> Демонстрирует знание единиц измерения физических величин, основных методов их измерения	уметь: - правильно выбирать электроизмерительные приборы для проведения измерений.
ОПК-6 способен проводить измерения физических величин, определяющих работу энергетических машин и установок	ИД-3 <sub>ОПК-6</sub> Демонстрирует знание принципов действия средств измерения электрических и неэлектрических величин	знать: - принцип действия электронных схем на базе операционных усилителей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы дифференциального и интегрального исчисления
- знать теорию функций комплексного переменного
- знать основные физические законы и явления, основные физические величины и физические константы
- уметь проводить расчеты алгебраических и дифференциальных уравнений, а также систем уравнений
- уметь проводить расчеты погрешностей измерений физических величин
- уметь получать, обобщать и анализировать информацию

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 8 зачетных единиц, 288 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	Электрические цепи постоянного тока	34	4	8	4	6	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторным работам необходимо предварительно изучить тему, решить по вариантам задачи, рассчитать электрические параметры, а также изучить вопросы проведения экспериментальных исследований в электрических цепях постоянного тока.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Электрические цепи постоянного тока" для подготовки к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Электрические цепи постоянного тока", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрические цепи постоянного тока"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения задач по разделу "Электрические цепи постоянного тока". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать</p>
1.1	Электрические цепи постоянного тока	34		8	4	6	-	-	-	-	-	16	-	

													<p>выводы.  <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u>  [2], 3-11  [6], 10-60  [8], 7-26</p>
2	Однофазные цепи синусоидального тока	42	10	6	6	-	-	-	-	-	20	-	<p><u><b>Подготовка к лабораторной работе:</b></u> Для выполнения заданий по лабораторным работам необходимо предварительно изучить тему, решить по вариантам задачи, начертить схемы для проведения экспериментов, а также изучить вопросы проведения экспериментальных исследований в однофазных цепях синусоидального тока.</p> <p><u><b>Подготовка к контрольной работе:</b></u> Изучение материалов по разделу "Однофазные цепи синусоидального тока" для подготовки к контрольной работе</p> <p><u><b>Подготовка к практическим занятиям:</b></u> Изучение материала по разделу "Однофазные цепи синусоидального тока", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Изучение дополнительного материала по разделу "Однофазные цепи синусоидального тока"</p> <p><u><b>Подготовка расчетных заданий:</b></u> Задания ориентированы на решения задач по разделу "Однофазные цепи синусоидального тока". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы.</p> <p><u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u>  [2], 11-14</p>
2.1	Однофазные цепи синусоидального тока	42	10	6	6	-	-	-	-	-	20	-	

														[6], 61-135 [8], 27-46
3	Трехфазные цепи	32	8	4	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Трехфазные цепи"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, решить по вариантам задачи, начертить схемы для проведения экспериментов, а также изучить вопросы проведения экспериментальных исследований в трехфазных цепях.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Трехфазные цепи" для подготовки к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Трехфазные цепи", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения задач по разделу "Трехфазные цепи". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 14-17 [6], 136-156 [8], 47-52</p>
3.1	Трехфазные цепи.	32	8	4	4	-	-	-	-	-	-	16	-	
4	Несинусоидальные периодические токи и напряжения	18	6	2	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение</u></b></p>
4.1	Несинусоидальные периодические токи и	18	6	2	-	-	-	-	-	-	-	10	-	

	напряжения												<b>теоретического материала:</b> Изучение дополнительного материала по разделу "Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях"
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0		32	16	16	-	-	-	0.3	62	17.7	
	Итого за семестр	144.0		32	16	16	-	-	-	0.3	79.7		
5	Неуправляемые выпрямители	14	5	4	6	-	-	-	-	-	4	-	<b>Подготовка к лабораторной работе:</b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, начертить схемы для проведения экспериментов, а также изучить вопросы проведения экспериментальных исследований для снятия внешних характеристик выпрямителей. <b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b> Изучение дополнительного материала по разделу "Источники вторичного электропитания" <b>Подготовка расчетных заданий:</b> Задания ориентированы на расчет электрических параметров и ответы на контрольные вопросы по разделу "Источники вторичного электропитания". Студентам необходимо повторить теоретический материал, провести расчеты, ответить на варианты задания и сделать выводы. <b>Изучение материалов литературных источников:</b> [1], 3-5 [3], 119-175 [8], 82-95
5.1	Неуправляемые выпрямители	14		4	6	-	-	-	-	-	4	-	
6	Биполярные транзисторы. Усилительные каскады на биполярных транзисторах.	18		6	6	-	-	-	-	-	6	-	<b>Подготовка расчетных заданий:</b> Задания ориентированы на расчет параметров, построение характеристик и ответы на контрольные вопросы по разделу "Биполярные транзисторы. Усилительные каскады на биполярных транзисторах". Студентам необходимо повторить
6.1	Биполярные	18		6	6	-	-	-	-	-	6	-	



	транзисторы. Усилительные каскады на биполярных транзисторах.												теоретический материал, провести расчеты, построить зависимости, ответить на варианты задания и сделать выводы. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, начертить схемы для проведения экспериментов, а также изучить вопросы проведения экспериментальных исследований для снятия характеристик усилительного каскада. <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электронные усилители" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 5-6 [3], 143-167 [8], 96-116
7	Операционные усилители. Устройства на базе операционных усилителей	12	4	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на расчет параметров, построение характеристик и ответы на контрольные вопросы по разделу "Операционные усилители. Устройства на базе операционных усилителей". Студентам необходимо повторить теоретический материал, провести расчеты, построить зависимости, ответить на варианты задания и сделать выводы.
7.1	Операционные усилители. Устройства на базе операционных усилителей	12	4	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, начертить схемы для проведения экспериментов, а также изучить вопросы проведения экспериментальных исследований для снятия характеристик усилительного каскада. <b><u>Самостоятельное изучение</u></b>

													<p><b><u>теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Операционные усилители. Устройства на базе операционных усилителей"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[9], 35-67</p>
8	Электрические машины постоянного тока	22	6	6	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, начертить схемы для проведения экспериментов, а также изучить вопросы проведения экспериментальных исследований для снятия эксплуатационных характеристик электрической машины постоянного тока.</p>
8.1	Электрические машины постоянного тока	22	6	6	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на ответы на контрольные вопросы по разделу "Электрические машины постоянного тока". Студентам необходимо повторить теоретический материал, ответить на варианты задания и сделать выводы.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрические машины постоянного тока"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[4], 3-7 [5], 3-5 [7], 30-60 [8], 55-63</p>
9	Асинхронные машины	22	6	6	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, начертить схемы для проведения экспериментов, а также изучить вопросы проведения экспериментальных исследований для снятия эксплуатационных</p>
9.1	Асинхронные машины	22	6	6	-	-	-	-	-	-	10	-	

														<p>характеристик трехфазного асинхронного двигателя.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Трехфазные асинхронные двигатели"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на ответы на контрольные вопросы по разделу "Асинхронные машины". Студентам необходимо повторить теоретический материал, ответить на варианты задания и сделать выводы.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[4], 7-11 [5], 10-11 [7], 72-127 [8], 64-70</p>
10	Синхронные машины	20		6	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, начертить схемы для проведения экспериментов, а также изучить вопросы проведения экспериментальных исследований для снятия эксплуатационных характеристик синхронного генератора.
10.1	Синхронные машины	20		6	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Синхронные машины"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на ответы на контрольные вопросы по разделу "Синхронные машины". Студентам необходимо повторить теоретический материал, ответить на варианты задания и сделать выводы.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[4], 12-15</p>

														[7], 147-184 [8], 71-81
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	32	-	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	32	-	-	2	-	-	0.5	77.5		
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.0</b>	-	<b>64</b>	<b>48</b>	<b>16</b>		<b>2</b>			<b>0.8</b>	<b>157.2</b>		

**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. Электрические цепи постоянного тока

#### 1.1. Электрические цепи постоянного тока

Электрические цепи постоянного тока. Характеристики и схемы замещения источников и приемников электрической энергии. Режимы работы источников постоянного тока. Эквивалентные преобразования пассивных участков электрической цепи. Анализ цепей методом Кирхгофа, методом межузлового напряжения, методом эквивалентного активного двухполюсника. Нелинейные цепи постоянного тока.

### 2. Однофазные цепи синусоидального тока

#### 2.1. Однофазные цепи синусоидального тока

Однофазные электрические цепи синусоидального тока. Параметры синусоидальных электрических величин. Элементы цепи переменного тока. Электрические цепи с R, L и C элементами. Комплексные уравнения электрического состояния цепи. Построение топографических диаграмм. Последовательное и параллельное соединение элементов в цепи синусоидального тока, резонанс токов и напряжений. Частотные свойства цепей синусоидального тока. Мощность цепи синусоидального тока..

### 3. Трехфазные цепи

#### 3.1. Трехфазные цепи.

Роль трехфазных цепей в современной энергетике. Способы соединения фаз трехфазного источника питания. Фазные и линейные напряжения. Анализ трехфазных цепей при соединении приемников звездой и треугольником. Мощность трехфазных цепей. Коэффициент мощности трехфазных симметричных приемников и способы его повышения. Техника безопасности при эксплуатации трехфазных цепей..

### 4. Несинусоидальные периодические токи и напряжения

#### 4.1. Несинусоидальные периодические токи и напряжения

Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях. Способы представления периодических несинусоидальных величин, действующие и средние значения. Анализ электрических цепей несинусоидального тока. Электрические фильтры. Определение переходных процессов, причины их возникновения. Законы коммутации. Дифференциальные уравнения электрического состояния цепей. Начальные условия. Классический метод расчета переходных процессов. Переходные процессы в цепи с последовательным соединением резистора и конденсатора. Переходные процессы при подключении катушки индуктивности к источнику постоянной ЭДС. Переходные процессы при отключении индуктивной катушки от источника постоянной ЭДС и замыкании ее на резистор..

### 5. Неуправляемые выпрямители

#### 5.1. Неуправляемые выпрямители

Однополупериодный выпрямитель. Схема, принцип действия, анализ временных зависимостей. Мостовой выпрямитель. Схема, принцип действия, анализ временных зависимостей. Применение фильтров для сглаживания пульсаций напряжения. Внешние характеристики выпрямителей. Стабилизаторы напряжения. Структурная схема выпрямителя..

## 6. Биполярные транзисторы. Усилительные каскады на биполярных транзисторах.

### 6.1. Биполярные транзисторы. Усилительные каскады на биполярных транзисторах.

Биполярный транзистор, его структура. Принцип работы в усилительном режиме, основные характеристики. Принцип действия усилительного каскада с общим эмиттером. Амплитудная характеристика усилительного каскада с общим эмиттером. Схема замещения усилительного каскада с общим эмиттером по переменной составляющей. Выражение для коэффициента усиления по напряжению, а также для входного и выходного сопротивлений. Графический анализ работы усилительного каскада с общим эмиттером. Многокаскадные усилители..

## 7. Операционные усилители. Устройства на базе операционных усилителей

### 7.1. Операционные усилители. Устройства на базе операционных усилителей

Усилители постоянного тока. Операционный усилитель, его основные параметры. Отрицательная обратная связь в усилителях. Влияние ОС на параметры и характеристики усилителя. Инвертирующий усилитель и сумматор на основе операционного усилителя. Схема, выражение для коэффициента усиления. Неинвертирующий усилитель на основе операционного усилителя. Избирательный усилитель на основе операционного усилителя. Дифференцирующий и интегрирующий усилители на основе операционного усилителя. Генератор линейно-изменяющегося напряжения. Компаратор и триггер Шмитта на основе операционного усилителя. Мультивибратор на базе триггера Шмитта. Основы цифровой электроники..

## 8. Электрические машины постоянного тока

### 8.1. Электрические машины постоянного тока

Основы электромагнетизма. Магнитная индукция, магнитный поток, напряженность магнитного поля. Уравнения Максвелла. Характеристики ферромагнитных материалов. Магнитное поле постоянного магнита и проводника с током. Индукционное и силовое действие магнитного поля. Устройство, принцип действия генератора постоянного тока. Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением. Условия самовозбуждения. Внешние характеристики генераторов постоянного тока с независимым, параллельным и смешанным возбуждением. Устройство и принцип действия двигателя постоянного тока. Схема замещения цепи якоря, уравнение электрического состояния. Свойство саморегулирования. Пусковые характеристики двигателя постоянного тока. Изменение тока якоря, скорости и ЭДС при пуске двигателя. Регулирование скорости двигателя постоянного тока. Механические характеристики ДПТ при различных способах регулирования..

## 9. Асинхронные машины

### 9.1. Асинхронные машины

Вращающееся магнитное поле. Скорость поля и его реверс. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Скольжение. Зависимость ЭДС и тока ротора от скольжения. Свойство саморегулирования. Пуск трехфазного асинхронного двигателя. Регулирование скорости трехфазного асинхронного двигателя. Мощность потерь и КПД трехфазного асинхронного двигателя. Зависимость КПД от механической мощности..

## 10. Синхронные машины

### 10.1. Синхронные машины

Устройство и принцип действия синхронного генератора. Синхронизация генератора перед его включением в сеть. Регулирование активной мощности синхронного генератора изменением момента первичного двигателя. Влияние тока возбуждения ротора на работу включенного в сеть синхронного генератора. Условия устойчивой работы синхронного генератора с сетью. Выход СГ из синхронизма. Устройство и принцип действия синхронного двигателя. Угловые и механические характеристики двигателя. Свойство саморегулирования. Пуск синхронного двигателя. Способы пуска. Роль обмотки типа "беличье колесо" у СД в период пуска и при работе двигателя. Пусковые свойства двигателей постоянного тока, асинхронных и синхронных двигателей: возможность получения значительных пусковых моментов, ограничения пусковых токов..

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

1. Анализ переходных процессов в цепях синусоидального тока.;
2. Анализ цепей постоянного тока с одним источником питания.;
3. Определение параметров эквивалентных схем замещения пассивного двухполюсника в цепи синусоидального тока.;
4. Резонанс токов и напряжений в цепи синусоидального тока.;
5. Фазосдвигающие и мостовые цепи.;
6. Анализ четырехпроводных и трехпроводных цепей.;
7. Компенсация коэффициента мощности в трехфазных цепях. Аварийные режимы работы трехфазных цепей.;
8. Анализ цепей постоянного тока с несколькими источниками питания..

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Однокаскадный усилитель на биполярном транзисторе;
2. Особенности работы синхронного генератора в мощной энергосистеме;
3. Неуправляемые выпрямители;
4. Применение операционных усилителей;
5. Исследование работы трехфазных цепей при соединении приемников треугольником;
6. Параллельное соединение ветвей в цепях синусоидального тока;
7. Последовательное соединение элементов в цепях синусоидального тока;
8. Метод эквивалентного активного двухполюсника;
9. Вольт-амперные характеристики источников и приемников постоянного тока;
10. Исследование эксплуатационных характеристик генераторов постоянного тока;
11. Эксплуатационные особенности трехфазного асинхронного двигателя.

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материала по разделу "Электрические цепи постоянного тока"
2. Обсуждение материала по разделу "Однофазные цепи синусоидального тока"
3. Обсуждение материала по разделу "Трехфазные цепи"
4. Обсуждение материала по разделу "Несинусоидальные токи и напряжения"
5. Обсуждение материала по разделу "Неуправляемые выпрямители"
6. Обсуждение материала по разделу "Усилительные каскады на биполярном транзисторе"
7. Обсуждение материала по разделу "Операционные усилители. Устройства на базе операционных усилителей"

8. Обсуждение материалов по разделу "Электрические машины постоянного тока"
9. Обсуждение материалов по разделу "Асинхронные машины"
10. Обсуждение материалов по разделу "Синхронные машины"

### **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	9	10		
<b>Знать:</b>													
устройство и способы построения электронных усилителей	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>						+						Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Усилительный каскад на биполярном транзисторе" Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме «Усилительный каскад на биполярном транзисторе»
способы построения вторичных источников электропитания	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>					+							Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Неуправляемые выпрямители" Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме «Неуправляемые выпрямители».
устройство и принцип действия синхронной машины	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>											+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Синхронный генератор" Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме "Синхронная машина"
устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>											+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Трехфазный асинхронный двигатель" Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме "Трехфазный асинхронный двигатель"
устройство и принцип действия	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>									+			Лабораторная работа/Защита

электрических машин постоянного												лабораторной работы "Машина постоянного тока" Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме "Машина постоянного тока"
основные методы расчета цепей постоянного тока	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>	+										Лабораторная работа/Защита лабораторных работ по теме «Цепи постоянного тока»
основные методы расчета цепей переменного тока	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>		+		+							Лабораторная работа/Защита лабораторных работ по теме «Однофазные цепи синусоидального тока». Домашнее задание/Расчет коэффициентов ряда Фурье периодического несинусоидального напряжения
основные методы расчета трехфазных цепей	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>				+							Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Трехфазные цепи».
принцип действия электронных схем на базе операционных усилителей	ИД-3 <sub>ОПК-6</sub>										+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Операционный усилитель" Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме "Операционные усилители"
<b>Уметь:</b>												
проводить расчет трехфазных цепей	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>				+							Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Трехфазные цепи». Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме

													«Трёхфазные цепи».
проводить расчет цепей переменного тока	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>		+										Лабораторная работа/Защита лабораторных работ по теме «Однофазные цепи синусоидального тока». Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания «Однофазные цепи синусоидального тока». Контрольная работа/Контрольная работа по теме «Однофазные цепи синусоидального тока».
проводить расчет цепей постоянного тока	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>		+										Лабораторная работа/Защита лабораторных работ по теме «Цепи постоянного тока» Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания «Цепи постоянного тока» Контрольная работа/Контрольная работа по теме «Цепи постоянного тока».
проводить синхронизацию синхронного генератора с энергосистемой, проводить измерение его характеристик в энергосистеме	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>											+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Синхронный генератор" Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме "Синхронная машина"
измерять внешние характеристики электрических генераторов	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>											+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Машина постоянного тока" Расчетно-графическая работа/Защита

												расчетного задания по теме "Машина постоянного тока"
выбирать параметры вторичных источников электропитания	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>						+					Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Неуправляемые выпрямители" Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме «Неуправляемые выпрямители».
проводить расчет и измерение характеристик простейших электронных усилителей	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>							+	+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Операционный усилитель" Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Усилительный каскад на биполярном транзисторе" Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме "Операционные усилители" Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме «Усилительный каскад на биполярном транзисторе»
измерять рабочие и механические характеристики трехфазного асинхронного двигателя	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub>										+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Трехфазный асинхронный двигатель" Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания по теме "Трехфазный асинхронный двигатель"
правильно выбирать электроизмерительные приборы для проведения измерений	ИД-1 <sub>ОПК-6</sub>	+										Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания «Цепи постоянного тока»

													Домашнее задание/Получение допуска к лабораторной работе «Метод эквивалентного активного двухполюсника»
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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

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

###### **4 семестр**

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. Получение допуска к лабораторной работе «Метод эквивалентного активного двухполюсника» (Домашнее задание)

Форма реализации: Защита задания

1. Защита расчетного задания «Однофазные цепи синусоидального тока». (Расчетно-графическая работа)
2. Защита расчетного задания «Цепи постоянного тока» (Расчетно-графическая работа)
3. Защита расчетного задания по теме «Трехфазные цепи». (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа по теме «Однофазные цепи синусоидального тока». (Контрольная работа)
2. Контрольная работа по теме «Цепи постоянного тока». (Контрольная работа)
3. Расчет коэффициентов ряда Фурье периодического несинусоидального напряжения (Домашнее задание)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы «Трехфазные цепи». (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторных работ по теме «Однофазные цепи синусоидального тока». (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторных работ по теме «Цепи постоянного тока» (Лабораторная работа)

###### **5 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Защита расчетного задания по теме "Машина постоянного тока" (Расчетно-графическая работа)
2. Защита расчетного задания по теме "Операционные усилители" (Расчетно-графическая работа)
3. Защита расчетного задания по теме "Синхронная машина" (Расчетно-графическая работа)
4. Защита расчетного задания по теме "Трехфазный асинхронный двигатель" (Расчетно-графическая работа)
5. Защита расчетного задания по теме «Неуправляемые выпрямители». (Расчетно-графическая работа)
6. Защита расчетного задания по теме «Усилительный каскад на биполярном транзисторе» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы "Машина постоянного тока" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы "Неуправляемые выпрямители" (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы "Операционный усилитель" (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы "Синхронный генератор" (Лабораторная работа)

5. Защита лабораторной работы "Трехфазный асинхронный двигатель" (Лабораторная работа)
6. Защита лабораторной работы "Усилительный каскад на биполярном транзисторе" (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №4)*

*Экзамен (Семестр №5)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

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

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

#### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Лабораторно-практические занятия по дисциплине "Электротехника и электроника": Основы электроники" / О. М. Князьков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ), и др. – 1993 . – 17 с.;
2. Электрические и магнитные цепи: Лабораторно-практические занятия на стендах с компьютерами по дисциплине "Электротехника и электроника" / Э. В. Кузнецов, П. С. Культиасов, О. В. Николаева, [и др.], Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) ; ред. О. В. Николаева . – М. : Изд-во МЭИ, 1997 . – 27 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=42](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=42);
3. Электротехника и электроника. В 3 кн. Кн.3. Электрические измерения и основы электроники : Учебник для подготовки в вузах бакалавров и инженеров неэлектротехнических направлений и специальностей / Г. П. Гаев, и др. ; Ред. В. Г. Герасимов . – М. : Энергоатомиздат, 1998 . – 432 с. - ISBN 5-283-05007-6 : 26.00 .;
4. Киселев, В. И. Электрические машины: Сборник индивидуальных заданий : Методическое пособие по курсу "Электротехника и электроника" по направлениям "Техническая физика", "Энергомашиностроение", "Теплоэнергетика, "Промышленная теплоэнергетика" / В. И. Киселев, Е. И. Рослякова, И. В. Сильванский ; Ред. В. И. Киселев ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 16 с.;
5. Электрические машины. Сборник лабораторных работ : методическое пособие по курсу "Электротехника и электроника" по направлениям "Прикладная механика", "Мехатроника и робототехника", "Теплоэнергетика и теплотехника" и др. / В. И. Киселев, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" ; ред. В. И. Киселев . – М. : Изд-во МЭИ, 2014 . – 16 с.;
6. Кузнецов, Э. В. Электротехника и электроника. Т.1. Электрические и магнитные цепи : учебник и практикум для академического бакалавриата вузов по инженерно-техническим направлениям / Э. В. Кузнецов ; общ. ред. В. П. Лунин . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2017 . – 255 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-534-00356-7 .;
7. Киселев, В. И. Электротехника и электроника. Т.2. Электромагнитные устройства и электрические машины : учебник и практикум для академического бакалавриата вузов по инженерно-техническим направлениям / В. И. Киселев, Э. В. Кузнецов, А. И. Копылов ; общ. ред. В. П. Лунин . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2017 . – 184 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-534-01026-8 .;

8. Киселев, В. И. Электротехника и электроника : практикум для студентов, обучающихся по направлениям "Машиностроение", "Механотроника и робототехника", "Прикладная механика", "Теплоэнергетика и теплотехника", "Энергетическое машиностроение", "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. И. Киселев, Э. В. Кузнецов, Е. А. Куликова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 124 с. - ISBN 978-5-7046-2287-1 . [http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11320](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11320);

9. Скорняков В. А., Фролов В. Я.- "Общая электротехника и электроника", (2-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (176 с.) <https://e.lanbook.com/book/156932>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Майнд Видеоконференции.

### 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. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-308, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, трибуна, доска меловая, микрофон, экран, доска маркерная, техническая аппаратура, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-308, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, трибуна, доска меловая, микрофон, экран, доска маркерная, техническая аппаратура, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	В-302/1, Учебная лаборатория по автоматизированным методам неразрушающего контроля	кресло рабочее, стеллаж, стол, стул, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран, оборудование специализированное,



		компьютер персональный, кондиционер, инвентарь учебный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-308, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, трибуна, доска меловая, микрофон, экран, доска маркерная, техническая аппаратура, компьютер персональный, кондиционер
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
	Г-205/2, Кабинет сотрудников каф. "ГТМ"	кресло рабочее, стеллаж, стул, шкаф, шкаф для документов, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, холодильник
Помещения для консультирования	В-500/5, Кабинет сотрудников каф. "ЭИ"	кресло рабочее, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, стол для совещаний, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран, доска маркерная передвижная, оборудование специализированное, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-312/3, Кабинет сотрудников каф. "ЭИ"	стол, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, тумба, холодильник
	В-500/2, Кладовая	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Электротехника и электроника

(название дисциплины)

#### 4 семестр

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

- КМ-1 Получение допуска к лабораторной работе «Метод эквивалентного активного двухполюсника» (Домашнее задание)
- КМ-2 Защита расчетного задания «Цепи постоянного тока» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-3 Защита лабораторных работ по теме «Цепи постоянного тока» (Лабораторная работа)
- КМ-4 Контрольная работа по теме «Цепи постоянного тока». (Контрольная работа)
- КМ-5 Защита расчетного задания «Однофазные цепи синусоидального тока». (Расчетно-графическая работа)
- КМ-6 Защита лабораторных работ по теме «Однофазные цепи синусоидального тока». (Лабораторная работа)
- КМ-7 Контрольная работа по теме «Однофазные цепи синусоидального тока». (Контрольная работа)
- КМ-8 Защита расчетного задания по теме «Трехфазные цепи». (Расчетно-графическая работа)
- КМ-9 Защита лабораторной работы «Трехфазные цепи». (Лабораторная работа)
- КМ-22 Расчет коэффициентов ряда Фурье периодического несинусоидального напряжения (Домашнее задание)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс с КМ:	КМ -1	КМ -2	КМ -3	КМ -4	КМ -5	КМ -6	КМ -7	КМ -8	КМ -9	КМ -22
		Неделя КМ:	4	7	7	8	12	12	14	15	15	16
1	Электрические цепи постоянного тока											
1.1	Электрические цепи постоянного тока		+	+	+	+						
2	Однофазные цепи синусоидального тока											
2.1	Однофазные цепи синусоидального тока						+	+	+			+
3	Трехфазные цепи											
3.1	Трехфазные цепи.									+	+	
4	Несинусоидальные периодические токи и напряжения											
4.1	Несинусоидальные периодические токи и напряжения							+				+

Вес КМ, %:	5	10	10	10	10	15	10	10	15	5
------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	---

### 5 семестр

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

КМ-10	Защита расчетного задания по теме «Неуправляемые выпрямители». (Расчетно-графическая работа)
КМ-11	Защита лабораторной работы "Неуправляемые выпрямители" (Лабораторная работа)
КМ-12	Защита расчетного задания по теме «Усилительный каскад на биполярном транзисторе» (Расчетно-графическая работа)
КМ-13	Защита лабораторной работы "Усилительный каскад на биполярном транзисторе" (Лабораторная работа)
КМ-14	Защита расчетного задания по теме "Операционные усилители" (Расчетно-графическая работа)
КМ-15	Защита лабораторной работы "Операционный усилитель" (Лабораторная работа)
КМ-16	Защита расчетного задания по теме "Машина постоянного тока" (Расчетно-графическая работа)
КМ-17	Защита лабораторной работы "Машина постоянного тока" (Лабораторная работа)
КМ-18	Защита расчетного задания по теме "Трехфазный асинхронный двигатель" (Расчетно-графическая работа)
КМ-19	Защита лабораторной работы "Трехфазный асинхронный двигатель" (Лабораторная работа)
КМ-20	Защита расчетного задания по теме "Синхронная машина" (Расчетно-графическая работа)
КМ-21	Защита лабораторной работы "Синхронный генератор" (Лабораторная работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	К М-10	К М-11	К М-12	К М-13	К М-14	К М-15	К М-16	К М-17	К М-18	К М-19	К М-20	К М-21
		Неделя КМ:	3	3	6	6	9	9	12	12	14	14	16	16
1	Неуправляемые выпрямители													
1.1	Неуправляемые выпрямители		+	+										
2	Биполярные транзисторы. Усилительные каскады на биполярных транзисторах.													
2.1	Биполярные транзисторы. Усилительные каскады на				+	+	+	+						

	биполярных транзисторах.												
3	Операционные усилители. Устройства на базе операционных усилителей												
3.1	Операционные усилители. Устройства на базе операционных усилителей			+	+	+	+						
4	Электрические машины постоянного тока												
4.1	Электрические машины постоянного тока							+	+				
5	Асинхронные машины												
5.1	Асинхронные машины									+	+		
6	Синхронные машины												
6.1	Синхронные машины											+	+
Вес КМ, %:		5	10	5	10	5	10	5	10	10	10	10	10