

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

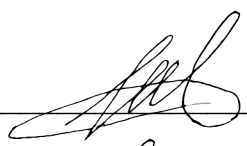
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета  В.А. Небольсин
«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Электромагнитная совместимость радиоэлектронных
устройств и систем»

Специальность 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Направленность Радиоэлектронные системы передачи информации
Квалификация выпускника Инженер
Нормативный период обучения 5,5 лет
Форма обучения Очная
Год начала подготовки 2021 г.

Автор программы  / Федоров С.М./

Заведующий кафедрой
радиоэлектронных устройств
и систем  /Журавлёв Д.В./

Руководитель ОПОП  /Журавлёв Д.В./

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины: теоретическая и практическая подготовка специалистов в области обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных устройств, комплексов и систем, изучение основ планирования, обеспечения, испытания, измерения и контроля ЭМС компонентов, устройств и радиоэлектронных систем.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Формирование у студентов способности к планированию, проектированию, обеспечению, испытанию, измерению и контролю ЭМС, диагностики и проверки на работоспособность при эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов (РЭСиК), оценки качества и надежности в процессе их эксплуатации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных устройств и систем» относится к дисциплинам из части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных устройств и систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1. Способен к обработке результатов измерений с использованием средств вычислительной техники, основ математического обеспечения и программирования.

ПК-3. Способен к проведению диагностики и проверки на работоспособность при эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать специфику производства и назначение составных частей радиоэлектронных систем и комплексов; знать особенности эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов.
	Уметь проводить диагностику и проверку на работоспособность при

	эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов.
	Владеть методикой проведению диагностики и проверки на работоспособность при эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов; владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания составных частей радиоэлектронных систем и комплексов
ПК-3	Знать специфику производства и назначение радиоэлектронных систем и комплексов; знать особенности эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов.
	Уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность)
	Владеть методикой проверки качества, подготовкой оборудования и контроля, последовательность проведения проверки; владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания радиоэлектронных систем и комплексов

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоёмкость дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных устройств и систем» составляет 4 зачётных единиц.

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		8			
Аудиторные занятия (всего)	90	90			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
Самостоятельная работа	54	54			
Курсовая работа	+	+			
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой	+	+			
Общая трудоёмкость	час	144	144		
	зач. ед.	4	4		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоёмкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1.	Общие сведения о вопросах, решаемых в рамках задач обеспечения требований ЭМС	Составляющие проблемы обеспечения ЭМС; Краткий экскурс в историю ЭМС; Тенденции и перспективы развития теории и практики ЭМС	4	-	4	5	13
2.	Особенности работы с сигналами в задачах обеспечения ЭМС	Представление сигналов во временной и частотной области; Децибел как основная единица измерения в области ЭМС; Использование децибелов на практике	4	2	4	5	15
3.	Основные виды паразитных связей в электронных средствах	Связь через общее сопротивление; Емкостная связь; Индуктивная связь	4	2	4	5	15
4.	Паразитная связь через электромагнитное излучение	Поля создаваемые изменяющимся во времени током; Поля создаваемые небольшим витком тока; Поля, создаваемые электрически малой цепью; Входной импеданс и сопротивление излучения; Резонансный полуволновый симметричный вибратор; Четвертьволновый несимметричный вибратор; Вибратор, возбуждаемый не в центре; Характеристика эффективных и неэффективных антенн; Щелевые антенны; Приемные антенны	4	2	4	5	15
5.	Определение	Ток протекает по замкнутому контуру; Электроны не читают	4	2	4	5	15

№ п/ п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Все го, час
	путей тока	электрические схемы					
6.	Основы теории экранирования	Экранирование плоских волн; Экранирование ближнего поля; Измерение эффективности экранирования	2	2	-	6	10
7.	Практическое электромагнитное экранирование	Экранирование электрического поля; Экранирование магнитного поля; Экранирующие корпуса; Применение заградительных волноводов	4	2	5	5	16
8.	Трассировка печатных плат	Стратегии трассировки ПП; Определение потенциальных источников и рецепторов ЭМП; Определение критических путей тока; Определение потенциальных частей антенн; Определение путей паразитных наводок	2	2	-	6	10
9.	Развязка шин питания в цифровых печатных платах	Оценка индуктивности соединения конденсатора; Практические способы развязки системы печатных проводников; Практические способы развязки системы близкорасположенных слоев питания/заземления; Практические способы развязки системы разнесенных слоев питания/заземления	4	2	5	6	17
10.	Практические рекомендации по проектированию с учетом ЭМС	Базовые рекомендации по ЭМС-проектированию; Широко распространенные рекомендации по ЭМС-проектированию; Рекомендации к которым следует относиться с осторожностью; Рекомендации из серии «вредные советы»	4	2	6	6	18
Итого			36	18	36	54	144

5.2 Перечень практических занятий

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Объем часов
1.	Принципы возникновения помех.	2
2.	Основные принципы излучения электромагнитных волн. Номограмма Смита,	2
3.	Согласование линий передач.	2
4.	Применение логарифмических величин. Методы измерения и представления диаграмм направленности.	2
5.	Расчет кабельных соединений и фидеров.	2
6.	Диапазоны частот: ГОСТ, IEEE, EU/NATO.	2
7.	Формирование антенн на печатных платах.	2
8.	Принципы выбора диэлектрических материалов для печатной платы.	2
9.	Определение характеристик экранирования. Виды экранирования.	2
Итого часов		18

5.3 Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Объем часов
1.	Исследование времени задержки сигналов после прохождения по дорожкам печатной платы.	4
2.	Исследование целостности сигналов на печатной плате с использованием инструмента SI-TD, SI-FD для цифровых устройств.	4
3.	Исследование целостности линий питания на печатной плате (PI).	4
4.	Исследование падений напряжения и токов в процессе протекания по линии питания IR-Drop.	4
5.	Исследование влияния материалов изготовления на характеристики печатной платы путем использования CST Microwaves Studio.	4
6.	Исследование влияния расстояния между дорожками на излучаемые поля.	5
7.	Исследование планарных антенн на печатной плате.	5
8.	Исследование экранирования печатных плат.	6
Итого часов		36

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 8 семестре.

Целями курсовой работы являются: закрепление навыков разработки печатных плат и методики определения их характеристик по излучению электромагнитных волн; моделирование полного комплекса характеристик ЭМС разработанной печатной платы.

Тематика курсовой работы

Тематика курсовых проектов связана с вопросами разработки печатной платы с исследованием ее электромагнитной совместимости. Студенты выполняют курсовую работу по теме «Разработка печатной платы с анализом электромагнитной совместимости». Для каждого студента устанавливается индивидуальный вариант принципиальной схемы, которую требуется реализовать в виде печатной платы и изучить ее характеристики ЭМС. Курсовая работа содержит подготовку документации на разработанную печатную плату с использованием Draftsman.

Задания для курсовой работы.

По данной теме разработаны задания с вариантами исходных данных. Задания включают следующие разделы: разработка принципиальной схемы, печатной платы, документации печатной платы, моделирование характеристик ЭМС с использованием CST PCB Studio, исследование картин ЭМП с установкой экрана в CST Microwaves Studio.

В заданиях указано основное содержание работы. Предлагается провести расчет на ЭВМ эффективности экранирования.

Выполнение курсовой работы, ее объем и защита.

Задания для курсовой работы содержат по 5-7 основных разделов, работа над которыми требует примерно одинаковых затрат времени. Выполнение задания рекомендуется проводить в порядке следования разделов, представляя результаты работы в сроки, установленные графиком выполнения курсовой работы.

Оформление и защита курсовой работы производится в соответствии с разработанным в Воронежском государственном техническом университете стандартом предприятия СТП ВГТУ 001-98 «Курсовое проектирование: организация, порядок проведения, оформление расчетно-пояснительной записки и

графической части». Этот стандарт студенты могут получить в библиотеке университета.

Кроме разделов, перечисленных в задании, курсовая работа должна содержать введение и заключение. Во введении обсуждается постановка задачи, приводятся теоретические предпосылки для выполнения задания. В заключении проводится анализ полученных результатов и дается их обобщение.

В соответствии с учебным планом освоения дисциплины контрольные работы не предусмотрены.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать специфику производства и назначение составных частей радиоэлектронных систем и комплексов; Знать особенности эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов.	Активная работа на лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь проводить диагностику и проверку на работоспособность при эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов.	Выполнение лабораторных работ.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методикой проведения диагностики и проверки на работоспособность при эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов; Владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания составных частей радиоэлектронных систем и комплексов	Выполнение лабораторных работ.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	Знать специфику производства и назначение радиоэлектронных систем и комплексов; Знать особенности эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов.	Активная работа на практических и лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите практиче-	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

		ских и лабораторных работ		
	Уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность)	Выполнение практических и лабораторных работ.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методикой проверки качества, подготовкой оборудования и контроля, последовательность проведения проверки; Владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания радиоэлектронных систем и комплексов	Выполнение практических и лабораторных работ.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре по системе:

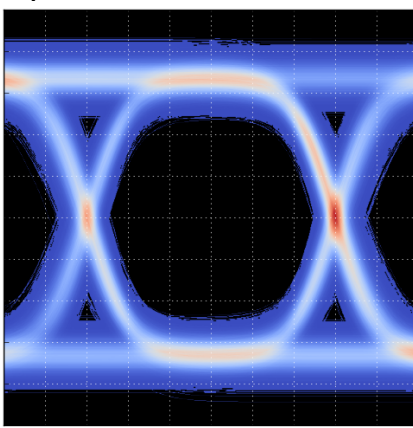
- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»

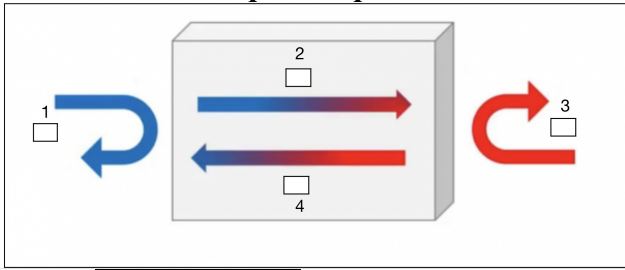
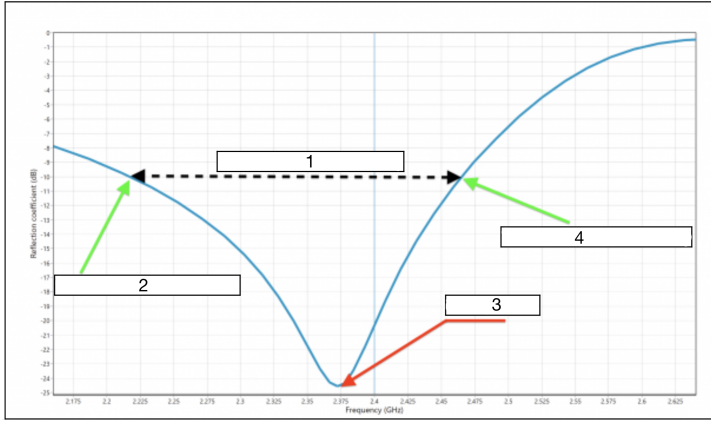
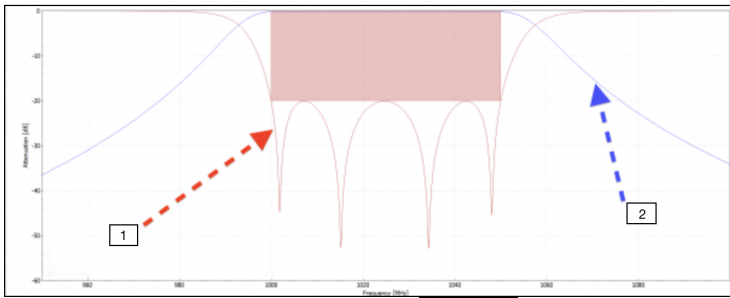
Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-1	Знать специфику производства и назначение составных частей радиоэлектронных систем и комплексов; Знать особенности эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь проводить диагностику и проверку на работоспособность при эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Владеть методикой проведения диагностики и проверки на работоспособность при эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов; Владеть навыками	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	проектирования, ремонта и обслуживания составных частей радиоэлектронных систем и комплексов					
ПК-3	Знать специфику производства и назначение радиоэлектронных систем и комплексов; Знать особенности эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность)	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Владеть методикой проверки качества, подготовкой оборудования и контроля, последовательность проведения проверки; Владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания радиоэлектронных систем и комплексов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

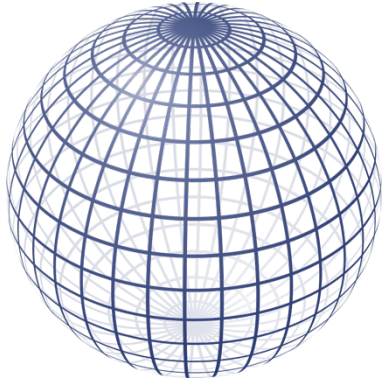
7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1.	Для описания <i>современных моделей микросхем</i> используют файл: а) IBIS; б) SPICE; в) Header; г) Cpp; д) Py.
2.	На рисунке приводится представление сигнала в виде: 

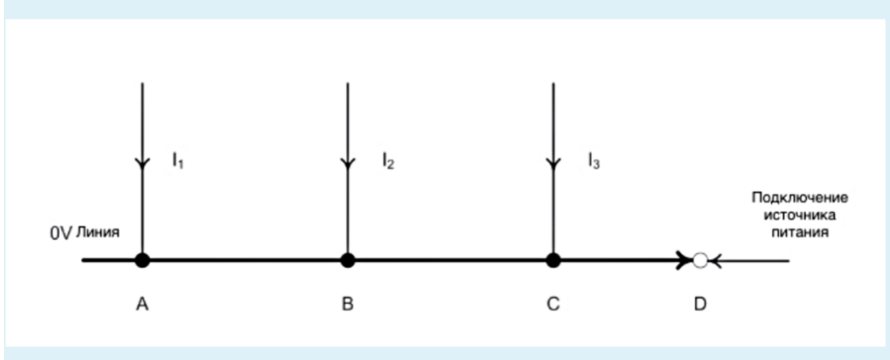
	а) АЧХ; б) ФЧХ; в) Глазковая диаграмма; г) шумовая диаграмма.
3.	Разместите соответствующий элемент матрицы рассеяния на изображении ниже, если порт 1 расположен слева, а порт 2 справа:  Расположите параметры: $S_{11}, S_{22}, S_{12}, S_{21}$ в соответствующих полях.
4.	Проанализируйте график S_{11} и разместите обозначения:  Расположите характеристики: полоса пропускания (BW), резонанс (f_0), частота среза нижняя (f_l), частота среза верхняя (f_2).
5.	Ниже приводятся параметры матрицы рассеяния для полосового фильтра. Необходимо определить соответствие параметров S_{11} и S_{21}:  Расположите параметры матрицы рассеяния: S_{11}, S_{21}.
6.	Высокочастотные помехи на линии питания возникают из-за: а) Возбуждаются из-за внешних шумов; б) Возникают из-за пассивных компонентов; в) Вызваны диэлектриком; г) Срабатывания микросхем и других логических и цифровых компонентов.
7.	Определите соответствие для способа выполнения линии питания и ее сопротивления: Тип выполнения линии: а) Полигон; б) Проводник шириной 10 мм; в) Проводник шириной 1 мм. Характеристика сопротивления:

	1) Высокое сопротивление; 2) Минимальное сопротивление; 3) Среднее сопротивление.
8.	При проектировании СВЧ-схем, линий передач и антенн в качестве нормализационных (эталонных) сопротивлений выбирают: а) 50 Ом; б) 10 Ом; в) 75 Ом; г) 73 Ом; д) 120π Ом; е) 1200 Ом; ж) 320 Ом.
9.	Для чего используется номограмма Смита: а) Отображение комплексных сопротивлений; б) Определение КПД; в) Определение характеристик линии передачи (КСВ, RL); г) Определение характера сопротивления (ёмкостный, индуктивный); д) Определение диаграммы направленности.
10.	На номограмме Смита одинаковый уровень КСВН будет на: а) Окружности с центром в точке 1; б) Окружности с центром в точке 0; в) Окружности с центром в точке 50; г) Горизонтальных линиях параллельных Re-линии; д) Im линиях.
11.	Сопоставьте выражение и величину на основе которого она определяется: Величина: а) Волновое число; б) Скорость света в среде; в) Длина волны; г) Фазовая скорость. Выражение: 1) $\frac{\omega}{k}$; 2) $\frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$; 3) $\frac{c}{f}$; 4) $\frac{2\pi}{\lambda}$.
12.	Сопоставьте величину и соответствующее ей значение для свободного пространства: Величина: а) скорость света; б) волновое сопротивление вакуума; в) Относительная диэлектрическая проницаемость вакуума; г) Относительная магнитная проницаемость вакуума. Значение: 1) $3 \cdot 10^8$; 2) $3 \cdot 10^9$; 3) 120π ; 4) 30π ; 5) 1; 6) 2.

13.	Под симметричной помехой понимают: а) симметричную относительно оси времени; б) действующую между проводами; в) симметричную по форме; г) синусоидальную; д) гармоническую.
14.	Выберите определения, которые будут соответствовать дифференциальной линии передачи данных: а) Должна обеспечиваться равная длина двух проводников; б) Обеспечивается повышение помехозащищенности; в) Передача основана на формировании двух противофазных сигналов с последующим сложением; г) Используется один проводник для передачи; д) Не может передавать сигналы на частотах более 1 ГГц; е) Длина дорожек может быть любой.
15.	Какая величина будет определена на основе выражения (ТЕРМИН, А НЕ ЗНАЧЕНИЕ): $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$.
16.	Установите соответствие между изменением параметра компонента и его влиянием на характеристики: Изменение параметра: а) Увеличение площади обкладок конденсатора; б) Увеличение расстояния между обкладками; в) Замена диэлектрика с увеличением проницаемости; г) Увеличение длины медного провода; д) Уменьшение поперечного сечения медного провода; е) Замена меди на серебро. Смещение характеристики: 1) Увеличение емкости; 2) Уменьшение емкости; 3) Увеличение сопротивления 4) Уменьшение сопротивления
17.	Посмотрите на рисунок ниже и вставьте в текст пропущенные слова: Данная диаграмма направленности охватывает всю [[1]]. В соответствии с этим можно сделать вывод, что это [[4]] антенна. Для такой антенны коэффициент усиления равен [[7]].:  Варианты ответов: [[1]]: 1) Сферу пространства; 2) Только Н-плоскость пространства; 3) Только Е-плоскость пространства;

	[[2]]: 1) Изотропная; 2) Дипольная; 3) Линзовая; [[3]]: 1) 2; 2) 1; 3) 0.
18.	В соответствии с уравнениями Максвелла известно: а) Магнитных зарядов не существует; б) Магнитные заряды переносят магнитное поле; в) Электрический заряд является источником электрической индукции; г) Изменение магнитной индукции порождает вихревое магнитное поле; д) Электрическое поле является источником вихревого Е-поля.
19.	По <i>линиям передач</i> могут протекать волны: а) TEM-волна; б) TE-волна; в) TM-волна; г) E1-волна; д) H1-волна; е) E/H-волна; ж) A-волна.
20.	Выберите высказывания, которые соответствуют <i>стерадиану</i> : а) максимальное значение 2π ; б) максимальное значение 4π ; в) равен площади участка r^2 ; г) равен площади участка r^4 ; д) является телесным углом.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1.	Определите напряжение в узле А, если длина линии 1 дюйм (сопротивление 10 мОм), а токи равны: $I_1=14$ мА, $I_2=6$ мА, $I_3=10$ мА. Ответ запишите в мкВ.: 
2.	Определите длину волны, если частота сигнала $f=6$ ГГц. Ответ выразите в мм:

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1.	Определите энергию, которая выделится при протекании тока по проводнику в соответствии с законом Джоуля-Ленца. Если: $I = 7,68 \text{ А}$ $R = 182,3 \text{ Ом}$ $t = 17,1 \text{ с}$
2.	Определить значение отношения сигнал/шум в дБ, если расчет основывается на основе напряжений, которые возникают в системе: $U_{\text{source}}=10 \text{ В}$, $U_{\text{emiss}}=-10.2 \text{ дБВ}$. Для определения ОСШ используется формула: $\text{ОСШ}=U_{\text{source}}/U_{\text{emiss}}$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Аспекты и разделы ЭМС.
2. Стандартизация в области ЭМС. (Международные организации. Требования по ЭМС. Стандарты на излучаемые и кондуктивные эмиссии.)
3. Излучаемые и кондуктивные эмиссии.
4. Отражения в линиях передачи.
5. Основные причины искажений сигналов в межсоединениях и способы их уменьшения.
6. Неидеальное поведение пассивных компонентов.
7. Системы заземления.
8. Связь через общий импеданс земли. Паразитные контуры заземления.
9. Эффективность экранирования. Ближняя и дальняя зоны.
10. Конструкционные металлические материалы. Экранирование металлической пластиной.
11. Фильтры и методы фильтрации в ЭМС.
12. Источники электромагнитных помех.
13. Особенности конструирования монтажных соединений. Расчет электрических параметров линий связи.
14. Конструирование многослойных печатных плат с учетом требований внутриаппаратурной ЭМС.
15. Помехи в одиночных линиях связи. Индуцированные помехи в линиях связи.

16. Причины обострения проблемы ЭМС радиоэлектронных средств (РЭС).

17. Способы обеспечения ЭМС РЭС.

18. Помехи по цепям земля-питание.

19. Электростатический разряд.

20. Измерения излучаемых и кондуктивных эмиссий.

21. Перекрестные наводки в межсоединениях печатной плате. Механизм связи активной и пассивной линий.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачёт с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит два вопроса, одну задачу. Каждый правильный ответ на вопрос и решение задачи оценивается 10 баллам. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1.	Общие сведения о вопросах, решаемых в рамках задач обеспечения требований ЭМС	ПК-3	Тест, устный опрос
2.	Особенности работы с сигналами в задачах обеспечения ЭМС	ПК-3	Тест, устный опрос

3.	Основные виды паразитных связей в электронных средствах	ПК-3	Тест, устный опрос
4.	Паразитная связь через электромагнитное излучение	ПК-1	Тест, устный опрос
5.	Определение путей тока	ПК-1	Тест, устный опрос
6.	Основы теории экранирования	ПК-1	Тест, устный опрос
7.	Практическое электромагнитное экранирование	ПК-1	Тест, устный опрос
8.	Трассировка печатных плат	ПК-1	Тест, устный опрос
9.	Развязка шин питания в цифровых печатных платах	ПК-3	Тест, устный опрос
10.	Практические рекомендации по проектированию с учетом ЭМС	ПК-3	Тест, устный опрос

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Уилльямс, Т. ЭМС для систем и установок. - М. : Изд.дом. Технологии, 2004. - 508 с. - ISBN 5-94833-005-2 : 666-00.

2. Носов, В.И. Обеспечение электромагнитной совместимости при частотно-территориальном планировании систем спутниковой связи с зональным обслуживанием [Электронный ресурс] : монография / В.И. Носов. - Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. - 252 с..

3. Ефанов, В. И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем : Учебное пособие / Ефанов В. И. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 228 с. - ISBN 5-86889-188-0.

4. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. изд. 2-е, испр. : Пер. с англ. — М. : Вильямс, 2007. — 1104 с.

5. Пудовкин, А.П. Электромагнитная совместимость и помехозащищённость РЭС [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.И. Чернышова; Ю.Н. Панасюк; А.П. Пудовкин. - Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. - 92 с. - ISBN 978-5-8265-1194-7. .

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Пакет офисных приложений и браузер сети «Интернет» согласно «Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных» (<https://reestr.digital.gov.ru/reestr/>).

САПР схемотехнического, топологического и электромагнитного моделирования согласно «Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных» (<https://reestr.digital.gov.ru/reestr/>).

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащённая плакатами и пособиями по профилю.

Для проведения практических и лабораторных занятий аудитория, оснащённая ПЭВМ с доступом к сети «Интернет».

Лабораторные стенды:

Лабораторный стенд №1. Исследование источников непреднамеренных помех и шумов.

Лабораторный стенд №2. Исследование перекрестных наводок на высокочастотной печатной плате

Лабораторный стенд №3. Исследование ЭМС кабельных соединений

Лабораторный стенд №4. Исследование электромагнитной обстановки в спектре радиочастот.

Лабораторный стенд №5. Исследование электромагнитной обстановки и определение источников помех.

Контрольно-измерительная аппаратура:

Источник питания GPD-74303S (2x30В-3А)

Генератор сигналов R&S SMB100A

Цифровой запоминающий осциллограф Tectronix MDO4034C

Портативный анализатор спектра R&S FSH4 с опциями

Измеритель уровня напряжённости электромагнитного поля (3х-осевой): АКТАКОМ АТ-2592, ТМ-195 EMF.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных устройств и систем» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков анализа и синтеза, а так же расчёта параметров радиосистем и комплексов управления. Занятия проводятся путём решения конкретных задач в аудитории, изучении и выполнении лабораторных работ на стендах и путём имитационного моделирования.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой практических и лабораторных работ, проведении теста (устного опроса). Освоение дисциплины оценивается на зачёте.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удаётся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические работы	Выполнение расчетных работ. Анализ полученных результатов, их теоретическое обоснование. Подготовка отчёта.
Лабораторные занятия	Выполнение работ на стендах и имитационных моделях. Анализ полученных результатов, их теоретическое обоснование. Подготовка отчёта.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и практические знания полученные на лабораторных занятиях.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8 в части учебно-методического обеспечения дисциплины; в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем; Актуализирован раздел 9 в части материально-технической базы необходимой для проведения образовательного процесса.	29.08.2022	