

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

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Промышленная электроника и микропроцессорная техника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	не предусмотрено учебным планом
Практические занятия	1 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	1 семестр - 16 часов;
Консультации	1 семестр - 16 часов;
Самостоятельная работа	1 семестр - 75,4 часа;
в том числе на КП/КР	1 семестр - 15,7 часов;
Иная контактная работа	1 семестр - 4 часа;
включая: Контрольная работа Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсовой работы	1 семестр - 0,3 часа;
Зачет с оценкой	1 семестр - 0,3 часа;
	всего - 0,6 часа

Москва 2026

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рашитов П.А.
	Идентификатор	R66e8dfb1-RashitovPA-1953162c

П.А. Рашитов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рашитов П.А.
	Идентификатор	R66e8dfb1-RashitovPA-1953162c

П.А. Рашитов

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Асташев М.Г.
	Идентификатор	R7a29e524-AstashevMG-0583186f

М.Г. Асташев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение принципов конструирования преобразовательных установок..

Задачи дисциплины

- – приобретение навыков по проектированию конструкций полупроводниковых преобразователей электрической энергии;;
- – освоение компьютерных технологий для разработки конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД..

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-1 Способен проводить и сопровождать работы по проектированию устройств электроники и нанoeлектроники в соответствии с требованиями технического задания	ИД-1 _{ПК-1} Знает современный технологический базис и технические решения и осуществляет выбор на основе технических требований к устройствам электроники и нанoeлектроники	знать: - – способы охлаждения силовых полупроводниковых приборов;; - – способы защиты электронной аппаратуры от влияния внешнего электромагнитного поля; уметь: - – проводить тепловой расчет для обеспечения тепловых режимов полупроводниковых приборов;; - – конструировать преобразовательные установки с учетом заданных требований по обеспечению тепловых режимов полупроводниковых приборов и помехозащищенности..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Промышленная электроника и микропроцессорная техника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Обеспечение тепловых режимов работы электронной аппаратуры	47	1	-	8	16	-	-	-	-	-	23	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> самостоятельное изучение материала стр. 154–242 Проектирование источников электропитания электронной аппаратуры : учебное пособие для вузов по специальностям 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" и 210202 "Проектирование и технология электроно-вычислительных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств" / О. К. Березин, и др. ; Ред. В. А. Шахнов . – 4-е изд., перераб. и доп . – М. : КноРус, 2010 . – 536 с.	
1.1	Обеспечение тепловых режимов работы электронной аппаратуры	47		-	8	16	-	-	-	-	-	23	-		
2	Электромагнитные помехи	14		-	2	4	-	-	-	-	-	8	-		<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> самостоятельное изучение стр. 275–345 Проектирование и технология печатных плат : учебник для вузов по направлению "Проектирование и технология электронных средств" / Е. В. Пирогова . – М. : Форум, : ИНФРА-М, 2011 . – 560 с. – (Высшее образование) . - ISBN 5-8199-0138-X .
2.1	Электромагнитные помехи	14		-	2	4	-	-	-	-	-	8	-		
3	Экранирование и заземление	14		-	2	4	-	-	-	-	-	8	-		<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> самостоятельное изучение стр. 234-302 Промышленная электроника: учебник для
3.1	Экранирование и заземление	14	-	2	4	-	-	-	-	-	8	-			

													энергетических и электромеханических специальностей вузов / Ю. С. Забродин . – 2-е изд., стер . – М.: Альянс, 2008. – 496 с. ISBN: 978-5-903034-34-5.
4	Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания	32.7	-	4	8	-	-	-	-	-	20.7	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
4.1	Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания	32.7	-	4	8	-	-	-	-	-	20.7	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <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 "Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания" материалу.

													"Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания"
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-	
	Всего за семестр	144.0	-	16	32	16	-	4	-	0.6	75.4	-	
	Итого за семестр	144.0	-	16	32	16		4		0.6	75.4		

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. Обеспечение тепловых режимов работы электронной аппаратуры

1.1. Обеспечение тепловых режимов работы электронной аппаратуры

Основные понятия теплопередачи. Метод электротепловых аналогий. Расчет тепловых режимов методом электротепловых аналогий. Теплоотдача ребристой поверхности. Расчет охладителя. Расчет системы принудительного воздушного охлаждения: мощность вентилятора, тепловой расчет, расчет давления, конструкции систем принудительного воздушного охлаждения, порядок расчета, упрощенный расчет. Расчет системы естественного охлаждения. Микромодули. Система термоэлектрического охлаждения..

2. Электромагнитные помехи

2.1. Электромагнитные помехи

Общие сведения об электромагнитных помехах. Взаимное влияние источника питания и преобразователя. Защита от электромагнитных помех (классификация способов защиты). Уменьшение паразитных емкостей местным экранированием. Уменьшение паразитных индуктивностей рациональным монтажом соединительных проводников. Экранирование проводников: защита от электрического поля, защита от магнитного поля. Недостатки заземления экрана с двух сторон..

3. Экранирование и заземление

3.1. Экранирование и заземление

Защита от влияния короткозамкнутого контура земли. Заземление экранов кабелей в ВЧ цепях. Заземление экранов кабелей в НЧ цепях. Монтаж проводников заземления и питания. Монтаж проводников питания потребителей разных типов. Монтаж проводников питания для большого числа однотипных потребителей. Монтаж проводников разнесённых цепей. Монтаж проводников между шкафами (стойками) электронной аппаратуры..

4. Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания

4.1. Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания

Электромагнитные помехи в преобразователях: помехи, обусловленные нерациональным монтажом; помехи на цепи управления от сети; помехи на цепи управления от силовой части; помехи на систему управления. Помехоподавляющие фильтры: общие сведения о фильтрах, анализ частотной характеристики, элементная база. Специальные требования для трассировки печатных плат..

3.3. Темы практических занятий

1. 2.Тепловая модель полупроводникового прибора. Расчет плоского охладителя (2 часа).;
2. 5.Выбор полупроводниковых приборов по допустимой температуре. Нестационарные тепловые режимы работы полупроводниковых приборов (2 часа).;
3. 6.Расчет системы принудительного и естественного воздушного охлаждения (2 часа).;
4. 8.Защита полупроводниковых приборов от перегрузок, короткого замыкания и перенапряжений. Выбор и расчет предохранителей, варисторов (2 часа).;
5. 9.Общие сведения об электромагнитных помехах. Электромагнитные помехи в преобразователях (2 часа).;
6. 12.Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания (2

часа).;

7. 1. Основные понятия теплопередачи. Расчет тепловых приборов методом электротепловой аналогии.;
8. 15. Специальные требования для трассировки печатных плат (2 часа).;
9. 3. Теплоотдача ребристой поверхности. Расчет ребристого радиатора (2 часа).;
10. 16. Схемотехнические способы защиты механических контактов (2 часа).;
11. 10. Рациональный монтаж общих проводников в системе управления. Спектры электромагнитных помех (2 часа).;
12. 13. Измерение электромагнитных шумов. Спектры шумов (2 часа).;
13. 11. Экранирование проводников. Заземление экранов кабелей в низкочастотных и высокочастотных цепях (2 часа).;
14. 4. Контрольная работа № 1 (2 часа).;
15. 7. Микромодули. Термоэлектрическое охлаждение. Водяное охлаждение (2 часа).;
16. 14. Помехоподавляющие фильтры. Расчет входного сетевого фильтра (2 часа)..

3.4. Темы лабораторных работ

1. 3. Создание 3D компоновки печатных плат (4 часа);
2. 4. Компоновка силовой части и системы управления (4 часа).;
3. 2. Создание чертежа общего вида силового модуля. Компоновка элементов в электротехническом шкафу. (4 часа).;
4. 1. Создание библиотеки объемных компонентов силовых полупроводниковых преобразователей (4 часа)..

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Создание библиотеки объемных компонентов силовых полупроводниковых преобразователей"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Создание чертежа общего вида силового модуля. Компоновка элементов в электротехническом шкафу"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Создание 3D компоновки печатных плат», «Компоновка силовой части и системы управления"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Расчет теплового режима работы полупроводникового прибора"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

1 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Тема: «Конструирование силового модуля».

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	1, 2	2, 3, 4	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	30	30	20	-
Выполненный	20	50	80	100	-

объем нарастающим итогом, %					
-----------------------------------	--	--	--	--	--

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет тепловых режимов электронной аппаратуры
2	Обеспечение электромагнитной совместимости. Помехозащищенность аппаратуры
3	Трассировка печатных плат систем управления и индикации
4	Компоновка элементов силовой схемы и системы управления в корпусе устройства электронной аппаратуры

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	
Знать:						
– способы защиты электронной аппаратуры от влияния внешнего электромагнитного поля;	ИД-1ПК-1				+	Тестирование/Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания
– способы охлаждения силовых полупроводниковых приборов;	ИД-1ПК-1			+		Тестирование/Экранирование и заземление
Уметь:						
– конструировать преобразовательные установки с учетом заданных требований по обеспечению тепловых режимов полупроводниковых приборов и помехозащищенности.	ИД-1ПК-1		+			Контрольная работа/Электромагнитные помехи
– проводить тепловой расчет для обеспечения тепловых режимов полупроводниковых приборов;	ИД-1ПК-1	+				Контрольная работа/Обеспечение тепловых режимов работы электронной аппаратуры

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Обеспечение тепловых режимов работы электронной аппаратуры (Контрольная работа)
2. Экранирование и заземление (Тестирование)
3. Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания (Тестирование)
4. Электромагнитные помехи (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №1)

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №1)

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

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Проектирование источников электропитания электронной аппаратуры : учебное пособие для вузов по специальностям 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" и 210202 "Проектирование и технология электроно-вычислительных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств" / О. К. Березин, и др. ; Ред. В. А. Шахнов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : КноРус, 2010. – 536 с. – ISBN 978-5-406-00230-8.;
2. Мылов Г. В.- "Печатные платы: выбор базовых материалов", Издательство: "Горячая линия-Телеком", Москва, 2016 - (172 с.)
<https://e.lanbook.com/book/90138>;
3. Пирогова, Е. В. Проектирование и технология печатных плат : учебник для вузов по направлению "Проектирование и технология электронных средств" / Е. В. Пирогова. – М. : Форум : ИНФРА-М, 2011. – 560 с. – (Высшее образование). – ISBN 5-8199-0138-X.;
4. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника : Учебник для энергетических и электромеханических специальностей вузов / Ю. С. Забродин. – 2-е изд., стер. – М. : Альянс, 2008. – 496 с. – ISBN 978-5-903034-34-5..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. SmathStudio.

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
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>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	С-201, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	С-201, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-101б, Компьютерный класс	стол, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	С-201, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-324/1, Преподавательская каф."Пром.эл."	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-324/5, Методический кабинет каф."Пром.эл."	парта, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Конструирование электронной аппаратуры

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Обеспечение тепловых режимов работы электронной аппаратуры (Контрольная работа)
- КМ-2 Электромагнитные помехи (Контрольная работа)
- КМ-3 Экранирование и заземление (Тестирование)
- КМ-4 Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	7	11	15
1	Обеспечение тепловых режимов работы электронной аппаратуры					
1.1	Обеспечение тепловых режимов работы электронной аппаратуры		+			
2	Электромагнитные помехи					
2.1	Электромагнитные помехи			+		
3	Экранирование и заземление					
3.1	Экранирование и заземление				+	
4	Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания					
4.1	Электромагнитная совместимость импульсных источников электропитания					+
Вес КМ, %:			20	20	40	20

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

Конструирование электронной аппаратуры

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-2 Оценка выполнения разделов 1, 2
- КМ-3 Трассировка печатных плат систем управления и индикации
- КМ-4 Компоновка элементов силовой схемы и системы управления в корпусе устройства электронной аппаратуры

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Расчет тепловых режимов электронной аппаратуры		+	+		
2	Обеспечение электромагнитной совместимости. Помехозащищенность аппаратуры			+	+	
3	Трассировка печатных плат систем управления и индикации				+	
4	Компоновка элементов силовой схемы и системы управления в корпусе устройства электронной аппаратуры				+	+
Вес КМ, %:			20	30	30	20