

**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 2022 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** 2022 г.

Автор программы

 / Федоров С.М./

Заведующий кафедрой  
радиоэлектронных устройств  
и систем

 /Журавлёв Д.В./

Руководитель ОПОП

 /Журавлёв Д.В./

**Воронеж 2022**

# 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.

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

#### 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			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	90	90			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
<b>Самостоятельная работа</b>	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	4	2	4	5	15

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
		эффективных и неэффективных антенн; Щелевые антенны; Приемные антенны					
5.	Определение путей тока	Ток протекает по замкнутому контуру; Электроны не читают электрические схемы	4	2	4	5	15
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

№ п/ п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Все го, час
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>144</b>

## 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
<b>Итого часов</b>		<b>18</b>

## 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
<b>Итого часов</b>		<b>36</b>

## **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 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	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	Активная работа на практических и лабораторных	Выполнение работ в срок, предусмотренный	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

	комплексов; Знать особенности эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов.	занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите практических и лабораторных работ	в рабочих программах	в рабочих программах
	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»

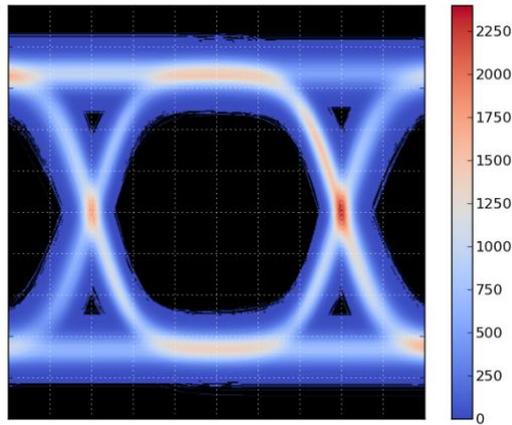
Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-1	Знать специфику производства и назначение составных частей радиоэлектронных систем и комплексов; Знать особенности эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем 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 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	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
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)

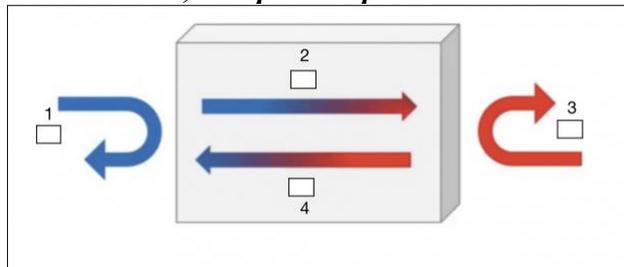
### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

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:



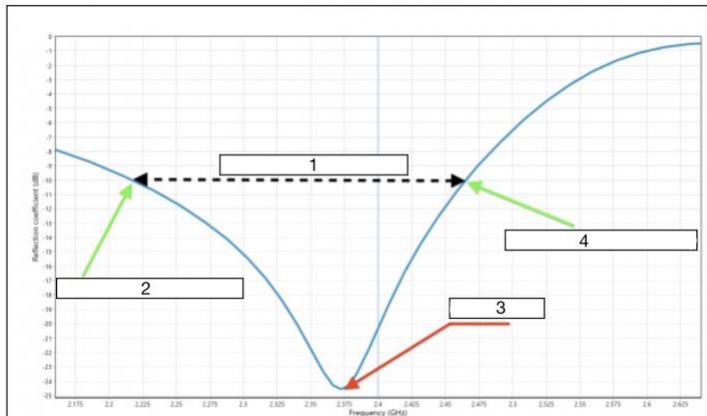
- а) АЧХ;
- б) ФЧХ;
- в) Глазковая диаграмма;
- г) шумовая диаграмма.

3. Разместите соответствующий элемент матрицы рассеяния на изображении ниже, если *порт 1 расположен слева, а порт 2 справа:*



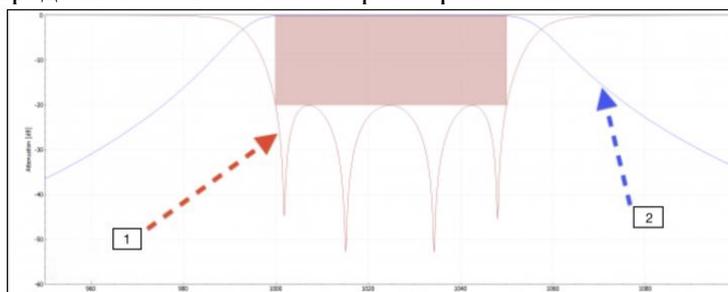
Расположите параметры:  $S_{11}$ ,  $S_{22}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{21}$  в соответствующих полях.

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  $S_{21}$ :



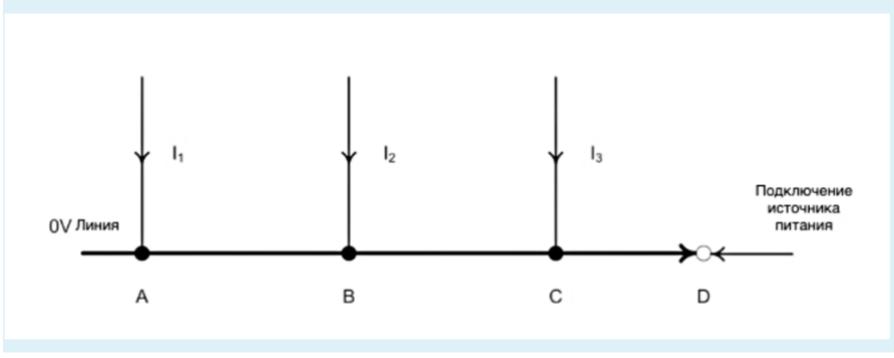
Расположите параметры матрицы рассеяния:  $S_{11}$ ,  $S_{21}$ .

6.	<p>Высокочастотные помехи на линии питания возникают из-за:</p> <p>а) Возбуждаются из-за внешних шумов;  б) Возникают из-за пассивных компонентов;  в) Вызваны диэлектриком;  г) Срабатывания микросхем и других логических и цифровых компонентов.</p>
7.	<p>Определите соответствие для способа выполнения линии питания и ее сопротивления:</p> <p>Тип выполнения линии:</p> <p>а) Полигон;  б) Проводник шириной 10 мм;  в) Проводник шириной 1 мм.</p> <p>Характеристика сопротивления:</p> <p>1) Высокое сопротивление;  2) Минимальное сопротивление;  3) Среднее сопротивление.</p>
8.	<p>При проектировании СВЧ-схем, линий передач и антенн в качестве нормализационных (эталонных) сопротивлений выбирают:</p> <p>а) 50 Ом;  б) 10 Ом;  в) 75 Ом;  г) 73 Ом;  д) 120 Ом;  е) 1200 Ом;  ж) 320 Ом.</p>
9.	<p>Для чего используется номограмма Смита:</p> <p>а) Отображение комплексных сопротивлений;  б) Определение КПД;  в) Определение характеристик линии передачи (КСВ, RL);  г) Определение характера сопротивления (ёмкостный, индуктивный);  д) Определение диаграммы направленности.</p>
10.	<p>На номограмме Смита одинаковый уровень КСВН будет на:</p> <p>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.</p>
11.	<p>Сопоставьте выражение и величину на основе которого она определяется:</p> <p>Величина:</p> <p>а) Волновое число;  б) Скорость света в среде;  в) Длина волны;  г) Фазовая скорость.</p> <p>Выражение:</p> <p>1) <math>\frac{c}{k}</math>;  2) <math>\frac{c}{\sqrt{\mu\epsilon}}</math>;  3) <math>\frac{c}{f}</math>;  4) <math>\frac{2\pi}{\lambda}</math>.</p>
12.	<p>Сопоставьте величину и соответствующее ей значение для свободного пространства:</p> <p>Величина:</p>

	<p>а) скорость света;  б) волновое сопротивление вакуума;  в) Относительная диэлектрическая проницаемость вакуума;  г) Относительная магнитная проницаемость вакуума.  Значение:  1) <math>3 \cdot 10^8</math>;  2) <math>3 \cdot 10^9</math>;  3) <math>120\pi</math>;  4) <math>30\pi</math>  5) 1;  6) 2.</p>
13.	<p>Под симметричной помехой понимают:  а) симметричную относительно оси времени;  б) действующую между проводниками;  в) симметричную по форме;  г) синусоидальную;  д) гармоническую.</p>
14.	<p>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.</p>
15.	<p>Какая величина будет определена на основе выражения (ТЕРМИН, А НЕ ЗНАЧЕНИЕ): <math>\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}</math>.</p>
16.	<p>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</p>
17.	<p>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]].:</p>

	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Варианты ответов:</p> <p>[[1]]:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Сферу пространства;</li> <li>2) Только Н-плоскость пространства;</li> <li>3) Только Е-плоскость пространства;</li> </ol> <p>[[2]]:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Изотропная;</li> <li>2) Дипольная;</li> <li>3) Линзовая;</li> </ol> <p>[[3]]:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 2;</li> <li>2) 1;</li> <li>3) 0.</li> </ol>
18.	<p>В соответствии с уравнениями Максвелла известно:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) Магнитных зарядов не существует;</li> <li>б) Магнитные заряды переносят магнитное поле;</li> <li>в) Электрический заряд является источником электрической индукции;</li> <li>г) Изменение магнитной индукции порождает вихревое магнитное поле;</li> <li>д) Электрическое поле является источником вихревого Е-поля.</li> </ol>
19.	<p>По <i>линиям передач</i> могут протекать волны:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) ТЕМ-волна;</li> <li>б) ТЕ-волна;</li> <li>в) ТМ-волна;</li> <li>г) ЕI-волна;</li> <li>д) HI-волна;</li> <li>е) Е/Н-волна;</li> <li>ж) А-волна.</li> </ol>
20.	<p>Выберите высказывания, которые соответствуют <i>стерадиану</i>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) максимальное значение <math>2\pi</math>;</li> <li>б) максимальное значение <math>4\pi</math>;</li> <li>в) равен площади участка <math>r^2</math>;</li> <li>г) равен площади участка <math>r^4</math>;</li> <li>д) является телесным углом.</li> </ol>

## 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

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

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

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

### 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. Склад 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 работа 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; пометить 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 работа 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	