

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов
Кафедра электроники и радиофизики



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной работе

 Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости электронных устройств
(наименование дисциплины)

11.04.04 Электроника и наноэлектроника

(код, наименование направления)

Промышленная электроника

(магистерская программа)

Квалификация

магистр

(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения

очная, очно-заочная, заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Целью дисциплины является формирование у обучающихся знаний, умений и практических навыков обеспечения электромагнитной совместимости устройств силовой и промышленной электроники.

Задачи изучения дисциплины: наделить студентов способностью анализировать состояние научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; самостоятельно решать задачи обеспечения электромагнитной совместимости устройств силовой и промышленной электроники; проводить испытания технических средств на определение параметров электромагнитной совместимости.

Дисциплина направлена на формирование профессиональной компетенции (ПК-1) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина входит в часть БЛОКА 1, формируемую участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы подготовки магистров по направлению 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника (магистерская программа «Промышленная электроника»).

Дисциплина реализуется кафедрой электроники и радиофизики.

Основывается на базе дисциплин: «Высшая математика», «Физика», «Химия», «Физические основы электроники», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Теоретические основы электротехники», «Схемотехника аналоговых устройств», «Схемотехника цифровых устройств», «Основы микропроцессорной техники», «Конструирование и надежность электронных устройств», «Магнитные элементы электронных устройств», «Твердотельная электроника», «Методы анализа и расчета электронных схем», «Основы силовой преобразовательной техники», «Интеллектуальные модули устройств силовой электроники», «Системы электропитания», «Электромагнитная совместимость электронных устройств и систем».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Схемотехника источников питания», «Основы конструкторско-технологического проектирования и надежности электронных устройств», прохождении учебной практики (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)), производственных практик (научно-исследовательская работа, преддипломная практика), для подготовки к процедуре защиты и защиты ВКР (магистерской работы).

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента для решения профессиональных задач, связанных с научным мышлением, научно-исследовательской и проектной деятельностью, владением информационными технологиями.

Курс является фундаментом для ориентации студентов в сфере профессиональной деятельности в области информационных технологий проектирования электронных средств.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (18 ак.ч.), практические (36 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (90 ак.ч.)

Для очно-заочной формы обучения программой предусмотрены: лекционные (8 ак.ч.), практические (8 ак.ч.) занятия, самостоятельная работа студента (128 ак.ч.).

Для заочной формы обучения программой предусмотрены: лекционные (4 ак.ч.), практические (4 ак.ч.) занятия, самостоятельная работа студента (136 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости электронных устройств» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники, а также смежных областей науки и техники, способен обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ПК-1	ПК-1.1. Знает постановку задач математического моделирования, цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электронных средств ПК-1.2. Умеет обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения задач математического моделирования при проектировании электронных средств ПК-1.3. Владеет системами автоматизированного проектирования и пакетами математических расчетов ПК-1.4. Владеет навыками патентного поиска.

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, выполнение домашнего задания, подготовку к текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Очная форма обучения	
	Всего ак.ч.	ак.ч. по семестрам
		1
Аудиторная работа, в том числе:	54	54
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	90	90
Подготовка к лекциям	4	4
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям	36	36
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	-	-
Домашнее задание	5	5
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиуму 1	3	3
Подготовка к коллоквиуму 2	3	3
Аналитический информационный поиск	18	18
Работа в библиотеке	18	18
Подготовка к зачету	3	3
Промежуточная аттестация – зачет (З)	3 (2)	3 (2)
Общая трудоемкость дисциплины: ак.ч.	144	144
з.е.	4	4

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенции, приведенной в п.3, дисциплина разбита на 8 тем:

- тема 1 (Нормативно-техническая документация и стандарты в области ЭМС);
- тема 2 (Общие вопросы электромагнитной совместимости электронных устройств);
- тема 3 (Элементная база электронных устройств с учетом ЭМС);
- тема 4 (Линии связи электронных устройств с учетом ЭМС);
- тема 5 (Экранирование электромагнитных полей);
- тема 6 (Особые виды экранирования);
- тема 7 (Обеспечение электромагнитной совместимости электронных устройств фильтрацией и заземлением);
- тема 8 (Исследование характеристик электромагнитной совместимости электронных устройств и испытание на ЭМС).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной форм обучения, приведены в таблицах 3 и 4, соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Нормативно-техническая документация и стандарты в области ЭМС	Нормы и методы измерения излучения, радиопомех и электромагнитных полей. Радиопомехи от оборудования информационных технологий. Характеристики радиочастотных помех промышленного, научно-исследовательского и медицинского оборудования. Предельные значения характеристик радиопомех электроосветительного оборудования. Требования по электромагнитной совместимости к электроприборам, электроинструментам и аналогичной электроаппаратуре. Требования к электромагнитной совместимости электрооборудования для измерения, управления и лабораторного использования. Помехоустойчивость к промышленной окружающей среде. Нормирование на электромагнитное излучение в промышленной окружающей среде. Воздействие излучения, радиочастот и электромагнитных полей для жилых районов, районов с коммерческими предприятиями и районов с предприятиями легкой промышленности.	4	Нормирование уровней электромагнитного излучения и радиочастотных помех, требования ЭМС к различным видам аппаратуры	4	—	—
2	Общие вопросы электромагнитной совместимости электронных устройств	Проблема электромагнитной совместимости электронных устройств. Источники электромагнитных помех. Рецепторы электромагнитных помех. Внутриаппаратурная электромагнитная совместимость электронных устройств. Межаппаратурная электромагнитная совместимость электронных устройств. Математическое описание основных видов помех и их статистические характеристики. Принципы расчета ЭМС.	2	Источники и рецепторы электромагнитных помех, внутриаппаратурная и межаппаратурная ЭМС	4	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы прак- тических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
3	Элементная база электронных устройств с учетом ЭМС	ЭМС резисторов. ЭМС конденсаторов. ЭМС катушек индуктивности и фильтров. ЭМС трансформаторов и дросселей. ЭМС активных компонентов. ЭМС коммутационных приборов. Рекомендации по выбору элементной базы с учетом ЭМС.	2	ЭМС элементной базы электрон- ных устройств	4	—	—
4	Линии связи электронных устройств с учетом ЭМС	Электромагнитная совместимость линий связи электронных устройств. Помехи в одиночных линиях связи. Модели линий связи. Короткие и длинные линии связи. Параметры некоторых внутриаппаратурных линий связи. Искажения сигнала в линиях связи. Длинная линия с нелинейной нагрузкой. Вопросы согласования линий связи. Индуцированные помехи в линиях связи Взаимные электрические параметры линий связи. Помехи во взаимодействующих линиях связи. Анализ для коротких линий связи. Методы уменьшения перекрестных помех. Индуцированные помехи в длинных линиях связи. Рекомендации по конструированию линий связи.	2	ЭМС линий связи электрон- ных устройств	4	—	—
				Линии связи электрон- ных устройств с учетом ЭМС.	4		
5	Экранирование электромагнит- ных полей	Основные характеристики и методы экранирования. Конструктивное исполнение экранов. Анализ эффективности электромагнитного экранирования. Экранирование электромагнитных полей. Влияние конструктивных параметров экрана на величину магнитной связи. Требования, предъявляемые к конструкциям магнитных экранов. Магнитостатическое экранирование. Требования к магнитостатическим экранам. Вытеснение магнитного поля помехи полем вихревых токов в экране. Требования к экранам на вихревых токах. Сетча-	2	Методы экранирова- ния элект- ромагнит- ных полей	4	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы прак- тических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		тые экраны. Экранирование электростатических по- лей. Влияние конструктивных параметров электро- статических экранов на эффективность экранирова- ния. Требования к электростатическим экранам.					
6	Особые виды экранирования	Многослойные экраны. Перфорированные экраны. Материалы для экранов. Экранирование печатного монтажа. Экранирование электроакустических полей.	2	Особые виды экра- нирования в электрон- ных устрой- ствах	4	—	—
7	Обеспечение электромагнитной совместимости электронных устройств фильтрацией и заземлением	Общие сведения о фильтрации помех. Эффектив- ность фильтрации. Помехоподавляющие элемен- ты. Фильтрация цепей питания. Общие сведения о подавлении помех при помощи заземления. Прин- ципы построения системы помехоподавляющего заземления в электронных устройствах. Схемы и помехоподавляющих заземлений. Особенности устройства помехоподавляющего заземления на подвижных объектах.	2	Обеспечение электромаг- нитной сов- местимости электронных устройств фильтрацией	2	—	—
				Обеспече- ние элек- тромагнит- ной совме- стимости электронных устройств заземлением	2		
8	Исследование характеристик электромагнитно й совместимости электронных устройств и	Нормы излучения и восприимчивости в области ЭМС. Экспериментальные методы исследования характеристик ЭМС. Технические задачи контроля электромагнитной обстановки. Измерение напря- женности поля и плотности потока мощности. Радиоприемные устройства средств радио-	2	Испытания электронных устройств на ЭМС и ме- тоды изме- рений	4	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы прак- тических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	испытание на ЭМС	контроля. Измерительные антенные устройства и системы. Испытания на кондуктивную эмиссию электромагнитных помех от электронных устройств. Испытания на кондуктивную восприимчивость электронных устройств. Испытания на излучаемую эмиссию электромагнитных помех от электронных устройств. Испытания на излучаемую восприимчивость электронных устройств. Оборудование для испытаний электронных устройств на электромагнитную совместимость.					
Всего аудиторных часов			18	—	36	—	—

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Нормативно-техническая документация и стандарты в области ЭМС	Нормы и методы измерения излучения, радиопомех и электромагнитных полей. Радиопомехи от оборудования информационных технологий. Характеристики радиочастотных помех промышленного, научно-исследовательского и медицинского оборудования. Предельные значения характеристик радиопомех электроосветительного оборудования. Требования по электромагнитной совместимости к электроприборам, электроинструментам и аналогичной электроаппаратуре. Требования к электромагнитной совместимости электрооборудования для измерения, управления и лабораторного использования. Помехоустойчивость к промышленной окружающей среде. Нормирование на электромагнитное излучение в промышленной окружающей среде. Воздействие излучения, радиочастот и электромагнитных полей для жилых районов, районов с коммерческими предприятиями и районов с предприятиями легкой промышленности.	1	Нормирование уровней электромагнитного излучения и радиочастотных помех, требования ЭМС к различным видам аппаратуры	1	—	—
2	Общие вопросы электромагнитной совместимости электронных устройств	Проблема электромагнитной совместимости электронных устройств. Источники электромагнитных помех. Рецепторы электромагнитных помех. Внутриаппаратурная электромагнитная совместимость электронных устройств. Межаппаратурная электромагнитная совместимость электронных устройств. Математическое описание основных видов помех и их статистические характеристики. Принципы расчета ЭМС.	1	Источники и рецепторы электромагнитных помех, внутриаппаратурная и межаппаратурная ЭМС	1	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы прак- тических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
3	Элементная база электронных устройств с учетом ЭМС	ЭМС резисторов. ЭМС конденсаторов. ЭМС катушек индуктивности и фильтров. ЭМС трансформаторов и дросселей. ЭМС активных компонентов. ЭМС коммутационных приборов. Рекомендации по выбору элементной базы с учетом ЭМС.	1	ЭМС элементной базы электронных устройств	1	—	—
4	Линии связи электронных устройств с учетом ЭМС	Электромагнитная совместимость линий связи электронных устройств. Помехи в одиночных линиях связи. Модели линий связи. Короткие и длинные линии связи. Параметры некоторых внутриаппаратурных линий связи. Искажения сигнала в линиях связи. Длинная линия с нелинейной нагрузкой. Вопросы согласования линий связи. Индуцированные помехи в линиях связи Взаимные электрические параметры линий связи. Помехи во взаимодействующих линиях связи. Анализ для коротких линий связи. Методы уменьшения перекрестных помех. Индуцированные помехи в длинных линиях связи. Рекомендации по конструированию линий связи.	1	ЭМС линий связи электронных устройств	1	—	—
5	Экранирование электромагнитных полей	Основные характеристики и методы экранирования. Конструктивное исполнение экранов. Анализ эффективности электромагнитного экранирования. Экранирование электромагнитных полей. Влияние конструктивных параметров экрана на величину магнитной связи. Требования, предъявляемые к конструкциям магнитных экранов. Магнитостатическое экранирование. Требования к магнитостатическим экранам. Вытеснение магнитного поля помехи полем вихревых токов в экране. Требования к экранам на вихревых токах. Сетча-	1	Методы экранирования электро- магнитных полей	1	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы прак- тических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		тые экраны. Экранирование электростатических полей. Влияние конструктивных параметров электростатических экранов на эффективность экранирования. Требования к электростатическим экранам.					
6	Особые виды экранирования	Многослойные экраны. Перфорированные экраны. Материалы для экранов. Экранирование печатного монтажа. Экранирование электроакустических полей.	1	Особые виды экранирования в электронных устройствах	1	—	—
7	Обеспечение электромагнитной совместимости электронных устройств фильтрацией и заземлением	Общие сведения о фильтрации помех. Эффективность фильтрации. Помехоподавляющие элементы. Фильтрация цепей питания. Общие сведения о подавлении помех при помощи заземления. Принципы построения системы помехоподавляющего заземления в электронных устройствах. Схемы помехоподавляющих заземлений. Особенности устройства помехоподавляющего заземления на подвижных объектах.	1	Обеспечение электромагнитной совместимости электронных устройств фильтрацией Обеспечение электромагнитной совместимости электронных устройств заземлением	1	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы прак- тических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
8	Исследование характеристик электромагнитной совместимости электронных устройств и испытание на ЭМС	Нормы излучения и восприимчивости в области ЭМС. Экспериментальные методы исследования характеристик ЭМС. Технические задачи контроля электромагнитной обстановки. Измерение напряженности поля и плотности потока мощности. Радиоприемные устройства средств радио-контроля. Измерительные антенные устройства и системы. Испытания на кондуктивную эмиссию электромагнитных помех от электронных устройств. Испытания на кондуктивную восприимчивость электронных устройств. Испытания на излучаемую эмиссию электромагнитных помех от электронных устройств. Испытания на излучаемую восприимчивость электронных устройств. Оборудование для испытаний электронных устройств на электромагнитную совместимость.	1	Испытания электронных устройств на ЭМС и методы измерений	1	—	—
Всего аудиторных часов			8	—	8	—	—

Таблица 5 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Нормативно-техническая документация и стандарты в области ЭМС	Нормы и методы измерения излучения, радиопомех и электромагнитных полей. Радиопомехи от оборудования информационных технологий. Характеристики радиочастотных помех промышленного, научно-исследовательского и медицинского оборудования. Предельные значения характеристик радиопомех электроосветительного оборудования. Требования по электромагнитной совместимости к электроприборам, электроинструментам и аналогичной электроаппаратуре. Требования к электромагнитной совместимости электрооборудования для измерения, управления и лабораторного использования. Помехоустойчивость к промышленной окружающей среде. Нормирование на электромагнитное излучение в промышленной окружающей среде. Воздействие излучения, радиочастот и электромагнитных полей для жилых районов, районов с коммерческими предприятиями и районов с предприятиями легкой промышленности.	0,5	Нормирование уровней электромагнитного излучения и радиочастотных помех, требования ЭМС к различным видам аппаратуры	0,5	—	—
2	Общие вопросы электромагнитной совместимости электронных устройств	Проблема электромагнитной совместимости электронных устройств. Источники электромагнитных помех. Рецепторы электромагнитных помех. Внутриаппаратурная электромагнитная совместимость электронных устройств. Межаппаратурная электромагнитная совместимость электронных устройств. Математическое описание основных видов помех и их статистические характеристики. Принципы расчета ЭМС.	0,5	Источники и рецепторы электромагнитных помех, внутриаппаратурная и межаппаратурная ЭМС	0,5	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы прак- тических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
3	Элементная база электронных устройств с учетом ЭМС	ЭМС резисторов. ЭМС конденсаторов. ЭМС катушек индуктивности и фильтров. ЭМС трансформаторов и дросселей. ЭМС активных компонентов. ЭМС коммутационных приборов. Рекомендации по выбору элементной базы с учетом ЭМС.	0,5	ЭМС элементной базы электронных устройств	0,5	—	—
4	Линии связи электронных устройств с учетом ЭМС	Электромагнитная совместимость линий связи электронных устройств. Помехи в одиночных линиях связи. Модели линий связи. Короткие и длинные линии связи. Параметры некоторых внутриаппаратурных линий связи. Искажения сигнала в линиях связи. Длинная линия с нелинейной нагрузкой. Вопросы согласования линий связи. Индуцированные помехи в линиях связи Взаимные электрические параметры линий связи. Помехи во взаимодействующих линиях связи. Анализ для коротких линий связи. Методы уменьшения перекрестных помех. Индуцированные помехи в длинных линиях связи. Рекомендации по конструированию линий связи.	0,5	ЭМС линий связи электронных устройств	0,5	—	—
				Линии связи электронных устройств с учетом ЭМС			
5	Экранирование электромагнитных полей	Основные характеристики и методы экранирования. Конструктивное исполнение экранов. Анализ эффективности электромагнитного экранирования. Экранирование электромагнитных полей. Влияние конструктивных параметров экрана на величину магнитной связи. Требования, предъявляемые к конструкциям магнитных экранов. Магнитостатическое экранирование. Требования к магнитостатическим экранам. Вытеснение магнитного поля помехи полем вихревых токов в экране. Требования к экранам на вихревых токах. Сетча-	0,5	Методы экранирования электромагнитных полей	0,5	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы прак- тических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		тые экраны. Экранирование электростатических полей. Влияние конструктивных параметров электростатических экранов на эффективность экранирования. Требования к электростатическим экранам.					
6	Особые виды экранирования	Многослойные экраны. Перфорированные экраны. Материалы для экранов. Экранирование печатного монтажа. Экранирование электроакустических полей.	0,5	Особые виды экранирования в электронных устройствах	0,5	—	—
7	Обеспечение электромагнитной совместимости электронных устройств фильтрацией и заземлением	Общие сведения о фильтрации помех. Эффективность фильтрации. Помехоподавляющие элементы. Фильтрация цепей питания. Общие сведения о подавлении помех при помощи заземления. Принципы построения системы помехоподавляющего заземления в электронных устройствах. Схемы помехоподавляющих заземлений. Особенности устройства помехоподавляющего заземления на подвижных объектах.	0,5	Обеспечение электромагнитной совместимости электронных устройств фильтрацией Обеспечение электромагнитной совместимости электронных устройств заземлением	0,5	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы прак- тических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
8	Исследование характеристик электромагнитной совместимости электронных устройств и испытание на ЭМС	Нормы излучения и восприимчивости в области ЭМС. Экспериментальные методы исследования характеристик ЭМС. Технические задачи контроля электромагнитной обстановки. Измерение напряженности поля и плотности потока мощности. Радиоприемные устройства средств радио-контроля. Измерительные антенные устройства и системы. Испытания на кондуктивную эмиссию электромагнитных помех от электронных устройств. Испытания на кондуктивную восприимчивость электронных устройств. Испытания на излучаемую эмиссию электромагнитных помех от электронных устройств. Испытания на излучаемую восприимчивость электронных устройств. Оборудование для испытаний электронных устройств на электромагнитную совместимость.	0,5	Испытания электронных устройств на ЭМС и методы измерений	0,5	—	—
Всего аудиторных часов			4	—	4	—	—

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-3	Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- устный опрос на коллоквиумах – всего 40 баллов;
- практические работы – всего 60 баллов.

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе не менее 60 баллов. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Зачет проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачетной недели студент имеет право повысить итоговую оценку в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.4).

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания, используя рекомендованную литературу, студенты выполняют работу над составлением конспекта изученного материала.

6.3 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Вопросы к коллоквиуму I

Тема 1. Нормативно-техническая документация и стандарты в области ЭМС

- 1) Нормы и методы измерения излучения, радиопомех и электромагнитных полей.
- 2) Радиопомехи от оборудования информационных технологий.
- 3) Характеристики радиочастотных помех промышленного, научно-исследовательского и медицинского оборудования.
- 4) Предельные значения характеристик радиопомех электроосветительного оборудования.
- 5) Требования по электромагнитной совместимости к электроприборам, электроинструментам и аналогичной электроаппаратуре.
- 6) Требования к электромагнитной совместимости электрооборудования для измерения, управления и лабораторного использования.
- 7) Помехоустойчивость к промышленной окружающей среде.
- 8) Нормирование на электромагнитное излучение в промышленной окружающей среде.
- 9) Воздействие излучения, радиочастот и электромагнитных полей для жилых районов, районов с коммерческими предприятиями и районов с предприятиями легкой промышленности.

Тема 2. Общие вопросы электромагнитной совместимости электронных устройств

- 1) Проблема электромагнитной совместимости электронных устройств.
- 2) Источники электромагнитных помех.
- 3) Рецепторы электромагнитных помех.
- 4) Внутриаппаратурная электромагнитная совместимость электронных устройств.
- 5) Межаппаратурная электромагнитная совместимость электронных устройств.
- 6) Математическое описание основных видов помех и их статистические характеристики.
- 7) Принципы расчета ЭМС.

Тема 3. Элементная база электронных устройств с учетом ЭМС

- 1) ЭМС резисторов.
- 2) ЭМС конденсаторов.
- 3) ЭМС катушек индуктивности и фильтров.
- 4) ЭМС трансформаторов и дросселей.
- 5) ЭМС активных компонентов.
- 6) ЭМС коммутационных приборов.
- 7) Рекомендации по выбору элементной базы с учетом ЭМС.

Тема 4. Линии связи электронных устройств с учетом ЭМС

- 1) Электромагнитная совместимость линий связи электронных устройств.
- 2) Помехи в одиночных линиях связи.
- 3) Модели линий связи.
- 4) Короткие и длинные линии связи.
- 5) Параметры некоторых внутриаппаратурных линий связи.
- 6) Искажения сигнала в линиях связи.
- 7) Длинная линия с нелинейной нагрузкой.
- 8) Вопросы согласования линий связи.
- 9) Индуцированные помехи в линиях связи
- 10) Взаимные электрические параметры линий связи.
- 11) Помехи во взаимодействующих линиях связи.
- 12) Анализ для коротких линий связи.
- 13) Методы уменьшения перекрестных помех.
- 14) Индуцированные помехи в длинных линиях связи.
- 15) Рекомендации по конструированию линий связи.

Вопросы к коллоквиуму 2

Тема 5. Экранирование электромагнитных полей

- 1) Основные характеристики и методы экранирования.
- 2) Конструктивное исполнение экранов.
- 3) Анализ эффективности электромагнитного экранирования.
- 4) Экранирование электромагнитных полей.
- 5) Влияние конструктивных параметров экрана на величину магнитной связи.
- 6) Требования, предъявляемые к конструкциям магнитных экранов.
- 7) Магнитостатическое экранирование.
- 8) Требования к магнитостатическим экранам.
- 9) Вытеснение магнитного поля помехи полем вихревых токов в экране.
- 10) Требования к экранам на вихревых токах.
- 11) Сетчатые экраны.
- 12) Экранирование электростатических полей.

13) Влияние конструктивных параметров электростатических экранов на эффективность экранирования.

14) Требования к электростатическим экранам.

Тема 6. Особые виды экранирования

1) Многослойные экраны.

2) Перфорированные экраны.

3) Материалы для экранов.

4) Экранирование печатного монтажа.

5) Экранирование электроакустических полей.

Тема 7. Обеспечение электромагнитной совместимости электронных устройств фильтрацией и заземлением

1) Общие сведения о фильтрации помех.

2) Эффективность фильтрации.

3) Помехоподавляющие элементы.

4) Фильтрация цепей питания.

5) Общие сведения о подавлении помех при помощи заземления.

6) Принципы построения системы помехоподавляющего заземления в электронных устройствах.

7) Схемы помехоподавляющих заземлений.

8) Особенности устройства помехоподавляющего заземления на подвижных объектах.

Тема 8. Исследование характеристик электромагнитной совместимости электронных устройств и испытание на ЭМС

1) Нормы излучения и восприимчивости в области ЭМС.

2) Экспериментальные методы исследования характеристик ЭМС.

3) Технические задачи контроля электромагнитной обстановки.

4) Измерение напряженности поля и плотности потока мощности.

5) Радиоприемные устройства средств радиоконтроля.

6) Измерительные антенные устройства и системы.

7) Испытания на кондуктивную эмиссию электромагнитных помех от электронных устройств.

8) Испытания на кондуктивную восприимчивость электронных устройств.

9) Испытания на излучаемую эмиссию электромагнитных помех от электронных устройств.

10) Испытания на излучаемую восприимчивость электронных устройств.

11) Оборудование для испытаний электронных устройств на электромагнитную совместимость.

6.4 Вопросы для подготовки к зачету

- 1) Какие установлены нормы и методы измерения излучения, радиопомех и электромагнитных полей?
- 2) Что представляют собой радиопомехи от оборудования информационных технологий?
- 3) Приведите характеристики радиочастотных помех промышленного, научно-исследовательского и медицинского оборудования.
- 4) Каковы предельные значения характеристик радиопомех электроосветительного оборудования?
- 5) Каковы требования по электромагнитной совместимости к электроприборам, электроинструментам и аналогичной электроаппаратуре?
- 6) Каковы требования к электромагнитной совместимости электрооборудования для измерения, управления и лабораторного использования?
- 7) Что такое помехоустойчивость к промышленной окружающей среде?
- 8) Что означает нормирование на электромагнитное излучение в промышленной окружающей среде?
- 9) Объясните воздействие излучения, радиочастот и электромагнитных полей для жилых районов.
- 10) Объясните воздействие излучения, радиочастот и электромагнитных полей для районов с коммерческими предприятиями и районов с предприятиями легкой промышленности.
- 11) В чем заключается проблема электромагнитной совместимости электронных устройств?
- 12) Какие Вам известны источники электромагнитных помех?
- 13) Что такое рецепторы электромагнитных помех?
- 14) Что такое внутриаппаратурная электромагнитная совместимость электронных устройств?
- 15) Что такое межаппаратурная электромагнитная совместимость электронных устройств?
- 16) Приведите математическое описание основных видов помех и их статистические характеристики.
- 17) Каковы принципы расчета ЭМС?
- 18) Поясните понятие электромагнитной совместимости резисторов.
- 19) Поясните понятие электромагнитной совместимости конденсаторов.
- 20) Поясните понятие электромагнитной совместимости катушек индуктивности.
- 21) Поясните понятие электромагнитной совместимости фильтров.
- 22) Поясните понятие электромагнитной совместимости трансформаторов.
- 23) Поясните понятие электромагнитной совместимости дросселей.
- 24) Поясните понятие электромагнитной совместимости активных компонентов.
- 25) Поясните понятие электромагнитной совместимости коммутационных приборов.
- 26) Каковы рекомендации по выбору элементной базы с учетом ЭМС?

- 27) Поясните понятие электромагнитной совместимости линий связи электронных устройств.
- 28) Что понимается под помехами в одиночных линиях связи?
- 29) Что понимается под моделями линий связи?
- 30) Что понимается под короткими и длинными линиями связи?
- 31) Приведите параметры некоторых внутриаппаратурных линий связи.
- 32) Что понимается под искажением сигнала в линиях связи?
- 33) Поясните, что такое длинная линия с нелинейной нагрузкой?
- 34) Что означает согласование линий связи?
- 35) Поясните, что такое индуцированные помехи в линиях связи?
- 36) Что понимается под взаимными электрическими параметрами линий связи?
- 37) Что понимается под помехами во взаимодействующих линиях связи?
- 38) Как проводится анализ для коротких линий связи?
- 39) Какие известны методы уменьшения перекрестных помех?
- 40) Что понимается под индуцированными помехами в длинных линиях связи?
- 41) Каковы рекомендации по конструированию линий связи?
- 42) Каковы основные характеристики экранирования?
- 43) Каковы основные методы экранирования?
- 44) Поясните конструктивное исполнение экранов.
- 45) Как проводится анализ эффективности электромагнитного экранирования?
- 46) Что понимается под экранированием электромагнитных полей?
- 47) Каково влияние конструктивных параметров экрана на величину магнитной связи?
- 48) Каковы требования, предъявляемые к конструкциям магнитных экранов?
- 49) Что представляет собой магнитостатическое экранирование?
- 50) Каковы требования к магнитостатическим экранам.
- 51) Что такое вытеснение магнитного поля помехи полем вихревых токов в экране?
- 52) Каковы требования к экранам на вихревых токах?
- 53) Что представляют собой сетчатые экраны?
- 54) Поясните понятие экранирования электростатических полей?
- 55) Каково влияние конструктивных параметров электростатических экранов на эффективность экранирования?
- 56) Каковы требования к электростатическим экранам?
- 57) Поясните понятие многослойных экранов?
- 58) Поясните понятие перфорированных экранов?
- 59) Какие Вам известны материалы для экранов?
- 60) Что такое экранирование печатного монтажа?
- 61) Что такое экранирование электроакустических полей?
- 62) В чем заключаются принципы фильтрации помех?

- 63) Что понимается под эффективностью фильтрации помех?
- 64) Поясните понятие помехоподавляющих элементов?
- 65) Что такое фильтрация цепей питания?
- 66) Каковы принципы подавления помех при помощи заземления?
- 67) Каковы принципы построения системы помехоподавляющего заземления в электронных устройствах?
- 68) Приведите схемы помехоподавляющих заземлений.
- 69) Каковы особенности устройства помехоподавляющего заземления на подвижных объектах?
- 70) Каковы нормы излучения и восприимчивости в области ЭМС?
- 71) Какие Вам известны экспериментальные методы исследования характеристик ЭМС?
- 72) Каковы технические задачи контроля электромагнитной обстановки?
- 73) Как проводится измерение напряженности поля и плотности потока мощности?
- 74) Что такое радиоприемные устройства средств радиоконтроля?
- 75) Какие вам известны измерительные антенные устройства и системы?
- 76) Как проводятся испытания на кондуктивную эмиссию электромагнитных помех от электронных устройств?
- 77) Как проводятся испытания на кондуктивную восприимчивость электронных устройств?
- 78) Как проводятся испытания на излучаемую эмиссию электромагнитных помех от электронных устройств?
- 79) Как проводятся испытания на излучаемую восприимчивость электронных устройств?
- 80) Какое вам известно оборудование для испытаний электронных устройств на электромагнитную совместимость?

6.5 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Закарюкин, В. П. Электромагнитная совместимость и средства защиты: учебное пособие. / В. П. Закарюкин, М. Л. Дмитриева, А. В. Крюков, под ред. В. П. Закарюкина. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 247 с. – URL: <https://obuchalka.org/20231203158585/elektromagnitnaya-sovmestimost-i-sredstva-zashiti-zakarukin-v-p-dmitrieva-m-l-krukov-a-v-2020.html?ysclid=m10u1wnclw640856227> (дата обращения: 30.08.2024).

Дополнительная литература

1. Ефанов В.И., Тихомиров А.А. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем. Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 228 с. – URL: <https://edu.tusur.ru/publications/748/download> (дата обращения: 30.08.2024).
2. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике: Пер. с нем. / И.П. Кужекин; Под ред. Б.К. Максимова. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 304 с. – URL: <https://djvu.online/file/zVTcbOoIqPXqz> (дата обращения: 30.08.2024).
3. Харлов Н.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 207 с. – URL: <https://drive.google.com/file/d/0BwsyErs7KOSoMTJlZDglYmYtNTEwOC00NGMyLTgxZDctZDk1ZTJlNTJjNWNh/view?layout=list&sort=name&num=50&resourcetypekey=0-hcWHet6Ql64-0-VAspLFoQ> (дата обращения: 30.08.2024).
4. ГОСТ 22505-97. Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от радиовещательных приемников, телевизоров и другой бытовой радиоэлектронной аппаратуры. Нормы и методы испытаний – Текст: электронный // URL: https://dostupsreda.ru/media/files/standard/ГОСТ_22505-97.pdf (дата обращения 30.08.2024).

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.
3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.
4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.
5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест), оборудованная проектором EPSON EMP-X5 (1 шт.); домашний кинотеатр НТ-475 (1 шт.); персональный компьютер, локальная сеть с выходом в Internet</i>	ауд. <u>206</u> корп. <u>3</u>
Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы: <i>Компьютерный класс (11 посадочных мест) для групповых и индивидуальных консультаций, организации самостоятельной работы, оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС, доской маркерной магнитной</i>	ауд. <u>207</u> корп. <u>3</u>
<i>Лаборатория силовой электроники и автоматизированных систем управления (25 посадочных мест) для проведения практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, <u>оборудованная учебной мебелью, специализированными лабораторными стендами, осциллографами, источниками питания, генераторами сигналов и др. специализированным оборудованием</u></i>	ауд. <u>211</u> корп. <u>3</u>

Лист согласования РПД

Разработали:

Ст. преп. кафедры
электроники и радиофизики
(должность)


(подпись)

В.И. Ушаков
Ф.И.О.)

Ст. преп. кафедры
электроники и радиофизики
(должность)


(подпись)

А.В. Еремина
Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой
электроники и радиофизики


(подпись)

А.М. Афанасьев
Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электроники и радиофизики

от 30.08.2024 г.

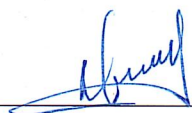
И.о. декана факультета
информационных технологий и
автоматизации производственных
процессов


(подпись)

В.В. Дьячкова
Ф.И.О.)

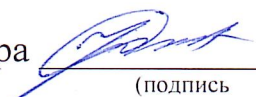
Согласовано

Председатель методической комиссии
по направлению подготовки 11.04.04
Электроника и нанoeлектроника
(магистерская программа
«Промышленная электроника»)


(подпись)

А.М. Афанасьев
Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


(подпись)

О.А. Коваленко
Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	