

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники
и электроники

_____/В.А. Небольсин /

30 августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины (модуля)

«Электромагнитные процессы в электронных средствах»

Направление подготовки (специальность) 11.03.03 – Конструирования и технология электронных средств

Профиль (специализация) Проектирование и технология радиоэлектронных средств

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2017 г.

Автор программы

_____/Ромашенко М.А./

Заведующий кафедрой
конструирования и производства
радиоаппаратуры

_____/Муратов А.В./

Руководитель ОПОП

_____/Муратов А.В./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Ознакомить студента с методами и средствами обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) при конструировании электронных средств (ЭС), приобретение компетенций для решения задач надежного функционирования в условиях действия на аппаратуру преднамеренных и непреднамеренных электромагнитных помех и работы аппаратуры в сложных электромагнитных средах.

1.2. Задачи освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: содержание проблемы ЭМС 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 в области ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности;

уметь: проводить анализ элементов и узлов ЭС на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах 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, написания программ испытаний и отчетов об их проведении, 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 учебного плана из части, формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплина изучается в третьем семестре.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

ПК-1 - способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;

ПК-2 - готовностью проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчеты.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	- знает содержание проблемы ЭМС приборов, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов приборов, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов; - умеет проводить анализ элементов и узлов приборов на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах приборов; - владеет экспериментальными исследованиями элементов и узлов приборов для

	определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания программ испытаний и отчетов об их проведении.
ПК-2	- знает 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; - умеет разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них; - владеет отладки элементов и узлов приборов по параметрам ЭМС и функциональной безопасности.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Электромагнитные процессы в электронных средствах» составляет 7 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		3
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	144	144
Курсовой проект		
Контроль	36	36
Вид промежуточной аттестации – экзамен		+
Общая трудоемкость час зач. ед.	252	252
	7	7

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС	3	1	1	2	9	
2	Нормативно-техническая документация в	3	1	1	2	9	

	области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.						
3	Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.	3	1	1	2	9	
4	Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.	3	1	1	2	9	
5	Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.	3	1	1	2	9	
6	Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.	3	1	1	2	9	
7	Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.	3	1	1	2	9	
8	Неидеальное поведение компонентов	3	1	1	2	9	
9	Провода и кабели в конструкциях ЭС	3	1	1	2	9	
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС	3	1	1	2	9	
11	Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	3	2	2	4	12	
12	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	3	2	2	4	12	
13	Фильтрация помех и ограничители перенапряжений	3	2	2	4	12	
14	Защита от электростатического разряда	3	1	1	2	9	
15	Испытания и измерения в области ЭМС	3	1	1	2	9	
Итого		18	18	36	144	252	

5.1 Лекции

Очная форма обучения

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
3 семестр		18
Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС		1
1	Рассматривается проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции, приводятся примеры последствий не соблюдения требований ЭМС, регулирование в области ЭМС	1
Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.		1
2	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.	1
Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.		1
3	Рассматриваются источники помех искусственного и техногенного	1

	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.	
Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.		1
4	Взаимодействие радиотехнических систем. Типы помеховых сигналов.	1
Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.		1
5	Международное регулирование в области распределения радиочастот, таблицы распределения частот, частотные зоны.	1
Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.		1
6	Элементная база цифровых быстродействующих систем. Излучение от цифровой аппаратуры.	1
Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.		1
7	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	1
Неидеальное поведение компонентов		1
8	Модели компонентов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Неидеальное поведение компонентов.	1
Провода и кабели в конструкциях ЭС		1
9	Рассматриваются основные типы проводных и кабельных межсоединений в ЭС, даются их электрические характеристики, оценивается уровень защиты от внешних помех, даются рекомендации по применению.	1
Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС		1
10	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.	1
Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления		2
11	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	2
Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование		2
12	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.	2

	Рекомендации по электродинамическому экранированию.	
Фильтрация помех и ограничители перенапряжений		2
13	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.	2
Защита от электростатического разряда		1
14	Статическое электричество и его влияние на электронику. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.	1
Испытания и измерения в области ЭМС		1
15	Измерения помехоэмиссии, измерения помехозащищенности, измерение стойкости к кондуктивным помехам, измерение уровня кондуктивных помех. Условия тестирования и основное оборудование	1
Итого		18

5.2 Практические занятия

Очная форма обучения

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
3 семестр		18
Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС		1
1	Рассматривается проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции, приводятся примеры последствий не соблюдения требований ЭМС, регулирование в области ЭМС	1
Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.		1
2	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.	1
Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.		1
3	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.	1
Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.		1
4	Взаимодействие радиотехнических систем. Типы помеховых сигналов.	1
Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.		1
5	Международное регулирование в области распределения радиочастот, таблицы распределения частот, частотные зоны.	1
Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.		1
6	Элементная база цифровых быстродействующих систем. Излучение от	1

	цифровой аппаратуры.	
Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.		1
7	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	1
Неидеальное поведение компонентов		1
8	Модели компонентов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Неидеальное поведение компонентов.	1
Провода и кабели в конструкциях ЭС		1
9	Рассматриваются основные типы проводных и кабельных межсоединений в ЭС, даются их электрические характеристики, оценивается уровень защиты от внешних помех, даются рекомендации по применению.	1
Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС		1
10	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.	1
Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления		2
11	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	2
Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование		2
12	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.	2
Фильтрация помех и ограничители перенапряжений		2
13	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.	2
Защита от электростатического разряда		1
14	Статическое электричество и его влияние на электронику. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.	1
Испытания и измерения в области ЭМС		1
15	Измерения помехоэмиссии, измерения помехозащищенности, измерение	1

	стойкости к кондуктивным помехам, измерение уровня кондуктивных помех. Условия тестирования и основное оборудование	
	Итого	18

5.3 Лабораторные работы

Очная форма обучения

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов
3 семестр		36
	Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.	2
	Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.	2
	Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.	4
2	Инструктаж по технике безопасности. Выполнение лабораторной работы №1	8
	Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.	2
	Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.	4
	Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.	2
6	Выполнение лабораторной работы №2	8
	Неидеальное поведение компонентов	2
	Провода и кабели в конструкциях ЭС	2
	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС	4
10	Выполнение лабораторной работы №3	8
	Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	4
	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	2
	Фильтрация помех и ограничители перенапряжений	2
14	Выполнение лабораторной работы №4	8
	Защита от электростатического разряда	2
	Испытания и измерения в области ЭМС	2
18	Выполнение лабораторной работы №5	4
Итого часов		36

5.4 Самостоятельная работа студента

Очная форма обучения

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
3 семестр			144
1	Самостоятельное изучение вопросов Основные понятия, термины и определения в области ЭМС	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
2	Самостоятельное изучение вопросов	Устный опрос, проверка	4

	Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции. Подготовка к практическому занятию №1 Подготовка к лаб.работе №1	конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	
3	Самостоятельное изучение вопросов Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех. Доработка и оформление практического занятия №1 Доработка и оформление лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
4	Самостоятельное изучение вопросов Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и при-емников, влияющие на параметры ЭМС. Подготовка к практическому занятию №2 Подготовка к защите лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
5	Самостоятельное изучение вопросов Распределение частот. Международные таблицы распределения частот. Доработка и оформление практического занятия №2 Подготовка к защите лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
6	Самостоятельное изучение вопросов Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов. Подготовка к практическому занятию №3 Подготовка к лаб.работе №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
7	Самостоятельное изучение вопросов Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппарату-ры. Доработка и оформление практического занятия №3 Доработка и оформление лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
8	Самостоятельное изучение вопросов Неидеальное поведение компонентов. Подготовка к практическому занятию №4 Подготовка к защите лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
9	Самостоятельное изучение вопросов Провода и кабели в конструкциях ЭС. Доработка и оформление практического занятия №4 Подготовка к защите лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
10	Самостоятельное изучение вопросов Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Подготовка к практическому занятию №5 Подготовка к лаб.работе №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
11	Самостоятельное изучение вопросов Понятие линии передачи. Модель	Устный опрос, проверка конспектов, написание	4

	элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления. Доработка и оформление практического занятия №5 Доработка и оформление лаб.работы №3	реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	
12	Самостоятельное изучение вопросов Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование. Подготовка к практическому занятию №6 Подготовка к защите лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
13	Самостоятельное изучение вопросов Фильтрация помех и ограничители перенапряжений. Доработка и оформление практического занятия №6 Подготовка к защите лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
14	Самостоятельное изучение вопросов Защита от электростатического разряда. Подготовка к практическому занятию №7 Подготовка к лаб.работе №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
15	Самостоятельное изучение вопросов Испытания и измерения в области ЭМС Доработка и оформление практического занятия №7 Доработка и оформление лаб.работы №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
Итого			144

Заочная форма обучения

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
3 семестр			223
1	Самостоятельное изучение вопросов Основные понятия, термины и определения в области ЭМС	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
2	Самостоятельное изучение вопросов Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции. Подготовка к практическому занятию №1 Подготовка к лаб.работе №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
3	Самостоятельное изучение вопросов Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех. Доработка и оформление практического занятия №1 Доработка и оформление лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4

4	Самостоятельное изучение вопросов Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и при-емников, влияющие на параметры ЭМС. Подготовка к практическому занятию №2 Подготовка к защите лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
5	Самостоятельное изучение вопросов Распределение частот. Международные таблицы распределения частот. Доработка и оформление практического занятия №2 Подготовка к защите лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
6	Самостоятельное изучение вопросов Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов. Подготовка к практическому занятию №3 Подготовка к лаб.работе №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
7	Самостоятельное изучение вопросов Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппарату-ры. Доработка и оформление практического занятия №3 Доработка и оформление лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
8	Самостоятельное изучение вопросов Неидеальное поведение компонентов. Подготовка к практическому занятию №4 Подготовка к защите лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
9	Самостоятельное изучение вопросов Провода и кабели в конструкциях ЭС. Доработка и оформление практического занятия №4 Подготовка к защите лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
10	Самостоятельное изучение вопросов Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Подготовка к практическому занятию №5 Подготовка к лаб.работе №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
11	Самостоятельное изучение вопросов Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления. Доработка и оформление практического занятия №5 Доработка и оформление лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
12	Самостоятельное изучение вопросов Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование. Подготовка к практическому занятию №6 Подготовка к защите лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4

13	Самостоятельное изучение вопросов Фильтрация помех и ограничители перенапряжений. Доработка и оформление практического занятия №6 Подготовка к защите лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
14	Самостоятельное изучение вопросов Защита от электростатического разряда. Подготовка к практическому занятию №7 Подготовка к лаб.работе №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
15	Самостоятельное изучение вопросов Испытания и измерения в области ЭМС Доработка и оформление практического занятия №7 Доработка и оформление лаб.работы №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
Итого			223

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

Курсовой проект выполняется по следующим примерным тематикам
 расчет электрической емкости печатного монтажа;
 расчет индуктивности печатного монтажа;
 расчет уровня перекрестных помех;
 расчет помех по шинам питания;
 расчет волнового сопротивления линии передачи;
 расчет эффективности экранирования однородного экрана;
 расчет эффективности экранирования неоднородного экрана.

Контрольные работы выполняются по следующим примерным тематикам
 современные тенденции в обеспечении ЭМС;
 конструкции фильтров и их применение;
 обеспечение ЭМС в монтажных соединениях;
 конструкции помехозащищенных кабелей;
 методы испытаний ЭС на помехоэмиссию;
 методы испытаний ЭС на помехоустойчивость;
 технические регламенты РФ;
 стандартизация в области ЭМС, стандарты РФ;
 расчет электрофизических параметров монтажных соединений;
 подбор фильтров и ограничителей;
 расчет эффективности экранирования.

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	знает 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
	умеет 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
	владеет 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-2	знает 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
	умеет разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них	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
	владеет 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 первом 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	знает 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 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
	умеет 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
	владеет экспериментальными исследованиями элементов и узлов приборов для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания	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

	программ испытаний и отчетов об их проведении					
ПК-2	знает 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 функционально й безопасности	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Проде монстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Проде монстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	умеет 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	Проде монстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Проде монстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеет отладки элементов и узлов приборов по параметрам ЭМС и функционально й безопасности	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Проде монстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Проде монстрирован 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. 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 ЭС.

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 ЭС, 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, модальный 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 ЭС. 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.

7.2.2 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.

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.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции
2. Регулирование в области ЭМС.
3. Система стандартизации в области ЭМС: международные стандарты, региональные стандарты, стандарты РФ, технические регламенты.
4. Стандарты в области функциональной безопасности.
5. Источники помех искусственного и техногенного происхождения
6. Источники преднамеренных помех, рецепторы в виде чувствительной аппаратуры.
7. Механизм проникновения помех в ЭС.
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 ЭС, 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, модальный 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 ЭС. 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 воздухопроводов 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.

7.2.5 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет 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

7.2.6 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-2	Тест
2	Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.	ПК-1, ПК-2	Тест
3	Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.	ПК-1, ПК-2	Тест
4	Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.	ПК-1, ПК-2	Тест
5	Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.	ПК-1, ПК-2	Тест
6	Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.	ПК-1, ПК-2	Тест
7	Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.	ПК-1, ПК-2	Тест
8	Неидеальное поведение	ПК-1, ПК-2	Тест

	компонентов		
9	Провода и кабели в конструкциях ЭС	ПК-1, ПК-2	Тест
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС	ПК-1, ПК-2	Тест
11	Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	ПК-1, ПК-2	Тест
12	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	ПК-1, ПК-2	Тест
13	Фильтрация помех и ограничители перенапряжений	ПК-1, ПК-2	Тест
14	Защита от электростатического разряда	ПК-1, ПК-2	Тест
15	Испытания и измерения в области ЭМС	ПК-1, ПК-2	Тест

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

Тестирование осуществляется, с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе фронтальным способом в аудитории. Не разрешается пользоваться интернетом, разрешается – калькулятором. Время тестирования 90 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации. В тест включается также решение стандартных задач и решение прикладных задач.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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», 2015.

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 элек-тричества. Учебное пособие для вузов. М.: Издательский Дом "Технологии", 2005. – 352 с.

5. ЭМС для систем и установок/Т. Уилльямс, К. Армстронг □ М.: Издательский Дом "Техноло-гии", 2004 г. □ 508 с.

6. Кечиев Л.Н., Степанов П.В. ЭМС и информационная безопасность в системах телекоммуникаций. □ М.: Издательский Дом "Технологии", 2005. – 320 с.

7. Кечиев Л.Н., Акбашев Б.Б., Степанов П.В. Экранирование технических средств и экранирующие системы. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2010. – 470 с.

8. Функциональная безопасность. Простое руководство по применению стандартов МЭК 61508 и связанных с ним стандартов/Д.Дж. Смит, К.Дж. Симпсон. – М.:Издательский Дом «Техноло-гии», 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, 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/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

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

Компьютерный класс, оснащенный ПЭВМ с установленным программным обеспечением

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

Приведены в Методических указаниях к самостоятельной работе по дисциплине "Электромагнитные процессы в электронных средствах" для студентов направления магистерской подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» очной и заочной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. М.А. Ромащенко. Воронеж, 2018. 26 с.

1. Лист регистрации изменений к РПД

№ п/п	Дата внесения изменений	Содержание изменений	Согласование		
			Руководитель ОПОП, д.т.н. профессор Муратов А.В.	Председатель методической комиссии факультета радиотехники и электроники	Декан факультета радиотехники и электроники, д.т.н., доцент Небольсин В.А.
1	24.11.2017	Актуализированы лицензионные соглашения на программное обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы.			
2	20.10.2018	Внесены изменения в перечень основной и дополнительной литературы дисциплин учебного плана, в связи с актуализацией и договоров с электронно-библиотечными системами «Elibrary»: Договор с ООО «РУНЭБ», «ЭБС ЛАНЬ», Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российская государственная библиотека».			

3	12.09.2019	Актуализированы лицензионные соглашения на программное обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы.			
4	10.10.2020	Внесены изменения в перечень основной и дополнительной литературы дисциплин учебного плана, в связи с актуализацией и договоров с электронно-библиотечными системами «Elibrary»: Договор с ООО «РУНЭБ», «ЭБС ЛАНЬ», Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российская государственная библиотека».			
5					
6					
7					