

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

«Электромагнитные процессы в электронных средствах»

Направление подготовки 11.03.03 Конструирование и технология
электронных средств

Профиль Проектирование и технология радиоэлектронных средств

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года /4 года 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2021 г.

Автор программы

М.А. Ромащенко

Заведующий кафедрой
конструирования и
производства
радиоаппаратуры

А.В. Башкиров

Руководитель ОПОП

А.А. Пирогов

Воронеж 2021

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель изучения дисциплины: изучение физических основ, принципов и основных направлений обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) электронных средств (ЭС); формирование базовых знаний и навыков электромагнитного проектирования ЭС с использованием системного подхода на базе широкого применения ЭВМ и систем автоматизированного проектирования (САПР).

1.2 Задачи освоения дисциплины:

- формирование целостной системы знаний о физической основе электромагнитных процессов в радиоэлектронных средствах (РЭС);
- изучение причин возникновения радиопомех, свойств и характеристик различных элементов ЭС, влияющих на процессы создания помех и помехоустойчивость;
- освоение методов и средств анализа показателей помехоустойчивости и ЭМС ЭС; изучение физических основ, принципов и основных направлений обеспечения ЭМС ЭС;
- изучение проблем и условий обеспечения и подтверждения требований ЭМС при разработке ЭС, ознакомление с соответствующими методиками испытаний и измерений, подтверждающими выполнение требований ЭМС;
- освоение практических приемов разработки РЭС с учетом обеспечения требований ЭМС;

формирование навыков применения полученных знаний для расчетов электромагнитных воздействий элементов и ЭС на этапе их проектирования с применением САПР.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

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

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 содержание проблемы ЭМС приборов, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания

	элементов и узлов приборов, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов
	уметь проводить анализ элементов и узлов приборов на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах приборов
	владеть экспериментальными исследованиями элементов и узлов приборов для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания программ испытаний и отчетов об их проведении
ПК-3	знать методики оценки показателей ЭМС в приборах, основные сведения в области испытаний и измерений в области 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 отладки элементов и узлов приборов по параметрам ЭМС и функциональной безопасности

4 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Электромагнитные процессы в электронных средствах» составляет 6 зачётных единиц.

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	+	+
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации – экзамен	27	27
Общая трудоемкость	час	216
	зач. ед.	6

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		4

Аудиторные занятия (всего)	12	12
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
Самостоятельная работа	195	195
Курсовая работа	+	+
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации – экзамен	9	9
Общая трудоемкость час	216	216
зач. ед.	6	6

5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС	Рассматривается проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции, приводятся примеры последствий не соблюдения требований ЭМС, регулирование в области ЭМС	2		2	7	11
2	Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.	Рассматривается система стандартизации в области ЭМС: международные стандарты, региональные стандарты, стандарты РФ, технические регламенты. Международные стандарты и региональные стандарты. Военные стандарты США. Стандарты в области функциональной безопасности.	2		4	7	13
3	Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.	Рассматриваются источники помех искусственного и техногенного происхождения, источники преднамеренных помех, рецепторы в виде чувствительной аппаратуры, механизм проникновения помех в ЭС. Дается характеристика основным методам обеспечения ЭМС: зонирование, рациональный монтаж, экранирование, заземление, фильтрация и ограничение. Указываются их особенности и возможности. .	2		2	7	11
4	Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.	Взаимодействие радиотехнических систем. Типы помеховых сигналов.	2		2	7	11
5	Распределение частот. Международ-	Международное регулирование в области распределения радиочастот,	2		2	7	11

	ные таблицы распределения частот.	таблицы распределения частот, частотные зоны.					
6	Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.	Элементная база цифровых быстродействующих систем. Излучение от цифровой аппаратуры	2		2	7	11
7	Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры	Помехи в радиоэлектронной аппаратуре. Аналоговая и цифровая аппаратура. Показатели быстродействия. Рассматривается поведение проводов и компонентов электронных схем на высоких частотах, изучаются их модели на высоких частотах, причины возникновения помех	2		2	7	11
8	Неидеальное поведение компонентов	Модели компонентов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Неидеальное поведение компонентов.	2		2	7	11
9	Провода и кабели в конструкциях ЭС	Рассматриваются основные типы проводных и кабельных межсоединений в ЭС, даются их электрические характеристики, оценивается уровень защиты от внешних помех, даются рекомендации по применению.	2		2	7	11
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Спектр цифрового сигнала, модель линии передачи в печатной плате, влияние конструкторских факторов на целостность сигнала. Дифференциальная передача сигнала как средство повышения помехозащищенности аппаратуры. Модель, модовый анализ и рекомендации по проектированию.	2		2	7	11
11	Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	Модели линий передачи, первичные и вторичные параметры линии, волновое сопротивление и его влияние на работу линии передачи. Помехи (перекрестные и отражения) в линиях передачи. Рассматриваются конструкции печатных плат, задачи обеспечения ЭМС и целостности сигнала, дается классификация помех в печатном монтаже быстродействующих ЭС. Механизм образования помех в шинах питания. Требования к параметрам шин питания, шины питания в многослойных печатных платах (МПП). Развязывающие конденсаторы: выбор и установка	4		4	9	17
12	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	Роль экранирования в обеспечении ЭМС ЭС. Разновидности задач экранирования. Материалы, применяемые при экранировании. Этапы проектирования экранов. Электростатическое экранирование, магнитостатическое экранирование. Классификация структуры поля. Понятие ближней и дальней зоны. Основные расчетные соотношения. Рекомендации по экранированию статических полей. Электродинамическое экранирование, рас-	4		4	9	17

		чет электродинамического экрана. Выполнение точек ввода воздухопроводов и коммуникаций. Рекомендации по электродинамическому экранированию.					
13	Фильтрация помех и ограничители перенапряжений	Фильтрация как метод подавления помех в цепях аппаратуры. Классификация фильтров, их конструкции, области применения, рекомендации по выбору и установке. Механизм работы ограничителей перенапряжений. Стабилитроны, варисторы, диоды, газоразрядные приборы – основные характеристики и области применения	4		4	8	16
14	Защита от электростатического разряда	Статическое электричество и его влияние на электронику. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.	2		4	7	13
15	Испытания и измерения в области ЭМС	Измерения помехоэмиссии, измерения помехозащищенности, измерение стойкости к кондуктивным помехам, измерение уровня кондуктивных помех. Условия тестирования и основное оборудование	2		4	7	13
Итого			36		42	111	189

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС	Рассматривается проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции, приводятся примеры последствий не соблюдения требований ЭМС, регулирование в области ЭМС	0,25		0,5	13	13,75
2	Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.	Рассматривается система стандартизации в области ЭМС: международные стандарты, региональные стандарты, стандарты РФ, технические регламенты. Международные стандарты и региональные стандарты. Военные стандарты США. Стандарты в области функциональной безопасности.	0,25		0,5	13	13,75
3	Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.	Рассматриваются источники помех искусственного и техногенного происхождения, источники преднамеренных помех, рецепторы в виде чувствительной аппаратуры, механизм проникновения помех в ЭС. Дается характеристика основным методам обеспечения ЭМС: зонирование, рациональный монтаж, экранирование, заземление, фильтрация и ограничение. Указываются их особенности и возможности.	0,25		0,5	13	13,75
4	Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.	Взаимодействие радиотехнических систем. Типы помеховых сигналов.	0,25		0,25	13	13,5
5	Распределение частот. Международные таблицы распределения	Международное регулирование в области распределения радиочастот, таблицы распределения частот, частотные зоны.	0,25		0,25	13	13,5

	частот.						
6	Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.	Элементная база цифровых быстродействующих систем. Излучение от цифровой аппаратуры	0,25		0,5	13	13,75
7	Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры	Помехи в радиоэлектронной аппаратуре. Аналоговая и цифровая аппаратура. Показатели быстродействия. Рассматривается поведение проводов и компонентов электронных схем на высоких частотах, изучаются их модели на высоких частотах, причины возникновения помех	0,25		0,5	13	13,75
8	Неидеальное поведение компонентов	Модели компонентов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Неидеальное поведение компонентов.	0,25		0,5	13	13,75
9	Провода и кабели в конструкциях ЭС	Рассматриваются основные типы проводных и кабельных межсоединений в ЭС, даются их электрические характеристики, оценивается уровень защиты от внешних помех, даются рекомендации по применению.	0,25		0,5	13	13,75
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Спектр цифрового сигнала, модель линии передачи в печатной плате, влияние конструкторских факторов на целостность сигнала. Дифференциальная передача сигнала как средство повышения помехозащищенности аппаратуры. Модель, модовый анализ и рекомендации по проектированию.	0,25		0,5	13	13,75
11	Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	Модели линий передачи, первичные и вторичные параметры линии, волновое сопротивление и его влияние на работу линии передачи. Помехи (перекрестные и отражения) в линиях передачи. Рассматриваются конструкции печатных плат, задачи обеспечения ЭМС и целостности сигнала, дается классификация помех в печатном монтаже быстродействующих ЭС. Механизм образования помех в шинах питания. Требования к параметрам шин питания, шины питания в многослойных печатных платах (МПП). Развязывающие конденсаторы: выбор и установка	0,5		1	13	14,5
12	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	Роль экранирования в обеспечении ЭМС ЭС. Разновидности задач экранирования. Материалы, применяемые при экранировании. Этапы проектирования экранов. Электростатическое экранирование, магнитостатическое экранирование. Классификация структуры поля. Понятие ближней и дальней зоны. Основные расчетные соотношения. Рекомендации по экранированию статических полей. Электродинамическое экранирование, расчет электродинамического экрана. Выполнение точек ввода воздухопроводов и коммуникаций. Рекомендации по электродинамическому экранированию.	0,5		1	13	14,5
13	Фильтрация помех и	Фильтрация как метод подавления помех	0,2		0,5	13	13,7

	ограничители перенапряжений	в цепях аппаратуры. Классификация фильтров, их конструкции, области применения, рекомендации по выбору и установке. Механизм работы ограничителей перенапряжений. Стабилитроны, варисторы, диоды, газоразрядные приборы – основные характеристики и области применения					
14	Защита от электростатического разряда	Статическое электричество и его влияние на электронику. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.	0,15		0,5	13	13,65
15	Испытания и измерения в области ЭМС	Измерения помехоэмиссии, измерения помехозащищенности, измерение стойкости к кондуктивным помехам, измерение уровня кондуктивных помех. Условия тестирования и основное оборудование	0,15		0,5	13	13,65
Итого			4		8	195	207

Практическая подготовка при освоении дисциплины учебным планом не предусмотрена.

5.2 Перечень лабораторных работ

Обеспечение электромагнитной совместимости методом уменьшения связи между проводниками.

Исследование магнитных помех.

Исследование электрических помех.

Определение эффективности экранирования.

Обеспечение электромагнитной совместимости путем оптимизации межблочных соединений

6 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 4 семестре для очной формы обучения и на 3 курсе для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы:

1. расчет электрической емкости печатного монтажа;
2. расчет индуктивности печатного монтажа;
3. расчет уровня перекрестных помех;
4. расчет помех по шинам питания;
5. расчет волнового сопротивления линии передачи;
6. расчет эффективности экранирования однородного экрана;
7. расчет эффективности экранирования неоднородного экрана.

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

Контрольные работы выполняются по следующим примерным тематикам:

1. Современные тенденции в обеспечении ЭМС;

2. Конструкции фильтров и их применение;
3. Обеспечение ЭМС в монтажных соединениях;
4. Конструкции помехозащищенных кабелей;
5. Методы испытаний ЭС на помехоэмиссию;
6. Методы испытаний ЭС на помехоустойчивость;
7. Технические регламенты РФ;
8. Стандартизация в области ЭМС, стандарты РФ;
9. Расчет электрофизических параметров монтажных соединений;
10. Подбор фильтров и ограничителей;
11. Расчет эффективности экранирования.

7 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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 содержание проблемы ЭМС приборов, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов приборов, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проводить анализ элементов и узлов приборов на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах приборов	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть экспериментальными исследованиями элементов и узлов приборов для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания программ испытаний и отчетов об их проведении	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	знать методики оценки показателей ЭМС в приборах, основные сведения в области испытаний и измерений в области ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности.	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь разрабатывать рекомендации по повышению помехоза-	Решение не менее половины прикладных	Выполнение работ в срок, предусмотр-	Невыполнение работ в срок, преду-

	щищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них.	задач в конкретной предметной области	ренный в рабочих программах	смотренный в рабочих программах
	владеть навыками отладки элементов и узлов приборов по параметрам ЭМС и функциональной безопасности	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	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 и заочной форм обучения по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	знать содержание проблемы ЭМС приборов, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов приборов, 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 элементов и узлов приборов на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах приборов	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 экспериментальными исследованиями элементов и узлов приборов для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания программ испытаний и отчетов об их проведении	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 приборах, основные сведения в области испытаний и измерений в области 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 ре-	Решение	Задачи решены	Продемонстр	Продемонстр	Задачи не

	комендации по повышению помехозащищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них.	стандартных практических задач	в полном объеме и получены верные ответы	ирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	ирован верный ход решения в большинстве задач	решены
	владеть навыками отладки элементов и узлов приборов 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. 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.

2. Переведите в дБ отношения следующих величин:

200 мкВ/м : 100 мкВ/м
300 мВ : 100 мВ
400 мА : 100 мА
500 мкА/м : 100 мкА/м
2 мкВт : 1 мкВт
3 мВт : 1 мВт
5 мВт : 1 мВт

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).

4. Выразите следующие соотношения в дБ:

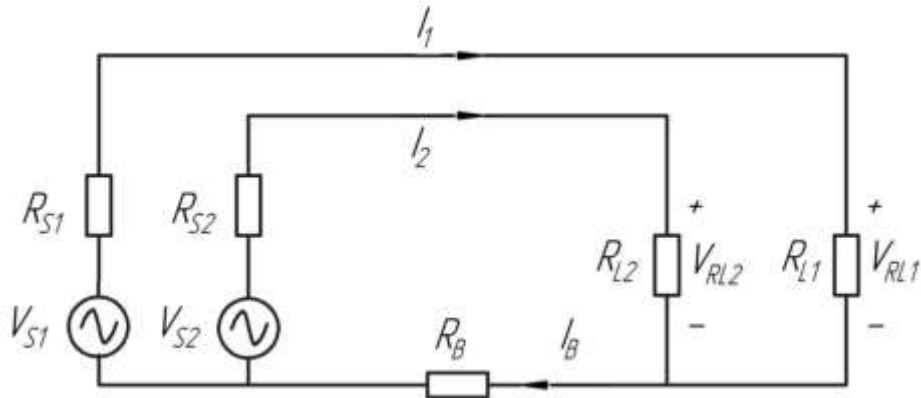
- 46 дБ(мкВ/м) : 40 дБ(мкВ/м)
- 50 дБ(мВ) : 40 дБ(мВ)
- 52 дБ(мА) : 40 дБ(мА)
- 54 дБ(мкА/м) : 40 дБ(мкА/м)
- 3 дБ(мкВт) : 0 дБ(мкВт)

7 дБ(мВт) : 3 дБ(мВт)

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

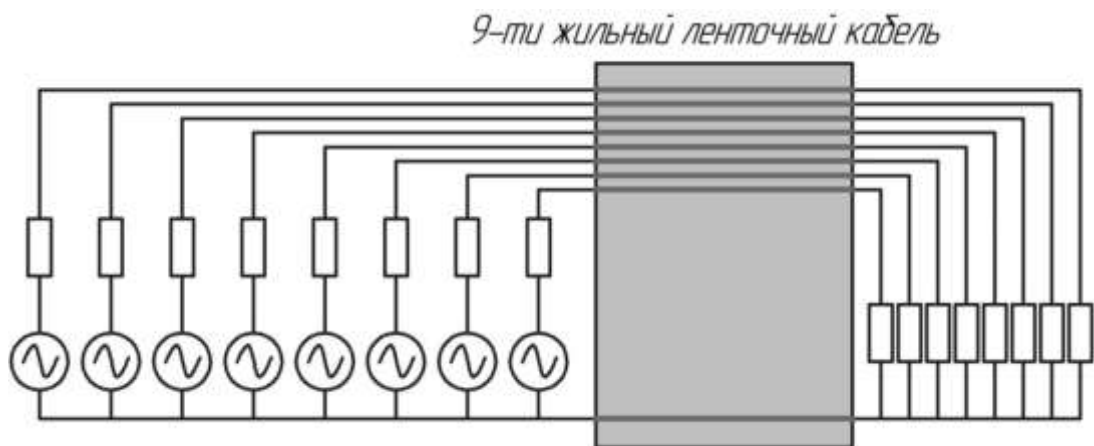
1 мкВ, 2 мкВ, 10 мкВ, 1В, 2В, 10 В.

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

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 $R_{ПРОВ} = 0,2 \text{ м} \cdot 1,1 \text{ Ом} / \text{м} = 0,22 \text{ Ом}$. Сопротивление пути через семь других нагрузочных резисторов и источников питания, подключенных параллельно, составит

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

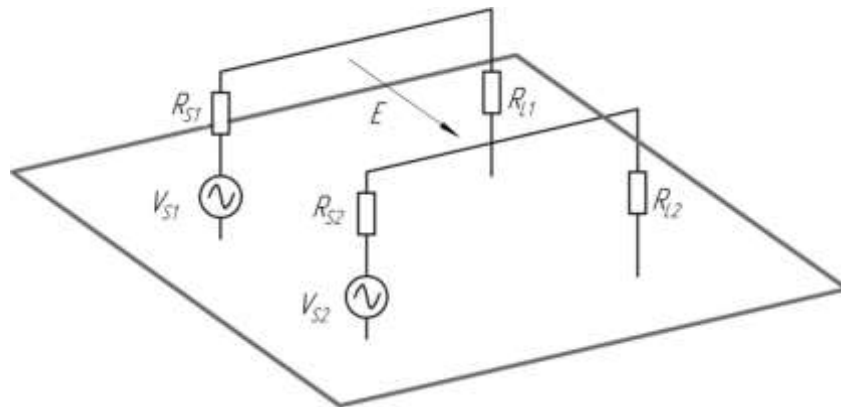
Таким образом, около 98 % всего тока будет протекать через общий возвратный проводник. Падение напряжения на возвратном проводнике составит $V_B = I_1 R_{ПРОВ}$. Напряжение, возникающее на любом другом нагрузочном резисторе, составит

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

Таким образом, перекрестные помехи могут быть выражены как

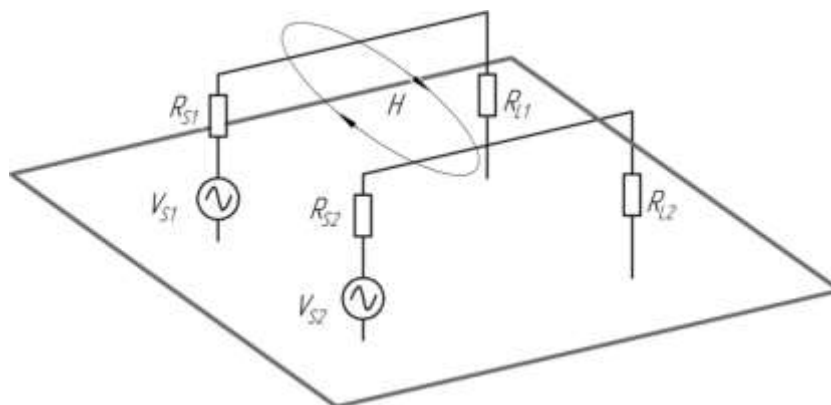
$$x = 20 \log \left[\frac{V_{RL2-1}}{V_{R1}} \right] = 20 \log \left[\frac{0,181 \cdot I_1}{50 \cdot I_1} \right] = -49 \text{ дБ}$$

8. Определить величину перекрестных помех между двумя 150-омными цепями.



Для структуры, представленной на рисунке, длину сигнальных проводников принять равной 0,16 м, радиус проводников 0,8 мм, расстояние между проводниками 3 мм, высоту над проводящей плоскостью 4 мм. Величины $R_{S1} = R_{S2} = 10 \text{ Ом}$, $R_{L1} = R_{L2} = 150 \text{ Ом}$. Рассчитать уровень перекрестных помех из-за паразитной емкостной связи между этими цепями на частоте 50 МГц.

9. Определить величину перекрестных помех между двумя 50-омными цепями.

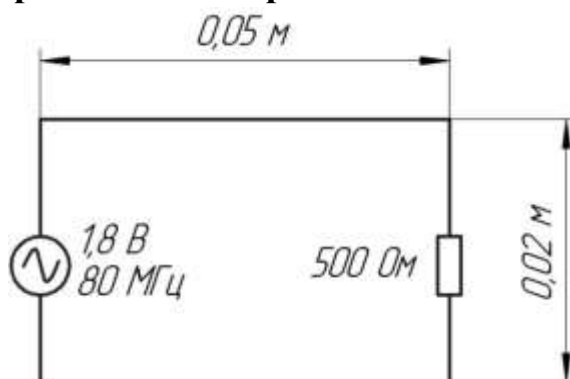


Для структуры, представленной на рисунке, длину сигнальных проводников принять равной 0,16 м, радиус проводников 0,6 мм, расстояние между проводниками 5 мм, высоту над проводящей плоскостью 20 мм. Величины $R_{S1} = R_{S2} = 10 \text{ Ом}$, $R_{L1} = R_{L2} = 50 \text{ Ом}$. Рассчитать уровень перекрестных помех из-за паразитной индуктивной связи между этими цепями на частоте 10 МГц.

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;
- в) 20 дБмкВ/м.

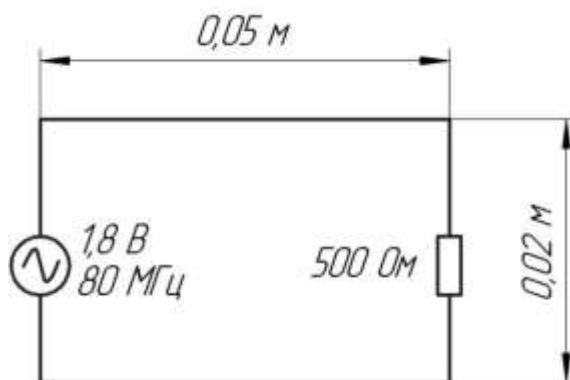
11. Вычислить максимальную напряженность излучаемого электромагнитного поля от цепи, представленной на рисунке. Радиус проводников принять равным 0,5 мм. Определить, удовлетворяет ли уровень помехоэмиссии от этой цепи требованиям нормативов FCC класс В?



12. Вычислить максимальную напряженность излучаемого электромагнитного поля от цепи, представленной на рисунке. Размеры заземляющего слоя принять равными $0,1 \times 0,1 \text{ м}$, радиус проводника принять равным 0,5 мм. Определить, удовлетворяет ли уровень помехоэмиссии от этой цепи требованиям нормативов FCC класс В?



13. Рассчитать эффективность излучения электрически малой 500-омной цепи с размерами $0,05 \times 0,03$ м, представленной ранее на рисунке.

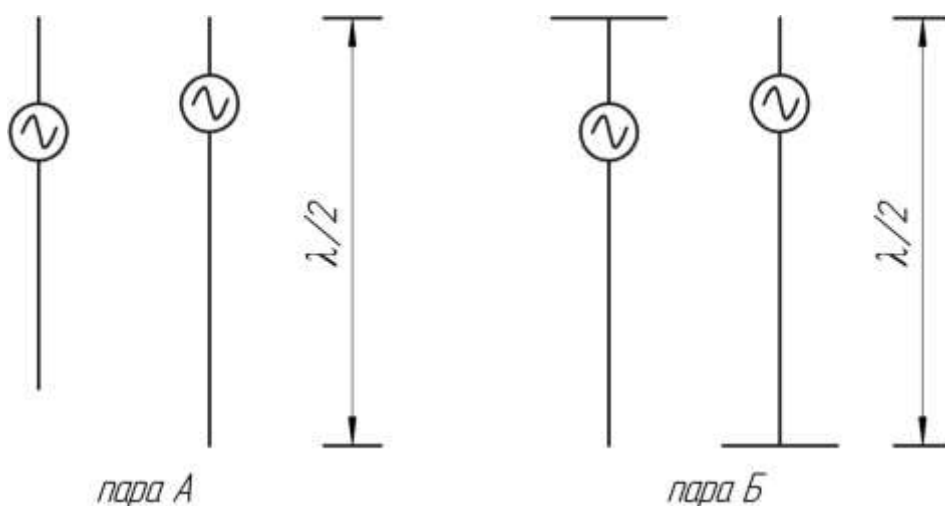


14. Рассчитать излучаемую мощность полуволнового резонансного диполя без потерь, возбуждаемого источником напряжением 1 В. Определить максимальную напряженность излучаемого поля на расстоянии 3 м от антенны.

15. Рассчитать эффективность излучения полуволнового симметричного вибратора с центральным возбуждением, сделанного из медного провода радиусом 0,5 мм на частоте 100 МГц.

16. Определить чему приблизительно равна частота излучения проводника длиной 0,25 м, присоединенного к крупному металлическому объекту и образующего четвертьволновую несимметричную антенну?

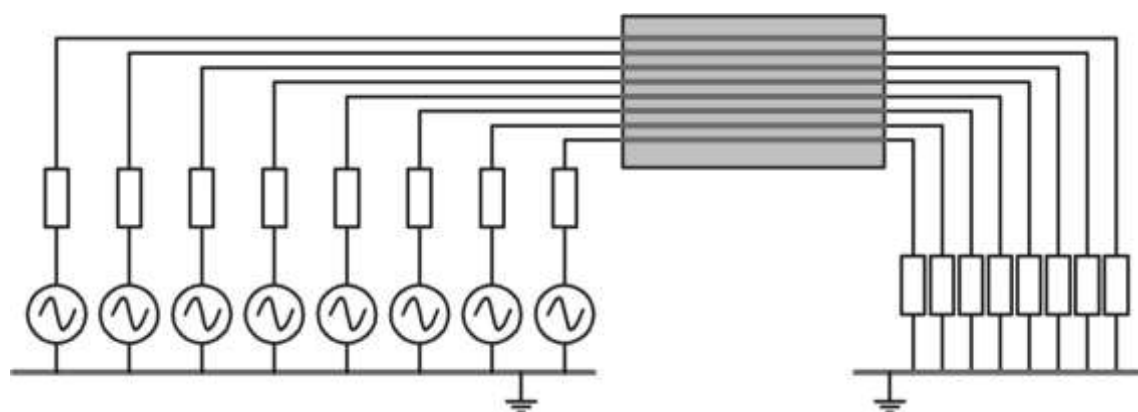
17. Определить, какая из антенн в каждой паре, представленных на рис. 4.13, излучает более эффективно?



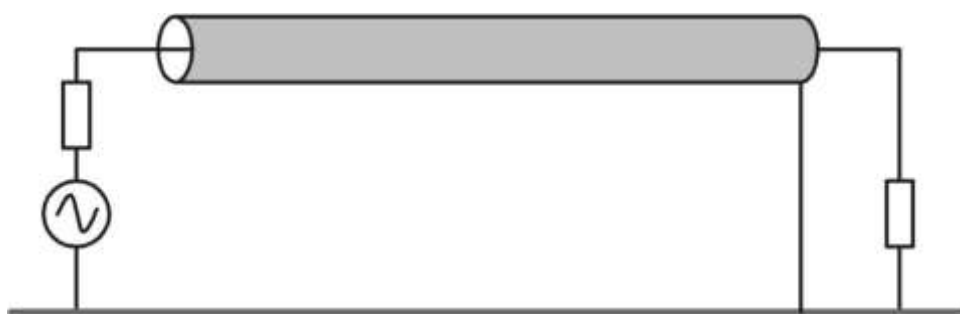
18. Сравнить фактическое максимальное напряжение, наводимое полу-волновым диполем в приемнике, имеющем входное сопротивление 500 Ом с расчетным значением по формуле $V_{\text{пр}} \approx |E_{\text{вх}}| l_{\text{ан}}$

19. Сравнить фактическое максимальное напряжение, наводимое электрически коротким диполем в согласованном приемнике с расчетным значением по формуле $V_{\text{пр}} \approx |E_{\text{вх}}| l_{\text{ан}}$

20. 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?



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

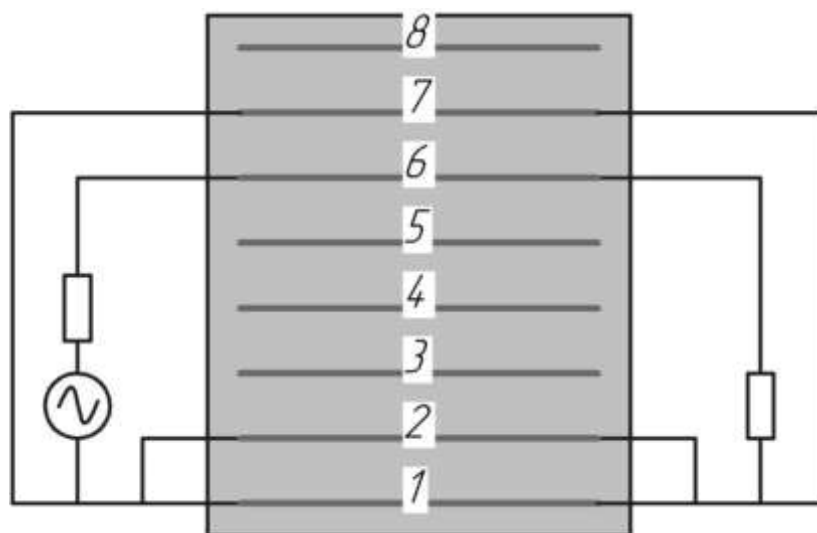


а)

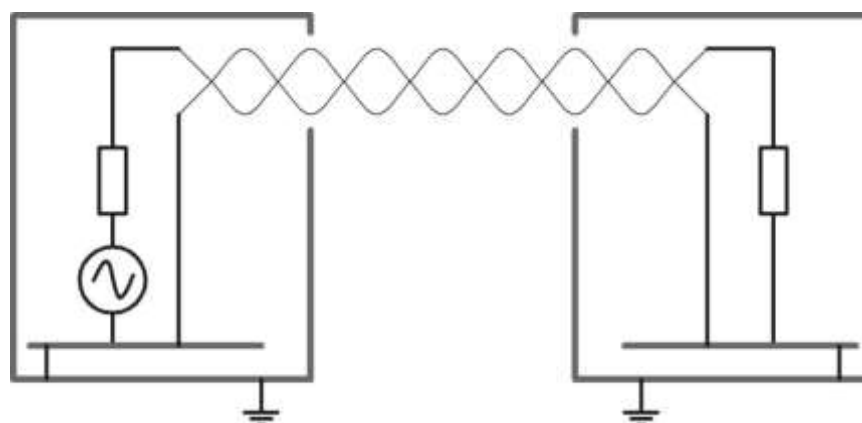
Рис. 5.6 (начало). Различные варианты исполнения линии передачи

Различные варианты исполнения линии передачи

б)



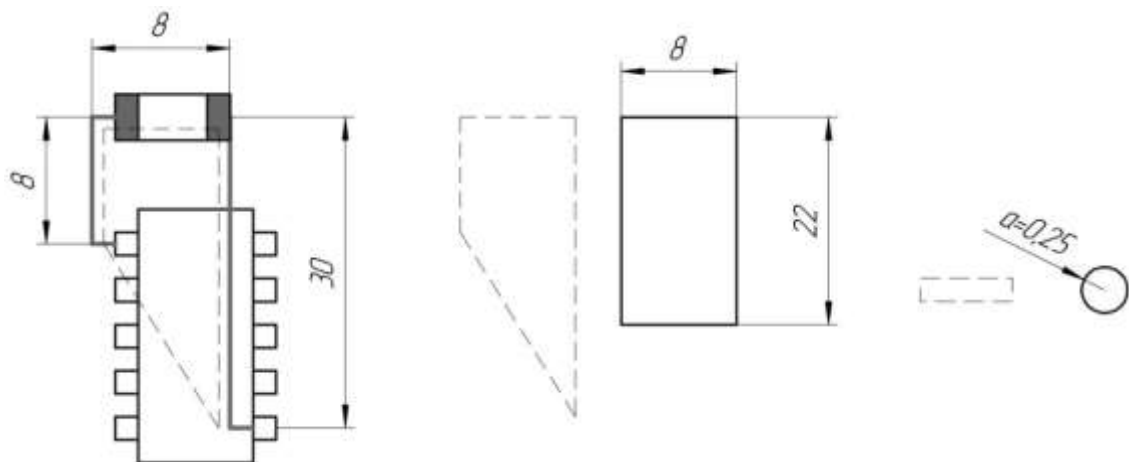
в)



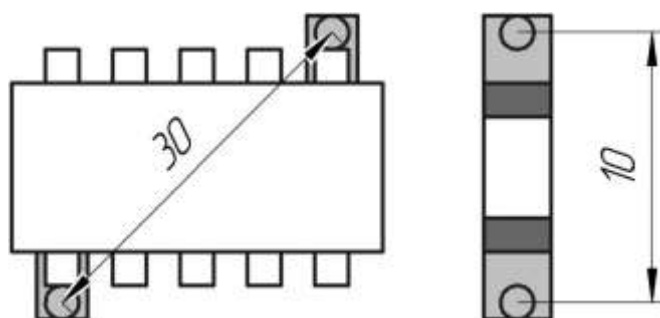
г)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Рассчитать электрическую емкость печатного монтажа.
2. Рассчитать индуктивность печатного монтажа.
3. Рассчитать уровень перекрестных помех.
4. Рассчитать уровень помех по шинам питания.
5. Рассчитать волновое сопротивление линии передачи.
6. Рассчитать эффективность экранирования однородного экрана.
7. Рассчитать эффективности экранирования неоднородного экрана.
8. 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.



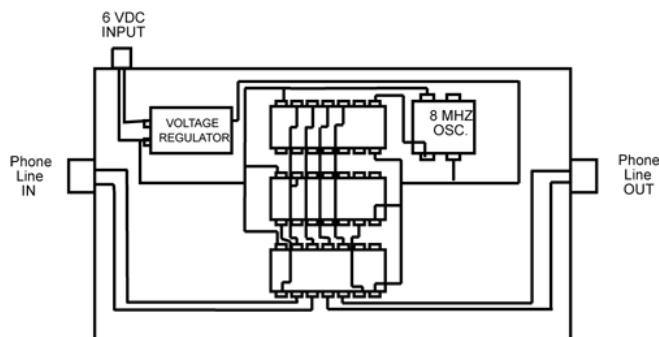
9. Для ПП с системой питания в виде слоев питания/заземления определить индуктивность соединения развязывающего конденсатора, подключенного к ИМС в соответствии с рисунком. DIP корпус ИМС и конденсатор располагаются на высоте 3 мм от ближайшего питающего слоя. Ширину печатных проводников принять равной 1 мм, диаметр переходных отверстий принять равным 1 мм. Собственным импедансом слоев питания/заземления пренебречь.



10. 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.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Рассчитать электрическую емкость печатного монтажа.
2. Рассчитать индуктивность печатного монтажа.
3. Рассчитать уровень перекрестных помех.
4. Рассчитать уровень помех по шинам питания.
5. Рассчитать волновое сопротивление линии передачи.
6. Рассчитать эффективность экранирования однородного экрана.
7. Рассчитать эффективности экранирования неоднородного экрана.
8. Определить эффективность экранирования листа из медной фольги толщиной 0,05 мм. Удельную электропроводность меди на частоте 100 МГц принять равной $5,81 \cdot 10^7$ См/м, магнитную проницаемость принять равной $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.
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.
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
 - 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.



7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету (не предусмотрен учебным планом)

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Цель и задачи курса. Основные понятия и определения предметной области «Электромагнитные процессы в ЭС».
2. Физические принципы электромагнитного экранирования.
3. Электромагнитная совместимость. Электромагнитные влияния.
4. Уровень помех. Помехоподавление. Логарифмические относительные характеристики.
5. Уровни помех. Степень передачи. Основные типы и возможные диапазоны значений электромагнитных помех. Узкополосные и широкополосные процессы.
6. Основные характеристики ЭС, влияющие на электромагнитную совместимость.
7. Характеристики передающих устройств. Антенные устройства и среда распространения.
8. Характеристики фидеров, влияющие на ЭМС. Характеристики антенных устройств, влияющие на ЭМС.
9. Характеристики среды распространения, влияющие на ЭМС. Излучение и прием корпусами ЭС, фидерами, соединениями.
10. Характеристики радиоприемных устройств.
11. Методы моделирования и экспериментального исследования характеристик ЭМС
12. Экспериментальные методы исследований. Особенности измерения характеристик ЭМС.
13. Стандартизация и метрологическое обеспечение измерений параметров ЭМС.
14. Натурные испытания. Методы моделирования.
15. Стендовые измерения и испытания. Измерение параметров радиопередающих
16. устройств, влияющих на ЭМС. Измерение параметров побочных излучений.
17. Измерение параметров внеполосных излучений. Измерение параметров
18. радиоприемных устройств, влияющих на ЭМС. Методы измерения промышленных помех. Измерение уровней промышленных помех.
19. Измерение восприимчивости ЭС к промышленным помехам.
20. Конструкции магнитостатических, электростатических и электромагнитных экранов.
21. Выбор материалов, покрытий.
22. Размещение жалюзи и перфорации в экране.
23. Элементы конструкции, обеспечивающие установку и съем экранов.
24. Роль электрических контактов.
25. Примеры конструкции экранов.
26. Конструирование оптимальных конструкции экранирующих устройств.
27. Сравнение эффективности экранирования экранов различных конструкций.
28. Особенности экранирования в различных частотных диапазонах.
29. Экранирование радиочастотных элементов и СВЧ устройств.
30. Электрогерметичность. Методы уменьшения массы экранов.

31. Использование несущих конструкций в качестве экранов.
32. Реакция экранов на внешние воздействия.
33. Влияние экранов на параметры экранируемых элементов.
34. Рекомендации по выбору оптимальных конструкции экранов элементов и узлов РЭА.
35. Компоновка СВЧ блоков радиоаппаратуры.
36. Компоновка и ЭМС устройств и антенн СВЧ.
37. Использование внутреннего объема аппаратуры.
38. Способы улучшения развязки между СВЧ элементами.
39. Методы электрогерметизации. Ремонтопригодность.
40. Примеры конструкций СВЧ блоков приемников и передатчиков.
41. Анализ ЭМС рассматриваемых (предложенных на экзамен) конструкций.

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.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 9 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 10 до 15 баллов.

4. 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	Наименование оценочного средства
1	Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе....
2	Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
3	Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи,

			защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
4	Методы обеспечения ЭМС РЭС	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
5	Методы размещения РЭС по заданной электромагнитной обстановке.	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
6	Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
7	Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
8	Неидеальное поведение компонентов	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
9	Провода и кабели в конструкциях ЭС	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
11	Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе

12	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
13	Фильтрация помех и ограничители перенапряжений	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
14	Защита от электростатического разряда	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
15	Испытания и измерения в области ЭМС	ПК-1, ПК-3	Тест, стандартные, прикладные задачи, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе

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 курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик 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. Электромагнитная совместимость: Электронный учебно-методический комплекс: учеб. пособие [Электронный ресурс]. - Полоцкий государственный университет: 2020. - 273 с. <https://e.lanbook.com/book/176974>
2. 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», 2015.
3. Антиликаторов А.Б. Моделирование и анализ побочных электромагнитных излучений при проектировании радиоэлектронных средств : учеб. пособие. - Воронеж : ВГТУ, 2004. - 100 с.
4. Быховский М.А. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. - М.: Эко-Трендз, 2006. - 376 с.
5. Пудовкин, А.П. Электромагнитная совместимость и помехозащищённость РЭС : учеб. пособие / А.П. Пудовкин, Ю.Н. Панасюк, Т.И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 92 с.
6. Кечиев Л.Н., Акбашев Б.Б., Степанов П.В. Экранирование технических средств и экранирующие системы. - М.: ООО «Группа ИДТ», 2010. - 470 с.
7. Повышение надежности РЭС при помощи моделирования параметров функционирования: методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Электромагнитные процессы в электронных средствах» для студентов направления 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: М.А. Ромащенко. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 14 с

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

Перечень ПО, включая перечень лицензионного программного обеспечения:

ОС Windows 7 Pro;
Media Player Classic Black Edition;
Google Chrome;
Microsoft Office 64-bit
Altium Designer

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к информационным ресурсам;
<http://www.edu.ru/> – федеральный портал «Российское образование»;

Образовательный портал ВГТУ;
<http://www.iprbookshop.ru/> – электронная библиотечная система IPRbooks;
www.elibrary.ru – научная электронная библиотека
Профессиональные базы данных, информационные справочные системы:
<http://www.kit-e.ru/> – Электронная версия журнала «Компоненты и технологии» и архив с 1999 года;
<http://window.edu.ru/resource/278/45278> – Федеральный портал «Инженерное образование»
<http://docplan.ru/> – бесплатная база ГОСТ

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

Учебная аудитория, укомплектованная следующим оборудованием:

- персональный компьютер с установленным ПО, подключенный к сети Интернет;
- доска магнитно-маркерная;
- мультимедийный проектор на кронштейне;
- экран настенный

Учебная аудитория (компьютерный класс), укомплектованная следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 11 шт.;
- принтер цветной лазерный;
- 3D принтер «Альфа-2»;
- доска магнитно-маркерная поворотная;
- цифровой осциллограф DS1052E – 3 шт.;
- анализатор спектра DSA815;
- генератор VC2002;
- источник питания DP832 – 4 шт.;
- источник питания HY 1503D 2 LCD – 6 шт.;
- мультиметр DM3058E – 3 шт.

Помещение (Читальный зал) для самостоятельной работы с выходом в сеть «Интернет» и доступом в электронно-библиотечные системы и электронно-информационную среду, укомплектованное следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 10 шт.;
- принтер;
- магнитно-маркерная доска;
- переносные колонки;
- переносной микрофон

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Электромагнитные процессы в электронных средствах» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

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

Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. Это – одна из важнейших форм учебного процесса и один из основных методов преподавания в вузе. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрителем, в его тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. В качестве ценного совета рекомендуется записывать не каждое слово лектора (иначе можно потерять мысль и начать писать автоматически, не вникая в смысл), а постараться понять основную мысль лектора, а затем записать, используя понятные сокращения.

- Практические занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.

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

- Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению 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 типовых расчетов;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к зачетам и экзаменам.

Кроме базовых учебников рекомендуется самостоятельно использовать имеющиеся в библиотеке учебно-методические пособия. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

При ознакомлении с каким-либо разделом рекомендуется прочитать его целиком, стараясь уловить общую логику изложения темы. При повторном чтении хорошо акцентировать внимание на ключевых вопросах и основных теоремах (формулах). Можно составить их краткий конспект.

Степень усвоения материала проверяется следующими видами контроля:

- текущий (опрос);
- рубежный (коллоквиум);
- промежуточный (курсовая работа, зачет, зачет с оценкой, экзамен).

Коллоквиум – форма итоговой проверки знаний студентов по определенным темам.

Зачет – форма проверки знаний и навыков, полученных на лекционных и практических занятиях. Сдача всех зачетов, предусмотренных учебным планом на данный семестр, является обязательным условием для допуска к экзаменационной сессии.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Экзамен – форма итоговой проверки знаний студентов.

Для успешной сдачи экзамена необходимо выполнить следующие рекомендации –готовиться к экзамену следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до экзамена. Данные перед экзаменом три-четыре дня эффективнее всего использовать для повторения.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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.
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, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению 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
1			
2			
3			