

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета радиотехники и электроники  
*наименование факультета*  
/ В.А. Небольсин /  
*подпись* / И.О. Фамилия  
16 декабря 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины (модуля)**

**«ФТД.02 Электромагнитная совместимость в**

**беспилотных авиационных системах»**

*наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)*

**Направление подготовки** 11.04.03 Конструирование и технология  
электронных средств

*код и наименование направления подготовки/специальности*

**Профиль** Автоматизированное проектирование радиоэлектронных модулей  
беспилотных авиационных систем

*название профиля/программы*

**Квалификация выпускника** магистр


**Нормативный период обучения** 2 года

*очная/заочная*

**Форма обучения** очная


**Год начала подготовки** 2023 г.

Автор(ы) программы

  
\_\_\_\_\_ *подпись*

М.А. Ромащенко

Заведующий кафедрой  
конструирования и производства  
радиоаппаратуры

  
\_\_\_\_\_ *подпись*

А.В. Башкиров

Руководитель ОПОП

  
\_\_\_\_\_ *подпись*

А.В. Башкиров

**Воронеж 2022**

# **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **1.1. Цели дисциплины**

Ознакомить студента с методами и средствами моделирования и анализа электромагнитной совместимости (ЭМС) при разработке беспилотных авиационных систем, приобретение компетенций для решения задач надежностного функционирования в условиях действия на аппаратуру преднамеренных и непреднамеренных электромагнитных помех и работы аппаратуры в сложных электромагнитных средах.

## **1.2. Задачи освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: содержание проблемы ЭМС беспилотных авиационных систем, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов беспилотных авиационных систем, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов; методики оценки показателей ЭМС в беспилотных авиационных системах, основные сведения в области испытаний и измерений в области ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности;

уметь: проводить анализ элементов и узлов беспилотных авиационных систем на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах беспилотных авиационных систем, разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности беспилотных авиационных систем и снижению уровня помехоэмиссии от них;

иметь навыки (приобрести опыт) экспериментальных исследований элементов и узлов беспилотных авиационных систем для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания программ испытаний и отчетов об их проведении, отладки элементов и узлов беспилотных авиационных систем по параметрам ЭМС и функциональной безопасности.

# **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Электромагнитная совместимость в беспилотных авиационных системах» относится к дисциплинам факультативной части ФТД.

# **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Электромагнитная совместимость в беспилотных авиационных системах» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - способен определять цели, осуществлять постановку задач проектирования радиоэлектронных модулей беспилотных авиационных систем.

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
ПК-2	знать - подходы к осуществлению организации обеспечения требований ЭМС при производстве беспилотных авиационных систем.
	уметь - осуществлять контроль показателей качества выпускаемой продукции с точки зрения обеспечения требований ЭМС и корректировать соответствующие технологические процессы
	владеть - навыками организации проведения испытаний и контроля беспилотных авиационных систем по нормам и требованиям обеспечения ЭМС с применением метрологического обеспечения.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Электромагнитная совместимость в беспилотных авиационных системах» составляет 2 зачетных единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		2			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>			
В том числе:					
Лекции	18	18			
Практические занятия (ПЗ)					
Лабораторные работы (ЛР)	18	18			
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>36</b>	<b>36</b>			
Курсовой проект (есть, нет)	нет	нет			
Контрольная работа (есть, нет)	нет	нет			
Часы на контроль					
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	зачет	зачет			
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час</b>	<b>72</b>	<b>72</b>		
	<b>зач. ед.</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в ЭМС	Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС. Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции. Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.	3	3		6	12
2	Межсистемная ЭМС	Особенности межсистемной ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС. Распределение частот. Международные таблицы распределения частот. Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.	3	3		6	12
3	Внутрисистемная ЭМС.	Особенности внутрисистемной ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры. Неидеальное поведение компонентов.	3	3		6	12
4	Проектирование приборов и приборных систем с учетом ЭМС	Провода и кабели в конструкциях приборов. Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	3	3		6	12
5	Электромагнитное экранирование	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	3	3		6	12
6	Иные аспекты обеспечения ЭМС	Фильтрация помех и ограничители перенапряжений. Защита от электростатического разряда. Испытания и измерения в области ЭМС	3	3		6	12
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>18</b>		<b>36</b>	<b>72</b>

### 5.2 Перечень лабораторных работ

Учебным планом по дисциплине «Электромагнитная совместимость в беспилотных авиационных системах» не предусмотрено выполнение лабораторных работ.

### 5.3 Перечень практических работ

#### Практическая работа №1.

Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех. Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.

#### Практическая работа №2.

Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов. Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.

### **Практическая работа №3.**

Неидеальное поведение компонентов. Провода и кабели в конструкциях приборов. Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС.

### **Практическая работа №4**

Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления.

### **Практическая работа №5**

Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование. Фильтрация помех и ограничители перенапряжений.

### **Практическая работа №6**

Защита от электростатического разряда. Испытания и измерения в области ЭМС

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

Учебным планом по дисциплине «Электромагнитная совместимость в беспилотных авиационных системах» не предусмотрено выполнение курсового проекта (работы).

Учебным планом по дисциплине «Электромагнитная совместимость в беспилотных авиационных системах» не предусмотрено выполнение контрольной работы.

## **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».

Компетен	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии	Аттестован	Не аттестован
----------	---	----------	------------	---------------

ция		оценивания		
ПК-2	знать - подходы к осуществлению организации обеспечения требований ЭМС при производстве беспилотных авиационных систем.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь - осуществлять контроль показателей качества выпускаемой продукции с точки зрения обеспечения требований ЭМС и корректировать соответствующие технологические процессы	Решение стандартных практических задач, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть - навыками организации проведения испытаний и контроля беспилотных авиационных систем по нормам и требованиям обеспечения ЭМС с применением метрологического обеспечения.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ при выполнении курсовой работы	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 2 семестре обучения по системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-2	знать - подходы к осуществлению организации обеспечения требований ЭМС при производстве беспилотных авиационных систем.	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь - осуществлять контроль показателей качества выпускаемой продукции с точки зрения обеспечения требований ЭМС и корректировать соответствующие технологические процессы	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть - навыками организации проведения испытаний и контроля беспилотных авиационных систем по нормам и требованиям обеспечения ЭМС с применением метрологического обеспечения.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

**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. Какие уровни обеспечения ЭМС являются верными?

- А – межсистемный
- Б – внутрисистемный
- В – внутриаппаратурный
- Г – внутрикомпонентный
- Д – электромагнитный

правильный ответ – все кроме Д

2. Какие три характерных элемента рассматривают при решении задачи обеспечения ЭМС?

- А – источник
- Б – путь влияния
- В – приемник
- Г – заземление
- Д – электростатический разряд

правильный ответ – А, Б, В

3. Какие четыре группы основных механизмов паразитных наводок принято выделять?

- А – кондуктивная связь
- Б – индуктивная связь
- В – емкостная связь
- Г – связь через излучение
- Д – связь через инфракрасное излучение

правильный ответ – все кроме Д

4. Каким образом представляются сигналы во временной области?

- А – напряжение или ток выражается как функция от времени
- Б – амплитуда и фаза выражаются как функцией от частоты
- В – мощность излучения выражается как функция от расстояния

правильный ответ – А

5. Какой измерительный прибор позволяет наблюдать сигналы во временной области?

- А – осциллограф
- Б – анализатор спектра
- В – частотомер

правильный ответ – А

6. Каким образом представляются сигналы в частотной области?

- А – напряжение или ток выражается как функция от времени
- Б – амплитуда и фаза выражаются как функцией от частоты
- В – мощность излучения выражается как функция от расстояния

правильный ответ – Б

7. Какой измерительный прибор позволяет наблюдать сигналы в частотной области?

- А – осциллограф
- Б – анализатор спектра
- В – частотомер

правильный ответ – Б

8. Как можно преобразовать сигнал из временной области в частотную и наоборот?

- А – такое преобразование невозможно
- Б – одновременным использованием осциллографа и анализатором спектра

В – преобразованием Фурье  
правильный ответ – В

9. Какие параметры радиотехнических устройств можно характеризовать дБ?

- А – мощность
- Б – напряжение
- В – ток
- Г – надежность
- Д – фаза

правильный ответ – А, Б, В

10. Чему равно в дБ отношение двух одинаковых значений?

- А – 0 дБ
- Б – +1дБ
- В – -1дБ

правильный ответ – А

11. Можно ли выразить в дБ отношение двух фаз?

- А – да
- Б – нет
- В – только если они обе с одинаковым знаком

правильный ответ – Б

12. Каким образом можно уменьшить влияние связи через общее сопротивление?

- А – уменьшая сопротивление общего возвратного пути
- Б – увеличивая сопротивление общего возвратного пути
- В – влияние данной связи постоянное и не зависит от конструктивных решений

правильный ответ – А

13. Как рабочая частота влияет на уровень перекрестных помех из-за связи через общее сопротивление?

- А – с увеличением частоты уровень перекрестных помех увеличивается
- Б – с увеличением частоты уровень перекрестных помех уменьшается
- В – уровень перекрестных помех увеличиваются на частотах вызывающих скин-эффект в возвратном проводнике

правильный ответ – В

14. Как на эквивалентной схеме обозначается паразитная емкостная связь между двумя проводниками?

- А – резистором
- Б – конденсатором
- В – взаимной индуктивностью

правильный ответ – Б

15. Как рабочая частота влияет на уровень перекрестных помех из-за паразитной емкостной связи?

- А – с увеличением частоты уровень перекрестных помех увеличивается
- Б – с увеличением частоты уровень перекрестных помех уменьшается
- В – изменений частоты не влияет на уровень перекрестных помех

правильный ответ – А



16. Как на эквивалентной схеме обозначается паразитная индуктивная связь между двумя проводниками?

- А – резистором
- Б – конденсатором
- В – взаимной индуктивностью

правильный ответ – В

17. Как рабочая частота влияет на уровень перекрестных помех из-за паразитной индуктивной связи?

- А – с увеличением частоты уровень перекрестных помех увеличивается
- Б – с увеличением частоты уровень перекрестных помех уменьшается
- В – изменений частоты не влияет на уровень перекрестных помех

правильный ответ – А

18. Поле какого вида преимущественно создает элементарный проводник с током в ближнем поле?

- А – электромагнитное
- Б – электрическое
- В – магнитное

правильный ответ – Б

19. Поле какого вида преимущественно создает небольшой виток с током в ближнем поле?

- А – электромагнитное
- Б – электрическое
- В – магнитное

правильный ответ – В

20. Чем опасно наличие в корпусе щелей и стыков с размерами кратными длинам рабочих частот?

- А – возможен резонанс и появление щелевой антенны
- Б – возможно попадание влаги и пыли внутрь корпуса
- В – уменьшается прочность конструкции

правильный ответ – А

21. Каким правилом объясняется возникновение в цепи возвратного пути тока?

- А – электроны имеют отрицательный заряд
- Б – токи текут по замкнутому контуру
- В – ток протекает по пути с наименьшим импедансом

правильный ответ – Б

22. Каким основным принципом необходимо руководствоваться при определении возвратных путей тока?

- А – электроны имеют отрицательный заряд
- Б – токи текут по замкнутому контуру
- В – ток протекает по пути с наименьшим импедансом

правильный ответ – В

23. Что вносит основной вклад в импеданс возвратного пути НЧ тока?

- А – импеданс в основном определяется сопротивлением проводника
- Б – импеданс в основном определяется индуктивностью проводника
- В – импеданс в основном определяется емкостью проводника

правильный ответ – А

24. Что вносит основной вклад в импеданс возвратного пути ВЧ тока?

А – импеданс в основном определяется сопротивлением проводника

Б – импеданс в основном определяется индуктивностью проводника

В – импеданс в основном определяется емкостью проводника

правильный ответ – Б

25. Чем определяются потери на отражение при электромагнитном экранировании?

А – волновым сопротивлением экранирующего материала

Б – отношением толщины стенки экрана к глубине скин-слоя материала стенки

В – отношением веса экрана к его внутреннему объему

правильный ответ – А

26. Чем определяются потери на поглощение при электромагнитном экранировании?

А – волновым сопротивлением экранирующего материала

Б – отношением толщины стенки экрана к глубине скин-слоя материала стенки

В – отношением веса экрана к его внутреннему объему

правильный ответ – Б

27. Каким выражением определяется зона г ближнем поля

А –  $r > 2 \pi \lambda$

Б –  $r < 2f / c$

В –  $r < 2\lambda / \pi$

правильный ответ – В

28. Какие материалы необходимо применять для экранирования от электрических полей?

А – материалы с хорошей электропроводностью

Б – материалы с высокой магнитной проницаемостью

В – изоляционные материалы с высоким сопротивлением

правильный ответ – А

29. Какие материалы необходимо применять для экранирования от магнитных полей?

А – материалы с хорошей электропроводностью

Б – материалы с высокой магнитной проницаемостью

В – изоляционные материалы с высоким сопротивлением

правильный ответ – Б

30. Какое функциональное решение несет применение в конструкции заземленных волноводов?

А – позволяет максимально передать энергию от передатчика к антенне

Б – позволяет улучшить вентиляцию корпуса и облегчить тепловой режим

В – позволяет значительно ослабить проникновение нежелательных помех через отверстия корпуса

правильный ответ – В

31. Какое условие необходимо для создания паразитной излучающей антенны?

А – как минимум одна часть конструкции, образующая потенциальную паразитную антенну, должна находиться за пределами корпуса

Б – между элементами конструкции, образующими потенциальную паразитную антенну, должно присутствовать ВЧ напряжение

В – геометрические размеры конструкции, образующей потенциальную паразитную антенну, должны быть точно равны длине излучаемой волны  
 правильный ответ – Б

32. Почему в качестве развязывающих конденсаторов в цепях питания цифровых устройств необходимо применять элементы с минимальным значением эквивалентной последовательной индуктивности?

А – минимальная индуктивность оказывает меньшее влияние на способность отдать пиковый ток

Б – минимальная индуктивность позволяет максимально повысить рабочую частоту

В – минимальная индуктивность способствует меньшему нагреву цифровых ИМС

правильный ответ – А

33. Какие базовые рекомендации по ЭМС-проектированию желательно использовать на начальных этапах разработки?

А – использовать максимальное количество экранирующих структур

Б – минимизировать площадь петель, связанных с ВЧ сигналами

В – заземляющий слой (возвратный слой) не должен быть разделен на части, иметь вырезы или щели

Г – не располагать высокоскоростные (высокочастотные) цепи между разъемами

правильный ответ – все, кроме А

## 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

№ п/п	Задания для решения стандартных задач						
1	<p><i>Сигнал, распространяясь на 1 км по коаксиальному кабелю, теряет половину напряжения. Выразите:</i></p> <p>а) отношение входного напряжения к выходному;                      б) отношение входной мощности к выходной;                      в) отношение входного напряжения к выходному в дБ;                      г) отношение входной мощности к выходной в дБ.</p> <p>Правильные ответы будут следующими:</p> <p>а) 2/1;                      б) <math>2^2 / 1^2 = 4 / 1</math>;                      в) <math>20\log(2/1) = 6</math> дБ;                      г) <math>10\log(4/1) = 6</math> дБ.</p>						
2	<p><i>Переведите в дБ отношения следующих величин:</i></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">200 мкВ/м : 100 мкВ/м</td> <td style="padding: 5px;"><math>20\log\left(\frac{200}{100}\right) = 6</math> дБ</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">300 мВ : 100 мВ</td> <td style="padding: 5px;"><math>20\log\left(\frac{300}{100}\right) = 9,5</math> дБ <math>\approx 10</math> дБ</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">400 мА : 100 мА</td> <td style="padding: 5px;"><math>20\log\left(\frac{400}{100}\right) = 12</math> дБ</td> </tr> </table>	200 мкВ/м : 100 мкВ/м	$20\log\left(\frac{200}{100}\right) = 6$ дБ	300 мВ : 100 мВ	$20\log\left(\frac{300}{100}\right) = 9,5$ дБ $\approx 10$ дБ	400 мА : 100 мА	$20\log\left(\frac{400}{100}\right) = 12$ дБ
200 мкВ/м : 100 мкВ/м	$20\log\left(\frac{200}{100}\right) = 6$ дБ						
300 мВ : 100 мВ	$20\log\left(\frac{300}{100}\right) = 9,5$ дБ $\approx 10$ дБ						
400 мА : 100 мА	$20\log\left(\frac{400}{100}\right) = 12$ дБ						

	500 мкА/м : 100 мкА/м	$20\log\left(\frac{500}{100}\right) = 14 \text{ дБ}$
	2 мВт : 1 мВт	$10\log\left(\frac{2}{1}\right) = 3 \text{ дБ}$
	3 мВт : 1 мВт	$10\log\left(\frac{3}{1}\right) = 4,8 \text{ дБ} \approx 5 \text{ дБ}$
	5 мВт : 1 мВт	$10\log\left(\frac{5}{1}\right) = 7 \text{ дБ}$
3	<p><i>Выразите следующие значения через их нормальные величины:</i></p> <p>а) 6 дБ(мкВ);  б) 20 дБ(мкА);  в) 20 дБ(А);  г) 100 дБ(мкВ/м);  д) 100 дБ(мкВт).</p> <p>Правильные ответы будут следующими:</p> <p>а) <math>6 \text{ дБ(мкВ)} = 20\log\left(\frac{X}{1 \text{ мкВ}}\right) \Rightarrow X = 10^{\frac{6}{20}} \text{ мкВ} = 2 \text{ мкВ};</math></p> <p>б) <math>20 \text{ дБ(мкА)} = 20\log\left(\frac{X}{1 \text{ мкА}}\right) \Rightarrow X = 10^{\frac{20}{20}} = 10 \text{ мкА};</math></p> <p>в) <math>20 \text{ дБ(А)} = 20\log\left(\frac{X}{1 \text{ А}}\right) \Rightarrow X = 10^{\frac{20}{20}} = 10 \text{ А};</math></p> <p>г) <math>100 \text{ дБ(мкВ/м)} = 20\log\left(\frac{X}{1 \text{ мкВ/м}}\right) \Rightarrow X = 10^{\frac{100}{20}} = 10^5 \text{ мкВ/м};</math></p> <p>д) <math>100 \text{ дБ(мкВт)} = 10\log\left(\frac{X}{1 \text{ мкВт}}\right) \Rightarrow X = 10^{\frac{100}{10}} = 10^{10} \text{ мкВт}.</math></p>	
4	<p><b>Выразите следующие соотношения в дБ:</b></p> <p>46 дБ(мкВ/м) : 40 дБ(мкВ/м)      -&gt;      46 дБ(мкВ/м) - 40 дБ(мкВ/м) = 6 дБ;  50 дБ(мВ) : 40 дБ(мВ)                      -&gt;      50 дБ(мВ) - 40 дБ(мВ) = 10 дБ;  52 дБ(мА) : 40 дБ(мА)                      -&gt;      52 дБ(мА) - 40 дБ(мА) = 12 дБ;  54 дБ(мкА/м) : 40 дБ(мкА/м)              -&gt;      54 дБ(мкА/м) - 40 дБ(мкА/м) = 14 дБ;  3 дБ(мкВт) : 0 дБ(мкВт)                      -&gt;      3 дБ(мкВт) - 0 дБ(мкВт) = 3 дБ;  7 дБ(мВт) : 3 дБ(мВт)                      -&gt;      7 дБ(мВт) - 3 дБ(мВт) = 4 дБ.</p>	
5	<p><i>Выразите в дБ следующие значения измеренного напряжения, полагая, что они были получены на 50-омном осциллографе.</i></p> <p><math>1 \text{ мкВ} \Rightarrow \frac{(1 \text{ мкВ})^2}{50} = 2 \cdot 10^{-14} \text{ Вт} \Rightarrow 10\log\left(\frac{2 \cdot 10^{-11} \text{ мВт}}{1 \text{ мВт}}\right) = -107 \text{ дБм};</math></p> <p><math>2 \text{ мкВ} \Rightarrow \frac{(2 \text{ мкВ})^2}{50} = 8 \cdot 10^{-14} \text{ Вт} \Rightarrow 10\log\left(\frac{8 \cdot 10^{-11} \text{ мВт}}{1 \text{ мВт}}\right) = -101 \text{ дБм};</math></p>	

$$10 \text{ мкВ} \Rightarrow \frac{(10 \text{ мкВ})^2}{50} = 2 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \Rightarrow 10 \log \left( \frac{2 \cdot 10^{-9} \text{ мВт}}{1 \text{ мВт}} \right) = -87 \text{ дБм};$$

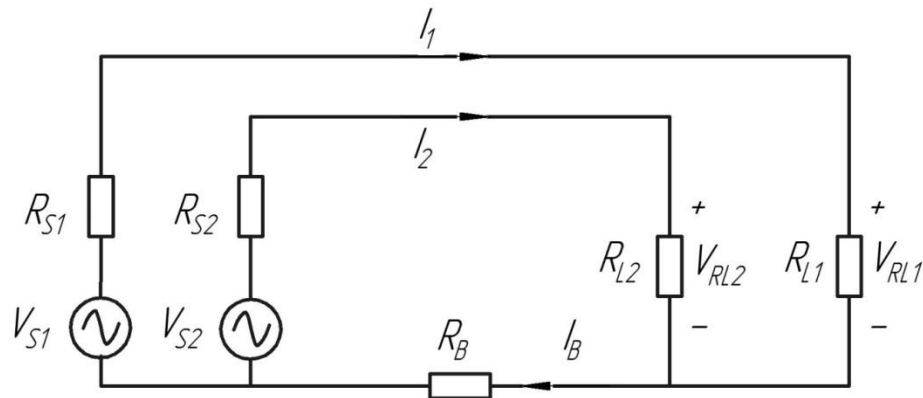
$$1 \text{ В} \Rightarrow \frac{(1 \text{ В})^2}{50} = 0,02 \text{ Вт} \Rightarrow 10 \log \left( \frac{20 \text{ мВт}}{1 \text{ мВт}} \right) = 13 \text{ дБм};$$

$$2 \text{ В} \Rightarrow \frac{(2 \text{ В})^2}{50} = 0,08 \text{ Вт} \Rightarrow 10 \log \left( \frac{80 \text{ мВт}}{1 \text{ мВт}} \right) = 19 \text{ дБм};$$

$$10 \text{ В} \Rightarrow \frac{(10 \text{ В})^2}{50} = 2 \text{ Вт} \Rightarrow 10 \log \left( \frac{2000 \text{ мВт}}{1 \text{ мВт}} \right) = 33 \text{ дБм}.$$

6

Рассчитать перекрестные помехи между двумя 50-омными цепями.



Для схемы, представленной на рисунке, величины  $R_{S1} = R_{L1} = R_{S2} = R_{L2}$  равны 50 Ом. Предположим, что сопротивление возвратного проводника равно 0,1 Ом. В таком случае величина перекрестных помех составит

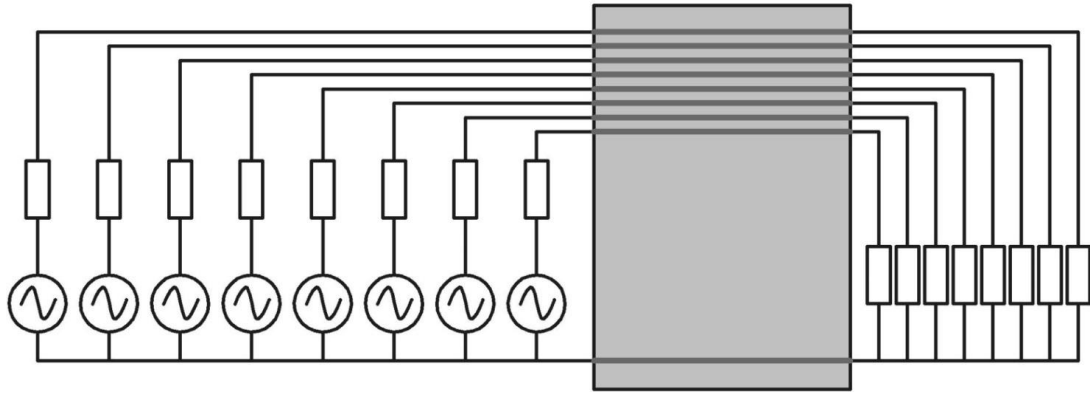
$$x_{21} = 20 \log \left[ \frac{0,1}{50 + 50 + 0,1} \cdot \frac{50}{50} \right] = -60 \text{ дБ}.$$

Другими словами, сигнал в цепи 1 напряжением 5 В создаст перекрестные помехи величиной 5 мВ в цепи 2.

7

Ленточный кабель длиной 0,2 м, состоящий из 9 проводников и представленный на рисунке, используется в 8-битной шине данных с общим возвратным проводником. Удельное сопротивление каждого проводника на частоте 2,0 МГц составляет 1,1 Ом/м. Каждая линия данных подключена к источнику с внутренним сопротивлением 10 Ом и нагружена на 50-омный резистор. Рассчитайте перекрестные помехи между любыми двумя линиями данных на частоте 2,0 МГц, возникающие из-за связи через общее сопротивление.

9-ти жильный ленточный кабель



Рассматривая задачу как симметричную, можно взять один любой проводник как источник, а второй как рецептор. В таком случае ток в цепи источника составит  $I_1 = V_{RL1} / R_{L1}$ . После протекания через нагрузочный резистор  $R_{L1}$  ток может вернуться к источнику через общий возвратный проводник или через любую из семи других нагрузок и внутреннее сопротивление соответствующего источника. Сопротивление любого проводника составит  $R_{ПРОВ} = 0,2 \text{ м} \cdot 1,1 \text{ Ом} / \text{м} = 0,22 \text{ Ом}$ . Сопротивление пути через семь других нагрузочных резисторов и источников питания, подключенных параллельно, составит

$$R_{2-1} = \frac{R_S + R_L + R_{ПРОВ}}{7} = \frac{10 + 50 + 0,22}{7} = 8,6 \text{ Ом}.$$

Таким образом, около 98 % всего тока будет протекать через общий возвратный проводник. Падение напряжения на возвратном проводнике составит  $V_B = I_1 R_{ПРОВ}$ . Напряжение, возникающее на любом другом нагрузочном резисторе, составит

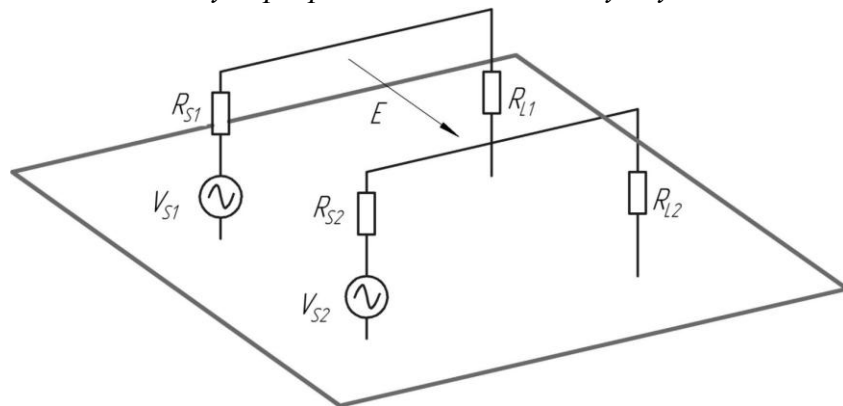
$$V_{RL2-1} \approx \frac{50}{10 + 50} \cdot V_B = 0,181 \cdot I_1.$$

Таким образом, перекрестные помехи могут быть выражены как

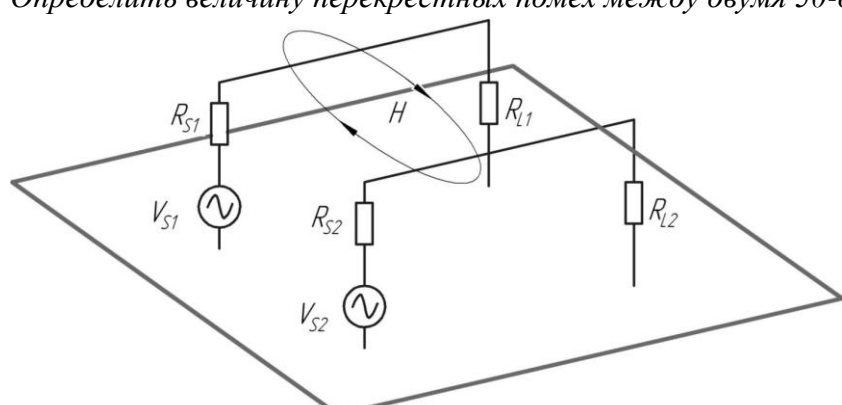
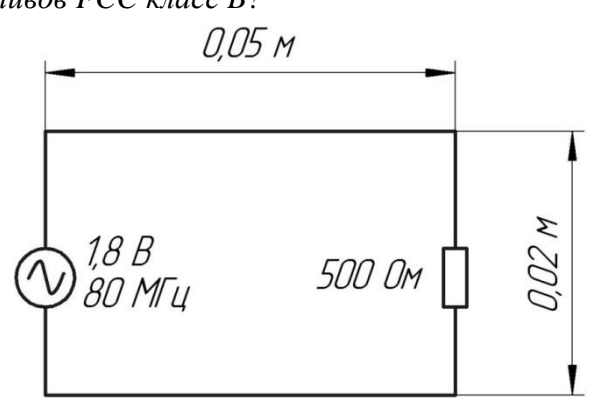
$$x = 20 \log \left[ \frac{V_{RL2-1}}{V_{R1}} \right] = 20 \log \left[ \frac{0,181 \cdot I_1}{50 \cdot I_1} \right] = -49 \text{ дБ}.$$

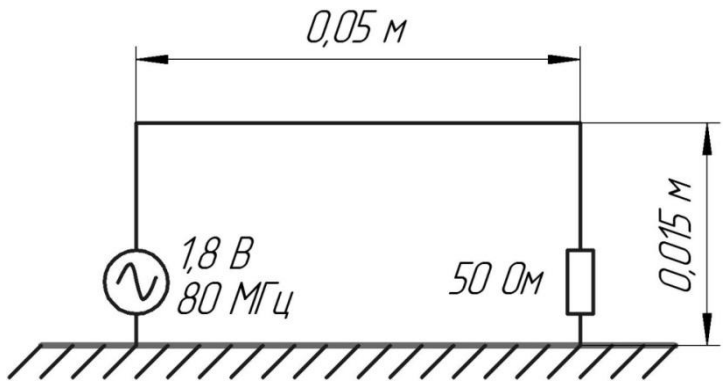
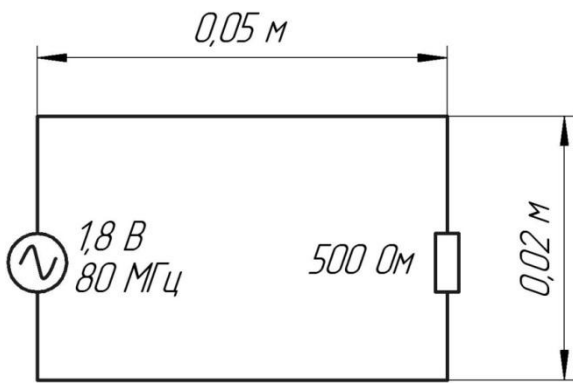
8

Определить величину перекрестных помех между двумя 150-омными цепями.



Для структуры, представленной на рисунке, длину сигнальных проводников

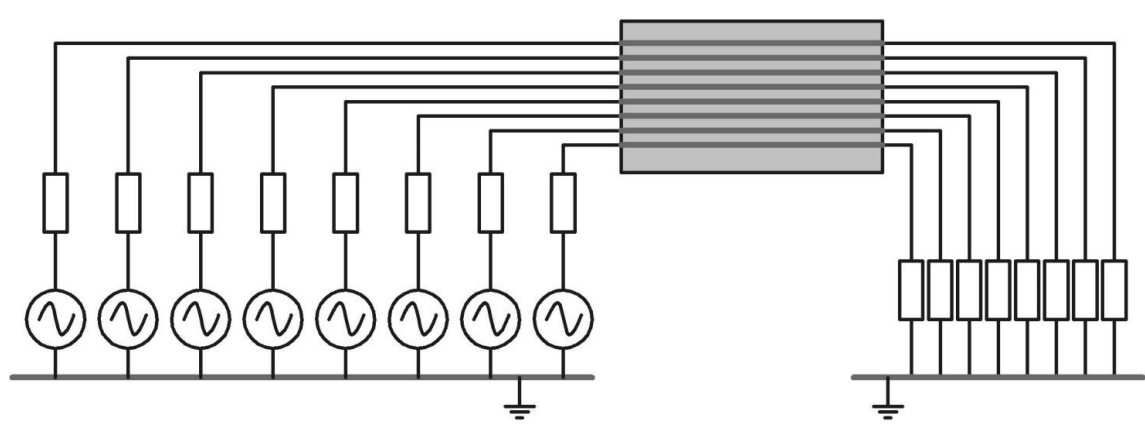
	<p>принять равной 0,16 м, радиус проводников 0,8 мм, расстояние между проводниками 3 мм, высоту над проводящей плоскостью 4 мм. Величины <math>R_{S1} = R_{S2} = 10 \text{ Ом}</math>, <math>R_{L1} = R_{L2} = 150 \text{ Ом}</math>. Рассчитать уровень перекрестных помех из-за паразитной емкостной связи между этими цепями на частоте 50 МГц.</p> <p>Правильный ответ будет -34 дБ</p>
9	<p>Определить величину перекрестных помех между двумя 50-омными цепями.</p>  <p>Для структуры, представленной на рисунке, длину сигнальных проводников принять равной 0,16 м, радиус проводников 0,6 мм, расстояние между проводниками 5 мм, высоту над проводящей плоскостью 20 мм. Величины <math>R_{S1} = R_{S2} = 10 \text{ Ом}</math>, <math>R_{L1} = R_{L2} = 50 \text{ Ом}</math>. Рассчитать уровень перекрестных помех из-за паразитной индуктивной связи между этими цепями на частоте 10 МГц.</p> <p>Правильный ответ будет -60 дБ</p>
10	<p>Если напряженность излучаемого электрического поля в вакууме на расстоянии 3 м от малого источника составляет 40 дБмкВ/м, то чему она будет равна на расстоянии 10 м от того же источника?</p> <p>а) 40 дБмкВ/м;  б) 30 дБмкВ/м; (верный ответ)  в) 20 дБмкВ/м.</p>
11	<p>Вычислить максимальную напряженность излучаемого электромагнитного поля от цепи, представленной на рисунке. Радиус проводников принять равным 0,5 мм. Определить, удовлетворяет ли уровень помехоэмиссии от этой цепи требованиям нормативов FCC класс В?</p>  <p>Ответ: макс. напряженность составит 10 мкВ/м. Что соответствует требованиям нормативов FCC класс В</p>
12	<p>Вычислить максимальную напряженность излучаемого электромагнитного поля от цепи, представленной на рисунке. Размеры заземляющего слоя принять</p>

	<p>равными <math>0,1 \times 0,1</math> м, радиус проводника принять равным 0,5 мм. Определить, удовлетворяет ли уровень помехоэмиссии от этой цепи требованиям нормативов FCC класс В?</p>  <p>Ответ: макс. напряженность составит 14 мкВ/м. Что соответствует требованиям нормативов FCC класс В</p>
13	<p>Рассчитать эффективность излучения электрически малой 500-омной цепи с размерами <math>0,05 \times 0,03</math> м, представленной ранее на рисунке.</p>  <p>Ответ: эффективность излучения составит 35%</p>
14	<p>Рассчитать излучаемую мощность полуволнового резонансного диполя без потерь, возбуждаемого источником напряжением 1 В. Определить максимальную напряженность излучаемого поля на расстоянии 3 м от антенны.</p> <p>Ответ: излучаемая мощность составит 10 мкВт. Максимальная напряженность составит 10 мкВ/м.</p>

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

№ п/п	Задания для решения прикладных задач
1	<p>Рассчитать эффективность излучения полуволнового симметричного вибратора с центральным возбуждением, сделанного из медного провода радиусом 0,5 мм на частоте 100 МГц.</p> <p>Ответ: эффективность составит 80%</p>
2	<p>Определить чему приблизительно равна частота излучения проводника длиной 0,25 м, присоединенного к крупному металлическому объекту и образующего четвертьволновую несимметричную антенну?</p>

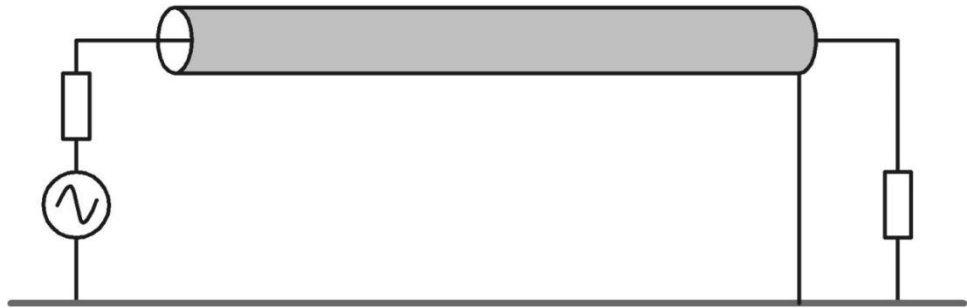


	<p>Ответ: приблизительно 300 МГц</p>
3	<p>Определить, какая из антенн в каждой паре, представленных на рис. 4.13, излучает более эффективно?</p>  <p>пара А</p> <p>пара Б</p> <p>Ответ: в паре А – правая. В паре Б - правая</p>
4	<p>Сравнить фактическое максимальное напряжение, наводимое полуволновым диполем в приемнике, имеющим входное сопротивление 500 Ом с расчетным значением по формуле <math>V_{ПР} \approx  E_{ВХ}  I_{АН}</math></p> <p>Ответ: отклонение составит 0,4 дБ</p>
5	<p>Сравнить фактическое максимальное напряжение, наводимое электрически коротким диполем в согласованном приемнике с расчетным значением по формуле <math>V_{ПР} \approx  E_{ВХ}  I_{АН}</math></p> <p>Ответ: отклонение составит 1,2 дБ</p>
6	<p>В процессе разработки системы инженеру-проектировщику потребовалось соединить два блока при помощи 8-битного канала связи. Для этого был выбран 8-жильный кабель соединяющий блоки в соответствии с рисунком. Однако в ходе предварительных испытаний были обнаружены серьезные проблемы в части электромагнитной восприимчивости. Что, с точки зрения теории ЭМС, было сделано неверно и какие способы исправления можно предложить?</p>  <p>Ответ: «общий» провод необходимо пустить по тому же шлейфу, иначе возникает большая приемная петля; оболочку кабеля необходимо заземлить, для создания</p>

эффекта экранирования

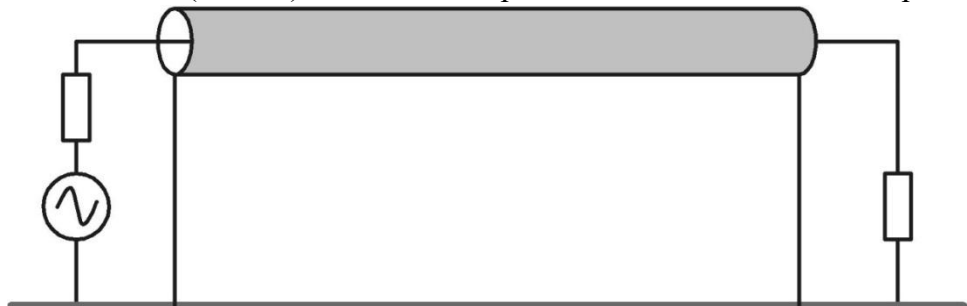
7

Для всех вариантов линий передач, представленных на рис. 5.6, определите основной возвратный путь тока.

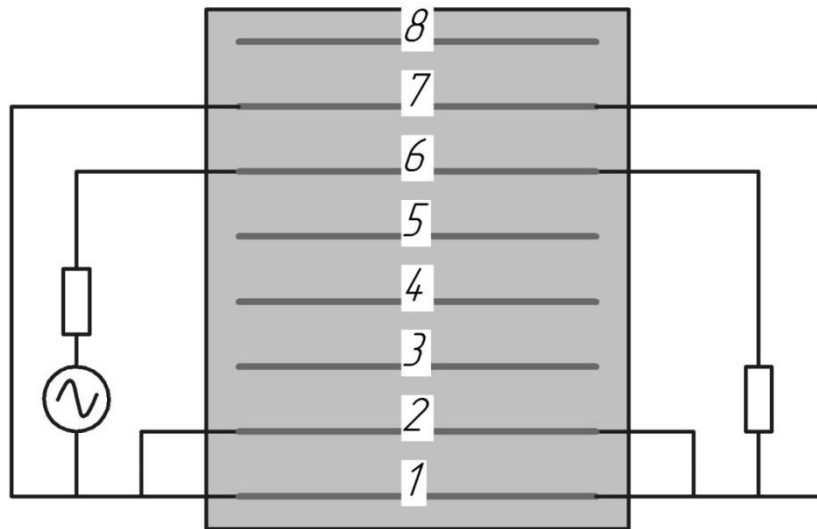


а)

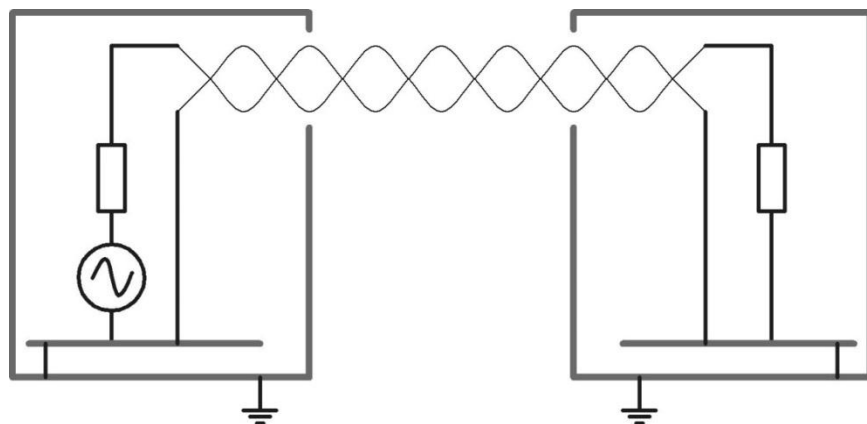
Рис. 5.6 (начало). Различные варианты исполнения линии передачи



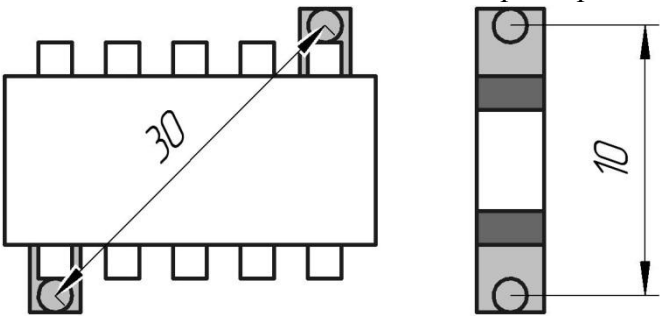
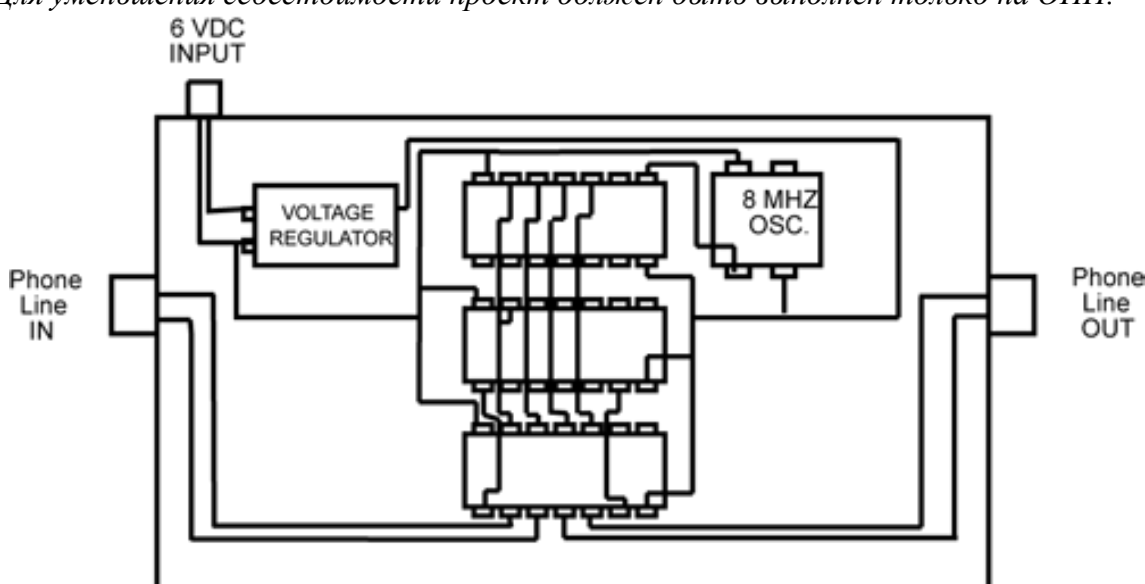
б)



в)



	<p>г)</p> <p>Ответы: А) – по «общему» проводу заземления; Б) – по экранирующей оболочке кабеля; В) – равномерно по проводникам 1,2 и 7; Г) – по витой паре</p>
8	<p>Определить эффективность экранирования листа из медной фольги толщиной 0,05 мм. Удельную электропроводность меди на частоте 100 МГц принять равной <math>5,81 \cdot 10^7</math> См/м, магнитную проницаемость принять равной <math>4\pi \cdot 10^{-7}</math> Гн/м.</p> <p>Ответ: 80 дБ</p>
9	<p>На расстоянии 0,1 м от работающего трансформатора расположена экранирующая структура, сделанная из медного листа толщиной 10 мм. Оцените эффективность экранирования такого экрана на частоте 1,5 кГц.</p> <p>Ответ 20 дБ</p>
10	<p>Итоговая эффективность экранирования корпуса, сделанного из материала ослабляющего плоскую волну на 60 дБ, будет:</p> <p>а) примерно 60 дБ;  б) всегда меньше чем 60 дБ; (правильный ответ)  в) обычно больше чем 60 дБ;  г) иногда меньше чем 0 дБ.</p>
11	<p>Разработчик проектирует высокоскоростную МПП, и ему необходимо проложить печатный проводник для ВЧ сигнала от цифрового компонента к аналоговому усилителю. Какая из трех представленных ниже рекомендаций позволит минимизировать вероятность проблем в части ЭМС в данном случае?</p> <p>а) минимизировать длину высокоскоростных печатных проводников;  б) всегда обеспечивать зазор в слоях питания/заземления между аналоговой и цифровой частью платы;  в) никогда не располагать высокоскоростной печатный проводник над зазором в возвратном слое. (ВЕРНЫЙ ОТВЕТ)</p>
12	<p>Для ПП с системой питания в виде печатных проводников определить индуктивность соединения развязывающего конденсатора, подключенного к ИМС в соответствии с рисунком. Ширину печатных проводников принять равной 1 мм.</p>  <p>Ответ: 12 пикоФарад</p>
13	<p>Для ПП с системой питания в виде слоев питания/заземления определить индуктивность соединения развязывающего конденсатора, подключенного к ИМС в соответствии с рисунком. DIP корпус ИМС и конденсатор располагаются на</p>

	<p>высоте 3 мм от ближайшего питающего слоя. Ширину печатных проводников принять равной 1 мм, диаметр переходных отверстий принять равным 1 мм. Собственным импедансом слоев питания/заземления пренебречь.</p>  <p>Ответ: 4 пикоФарад</p>
14	<p>Был разработан опытный образец телефонного автоответчика, трассировка ПП которого представлена на рисунке. Однако при подключении автоответчика к телефонной линии создаваемое им излучение привело к появлению помех на телевизоре. Следуя базовым рекомендациям, приведенным выше, необходимо переработать ПП автоответчика для ослабления излучаемых ЭМП. Для уменьшения себестоимости проект должен быть выполнен только на ОПП.</p>  <p>Ответ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уменьшить проводники для тактового генератора</li> <li>- разнести дальше вход и систему регулирования напряжения питания</li> <li>- заполнить пустые места медными полигонами подключенным к «общему» минусовому проводу питания</li> </ul>

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции
2. Регулирование в области ЭМС.
3. Система стандартизации в области ЭМС: международные стандарты, региональные стандарты, стандарты РФ, технические регламенты.
4. Стандарты в области функциональной безопасности.

5. Источники помех искусственного и техногенного происхождения
6. Источники преднамеренных помех, рецепторы в виде чувствительной аппаратуры.
7. Механизм проникновения помех в приборы.
8. Основные методы обеспечения ЭМС: зонирование, рациональный монтаж, экранирование, заземление, фильтрация и ограничение.
9. Взаимодействие радиотехнических систем. Типы помеховых сигналов.
10. Международное регулирование в области распределения радиочастот.
11. Таблицы распределения частот, частотные зоны.
12. Элементная база цифровых быстродействующих систем. Излучение от цифровой аппаратуры.
13. Помехи в радиоэлектронной аппаратуре. Аналоговая и цифровая аппаратура. Показатели быстродействия.
14. Поведение проводов и компонентов электронных схем на высоких частотах, их модели на высоких частотах, причины возникновения помех
15. Модели компонентов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Неидеальное поведение компонентов.
16. Основные типы проводных и кабельных межсоединений в приборах, их электрические характеристики, уровень защиты от внешних помех.
17. Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС.

#### **7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «зачтено» ставится в случае, если студент набрал 10 и более баллов.
2. Оценка «не зачтено» ставится в случае, если студент менее 10 баллов

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Введение в ЭМС	ПК-2	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ, защита курсового проекта
2	Межсистемная ЭМС	ПК-2	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ, защита курсового проекта
3	Внутрисистемная ЭМС.	ПК-2	Тест, экзамен, устный опрос, защита

			лабораторных работ , защита курсового проекта
4	Проектирование приборов и приборных систем с учетом ЭМС	ПК-2	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ , защита курсового проекта
5	Электромагнитное экранирование	ПК-2	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ , защита курсового проекта
6	Иные аспекты обеспечения ЭМС	ПК-2	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ , защита курсового проекта

### **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 стандартных 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.

Решение прикладных 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.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Ромащенко М.А. Основы внутриаппаратурной электромагнитной совместимости: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – электрон. текстовые и граф. данные (8,42 Мб) / М. А. Ромащенко. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2020.

2. Быховский М.А. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. – М.: Эко-Трендз, 2006, – 376 с.
3. Уилльямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. □ М.: Издательский дом "Технологии", 2004. □ 540 с.
4. Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д. Защита электронных средств от воздействия статического электричества. Учебное пособие для вузов. М.: Издательский Дом "Технологии", 2005. – 352 с.
5. ЭМС для систем и установок/Т. Уилльямс, К. Армстронг □ М.: Издательский Дом "Технологии", 2004 г. □ 508 с.
6. Кечиев Л.Н., Степанов П.В. ЭМС и информационная безопасность в системах телекоммуникаций. □ М.: Издательский Дом "Технологии", 2005. – 320 с.
7. Кечиев Л.Н., Акбашев Б.Б., Степанов П.В. Экранирование технических средств и экранирующие системы. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2010. – 470 с.
8. Функциональная безопасность. Простое руководство по применению стандартов МЭК 61508 и связанных с ним стандартов/Д.Дж. Смит, К.Дж. Симпсон. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2004. – 208 с.
9. Henry W. Ott. Electromagnetic Compatibility Engineering. – John Wiley & Sons, 2009. – 862 p.
10. Paul C.R. Introduction to Electromagnetic Compatibility, 2nd ed., □ A JOHN WILEY & SONS, INC. PUBLICATION, 2006 □ 1013.

**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**

программный комплекс ELCUT

программный комплекс Altium designer (учебная лицензия)

Интернет-ресурс <https://cecas.clemson.edu/cvel/>

Интернет-ресурс <http://www.tet.tuhh.de/messtechnik/spektrumanalyse/>

Интернет-ресурс <https://www.emtest.com/home.php>

Интернет-ресурс <https://emclab.mst.edu/>

Интернет-ресурс <http://emc-center.org/>

<http://window.edu.ru/> - единое окно доступа к образовательным ресурсам

[http://www.rsci.ru/grants/grant\\_news/](http://www.rsci.ru/grants/grant_news/) - новости о грантах

<http://www.fips.ru/> - Федеральный институт промышленной собственности

<http://www.rupto.ru/> - Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент)

<https://old.education.cchgeu.ru/> - электронная информационно-обучающая система ВГТУ

<https://docplan.ru/> - база данных ГОСТ

[www.elibrary.ru/](http://www.elibrary.ru/) - электронная библиотека

<https://www.iprbookshop.ru/> , <https://e.lanbook.com/> - электронные библиотечные системы

<http://www.vorstu.ru/structura/library/> - научно-техническая библиотека ВГТУ

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

Компьютерный класс, оснащенный ПЭВМ с установленным программным обеспечением

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

По дисциплине «Электромагнитная совместимость в беспилотных авиационных системах» читаются лекции, проводятся практические 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 расчета параметров электромагнитной совместимости. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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 курсового проекта, защитой курсового проекта. Освоение дисциплины оценивается на зачете и экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента (особенности деятельности студента инвалида и лица с ОВЗ, при наличии таких обучающихся)
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 удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельн	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения



ая работа	<p>учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	-------------------------------	--