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)
«Б1.В.ДВ.06.01 Электромагнитные процессы в электронных средствах»

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
код и наименование направления подготовки/специальности

Профиль Проектирование и технология радиоэлектронных средств
название профиля/программы

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года 11 мес.
очная/ /заочная

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2023 г.

Автор(ы) программы _____ М.А. Ромащенко
подпись

Заведующий кафедрой конструирования и производства радиоаппаратуры _____ А.В. Башкиров
подпись

Руководитель ОПОП _____ А.А. Пирогов
подпись

Воронеж 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Ознакомить студента с методами и средствами обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) при конструировании приборов, сформировать 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: основные электромагнитные процессы происходящие в ЭС, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов ЭС, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов, методики оценки показателей ЭМС в ЭС, основные сведения в области испытаний и измерений параметров ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности;

уметь: проводить анализ на соответствие требованиям ЭМС элементов и узлов ЭС, проводить конструкторские расчеты основных электромагнитных процессов в ЭС, разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них;

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

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Электромагнитные процессы в электронных средствах» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Электромагнитные процессы в электронных средствах» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - способен обеспечивать технологическую подготовку производства

ПК-3 - способен разрабатывать программы и методики испытаний радиоэлектронных устройств

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать основные электромагнитные процессы происходящие в ЭС, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов ЭС, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов
	уметь проводить анализ на соответствие требованиям ЭМС элементов и узлов ЭС, проводить конструкторские расчеты основных электромагнитных процессов в ЭС
	владеть навыками экспериментальных исследований элементов и узлов ЭС для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности
ПК-3	знать методики оценки показателей ЭМС в ЭС, основные сведения в области испытаний и измерений параметров ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности.
	уметь разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них
	владеть навыками написания программ испытаний и отчетов об их проведении, навыками отладки элементов и узлов ЭС по параметрам ЭМС и функциональной безопасности

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Электромагнитная совместимость приборов» составляет 6 зачетных единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4			
Аудиторные занятия (всего)	**78**	**78**			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)					
Лабораторные работы (ЛР)	42	42			
Самостоятельная работа	**111**	**111**			
Курсовая работа (есть, нет)	есть	есть			
Контрольная работа (есть, нет)	нет	нет			
Часы на контроль	27	27			
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	экзамен	экзамен			
Общая трудоемкость час	**216**	**216**			
зач. ед.	**6**	**6**			

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4 (летняя)			
Аудиторные занятия (всего)	**12**	**12**			
В том числе:					
Лекции	4	4			
Практические занятия (ПЗ)					
Лабораторные работы (ЛР),	4	4			
Самостоятельная работа	**199**	**199**			
Курсовая работа (есть, нет)	есть	есть			
Контрольная работа (есть, нет)	нет	нет			
Часы на контроль	9	9			
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	экзамен	экзамен			
Общая **трудоемкость час**	**216**	**216**			
зач. ед.	**6**	**6**			

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.	6		8	18	32
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.	6		8	18	32
3	Внутрисистемная ЭМС.	Особенности внутрисистемной ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры. Неидеальное поведение компонентов.	6		8	18	32
4	Проектирование электронных средств с учетом ЭМС	Провода и кабели в конструкциях электронных средств. Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	6		6	18	30
5	Электромагнитное экранирование	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	6		6	20	32
6	Иные аспекты обеспечения ЭМС	Фильтрация помех и ограничители перенапряжений. Защита от электростатического разряда. Испытания и измерения в области ЭМС	6		6	19	31
		Итого	**36**		**42**	**111**	**189**

заочная 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.	0,5		1	31	32,5
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.	0,5		1	31	32,5
3	Внутрисистемная ЭМС.	Особенности внутрисистемной ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры. Неидеальное поведение компонентов.	0,5		1	31	32,5

4	Проектирование электронных средств с учетом ЭМС	Провода и кабели в конструкциях электронных средств. Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	1		2	34	37
5	Электромагнитное экранирование	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	1		2	34	37
6	Иные аспекты обеспечения ЭМС	Фильтрация помех и ограничители перенапряжений. Защита от электростатического разряда. Испытания и измерения в области ЭМС	0,5		1	34	35,5
		Итого	**4**		**8**	**195**	**207**

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №1.
Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех. Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.

Лабораторная работа №2.
Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов. Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.

Лабораторная работа №3.
Неидеальное поведение компонентов. Провода и кабели в конструкциях приборов. Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС.

Лабораторная работа №4
Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления.

Лабораторная работа №5
Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование. Фильтрация помех и ограничители перенапряжений.

Лабораторная работа №6
Защита от электростатического разряда. Испытания и измерения в области ЭМС

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 4 семестре для студентов очного обучения и в 4 семестре (летняя сессия) для студентов заочного обучения.

Примерная тематика курсовой работы: Моделирование электромагнитных процессов в ЭС

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:
- обзор современного состояния в области моделирования и анализа электромагнитных процессов при конструировании ЭС;
- описание программного комплекса в соответствии с выданным вариантом;
- практическое выполнение моделирования параметров ЭМС.

Курсовая работа включат в себя расчетно-пояснительную записку и приложение с листингом программного кода.

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 основные электромагнитные процессы происходящие в ЭС, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов ЭС, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов	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 проводить анализ на соответствие требованиям ЭМС элементов и узлов ЭС, проводить конструкторские расчеты основных электромагнитных процессов в ЭС	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 экспериментальных исследований элементов и узлов ЭС для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности	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

ПК - 3	знать методики оценки показателей ЭМС в ЭС, основные сведения в области испытаний и измерений параметров ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности.	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 разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них	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 написания программ испытаний и отчетов об их проведении, навыками отладки элементов и узлов ЭС по параметрам ЭМС и функциональной безопасности	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 4 семестре для очной формы обучения и в 4 семестре (летняя сессия) для заочной формы обучения по системе:

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

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-1	знать основные электромагнитные процессы происходящие в ЭС, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов ЭС, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь проводить анализ на соответствие требованиям ЭМС элементов и узлов ЭС, проводить	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	конструкторские расчеты основных электромагнитных процессов в ЭС		ответы	во всех задачах		
	владеть навыками экспериментальных исследований элементов и узлов ЭС для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать методики оценки показателей ЭМС в ЭС, основные сведения в области испытаний и измерений параметров ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками написания программ испытаний и отчетов об их проведении, навыками отладки элементов и узлов ЭС по параметрам ЭМС и функциональной безопасности	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	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 – электромагнитынй

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 r 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 электроводностью
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 электроводностью
Б – материалы с высокой магнитной проницаемостью
В – изоляционные материалы с высоким сопротивлением
правильный ответ – Б

30. Какое функциональное решение несет применение в кончтрукции запредельных волноводов?
А – позволяет максимально передать энергию от передатчика к антенне
Б – позволяет улучшить вентиляцию корпуса и облегчить тепловой режим
В – позволяет значительно ослабить прохождение нежелательных помех через отверстия корпуса
правильный ответ – В

31. Какое условие необходимо для создания паразитной излучающей антенны?
А – как минимум одна часть конструкции, образующей потенциальную паразитную антенну, должна находится 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

<table>
<tr><th>№ п/п</th><th>Задания для решения стандартных задач</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Сигнал, распространяясь на 1 км по коаксиальному кабелю, теряет половину напряжения. Выразите:
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.
Правильные ответы будут следующими:
а) 2/1;
б) $2^2/1^2 = 4/1$;
в) $20\log(2/1) = 6$ дБ;
г) $10\log(4/1) = 6$ дБ.</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Переведите в дБ отношения следующих величин:
<table>
<tr><td>200 мкВ/м : 100 мкВ/м</td><td>$20\log\left(\frac{200}{100}\right) = 6$ дБ</td></tr>
<tr><td>300 мВ : 100 мВ</td><td>$20\log\left(\frac{300}{100}\right) = 9{,}5$ дБ ≈ 10 дБ</td></tr>
<tr><td>400 мА : 100 мА</td><td>$20\log\left(\frac{400}{100}\right) = 12$ дБ</td></tr>
<tr><td>500 мкА/м : 100 мкА/м</td><td>$20\log\left(\frac{500}{100}\right) = 14$ дБ</td></tr>
<tr><td>2 мкВт : 1 мкВт</td><td>$10\log\left(\frac{2}{1}\right) = 3$ дБ</td></tr>
<tr><td>3 мВт : 1 мВт</td><td>$10\log\left(\frac{3}{1}\right) = 4{,}8$ дБ ≈ 5 дБ</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

	5 мВт : 1 мВт	$10\log\left(\frac{5}{1}\right)=7$ дБ

3

Выразите следующие значения через их нормальные величины:

а) 6 дБ(мкв);
б) 20 дБ(мкА);
в) 20 дБ(А);
г) 100 дБ(мкВ/м);
д) 100 дБ(мкВт).

Правильные ответы будут следующими:

а) $6\ дБ(мкВ)=20\log\left(\frac{X}{1\ мкВ}\right)\Rightarrow X=10^{\frac{6}{20}}мкВ=2\ мкВ$;

б) $20\ дб(мкА)=20\log\left(\frac{X}{1\ мкА}\right)\Rightarrow X=10^{\frac{20}{20}}=10\ мкА$;

в) $20\ дб(А)=20\log\left(\frac{X}{1\ А}\right)\Rightarrow X=10^{\frac{20}{20}}=10\ А$;

г) $100\ дБ\left(мкВ/м\right)=20\log\left(\frac{X}{1\ мкВ/м}\right)\Rightarrow X=10^{\frac{100}{20}}=10^{5}\ мкВ/м$;

д) $100\ дБ(мкВт)=10\log\left(\frac{X}{1\ мкВт}\right)\Rightarrow X=10^{\frac{100}{10}}=10^{10}\ мкВт$.

4

Выразите следующие соотношения в дБ:

46 дБ(мкВ/м) : 40 дБ(мкВ/м) -> 46 дБ(мкВ/м) - 40 дБ(мкВ/м) = 6 дБ;
50 дБ(мВ) : 40 дБ(мВ) -> 50 дБ(мВ) - 40 дБ(мВ) = 10 дБ;
52 дБ(мА) : 40 дБ(мА) -> 52 дБ(мА) - 40 дБ(мА) = 12 дБ;
54 дБ(мкА/м) : 40 дБ(мкА/м) -> 54 дБ(мкА/м) - 40 дБ(мкА/м) = 14 дБ;
3 дБ(мкВт) : 0 дБ(мкВт) -> 3 дБ(мкВт) - 0 дБ(мкВт) = 3 дБ;
7 дБ(мВт) : 3 дБ(мВт) -> 7 дБ(мВт) - 3 дБ(мВт) = 4 дБ.

5

Выразите в дБ следующие значения измеренного напряжения, полагая, что они были получены на 50-омном осциллографе.

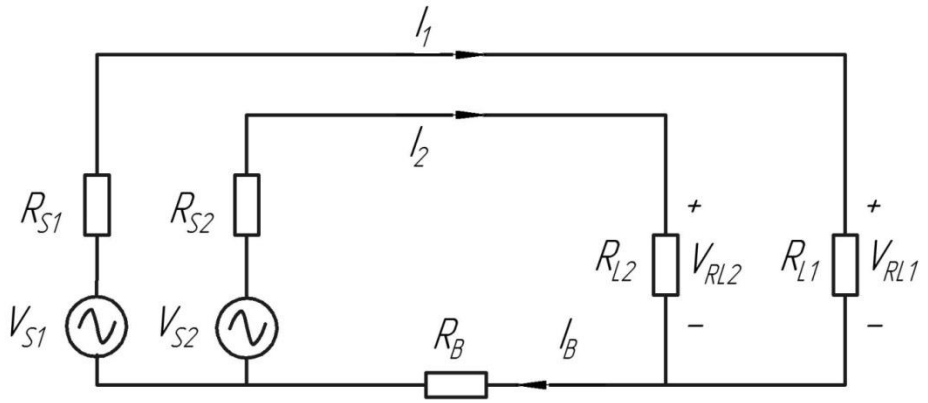
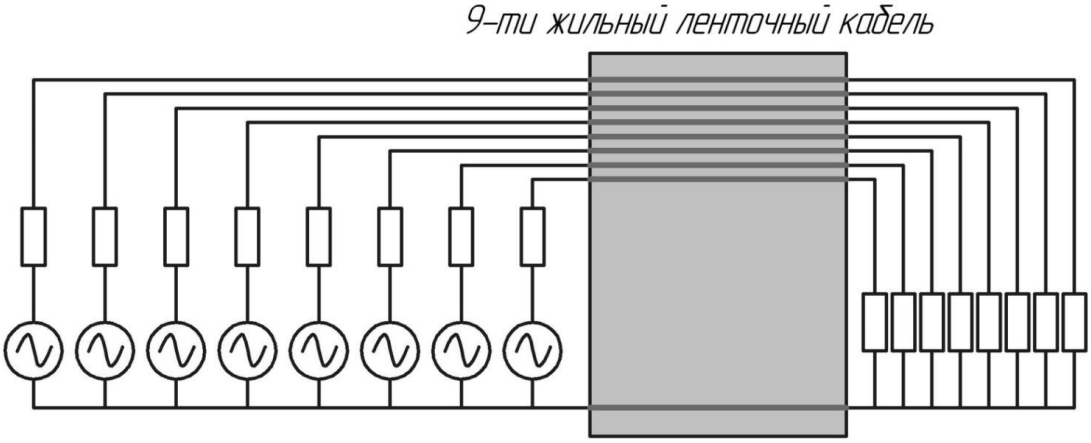
$$1\ мкВ\ \Rightarrow\ \frac{(1\ мкВ)^2}{50}=2\cdot10^{-14}\ Вт\ \Rightarrow\ 10\log\left(\frac{2\cdot10^{-11}\ мВт}{1\ мВт}\right)=-107\ дБм;$$

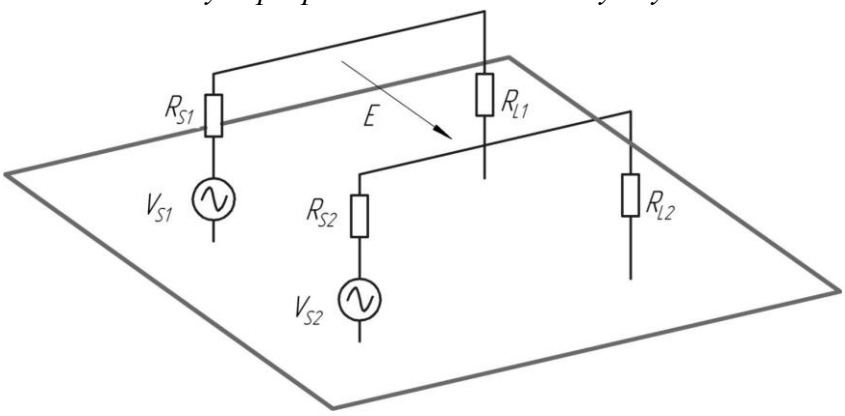
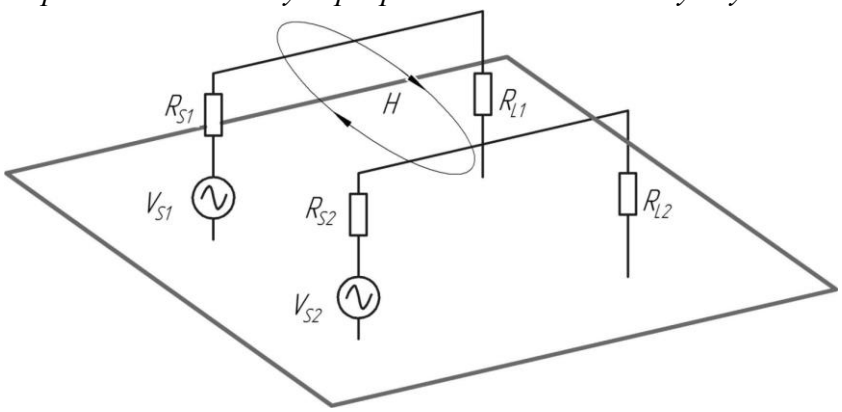
$$2\ мкВ\ \Rightarrow\ \frac{(2\ мкВ)^2}{50}=8\cdot10^{-14}\ Вт\ \Rightarrow\ 10\log\left(\frac{8\cdot10^{-11}\ мВт}{1\ мВт}\right)=-101\ дБм;$$

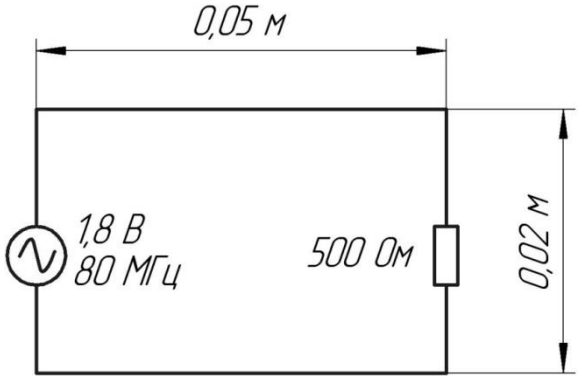
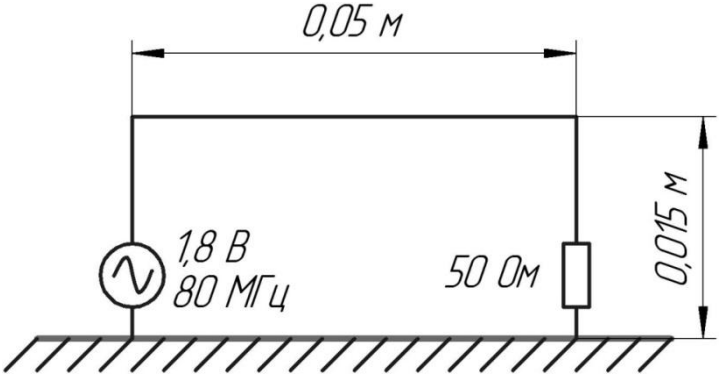
$$10\ мкВ\ \Rightarrow\ \frac{(10\ мкВ)^2}{50}=2\cdot10^{-12}\ Вт\ \Rightarrow\ 10\log\left(\frac{2\cdot10^{-9}\ мВт}{1\ мВт}\right)=-87\ дБм;$$

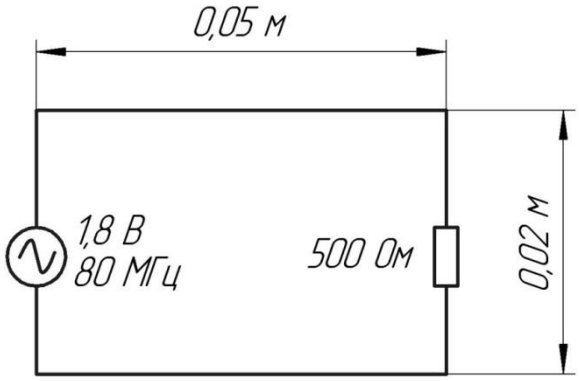
$$1\ В\ \Rightarrow\ \frac{(1\ В)^2}{50}=0{,}02\ Вт\ \Rightarrow\ 10\log\left(\frac{20\ мВт}{1\ мВт}\right)=13\ дБм;$$

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

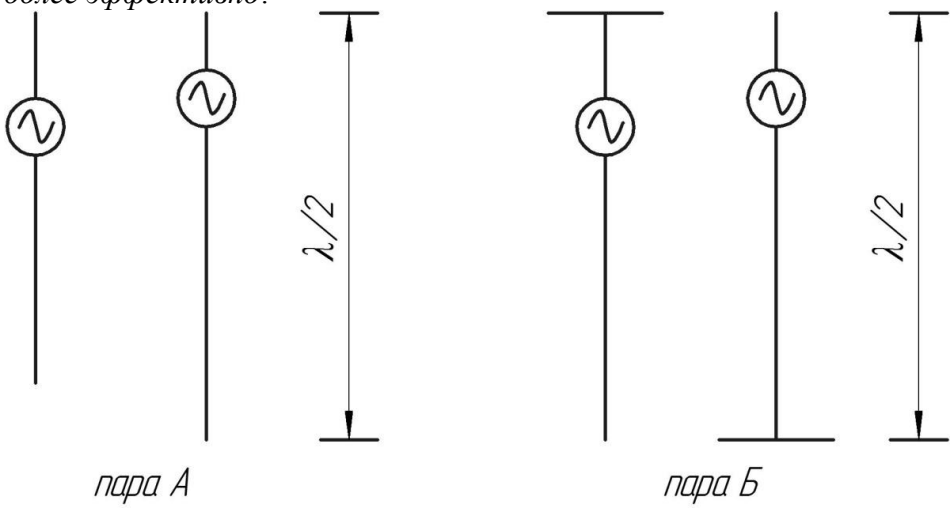
	$10\ \text{В} \Rightarrow \dfrac{(10\ \text{В})^2}{50} = 2\ \text{Вт} \Rightarrow 10\log\left(\dfrac{2000\ \text{мВт}}{1\ \text{мВт}}\right) = 33\ \text{дБм}.$
6	*Рассчитать перекрестные помехи между двумя 50-омными цепями.*  Для схемы, представленной на рисунке, величины $R_{S1} = R_{L1} = R_{S2} = R_{L2}$ равны 50 Ом. Предположим, что сопротивление возвратного проводника равно 0,1 Ом. В таком случае величина перекрестных помех составит $$x_{21} = 20\log\left[\frac{0{,}1}{50+50+0{,}1}\cdot\frac{50}{50}\right] = -60\ дБ.$$ 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.*  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

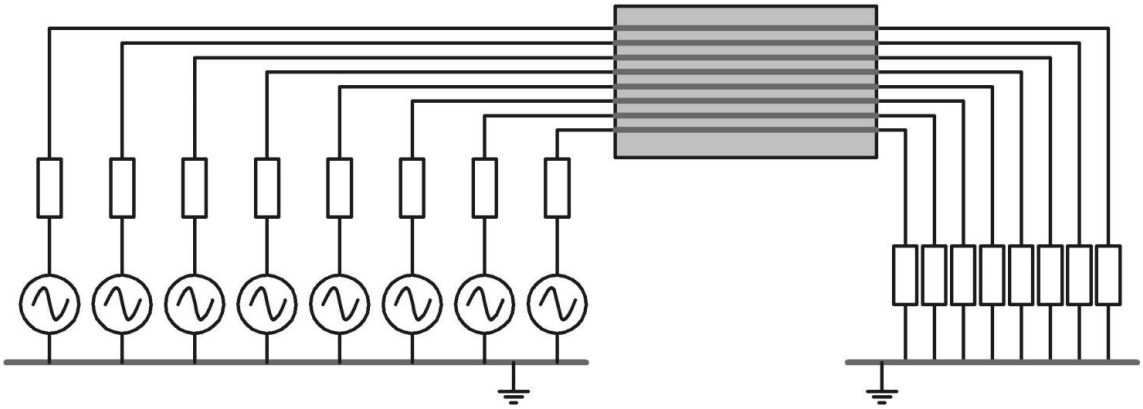
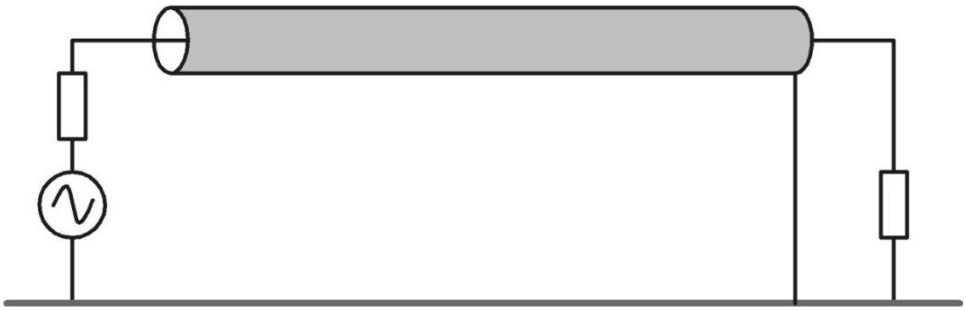
	$R_{ПРОВ} = 0,2\ м \cdot 1,1\ Ом / м = 0,22\ Ом$. Сопротивление пути через семь других нагрузочных резисторов и источников питания, подключенных параллельно, составит $$R_{2-1} = \frac{R_S + R_L + R_{ПРОВ}}{7} = \frac{10 + 50 + 0,22}{7} = 8,6\ Ом.$$ Таким образом, около 98 % всего тока будет протекать 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 $$x = 20\log\left[\frac{V_{RL2-1}}{V_{R1}}\right] = 20\log\left[\frac{0,181 \cdot I_1}{50 \cdot I_1}\right] = -49\ дБ.$$
8	*Определить величину перекрестных помех между двумя 150-омными цепями.*  *Для структуры, представленной на рисунке, длину сигнальных проводников принять равной 0,16 м, радиус проводников 0,8 мм, расстояние между проводниками 3 мм, высоту над проводящей плоскостью 4 мм. Величины* $R_{S1} = R_{S2} = 10$ *Ом,* $R_{L1} = R_{L2} = 150$ *Ом. Рассчитать уровень перекрестных помех из-за паразитной емкостной связи между этими цепями на частоте 50 МГц.* *Правильный ответ будет -34 дБ*
9	*Определить величину перекрестных помех между двумя 50-омными цепями.*  *Для структуры, представленной на рисунке, длину сигнальных проводников принять равной 0,16 м, радиус проводников 0,6 мм, расстояние между проводниками 5 мм,*

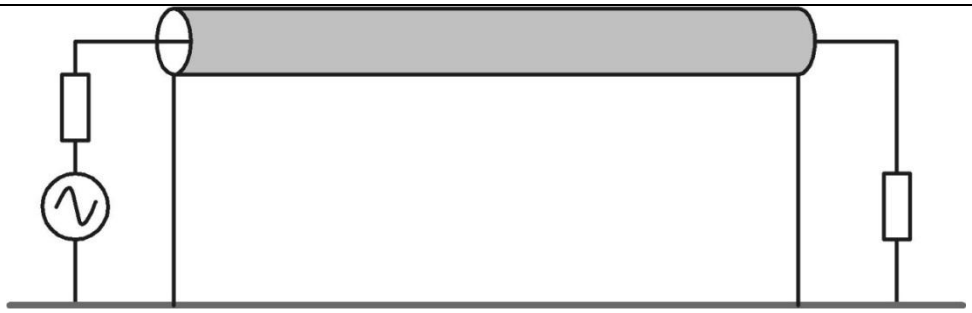
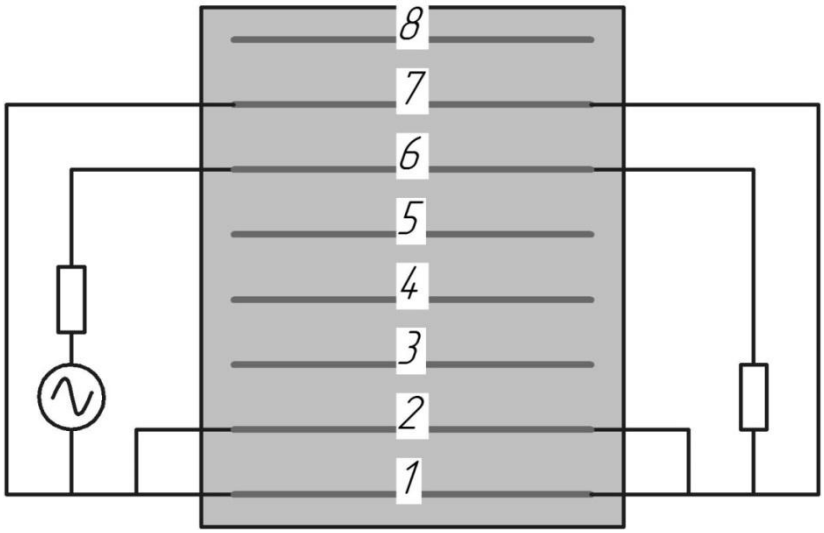
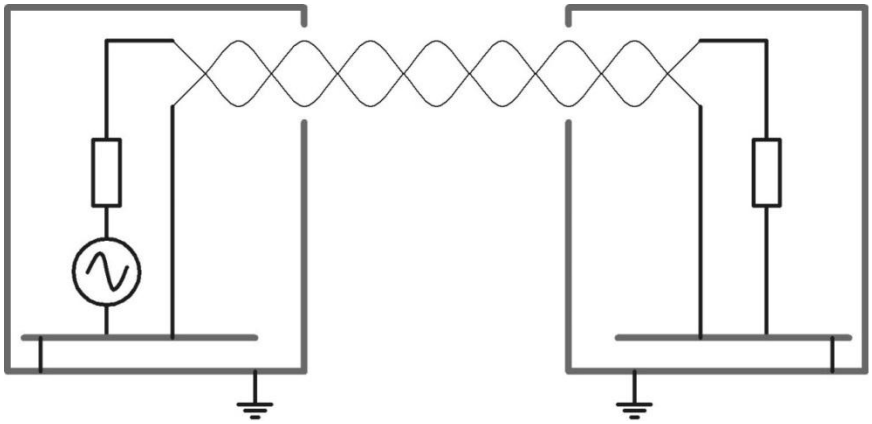
	высоту над проводящей плоскостью 20 мм. Величины $R_{S1} = R_{S2} = 10$ *Ом,* $R_{L1} = R_{L2} = 50$ *Ом. Рассчитать уровень перекрестных помех из-за паразитной индуктивной связи между этими цепями на частоте 10 МГц.* *Правильный ответ будет -60 дБ*
10	*Если напряженность излучаемого электрического поля 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?* *а) 40 дБмкВ/м;* *б) 30 дБмкВ/м; (верный ответ)* *в) 20 дБмкВ/м.*
11	*Вычислить максимальную напряженность излучаемого электромагнитного поля от цепи, представленной на рисунке. Радиус проводников принять равным 0,5 мм. Определить, удовлетворяет ли уровень помехоэмисии от этой цепи требованиям нормативов FCC класс B?*  Ответ: макс. напряженность составит 10 мкВ/м. Что соответствует требованиям нормативов FCC класс B
12	*Вычислить максимальную напряженность излучаемого электромагнитного поля от цепи, представленной на рисунке. Размеры заземляющего слоя принять равными* $0{,}1 \times 0{,}1$ *м, радиус проводника принять равным 0,5 мм. Определить, удовлетворяет ли уровень помехоэмисии от этой цепи требованиям нормативов FCC класс B?*  Ответ: макс. напряженность составит 14 мкВ/м. Что соответствует требованиям нормативов FCC класс B
13	*Рассчитать эффективность излучения электрически малой 500-омной цепи с размерами* $0{,}05 \times 0{,}03$ *м, представленной ранее на рисунке.*

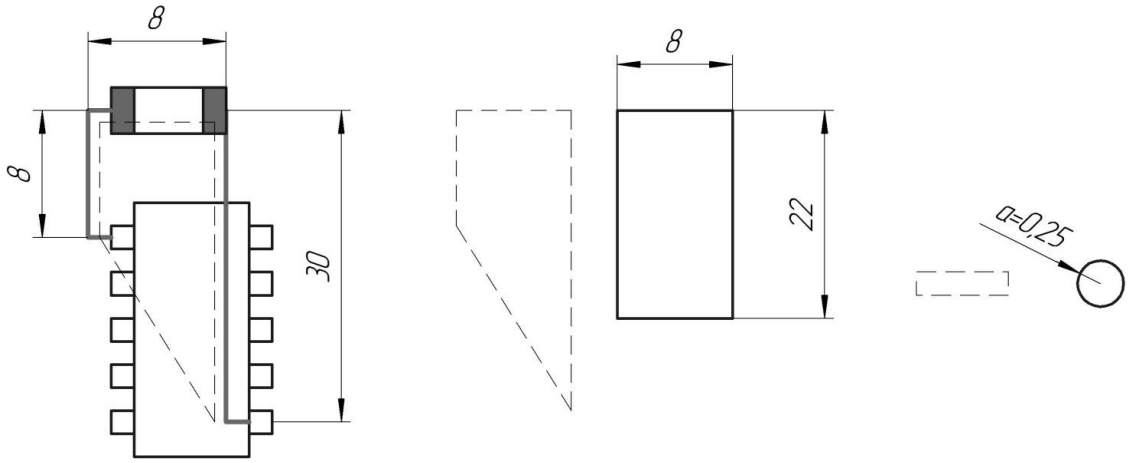
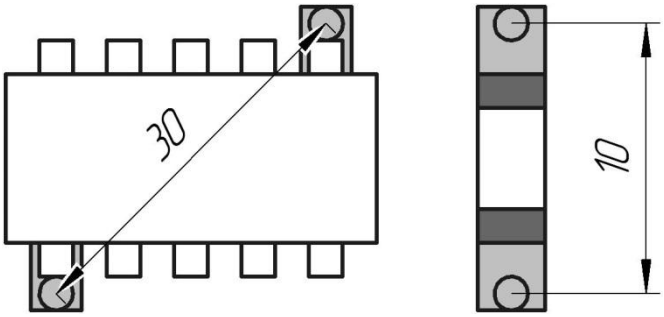
	 Ответ: эффективность излучения составит 35%
14	*Рассчитать излучаемую мощность полуволнового резонансного диполя без потерь, возбуждаемого источником напряжением 1 В. Определить максимальную напряженность излучаемого поля на расстоянии 3 м от антенны.* *Ответ: излучаемая мощность составит 10 мкВт. Максимальная напряженность составит 10 мкВ/м.*

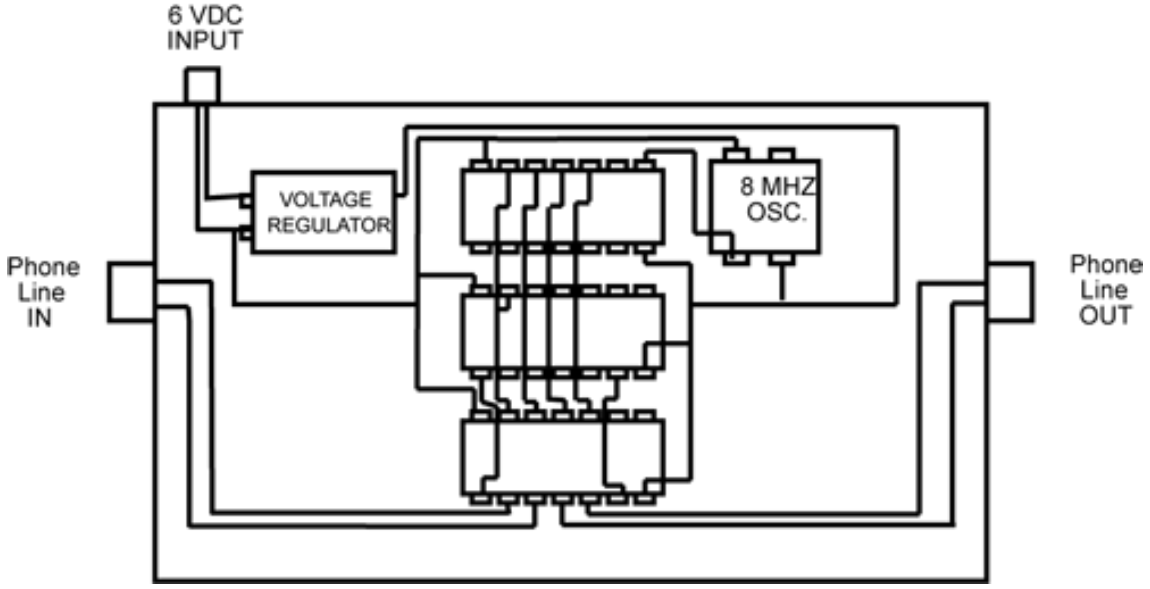
7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

№ п/п	Задания для решения прикладных задач
1	*Рассчитать эффективность излучения полуволнового симметричного вибратора с центральным возбуждением, сделанного из медного провода радиусом 0,5 мм на частоте 100 МГц.* *Ответ: эффективность составит 80%*
2	*Определить чему приблизительно равна частота излучения проводника длиной 0,25 м, присоединенного к крупному металлическому объекту и образующего четвертьволновую несимметричную антенну?* *Ответ: приблизительно 300 МГц*
3	*Определить, какая из антенн в каждой паре, представленных на рис. 4.13, излучает более эффективно?*  Ответ: в паре А – правая. В паре Б - правая

4	*Сравнить фактическое максимальное напряжение, наводимое полуволновым диполем в приемнике, имеющим входное сопротивление 500 Ом с расчетным значением по формуле* $V_{ПР} \approx \lvert E_{BX} \rvert l_{AH}$ Ответ: отклонение составит 0,4 дБ
5	*Сравнить фактическое максимальное напряжение, наводимое электрически коротким диполем в согласованном приемнике с расчетным значением по формуле* $V_{ПР} \approx \lvert E_{BX} \rvert l_{AH}$ Ответ: отклонение составит 1,2 дБ
6	*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?*  Ответ: «общий» провод необходимо пустить по тому же шлейфу, иначе возникает большая приемная петля; оболочку кабеля неоходимо заземлить, для создания 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)  г) Ответы: А) – по «общему» проводу заземления; Б) – по экранирующей оболочке кабеля; В) – равномерно по проводникам 1,2 и 7; Г) – по витой паре
8	*Определить эффективность экранирования листа из медной фольги толщиной 0,05 мм. Удельную электропроводность меди на частоте 100 МГц принять равной $5{,}81*10^{7}$ См/м, магнитную проницаемость принять равной $4\pi*10^{-7}$ Гн/м.* *Ответ: 80 дБ*
9	*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.*

	Ответ 20 дБ
10	*Итоговая эффективность экранирования корпуса, сделанного из материала ослабляющего плоскую волну на 60 дБ, будет:* *а) примерно 60 дБ;* *б) всегда меньше чем 60 дБ; (правильный ответ)* *в) обычно больше чем 60 дБ;* *г) иногда меньше чем 0 дБ.*
11	*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?* *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)*
12	*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.*  Ответ: 12 пикоФарад
13	*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 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.* 

	Ответ: 4 пикоФарад
14	*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.*  Ответ: - уменьшить проводники для тактового генератора - разнести дальше вход и систему регулирования напряжения питания - заполнить пустые места медными полигонами подключенным к «общему» минусовому проводу питания

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

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 электронных средствах, их электрические характеристики, уровень защиты от внешних помех.
17. Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС.
18. Спектр цифрового сигнала, модель линии передачи в печатной плате, влияние конструкторских факторов на целостность сигнала.
19. Дифференциальная передача сигнала как средство повышения помехозащищенности аппаратуры. Модель, модовый анализ и рекомендации по проектированию.
20. Помехи (перекрестные и отражения) в линиях передачи.
21. Механизм образования помех в шинах питания. Требования к параметрам шин питания, шины питания в многослойных печатных платах (МПП).
22. Развязывающие конденсаторы: выбор и установка
23. Роль экранирования в обеспечении ЭМС приборов. Разновидности задач экранирования.
24. Материалы, применяемые при экранировании.
25. Этапы проектирования экранов.
26. Электростатическое экранирование, магнитостатическое экранирование.
27. Электродинамическое экранирование, расчет электродинамического экрана. Рекомендации по электродинамическому экранированию
28. Неоднородности в экранах. Выполнение точек ввода воздуховодов и коммуникаций.
29. Фильтрация как метод подавления помех в цепях аппаратуры.
30. Классификация фильтров, их конструкции, области применения, рекомендации по выбору и установке.
31. Механизм работы ограничителей перенапряжений. Стабилитроны, варисторы, диоды, газоразрядные приборы − основные характеристики и области применения.
32. Статическое электричество и его влияние на электронику.
33. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.
34. Измерения помехоэмиссии, измерения помехозащищенности, измерение стойкости к кондуктивным помехам, измерение уровня кондуктивных помех. Условия тестирования и основное оборудование.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса, по одному по каждой из тем, и 3 задачи, по одной по каждой из тем. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 5 баллов, при допуске арифметической ошибки – 4 балла, при правильном ходе незаконченного решения – 3 балла, при продвижении в решении – 2 балла. Максимальное количество набранных баллов –18.

- оценка «неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.
- оценка «удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 9 баллов
- оценка «хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 10 до 15 баллов.
- оценка «отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 18 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-1	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ , защита курсового проекта
2	Межсистемная ЭМС	ПК-1	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ , защита курсового проекта
3	Внутрисистемная ЭМС.	ПК-1	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ , защита курсового проекта
4	Проектирование приборов с учетом ЭМС	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ , защита курсового проекта
5	Электромагнитное экранирование	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ , защита курсового проекта
6	Иные аспекты обеспечения ЭМС	ПК-3	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. Уиллямс, 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 экранирую-щие системы. − М.: ООО «Группа ИДТ», 2010. − 470 с.

8. Функциональная безопасность. Простое руководствопо 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/

Электронная информационно-обучающая система ВГТУ https://old.education.cchgeu.ru/

База данных ГОСТ https://docplan.ru/

Электронная библиотека www.elibrary.ru/

Электронная библиотечные системы https://www.iprbookshop.ru/ , https://e.lanbook.com/

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

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

Компьютерный класс, оснащенная ПЭВМ с установленным программным обеспечением

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Электромагнитные процессы в электронных средствах» читаются лекции, проводятся лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

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

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

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

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Студент должен выполнять этапы курсовой работы своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

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 удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомится с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	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.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

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