

**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: Электротехника и электрификация

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.22
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	5 семестр - 5; 6 семестр - 4; всего - 9
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	324 часа
<b>Лекции</b>	5 семестр - 32 часа; 6 семестр - 28 часа; всего - 60 часов
<b>Практические занятия</b>	6 семестр - 14 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	5 семестр - 16 часов; 6 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
<b>Консультации</b>	5 семестр - 18 часов; 6 семестр - 2 часа; всего - 20 часов
<b>Самостоятельная работа</b>	5 семестр - 109,2 часов; 6 семестр - 83,5 часа; всего - 192,7 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	5 семестр - 44,7 часа;
<b>Иная контактная работа</b>	5 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> Тестирование Лабораторная работа Расчетно-графическая работа Контрольная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен	5 семестр - 0,4 часа;
Защита курсового проекта	5 семестр - 0,4 часа;
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,3 часа

**Москва 2021**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Молоканов О.Н.
	Идентификатор	R28e375f0-MolokanovON-815ccd6

О.Н. Молоканов

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванов А.С.
	Идентификатор	R28e5c30d-IvanovAIS-37175ef6

А.С. Иванов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Погребисский М.Я.
	Идентификатор	Rccf62952-PogrebisskiyMY-d58a694

М.Я.  
Погребисский

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение многообразия электрических аппаратов низкого напряжения и силовых электронных аппаратов, их функций, процессов и явлений, связанных с их работой

### Задачи дисциплины

- освоение теоретических основ физических явлений, определяющих функционирование электрических аппаратов разных видов, а именно: теории электромагнитных, электродинамических явлений, теории процессов коммутации электрических цепей, теории процессов тепло- и массообмена;
- изучение различных видов и областей применения электрической аппаратуры;
- приобретение навыков обоснования конкретных технических решений при последующем конструировании систем распределения электрической энергии и управления потоками энергии на уровне конечного потребления;
- формирование представления о современных низковольтных электрических аппаратах;
- приобретение навыков выбора аппаратуры управления и распределения электрической энергии;
- формирование представления об основных типах силовых полупроводниковых приборов и их характеристиках, а также элементах систем управления электронных аппаратов;
- приобретение навыков расчета потерь в силовых электронных ключах;
- изучение основных схем статических коммутационных аппаратов, электронных регуляторов и силовых электронных преобразователей электрической энергии.

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 использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ИД-БОПК-4 Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- классификацию, функции и области применения электрических аппаратов низкого напряжения как средства защиты и регулирования параметров электротехнических и электроэнергетических систем;</li><li>- базовые понятия электротехники;</li><li>- схемы, структуры и принципы работы статических коммутационных аппаратов, электронных регуляторов и силовых электронных преобразователей электрической энергии;</li><li>- элементную базу электронных аппаратов (основные характеристики силовых электронных ключей, элементов систем управления и пассивных компонентов);</li><li>- теоретические основы физических явлений, определяющих функционирование электрических аппаратов.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- выполнять теоретический анализ</li></ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>работы силовых электронных устройств и определять параметры элементов схем регуляторов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать потери в силовых электронных ключах;</li> <li>- использовать типовые методы расчета переходных процессов в электрических цепях;</li> <li>- применять физико-математический аппарат для теоретического анализа работы электрических аппаратов;</li> <li>- выбирать аппараты управления и распределения электрической энергии в соответствии с заданными техническими требованиями и обосновывать принятие конкретных технических решений при разработке и проектировании электротехнических устройств на основе электрических аппаратов низкого напряжения.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные законы физики по электромагнитным и тепловым явлениям
- знать теоретические основы электротехники
- знать высшую математику
- знать электронику
- уметь осуществлять поиск информации в технической литературе и каталогах
- уметь оформлять результаты работы с использованием современных текстовых редакторов и САД программ

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 9 зачетных единиц, 324 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	Модуль 1. Аппаратура распределения и управления низковольтная.	43	5	16	8	-	-	-	-	-	-	19	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Изучение материалов лекций и литературы для подготовки к тестированию и защите лабораторных работ</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Изучение теоретического материала, выполнение расчетов, выбор электрических аппаратов, оформление РПЗ, оформление графического материала.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Изучение теоретического материала, подготовка к проведению эксперимента и оформлению отчета о выполнении лабораторной работы.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение теоретического материала для подготовки к лекциям. Перед каждой лекцией студенту, в соответствии с указанием преподавателя, необходимо ознакомиться с разделами учебника.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 5–8 [3], 15–92 [4], 4–80</p>
1.1	Общие сведения об электрических аппаратах.	2		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.2	Типы заземления системы, виды аварийных режимов и расчет токов КЗ.	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.3	Предохранители и выключатели-разъединители.	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.4	Автоматические выключатели. Часть 1: устройство и принцип действия.	8		2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.5	Автоматические выключатели. Часть 2: типы расцепителей, времятоковые характеристики, селективность.	8		2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.6	Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	

	током.												
1.7	Контакты.	9	2	4	-	-	-	-	-	-	3	-	
1.8	Тепловые реле перегрузки.	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2	Модуль 2. Физические явления и процессы в электрических аппаратах.	36	16	8	-	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение теоретического материала для подготовки к лекциям. Перед каждой лекцией студенту, в соответствии с указанием преподавателя, необходимо ознакомиться с разделами учебника.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Изучение теоретического материала, подготовка к проведению эксперимента и оформлению отчета о выполнении лабораторной работы.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Изучение материалов лекций и литературы для подготовки к тестированию и защите лабораторных работ</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [1], 9,34–38, 96–102  [2], 238–240, 349–351, 430, 528–531  [3], 94–224</p>
2.1	Тепловые процессы. Часть 1: источники и способы передачи тепла, стационарный и переходной режимы.	6	2	2	-	-	-	-	-	-	2	-	
2.2	Тепловые процессы. Часть 2: режимы работы, термическая стойкость, нормирование.	6	2	2	-	-	-	-	-	-	2	-	
2.3	Электрические контакты.	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2.4	Электрическая дуга и процесс коммутации.	8	2	4	-	-	-	-	-	-	2	-	
2.5	Электродинамические усилия.	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2.6	Электромагниты.	8	6	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
	Экзамен	35.9	-	-	-	-	2	-	-	0.4	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	65.1	-	-	-	16	-	4	-	0.4	44.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>75.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>0.8</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>109.2</b>	<b>-</b>	
3	Модуль 3. Силовые электронные ключи и системы управления электронных аппаратов	48	6	12	4	10	-	-	-	-	22	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Изучение материалов лекций и учебников для подготовки к тестированию (защите типового расчета).</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетного задания выполняются расчеты переходных процессов для определения токов и напряжений в схеме</p>
3.1	Принцип действия, классификация, характеристики и	21	4	1	6	-	-	-	-	-	10	-	

	режимы работы силовых электронных ключей. Расчет потерь													с транзистором, осуществляется расчет статических и динамических потерь в выбранном транзисторе, тепловой расчет, строятся соответствующие графические зависимости.
3.2	Обеспечение безопасной работы транзисторов и основы теплового расчета. Применение электромагнитных компонентов и конденсаторов в электронных аппаратах	19	4	3	4	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение основного и дополнительного материала в соответствии с содержанием раздела "Силовые электронные ключи и системы управления электронных аппаратов" на основе лекций и учебников.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Повторение теории по теме "Методы расчета переходных процессов в электрических цепях" из курса "Теоретические основы электротехники". Изучение лекционного материала по теме "Расчет статических и динамических потерь в силовых электронных ключах".</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов практических занятий и проработка материалов учебника (примеров решения задач и заданий для самостоятельного решения).</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекций по темам "Характеристики и режимы работы силовых электронных ключей", "Обеспечение безопасной работы транзисторов" для подготовки к защите лабораторной работы.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Изучение теоретического материала, подготовка к выполнению и оформлению отчета.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [3], 255–334, 342–356  [5], 255–334, 342–356  [6], 8–37, 45–57</p>	
3.3	Структура и функциональные узлы системы управления электронного аппарата	8	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-		

														[8], п. 2.3, 2.6, 2.7, 2.10, 2.11, 2.12
4	Модуль 4. Статические коммутационные аппараты и преобразователи электрической энергии	60	16	12	4	-	-	-	-	-	28	-		<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Изучение материалов лекций и учебников для подготовки к тестированию (защите типового расчета). <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение основного и дополнительного материала в соответствии с содержанием раздела "Статические коммутационные аппараты и преобразователи электрической энергии" на основе лекций и учебников.
4.1	Тиристорные и транзисторные контакторы. Гибридные коммутационные аппараты	9	4	-	-	-	-	-	-	-	5	-		<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение лекционного материала по теме "Импульсные регуляторы постоянного тока".
4.2	Тиристорные регуляторы и устройства на их основе. Выпрямители	14	4	4	1	-	-	-	-	-	5	-		<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Изучение теоретического материала, подготовка к выполнению и оформлению отчета.
4.3	Регуляторы постоянного тока	20	4	4	2	-	-	-	-	-	10	-		<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b>
4.4	Инверторы напряжения. Четырехквadrантные преобразователи	17	4	4	1	-	-	-	-	-	8	-		Проработка лекций по темам "Тиристорные регуляторы", "Регуляторы постоянного тока", "Инверторы напряжения" для подготовки к защита лабораторных работ. <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетного задания выполняется расчет переходных процессов для определения токов и напряжений в схеме импульсного регулятора постоянного тока, осуществляется расчет параметров элементов и характеристик регулятора, проводится расчет токов и напряжений в схеме инвертора, строятся соответствующие графические зависимости. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов практических занятий и проработка материалов учебника (примеров решения задач и заданий для самостоятельного решения).



													<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 357–377, 404–427 [5], 357–377, 404–427 [6], 59–79, 145–152, 179–192, 162–173 [7], 5–12, 20–36, 37–54
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Всего за семестр	144.0		28	16	14	-	2	-	-	0.5	50	33.5
	Итого за семестр	144.0		28	16	14	2		-		0.5	83.5	
	<b>ИТОГО</b>	<b>324.0</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>32</b>	<b>14</b>	<b>20</b>		<b>4</b>		<b>1.3</b>	<b>192.7</b>	

**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. Модуль 1. Аппаратура распределения и управления низковольтная.

#### 1.1. Общие сведения об электрических аппаратах.

Структура курса и контрольные мероприятия.. Определение и функции электрического аппарата.. Место электрического аппарата в схеме электроснабжения.. Классификация электрических аппаратов.. Общий вид каскадной схемы электроснабжения низкого напряжения, применяемые на разных уровнях электрические аппараты и предъявляемые к ним требования.. Понятие низковольтного комплектного устройства.. Основные виды электрических аппаратов низкого напряжения..

#### 1.2. Типы заземления системы, виды аварийных режимов и расчет токов КЗ.

Основные определения: токопроводящая часть, токоведущая часть, нулевой рабочий проводник, защитный проводник.. Однолинейное представление схемы электроснабжения и условные графические обозначения.. Типы заземления систем: TN-C, TN-S, TN-CS. Их особенности и характеристики электробезопасности.. Демонстрация разобранного материала на примере схемы задания КП.. Виды аварийных режимов. Основные определения: номинальное значение, сверхток, перегрузка, короткое замыкание. Последствия аварийных режимов: электродинамическое и термическое воздействие, вызванное сверхтоками.. Виды коротких замыканий и расчёт тока однофазного, двухфазного, трёхфазного КЗ.. Проблема быстрогодействия при защите от сверхтоков на примере КП: пуск электродвигателя..

#### 1.3. Предохранители и выключатели-разъединители.

Определение предохранителя и его условное графическое обозначение.. Устройство и принцип действия, время срабатывания.. Защитная характеристика предохранителя. Понятия: времятоковая характеристика, условный ток плавления, условный ток неплавления. Общий вид времятоковой характеристики и её базовые точки.. Номинальные параметры и типы плавких вставок: gG, gM, aM, gN.. Преимущества и недостатки плавких предохранителей.. Демонстрация применения предохранителя на примере схемы задания КП.. Определение выключателя-разъединителя и его условное графическое обозначение. Альтернативные названия.. Общий вид и базовая конструкция выключателя-разъединителя.. Основные параметры и категории применения: АС-20, АС-21, АС-22, АС-23.. Демонстрация применения выключателя разъединителя на примере схемы задания КП..

#### 1.4. Автоматические выключатели. Часть 1: устройство и принцип действия.

Определения и условное графическое и буквенное обозначения автоматического выключателя.. Базовая конструкция автоматического выключателя.. Пример внутреннего устройства модульного автоматического выключателя. Контур тока.. Состояния автоматических выключателей.. Понятие токоограничения.. Виды автоматических выключателей низкого напряжения: модульные, в литом корпусе, воздушные. Их отличительные особенности и место в системе электроснабжения..

#### 1.5. Автоматические выключатели. Часть 2: типы расцепителей, времятоковые характеристики, селективность.

Классификация расцепителей.. Времятоковая характеристика электромеханического расцепителя. Условные токи расщепления и нерасщепления.. Типы характеристик мгновенного расщепления модульных автоматических выключателей: В, С, D. Времятоковая характеристика электронного расцепителя. Функции L, S, I и их настройки. Сверхмгновенное расщепления автоматического выключателя в литом корпусе.. Согласование номинальных токов выключателя и защищаемого объекта.. Каскадное включение автоматических выключателей и понятие селективности. Виды селективности:

токовая, временная, логическая.. Особенности маркировки автоматических выключателей.. Демонстрация применения автоматического выключателя на примере схемы задания КП..

#### 1.6. Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током.

Действие тока на тело человека.. Прямое и косвенное прикосновение.. Основные термины: ток утечки, ток замыкания на землю, дифференциальный ток, ВДТ, АВДТ.. Условные графические и буквенные обозначения ВДТ, АВДТ.. Принцип действия дифференциального трансформатора тока. Работа при прямом и косвенном прикосновении. Ограничения в работе.. Подключение автоматических выключателей, управляемых дифференциальным током, в систему электроснабжения с типом заземления TN-S и TN-CS.. Номинальные параметры ВДТ.. Особенности маркировки автоматических выключателей, управляемых дифференциальным током.. Демонстрация применения автоматического выключателя, управляемого дифференциальным током, на примере схемы задания КП..

#### 1.7. Контактторы.

Понятие контактора и пускателя.. Условные графические и буквенные обозначения контактора.. Основные термины: главная цепь, цепь управления, вспомогательная цепь.. Устройство и принцип действия контактора.. Нормальные состояния контактов: размыкающий и замыкающий контакт. Альтернативная терминология.. Схема прямого пуска двигателя.. Номинальные параметры контакторов, категории применения.. Особенности маркировки контакторов..

#### 1.8. Тепловые реле перегрузки.

Понятия реле и теплового реле и их отличия от понятия расцепитель.. Условные графические и буквенные обозначения теплового реле.. Устройство и принцип действия теплового реле.. Особенности маркировки теплового реле.. Параметры тепловых реле и классы расцепления.. Задача «Согласование автоматического выключателя и длины защищаемого кабеля».

## 2. Модуль 2. Физические явления и процессы в электрических аппаратах.

2.1. Тепловые процессы. Часть 1: источники и способы передачи тепла, стационарный и переходной режимы.

Источники теплоты в электрических аппаратах: джоулево тепло, магнитные потери. Особенности возникновения в аппаратах постоянного и переменного тока.. Способы теплообмена: теплопроводность, конвекция, излучение.. Теплопроводность: Закон Био—Фурье. Электротепловая аналогия.. Излучение: Закон Стефана—Больцмана.. Конвекция: уравнение Ньютона-Рихмана.. Стационарный тепловой режим: уравнение теплового баланса и методика расчёта длительно допустимого тока в токопроводе.. Переходной тепловой процесс: дифференциальное уравнение нагрева и остывания, постоянная времени, установившееся температура, графики нагрева и остывания..

2.2. Тепловые процессы. Часть 2: режимы работы, термическая стойкость, нормирование.

Режимы работы электрических аппаратов: продолжительный, кратковременный, повторно-кратковременный.. Коэффициент перегрузки контактора в повторно-кратковременном режиме.. Режим работы электрического аппарата при коротком замыкании: квадратичный импульс плотности тока, интеграл Джоуля, номинальный кратковременно выдерживаемый ток. Пример из КП: проверка выключателя-разъединителя по условию термической стойкости.. Нормирование тепловых режимов ГОСТ IEC 60947-1-2014, ГОСТ 14693-90. Типовые задачи по тепловым процессам..

### 2.3. Электрические контакты.

Понятие электрического контакта.. Переходное сопротивление контакта.. Сопротивление стягивания. Модель Хольма и радиус контактной площадки.. Нагрев контактов и их тепловое влияние на подводящие проводники: дифференциальное уравнение распределения температуры вдоль проводника.. Ом-Вольтная характеристика.. Сваривание контактов.. Электродинамические силы в контактах: причины возникновения и компенсация.. Характеристика противодействующих усилий контактной системы.. Классификация электрических контактов..

### 2.4. Электрическая дуга и процесс коммутации.

Понятие электрической дуги.. Процессы ионизации и деионизации.. Стадии газового разряда.. Распределение напряжения вдоль дуги.. Стадии процесса отключения цепи.. Электрическая дуга постоянного тока: вольт-амперная характеристика, процесс отключения, условия существования и гашения.. Способы гашения дуги постоянного тока: дугогасительные камеры, шунтирующее сопротивление, системы магнитного дутья.. Электрическая дуга переменного тока: процесс отключения, условия отсутствия повторного зажигания после нуля тока.. Способы гашения дуги переменного тока: дугогасительные камеры, шунтирующее сопротивление и ёмкость. Демонстрация осциллограмм переходного восстанавливающегося напряжения при шунтировании сопротивлением и ёмкостью..

### 2.5. Электромагниты.

Электромагниты как элементы привода электромеханических аппаратов.. Виды магнитных систем.. Источники магнитного поля.. Магнитные цепи, аналогия с электрическими цепями, основные законы.. Электромагниты постоянного тока: расчёт магнитного потока, ток в катушке, тяговая характеристика, динамика работы, электромагнитная сила, связь между напряжением питания и МДС, потери в обмотке.. Электромагниты переменного тока: расчёт магнитного потока, ток в катушке, особенности электромагнитной силы, использование КЗ витков..

### 2.6. Электродинамические усилия.

Понятие электродинамической стойкости.. Сила Лоренца как источник электродинамических усилий.. Расчёт электродинамических усилий на основе силы Лоренца и энергетическим методом, понятие о коэффициенте контура.. Связь электродинамической стойкости с включающей способностью.. Особенности электродинамических усилий при переменном токе.. Использование электродинамических усилий в электрических аппаратах..

## 3. Модуль 3. Силовые электронные ключи и системы управления электронных аппаратов

3.1. Принцип действия, классификация, характеристики и режимы работы силовых электронных ключей. Расчет потерь

Принцип действия и основные характеристики диодов, тиристоров и транзисторов. Идеализированные статические вольт-амперные характеристики (ВАХ), статические потери.. Математические модели ключей в режимах включения и выключения, динамические ВАХ, коммутационные потери..

3.2. Обеспечение безопасной работы транзисторов и основы теплового расчета.

Применение электромагнитных компонентов и конденсаторов в электронных аппаратах

Область безопасной работы силовых транзисторов. Цепи формирования траектории переключения (ЦФТП).. Теплоотвод в электронных ключах и их конструктивное

исполнение.. Функции, параметры и особенности применения электромагнитных компонентов и конденсаторов в силовых электронных устройствах..

### 3.3. Структура и функциональные узлы системы управления электронного аппарата

Структура типовой системы управления электронных аппаратов. Основные функциональные узлы системы управления: формирователи импульсов управления (драйверы), обеспечение гальванической развязки, датчики тока и напряжения.. Использование микропроцессоров и микроконтроллеров для управления электронными аппаратами..

## 4. Модуль 4. Статические коммутационные аппараты и преобразователи электрической энергии

### 4.1. Тиристорные и транзисторные контакторы. Гибридные коммутационные аппараты

Общие сведения об электронных коммутационных аппаратах. Тиристорные контакторы постоянного тока с «жесткой» и «мягкой» коммутацией. Тиристорные контакторы переменного тока с естественной и принудительной коммутацией. Статические реле. Транзисторные контакторы.. Гибридный контактор переменного тока на основе встречноключенных тиристоров. Гибридные аппараты постоянного тока (последовательного, параллельного и параллельно-последовательного типа)..

### 4.2. Тиристорные регуляторы и устройства на их основе. Выпрямители

Тиристорные регуляторы переменного тока с активной, индуктивной и активно-индуктивной нагрузкой. Компенсация реактивной мощности и стабилизация напряжения при помощи тиристорных регуляторов.. Выпрямители с активной, индуктивной и активно-индуктивной нагрузкой, их регулировочные характеристики..

### 4.3. Регуляторы постоянного тока

Классификация и параметры регуляторов постоянного тока. Стабилизаторы напряжения непрерывного действия.. Импульсные регуляторы постоянного тока (понижающий, повышающий, инвертирующий): методы управления, режимы работы, характеристики..

### 4.4. Инверторы напряжения. Четырехквadrантные преобразователи

Инверторы напряжения: регулирование напряжения посредством изменения ширины импульсов, принцип синусоидальной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) напряжения.. Регулирование тока при помощи четырехквadrантных преобразователей, их использование для компенсации реактивной мощности и фильтрации высших гармоник..

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Расчет тока и напряжения на ключе в электрических цепях постоянного и переменного тока;
2. Расчет статических потерь в транзисторах;
3. Расчет динамических потерь в схемах без ЦФТП;
4. Расчет динамических потерь в схемах с ЦФТП;
5. Расчет параметров элементов импульсных регуляторов постоянного тока в граничном режиме работы;
6. Определение пульсаций напряжения на выходе импульсных регуляторов;
7. Расчет статических потерь в диодах и тиристорах.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Цепи формирования траектории переключения силовых транзисторов;
2. Автономные инверторы напряжения;
3. Импульсные регуляторы постоянного тока;
4. Тиристорный регулятор и компенсация реактивной мощности;
5. Аппараты токовой и тепловой защиты;
6. Исследование восстанавливающегося напряжения;
7. Контактёр электромагнитный;
8. Тепловые процессы и режимы работы электрических аппаратов.

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. # Консультация 1 — Задание и выбор кабелей Мини-лекция в интерактивном режиме продолжительностью 1 академический час (ПСП 13050-15): - Устный опрос студентов на предмет того, что им известно об аппаратах, какие примеры электрических аппаратов они знают, зачем они используются, где они их встречали. - Структура задания по КП, основных разделов КП и донесение информации о порядке, сроках и форме отчётности. Выдача индивидуальных заданий на КП и методических рекомендаций по его выполнению. - Общая информация о схеме электроснабжения и применяемых условных графических обозначениях. - Порядок расчета рабочих токов. Принцип выбора поперечных сечений кабеля с учётом условий по допустимому падению напряжения. - Наглядная демонстрация кабелей с различным поперечным сечением и числом жил, цветовая маркировка жил. # Консультация 2 — Короткое замыкание 1. Мини-лекция в интерактивном режиме продолжительностью 1 академический час: \* Устный опрос студентов о том, что им известно о коротком замыкании, его причинах и последствиях. \* Понятия короткого замыкания и его видов на примере базовой электрической цепи. Ток короткого замыкания и его апериодическая и периодическая составляющие. \* Цель и порядок расчёта тока короткого замыкания. 2. Индивидуальная консультация — проверка результатов расчётов в рамках КМ-1 «Кабели» # Консультация 3 — Модульные выключатели 1. Мини-лекция в интерактивном режиме продолжительностью 1 академический час: - Устный опрос студентов о том, что им известно о бытовых автоматических выключателях, их функциях и причинах срабатывания. - Понятие модульного автоматического выключателя: функции, основы принципа действия, устройство и критерии выбора. - Демонстрация образцов автоматических выключателей с различными типами характеристик мгновенного срабатывания и номинальными токами. Рассмотрение особенностей маркировки. - Понятие модульного устройства, управляемого дифференциальным током: функции, основы принципа действия, устройство, критерии выбора. - Демонстрация образцов ВДТ и АВДТ с различными номинальными токами и номинальными отключающими дифференциальными токами. Рассмотрение особенностей маркировки. 2. Индивидуальная консультация — проверка результатов расчётов в рамках КМ-2 «Токи КЗ» # Консультация 4 — Пуско-регулирующая аппаратура 1. Мини-лекция в интерактивном режиме продолжительностью 1 академический час: - Пояснения по схеме прямого пуска двигателя, разбор различных вариантов схем защиты и управления двигателем. - Понятие автоматического выключателя для защиты электродвигателя: функции, отличия от модульного автоматического выключателя и обоснование их необходимости, критерии выбора. - Демонстрация образцов автоматических выключателей для защиты электродвигателя с различным набором расцепителей и номинальными токами. Демонстрация процесса настройки уставки

теплового расцепителя, а также среднего положения рукоятки при автоматическом срабатывании. Особенности маркировки. - Понятие контактора: функции, отличия от автоматических выключателей и обоснование их необходимости, критерии выбора. - Демонстрация образцов контакторов и дополнительных аксессуаров к ним с акцентом на клеммы контактора и их маркировку. - Понятие теплового реле: функции, особенности и обоснование их необходимости, критерии выбора. - Демонстрация образцов тепловых реле с акцентом на клеммы и их маркировку, а также элементы управления. - Аппарат защиты цепи управления. Общие сведения о предохранителях и обоснование необходимости их применения. Демонстрация держателя предохранителя и плавкой вставки. Особенности маркировки. - Демонстрация кнопок и возможностей их установки на корпус. 2. Индивидуальная консультация — проверка результатов в рамках КМ-3 «Модульные аппараты» # Консультация 5 — Автоматические выключатели в литом корпусе 1. Мини-лекция в интерактивном режиме продолжительностью 1 академический час: - Понятие автоматического выключателя в литом корпусе: функции, отличия от модульного автоматического выключателя и обоснование их необходимости, токоограничения, критерии выбора. - Демонстрация образцов автоматических выключателей в литом корпусе с электронным расцепителем, а также среднего положения рукоятки при автоматическом срабатывании. - Понятие электронного расцепителя и основные защитные функции. - Демонстрация настройки электронного расцепителя, Особенности маркировки. - Понятие выключателя-разъединителя и его координация с вышестоящим выключателем и другие критерии выбора. - Демонстрация образцов выключателей-разъединителей, разбор особенностей маркировки и конструкции. 2. Индивидуальная консультация — проверка результатов в рамках КМ-4 «Аппараты управления» # Консультация 6 — Карта селективности 1. Мини-лекция в интерактивном режиме продолжительностью 1 академический час: - Построение карты селективности: логарифмическая система координат, порядок нанесения времятоковых характеристик электромеханических и электронных расцепителей, особенности настройки электронного расцепителя. - Анализ карты селективности и проверка выполнения условий селективной работы автоматических выключателей. 2. Индивидуальная консультация — проверка результатов в рамках КМ-5 «Аппараты в литом корпусе» # Консультация 7 — Чертёж 1. Мини-лекция в интерактивном режиме продолжительностью 1 академический час: - Методика подбора оболочки НКУ, виды оболочек, - DIN-рейки, - Болт или шпилька защитного заземления, - Установка кнопок - Клеммные колодки и их виды - Демонстрация проходных и заземляющих клеммных колодок, DIN-реек и корпуса НКУ - Методика построения чертежа общего вида и принципиальной электрической схемы. 2. Индивидуальная консультация — проверка результатов в рамках КМ-6 «Карта селективности» # Консультация 8 — Допуск к защите 1. Мини-лекция в интерактивном режиме продолжительностью 0,5 академических часа: - Процедура защиты КП. - Разбор основных вопросов для подготовке к защите. 2. Индивидуальная консультация — проверка результатов в рамках КМ-7 «Чертёжи». Проверка оформления РПЗ и допуск к защите.

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 5 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Проектирование низковольтного комплектного устройства.

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 3	4 - 5	6 - 7	8 - 9	10 - 11	12 - 13	14 - 16	Зачетная
Раздел	1	1	2	2	2	2	3	Защита

курсового проекта								курсового проекта
Объем раздела, %	10	15	15	15	15	15	15	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	25	40	55	70	85	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Предварительные расчёты
2	Выбор электрических аппаратов
3	Конструкторская проработка проекта и подготовка к защите



### 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>						
теоретические основы физических явлений, определяющих функционирование электрических аппаратов	ИД-60ПК-4		+			Тестирование/Тест №3 «Физические процессы, связанные с функционированием электрических аппаратов»
элементную базу электронных аппаратов (основные характеристики силовых электронных ключей, элементов систем управления и пассивных компонентов)	ИД-60ПК-4			+		Тестирование/Выполнение основной части и защита расчетного задания №1 «Расчет схемы с транзистором» Лабораторная работа/Защита ЛР №1 «Цепи формирования траектории переключения силовых транзисторов»
схемы, структуры и принципы работы статических коммутационных аппаратов, электронных регуляторов и силовых электронных преобразователей электрической энергии	ИД-60ПК-4				+	Тестирование/Выполнение и защита расчетного задания №2 «Импульсный регулятор постоянного тока и автономный инвертор» Лабораторная работа/Защита ЛР №2 «Тиристорный регулятор и компенсация реактивной мощности», ЛР №3 «Импульсные регуляторы постоянного тока», ЛР №4 «Автономные инверторы напряжения»
базовые понятия электротехники	ИД-60ПК-4	+				Тестирование/Тест №1 «Оценка уровня базовых знаний по электротехнике»
классификацию, функции и области применения электрических аппаратов низкого напряжения как средства защиты и регулирования параметров электротехнических и электроэнергетических систем	ИД-60ПК-4	+				Тестирование/Тест №2 «Аппараты защиты и управления. Назначение, характеристики, конструктивные особенности»
<b>Уметь:</b>						
выбирать аппараты управления и распределения	ИД-60ПК-4	+				Лабораторная работа/Защита лабораторной

электрической энергии в соответствии с заданными техническими требованиями и обосновывать принятие конкретных технических решений при разработке и проектировании электротехнических устройств на основе электрических аппаратов низкого напряжения					работы по теме: «Аппараты защиты» Лабораторная работа/Защита лабораторной работы по теме: «Исследование теплового реле, контакторов переменного и постоянного тока»
применять физико-математический аппарат для теоретического анализа работы электрических аппаратов	ИД-60ПК-4		+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы по теме: «Восстанавливающееся напряжение на полюсах выключателя» Лабораторная работа/Защита лабораторной работы по теме: «Тепловые процессы и режимы работы электрических аппаратов»
использовать типовые методы расчета переходных процессов в электрических цепях	ИД-60ПК-4			+	Расчетно-графическая работа/Выполнение 1-й части расчетного задания №1: определение токов и напряжений в схеме с транзистором
рассчитывать потери в силовых электронных ключах	ИД-60ПК-4			+	Тестирование/Выполнение основной части и защита расчетного задания №1 «Расчет схемы с транзистором» Лабораторная работа/Защита ЛР №1 «Цепи формирования траектории переключения силовых транзисторов» Контрольная работа/КР №1 «Расчет потерь в электронных ключах»
выполнять теоретический анализ работы силовых электронных устройств и определять параметры элементов схем регуляторов	ИД-60ПК-4			+	Тестирование/Выполнение и защита расчетного задания №2 «Импульсный регулятор постоянного тока и автономный инвертор» Контрольная работа/КР №2 «Расчет импульсных регуляторов постоянного тока»

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

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

#### **5 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Тест №1 «Оценка уровня базовых знаний по электротехнике» (Тестирование)
2. Тест №2 «Аппараты защиты и управления. Назначение, характеристики, конструктивные особенности» (Тестирование)
3. Тест №3 «Физические процессы, связанные с функционированием электрических аппаратов» (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы по теме: «Аппараты защиты» (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы по теме: «Восстанавливающееся напряжение на полюсах выключателя» (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы по теме: «Исследование теплового реле, контакторов переменного и постоянного тока» (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы по теме: «Тепловые процессы и режимы работы электрических аппаратов» (Лабораторная работа)

#### **6 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КР №1 «Расчет потерь в электронных ключах» (Контрольная работа)
2. КР №2 «Расчет импульсных регуляторов постоянного тока» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение 1-й части расчетного задания №1: определение токов и напряжений в схеме с транзистором (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Выполнение и защита расчетного задания №2 «Импульсный регулятор постоянного тока и автономный инвертор» (Тестирование)
2. Выполнение основной части и защита расчетного задания №1 «Расчет схемы с транзистором» (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита ЛР №1 «Цепи формирования траектории переключения силовых транзисторов» (Лабораторная работа)
2. Защита ЛР №2 «Тиристорный регулятор и компенсация реактивной мощности», ЛР №3 «Импульсные регуляторы постоянного тока», ЛР №4 «Автономные инверторы напряжения» (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».)

#### Курсовой проект (КП) (Семестр №5)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».)

#### Экзамен (Семестр №6)

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

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

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

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

1. А. А. Чунихин- "Электрические аппараты: общий курс", (2-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Энергия", Москва, 1975 - (648 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=601596>;
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. Электрические аппараты : учебник и практикум для академического бакалавриата, для вузов по инженерно-техническим направлениям и специальностям / отв. ред. П. А. Курбатов . – М. : Юрайт, 2017 . – 250 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-9916-9715-6 .;
4. Молоканов, О. Н. Применение электрических аппаратов в системах электроснабжения низкого напряжения : учебное пособие по дисциплине "Электрические и электронные аппараты" по направлению подготовки бакалавров 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / О. Н. Молоканов, Е. А. Кузнецова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 100 с. - ISBN 978-5-7046-2203-1 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11134>;
5. Электрические и электронные аппараты : учебник и практикум для академического бакалавриата, для вузов по инженерно-техническим направлениям и специальностям / отв. ред. П. А. Курбатов . – М. : Юрайт, 2016 . – 440 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-9916-5890-4 .;
6. Розанов, Ю. К. Силовая электроника : учебник и практикум для академического бакалавриата по инженерно-техническим направлениям / Ю. К. Розанов, М. Г. Лепанов ; ред. Ю. К. Розанов . – М. : Юрайт, 2018 . – 206 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-9916-9440-7 .;
7. Электрические и электронные аппараты. Расчетные задания : практикум по курсу "Электрические и электронные аппараты" по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / Ю. К. Розанов, М. Г. Лепанов, М. Г. Киселев, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 68 с. - Авторы указаны на обороте тит. л. - ISBN 978-5-7046-2364-9 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11328>;

8. Справочник по силовой электронике / Ю. К. Розанов, П. А. Воронин, С. Е. Рывкин, Е. Е. Чаплыгин ; ред. Ю. К. Розанов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 472 с. - ISBN 978-5-383-00872-0 ..

### 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. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

### 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	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	ЭЭА-10, Лаборатория общего курса	стол учебный, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, книги, учебники, пособия, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	ЭЭА-10, Лаборатория общего курса	стол учебный, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, книги, учебники, пособия, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, 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
Помещения для консультирования	Е-206.1, Преподавательская	парта со скамьей, стеллаж для хранения книг, стол преподавателя, стул, доска

		меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-212, Аудитория каф. "АЭП"	стол, стул, шкаф для хранения инвентаря, тумба

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Электрические и электронные аппараты

(название дисциплины)

#### 5 семестр

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

- КМ-1 Тест №1 «Оценка уровня базовых знаний по электротехнике» (Тестирование)
- КМ-2 Тест №2 «Аппараты защиты и управления. Назначение, характеристики, конструктивные особенности» (Тестирование)
- КМ-3 Тест №3 «Физические процессы, связанные с функционированием электрических аппаратов» (Тестирование)
- КМ-4 Защита лабораторной работы по теме: «Аппараты защиты» (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита лабораторной работы по теме: «Исследование теплового реле, контакторов переменного и постоянного тока» (Лабораторная работа)
- КМ-6 Защита лабораторной работы по теме: «Тепловые процессы и режимы работы электрических аппаратов» (Лабораторная работа)
- КМ-7 Защита лабораторной работы по теме: «Восстанавливающееся напряжение на полюсах выключателя» (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	3	8	15	12	12	16	16
1	Модуль 1. Аппаратура распределения и управления низковольтная.								
1.1	Общие сведения об электрических аппаратах.		+						
1.2	Типы заземления системы, виды аварийных режимов и расчет токов КЗ.			+		+	+		
1.3	Предохранители и выключатели-разъединители.			+		+	+		
1.4	Автоматические выключатели. Часть 1: устройство и принцип действия.			+		+	+		
1.5	Автоматические выключатели. Часть 2: типы расцепителей, времятоковые характеристики, селективность.			+		+	+		
1.6	Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током.			+		+	+		
1.7	Контакторы.			+		+	+		
1.8	Тепловые реле перегрузки.			+		+	+		
2	Модуль 2. Физические явления и процессы в электрических аппаратах.								

2.1	Тепловые процессы. Часть 1: источники и способы передачи тепла, стационарный и переходной режимы.			+			+	+
2.2	Тепловые процессы. Часть 2: режимы работы, термическая стойкость, нормирование.			+			+	+
2.3	Электрические контакты.			+			+	+
2.4	Электрическая дуга и процесс коммутации.			+			+	+
2.5	Электромагниты.			+			+	+
2.6	Электродинамические усилия.			+			+	+
Вес КМ, %:		5	30	25	10	10	10	10

### 6 семестр

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

- КМ-1 Выполнение 1-й части расчетного задания №1: определение токов и напряжений в схеме с транзистором (Расчетно-графическая работа)
- КМ-2 Защита ЛР №1 «Цепи формирования траектории переключения силовых транзисторов» (Лабораторная работа)
- КМ-3 КР №1 «Расчет потерь в электронных ключах» (Контрольная работа)
- КМ-4 Выполнение основной части и защита расчетного задания №1 «Расчет схемы с транзистором» (Тестирование)
- КМ-5 КР №2 «Расчет импульсных регуляторов постоянного тока» (Контрольная работа)
- КМ-6 Выполнение и защита расчетного задания №2 «Импульсный регулятор постоянного тока и автономный инвертор» (Тестирование)
- КМ-7 Защита ЛР №2 «Тиристорный регулятор и компенсация реактивной мощности», ЛР №3 «Импульсные регуляторы постоянного тока», ЛР №4 «Автономные инверторы напряжения» (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	13	14
1	Модуль 3. Силовые электронные ключи и системы управления электронных аппаратов								
1.1	Принцип действия, классификация, характеристики и режимы работы силовых электронных ключей. Расчет потерь		+	+	+	+			
1.2	Обеспечение безопасной работы транзисторов и основы теплового расчета. Применение электромагнитных компонентов и конденсаторов в электронных			+	+	+			



	аппаратах							
1.3	Структура и функциональные узлы системы управления электронного аппарата		+		+			
2	Модуль 4. Статические коммутационные аппараты и преобразователи электрической энергии							
2.1	Тиристорные и транзисторные контакторы. Гибридные коммутационные аппараты						+	+
2.2	Тиристорные регуляторы и устройства на их основе. Выпрямители						+	+
2.3	Регуляторы постоянного тока					+	+	+
2.4	Инверторы напряжения. Четырехквadrантные преобразователи					+	+	+
Вес КМ, %:		10	10	15	15	15	20	15

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Электрические и электронные аппараты**

(название дисциплины)

**5 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

- КМ-1 Кабели: пп. 1.1–1.5
- КМ-2 Токи КЗ: пп. 1.6
- КМ-3 Модульные аппараты: пп. 2.1–2.3
- КМ-4 Аппараты управления: пп. 2.4–2.8
- КМ-5 Аппараты в литом корпусе: пп. 2.9 – 2.10
- КМ-6 Карта селективности: пп. 2.12
- КМ-7 Чертежи: пп. 2.11–3

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	3	5	7	9	11	13	16
1	Предварительные расчёты		+	+					
2	Выбор электрических аппаратов				+	+	+	+	
3	Конструкторская проработка проекта и подготовка к защите								+
Вес КМ, %:			10	15	15	15	15	15	15