

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: Электротехнические комплексы беспилотных летательных аппаратов

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА БПЛА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4; 7 семестр - 5; всего - 9
Часов (всего) по учебному плану:	324 часа
Лекции	6 семестр - 28 часа; 7 семестр - 32 часа; всего - 60 часов
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	6 семестр - 28 часа; 7 семестр - 48 часа; всего - 76 часа
Консультации	7 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	6 семестр - 87,7 часа; 7 семестр - 77,2 часа; всего - 164,9 часа
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	7 семестр - 4 часа;
включая: Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой Защита курсового проекта Экзамен	6 семестр - 0,3 часа; 7 семестр - 0,3 часа; 7 семестр - 0,5 часа; всего - 1,1 часа

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Планкин А.П.
	Идентификатор	R1e486c99-PlankinAP-2e9323ab

А.П. Планкин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Липай Б.Р.
	Идентификатор	R8a549539-LipaiBR-275b674e

Б.Р. Липай

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Румянцев М.Ю.
	Идентификатор	R4b7b75d7-RumyantsevMY-eafe30f

М.Ю.
Румянцев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение принципов построения электронных устройств автономных объектов и приобретению практических навыков по проектированию, испытаниям и модернизации силовой части таких устройств.

Задачи дисциплины

- изучение основных физических процессов, протекающих в силовой части электронных устройств;
- изучение схемных и конструктивных решений для основных элементов электронных устройств;
- приобретение навыков составления имитационных компьютерных моделей электронных устройств и применения современных пакетов прикладных программ для расчётов силовой части электронных устройств;
- изучение характеристик транзисторно-диодных модулей в статических и динамических режимах их работы;
- изучение энергетических характеристик и тепловых режимов работы силовой части электронных устройств;
- изучение характеристик электромагнитных компонентов;
- приобретение навыков расчёта электромагнитных компонентов;
- приобретение навыков проектирования силовой части электронных устройств.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-4 Способен понимать принципы общие принципы построения и функционирования электромеханических систем и их элементов, а также устройств силовой и цифровой электроники на борту БПЛА	ИД-2 _{ПК-4} Демонстрирует понимание принципов построения и функционирования систем силовой электроники	знать: - источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет); - основные физические явления и процессы, протекающие в силовой части электронных устройств; - устройство, принципы действия и характеристики элементов силовой части электронных устройств; - основные схемы импульсных преобразователей напряжения и конверторов и их свойства. уметь: - составлять принципиальные схемы электронных устройств; - грамотно рассчитывать и подбирать элементы силовой части электронных устройств.
ПК-4 Способен понимать принципы общие принципы построения и функционирования электромеханических систем и их элементов, а	ИД-5 _{ПК-4} Выполняет анализ систем силовой электроники	знать: - принципы работы средств контроля и измерения электрических параметров электронных устройств; - цифровые методы анализа цепей постоянного и переменного токов; - энергетические и частотные

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
также устройств силовой и цифровой электроники на борту БПЛА		характеристики транзисторно-диодных модулей. уметь: - составлять принципиальные схемы электронных устройств; - использовать приборы и средства контроля и измерения для исследования работы электронных устройств; - уметь грамотно рассчитывать и подбирать элементы силовой части электронных устройств; - использовать для решения прикладных задач средства имитационно-компьютерного моделирования; - подбирать элементы силовой части электронных устройств; - анализировать информацию о характеристиках элементов и электронных устройств в целом.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электротехнические комплексы беспилотных летательных аппаратов (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные физические явления и процессы, протекающие в электронных устройствах
- знать принципы построения электронных устройств
- знать характеристики активных и пассивных компонентов, применяемых в электронных устройствах
- знать устройство средств контроля и измерения (осциллографы, генераторы сигналов, лабораторные источники питания и т.д.)
- знать законы физики, электротехники, теплотехники и магнетизма, их математическое описание
- знать основные источники научно-технической информации в области электронных устройств (учебная литература, журналы, сайты Интернет)
- знать цифровые методы анализа цепей постоянного и переменного токов
- уметь использовать для решения прикладных задач основные законы и понятия физики, электротехники, теплотехники и магнетизма
- уметь читать и составлять принципиальные схемы электронных устройств
- уметь составлять имитационные модели и применять современные пакеты прикладных программ для расчётов электронных устройств
- уметь грамотно подбирать и использовать активные и пассивные компоненты для создания силовой части электронных схем
- уметь рассчитывать энергетические характеристики и тепловой режим работы силовой части электронных устройств

- уметь рассчитывать параметры и конструировать электромагнитные компоненты и теплоотводы электронных устройств

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	Электронные устройства автономных объектов. Регуляторы напряжения	74	6	14	16	-	-	-	-	-	-	44	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Электронные устройства автономных объектов. Регуляторы напряжения и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Электронные устройства автономных объектов. Регуляторы напряжения" материалу. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 22-34 [2], 225-257
1.1	Роль и место электронных устройств в структуре электрооборудования автономных объектов. Электромагнитные процессы, протекающие в силовой части электронных устройств	37		7	8	-	-	-	-	-	-	22	-	
1.2	Импульсные регуляторы напряжения	37		7	8	-	-	-	-	-	-	22	-	
2	Полупроводниковые компоненты	69.7		14	12	-	-	-	-	-	-	43.7	-	
2.1	Полупроводниковые диоды	41		7	12	-	-	-	-	-	-	22	-	
2.2	Транзисторы	28.7		7	-	-	-	-	-	-	-	21.7	-	

													материалу. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Полупроводниковые компоненты и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 22-36, 37-50, 190-224
	Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	144.0		28	28	-	-	-	-	0.3	87.7	-	
	Итого за семестр	144.0		28	28	-	-	-	-	0.3	87.7	-	
3	Транзисторно-диодные модули	28	7	7	12	-	-	-	-	-	9	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы
3.1	Транзисторно-диодные модули	28		7	12	-	-	-	-	-	9	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: выбор транзисторно-диодных модулей <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Транзисторно-диодные модули" материалу. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Транзисторно-диодные модули и подготовка к контрольной работе

														<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 27-32
4	Схемы управления транзисторными ключами	27		6	12	-	-	-	-	-	-	9	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: выбор СУТК
4.1	Схемы управления транзисторными ключами	27		6	12	-	-	-	-	-	-	9	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Схемы управления транзисторными ключами и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 466-483
5	Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов	27		6	12	-	-	-	-	-	-	9	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: энергетический и тепловой расчёты силовой части ЭУ АО
5.1	Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов	27		6	12	-	-	-	-	-	-	9	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов

													обработки результатов по изученному в разделе "Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 561-575
6	Электромагнитные компоненты электронных устройств автономных объектов	15		7	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Электромагнитные компоненты электронных устройств автономных объектов и подготовка к контрольной работе
6.1	Электромагнитные компоненты электронных устройств автономных объектов	15		7	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: расчет дросселя/трансформатора (при наличии) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 51-126
7	Источники вторичного электропитания	26.7		6	12	-	-	-	-	-	8.7	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Источники вторичного электропитания и подготовка к контрольной работе
7.1	Источники вторичного электропитания	26.7		6	12	-	-	-	-	-	8.7	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 258-288
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Курсовой проект (КП)	20.3		-	-	-	16	-	4	-	0.3	-	-
	Всего за семестр	180.0		32	48	-	16	2	4	-	0.8	43.7	33.5

	Итого за семестр	180.0		32	48	-	18	4	0.8	77.2	
	ИТОГО	324.0	-	60	76	-	18	4	1.1	164.9	

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. Электронные устройства автономных объектов. Регуляторы напряжения

1.1. Роль и место электронных устройств в структуре электрооборудования автономных объектов. Электромагнитные процессы, протекающие в силовой части электронных устройств

Особенности работы ЭУ на борту АО. Классификация ЭУ АО. Обобщенная функциональная схема ЭУ. Ключевой режим работы полупроводниковых приборов. Закон сохранения энергии для электрических цепей. Переходные процессы в электрических цепях. Параметры импульсов.

1.2. Импульсные регуляторы напряжения

Понижающий, повышающий и инвертирующий импульсные регуляторы напряжения. Режимы работы регуляторов и их анализ. Влияние среднего тока нагрузки, величины индуктивности дросселя, частоты переключения ключа на процессы в регуляторах. Режимы непрерывных, граничных и прерывистых токов дросселя регуляторов. Внешняя и регулировочная характеристики регуляторов с идеальными элементами. Пример расчета регуляторов. Импульсные регуляторы напряжения как преобразователи сопротивления. Влияние омических сопротивлений элементов на статические характеристики регуляторов. КПД импульсных регуляторов при реальных параметрах элементов. Регулировочная и внешняя характеристики регуляторов с учетом сопротивления элементов. Влияние паразитных индуктивностей на работу регуляторов. Методы защиты ключа от перенапряжений.

2. Полупроводниковые компоненты

2.1. Полупроводниковые диоды

Структура диода. Полупроводники n- и p- типа. p-n переход. Прямое и обратное смещение перехода. Статические характеристики диодов. Динамические характеристики диодов. Мощность динамических потерь в диодах. Движение рабочей точки при переключении диодов. Инженерная оценка частотных свойств диодов. Области применения диодов. Однофазный однополупериодный и двухполупериодный выпрямители. Трехфазный однополупериодный и двухполупериодный выпрямители. Выпрямители с емкостными фильтрами. Инженерная методика выбора емкости фильтра для выпрямителей.

2.2. Транзисторы

Классификация транзисторов. Биполярные транзисторы (БТ). Статические характеристики. Область оптимального насыщения. Коэффициент усиления. Расчет сопротивления базы. Составные транзисторы. Выбор напряжения цепи управления. Ключевой режим работы БТ. Динамические свойства БТ. Работа БТ на активную и активно-индуктивные нагрузки. Полевые транзисторы (ПТ). Характеристики ПТ. Структура мощных ПТ и ее паразитные элементы. Работа в ключевом режиме. Заряд переключения. Расчет сопротивления затвора. Биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ). Технологии БТИЗ. Номенклатура приборов на базе БТИЗ. Корпуса транзисторов и транзисторных модулей. Энергия переключения.

3. Транзисторно-диодные модули

3.1. Транзисторно-диодные модули

Транзисторно-диодный модуль (ТДМ). Работа ТДМ с БТ на активно-индуктивную нагрузку. Область безопасной работы БТ. Схемы замещения ТДМ с ПТ при переключениях.

Процессы включения и выключения ТДМ с ПТ на активную и активно-индуктивную нагрузки. Потери в ТДМ с ПТ. Энергия переключения. Процесс переключения БТИЗ. Процессы включения и выключения ТДМ с БТИЗ на активную и активно-индуктивную нагрузки. Потери в ТДМ с БТИЗ. Снабберы.

4. Схемы управления транзисторными ключами

4.1. Схемы управления транзисторными ключами

Интегральный драйвер с оптической развязкой для управления ПТ или БТИЗ. Драйвер с оптической развязкой и отрицательным смещением на затворе. Драйверы с защитой силового тока по ключу. Драйвер с плавающим потенциалом. Драйверы с расширенными функциями. Систему управления траекторией переключения БТ с оптоэлектронной развязкой. Системы управления траекторией переключения ключа с трансформаторной развязкой. Функциональные схемы драйверов. Конструктивное исполнение драйверов. Расчет бутстрепной емкости. Логика работы драйверов и мертвое время при управлении транзисторами стойки. Монтаж драйверов.

5. Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов

5.1. Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов

Отвод тепла от устройств силовой электроники. Эквивалентные схемы тепловых процессов. Тепловое сопротивление. Монтаж транзисторов и модулей на радиаторы. Физические свойства теплопроводящих материалов. Конвекция, воздушные радиаторы. Жидкостное охлаждение. Моделирование тепловых процессов. Динамический расчет тепловых режимов.

6. Электромагнитные компоненты электронных устройств автономных объектов

6.1. Электромагнитные компоненты электронных устройств автономных объектов

Закон полного тока. Теорема Остроградского-Гаусса. Закон электромагнитной индукции, правило Ленца. Характеристики магнитного поля. Магнитное поле в веществе. Классификация магнитных материалов. Гистерезис и аппроксимация петель гистерезиса. Модели магнитных цепей. Магнитное сопротивление. Разнородные магнитные цепи. Мощность потерь в магнитных материалах (гистерезис, вихревые токи). Геометрические параметры магнитопроводов. Дроссели. Габаритная мощность дросселя. Расчет силовых дросселей. Выбор обмоточного провода. Магнитосвязанные цепи. Взаимная индуктивность. Трансформаторы. Идеальные трансформаторы. Магнитное рассеяние. Схемы замещения трансформаторов для определения магнитного рассеяния. Расчет трансформаторов. КПД трансформаторов. Особенности укладки проводов и намотки катушек. Миниатюризация магнитных компонентов.

7. Источники вторичного электропитания

7.1. Источники вторичного электропитания

Однотактные и двухтактные прямоходовые и обратноходовые преобразователи. Преобразователи со средней точкой. Перемагничивание сердечника трансформатора. Полумостовые и мостовые преобразователи.

3.3. Темы практических занятий не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Моделирование и исследование схем понижающего регулятора напряжения;
2. Моделирование и исследование различных схем выпрямителей;
3. Знакомство с работой лабораторного оборудования;
4. Исследование свойств полевых транзисторов с индуцированным каналом;
5. Исследование ключевого понижающего преобразователя напряжения;
6. Моделирование и исследование схем повышающего регулятора напряжения;
7. Моделирование и исследование схем инвертирующего регулятора напряжения.

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации проводятся по разделу "Транзисторно-диодные модули"
2. Консультации проводятся по разделу "Схемы управления транзисторными ключами"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации проводятся по разделу "Электромагнитные компоненты электронных устройств автономных объектов"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту/работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

7 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Импульсный регулятор напряжения (понижающий, повышающий или инвертирующий), выпрямитель (однофазный или трехфазный), конвертор напряжения, инвертор напряжения (однофазный или трехфазный) или комбинация из двух устройств в составе автономного объекта

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 6	7 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	90	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Оформление задания по КП
2	Подготовка КП

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		
Знать:										
основные схемы импульсных преобразователей напряжения и конверторов и их свойства	ИД-2ПК-4	+							Лабораторная работа/Инвертирующий регулятор напряжения Контрольная работа/Повышающий и инвертирующий регуляторы напряжения Лабораторная работа/Повышающий регулятор напряжения Лабораторная работа/Понижающий регулятор напряжения Контрольная работа/Электромагнитные процессы, протекающие в силовой части электронных устройств. Понижающий регулятор напряжения	
устройство, принципы действия и характеристики элементов силовой части электронных устройств	ИД-2ПК-4		+						Лабораторная работа/Выпрямители Контрольная работа/Диоды и выпрямители Контрольная работа/Транзисторы	
основные физические явления и процессы, протекающие в силовой части электронных устройств	ИД-2ПК-4	+							Контрольная работа/Электромагнитные процессы, протекающие в силовой части электронных устройств. Понижающий регулятор напряжения	
источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет)	ИД-2ПК-4						+		Контрольная работа/Электромагнитные компоненты электронных устройств автономных объектов	
энергетические и частотные характеристики транзисторно-диодных модулей	ИД-5ПК-4			+	+	+			Контрольная работа/Транзисторно-диодные модули. Схемы управления транзисторными ключами. Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов	
цифровые методы анализа цепей	ИД-5ПК-4							+	Контрольная работа/Источники вторичного электропитания	

постоянного и переменного токов								(конверторы)
принципы работы средств контроля и измерения электрических параметров электронных устройств	ИД-5ПК-4					+		Контрольная работа/Транзисторно-диодные модули. Схемы управления транзисторными ключами. Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов
Уметь:								
грамотно рассчитывать и подбирать элементы силовой части электронных устройств	ИД-2ПК-4		+					Лабораторная работа/Выпрямители
составлять принципиальные схемы электронных устройств	ИД-2ПК-4						+	Лабораторная работа/Знакомство с работой лабораторного оборудования
анализировать информацию о характеристиках элементов и электронных устройств в целом	ИД-5ПК-4						+	Лабораторная работа/Знакомство с работой лабораторного оборудования
подбирать элементы силовой части электронных устройств	ИД-5ПК-4			+	+	+		Лабораторная работа/Исследование ключевого понижающего преобразователя напряжения Лабораторная работа/Исследование свойств полевых транзисторов с индуцированным каналом
использовать для решения прикладных задач средства имитационно-компьютерного моделирования	ИД-5ПК-4	+						Контрольная работа/Электромагнитные процессы, протекающие в силовой части электронных устройств. Понижающий регулятор напряжения
уметь грамотно рассчитывать и подбирать элементы силовой части электронных устройств	ИД-5ПК-4		+					Лабораторная работа/Выпрямители
использовать приборы и средства контроля и измерения для исследования работы электронных устройств	ИД-5ПК-4	+						Лабораторная работа/Инвертирующий регулятор напряжения Контрольная работа/Повышающий и инвертирующий регуляторы напряжения Лабораторная работа/Повышающий регулятор напряжения

									Лабораторная работа/Понижающий регулятор напряжения Контрольная работа/Электромагнитные процессы, протекающие в силовой части электронных устройств. Понижающий регулятор напряжения
составлять принципиальные схемы электронных устройств	ИД-5ГК-4		+						Лабораторная работа/Выпрямители

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Диоды и выпрямители (Контрольная работа)
2. Повышающий и инвертирующий регуляторы напряжения (Контрольная работа)
3. Транзисторы (Контрольная работа)
4. Электромагнитные процессы, протекающие в силовой части электронных устройств. Понижающий регулятор напряжения (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Выпрямители (Лабораторная работа)
2. Инвертирующий регулятор напряжения (Лабораторная работа)
3. Повышающий регулятор напряжения (Лабораторная работа)
4. Понижающий регулятор напряжения (Лабораторная работа)

7 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Источники вторичного электропитания (конверторы) (Контрольная работа)
2. Транзисторно-диодные модули. Схемы управления транзисторными ключами. Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов (Контрольная работа)
3. Электромагнитные компоненты электронных устройств автономных объектов (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Знакомство с работой лабораторного оборудования (Лабораторная работа)
2. Исследование ключевого понижающего преобразователя напряжения (Лабораторная работа)
3. Исследование свойств полевых транзисторов с индуцированным каналом (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №6)

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

Экзамен (Семестр №7)

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

Курсовой проект (КП) (Семестр №7)

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

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Электрооборудование летательных аппаратов. В 2 т. Т.2. Элементы и системы электрооборудования-приемники электрической энергии : учебник для вузов по специальности "Электрооборудование летательных аппаратов" направления "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / С. А. Грузков, В. А. Морозов, В. И. Нагайцев, [и др.]. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 552 с. – ISBN 5-7046-1066-8.;
2. В. И. Мелешин- "Транзисторная преобразовательная техника", Издательство: "Техносфера", Москва, 2005 - (628 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273791>;
3. Таланов, Л. Л. Электронные преобразовательные устройства. Справочные и раздаточные материалы : методическое пособие по курсам "Электронные устройства электрооборудования летательных аппаратов", "Схемотехника", "Системы электроники и автоматики автомобилей и тракторов" по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Л. Л. Таланов, А. В. Бериллов, Д. С. Грузков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Издательский дом МЭИ, 2010. – 184 с.
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=1684>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. LTSpice.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-606, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-619, Учебная аудитория	стол учебный, стул, шкаф, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-610, Учебная лаборатория микропроцессорной техники	кресло рабочее, стол преподавателя, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, лабораторный стенд, компьютер персональный, кондиционер

Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-606, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, учебно-наглядное пособие
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-606, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, учебно-наглядное пособие
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-608/1, Аудитория каф. "ЭКАОиЭТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер, 3D-принтер

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные устройства БПЛА

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Электромагнитные процессы, протекающие в силовой части электронных устройств. Понижающий регулятор напряжения (Контрольная работа)
- КМ-2 Повышающий и инвертирующий регуляторы напряжения (Контрольная работа)
- КМ-3 Диоды и выпрямители (Контрольная работа)
- КМ-4 Транзисторы (Контрольная работа)
- КМ-5 Понижающий регулятор напряжения (Лабораторная работа)
- КМ-6 Повышающий регулятор напряжения (Лабораторная работа)
- КМ-7 Инвертирующий регулятор напряжения (Лабораторная работа)
- КМ-8 Выпрямители (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	7	10	13	5	8	11	14
1	Электронные устройства автономных объектов. Регуляторы напряжения									
1.1	Роль и место электронных устройств в структуре электрооборудования автономных объектов. Электромагнитные процессы, протекающие в силовой части электронных устройств		+							
1.2	Импульсные регуляторы напряжения		+	+			+	+	+	
2	Полупроводниковые компоненты									
2.1	Полупроводниковые диоды				+	+				+
2.2	Транзисторы				+	+				+
Вес КМ, %:			10	10	10	10	15	15	15	15

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-9 Транзисторно-диодные модули. Схемы управления транзисторными ключами. Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов (Контрольная работа)

КМ-10	Электромагнитные компоненты электронных устройств автономных объектов (Контрольная работа)
КМ-11	Источники вторичного электропитания (конверторы) (Контрольная работа)
КМ-12	Знакомство с работой лабораторного оборудования (Лабораторная работа)
КМ-13	Исследование свойств полевых транзисторов с индуцированным каналом (Лабораторная работа)
КМ-14	Исследование ключевого понижающего преобразователя напряжения (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14
		Неделя КМ:	3	8	13	10	12	14
1	Транзисторно-диодные модули							
1.1	Транзисторно-диодные модули		+				+	+
2	Схемы управления транзисторными ключами							
2.1	Схемы управления транзисторными ключами		+				+	+
3	Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов							
3.1	Энергетический и тепловой расчёты силовой части электронных устройств автономных объектов		+				+	+
4	Электромагнитные компоненты электронных устройств автономных объектов							
4.1	Электромагнитные компоненты электронных устройств автономных объектов			+				
5	Источники вторичного электропитания							
5.1	Источники вторичного электропитания				+	+		
Вес КМ, %:			15	15	15	15	20	20

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Электронные устройства БПЛА

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

КМ-1 Соблюдение графика выполнения КП

КМ-2 Оценка выполнения разделов КП

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	6	15
1	Оформление задания по КП		+	
2	Подготовка КП			+
Вес КМ, %:			10	90