

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета В.А. Небольсин
«19» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)**

**Б1.В.ДВ.02.02 Моделирование и анализ электромагнитной совместимости
РЭС**

Направление подготовки 11.04.03 – Конструирование и технология
электронных средств

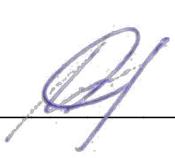
Магистерская программа Автоматизированное проектирование и технология
радиоэлектронных средств специального назначения

Квалификация выпускника Магистр

Нормативный период обучения 2 года / 2 года 3 месяца

Форма обучения Очная / Заочная

Год начала подготовки 2020 г.

Автор программы  /Ромащенко М.А./

Заведующий кафедрой
конструирования и производства
радиоаппаратуры  /Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП  /Муратов А.В./

Воронеж 2020

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Ознакомить студента с методами и средствами моделирования и анализа электромагнитной совместимости (ЭМС) при конструировании радиоэлектронных средств (РЭС), 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 появления электромагнитных помех в системе распределения питания электронной аппаратуры; структуру, параметры и характеристики системы распределения питания;

уметь: выполнять развязку в системе распределения питания; проводить размещение и монтаж компонентов помехоподавления;

иметь навыки работы со стратегией подавления помех в системах распределения питания при проектировании печатных узлов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Моделирование и анализ электромагнитной совместимости РЭС» 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 «Моделирование и анализ электромагнитной совместимости РЭС» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - проектировать функциональные блоки, модули, устройства, системы и комплексы электронных средств с учетом заданных требований.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	Знает содержание проблемы ЭМС РЭС, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов РЭС, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру

	помехоподавляющих компонентов; методики оценки показателей ЭМС в РЭС, основные сведения в области испытаний и измерений в области ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности Умеет проводить анализ элементов и узлов РЭС на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах РЭС, разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности РЭС и снижению уровня помехоэмиссии от них Владеет экспериментальными исследованиями элементов и узлов РЭС для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания программ испытаний и отчетов об их проведении, отладки элементов и узлов РЭС по параметрам ЭМС и функциональной безопасности.
--	--

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование и анализ электромагнитной совместимости РЭС» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		3
Аудиторные занятия (всего)	63	63
В том числе:		
Лекции	9	9
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	81	81
Курсовой проект		+
Контроль	36	36
Вид промежуточной аттестации – экзамен		+
Общая трудоемкость	час	180
	зач. ед.	5

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		4
Аудиторные занятия (всего)	16	16
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
Самостоятельная работа	155	155
Курсовой проект		+
Контроль	9	9
Вид промежуточной аттестации – экзамен		+
Общая трудоемкость	час	180
	зач. ед.	5

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	Электромагнитные помехи в системе распределения питания электронной аппаратуры	3	1	2	6	13	
2	Структура, параметры и характеристики системы распределения питания	3	2	4	6	17	
3	Развязка в системе распределения питания	3	2	4	6	17	
4	Размещение и монтаж компонентов помехоподавления	3	2	4	9	17	
5	Стратегия подавления помех в системах распределения питания при проектировании печатных узлов	3	2	4	9	17	
Итого			9	18	36	81	180

Заочная 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	Электромагнитные помехи в системе распределения питания электронной аппаратуры	3	0,5		1,5	31	
2	Структура, параметры и характеристики системы распределения питания	3	0,5		1,5	31	
3	Развязка в системе распределения питания	3	1		3	31	
4	Размещение и монтаж компонентов помехоподавления	3	1		3	31	
5	Стратегия подавления помех в системах распределения питания при проектировании печатных узлов	3	1		3	31	
Итого			4		12	155	180

5.1 Лекции

Очная форма обучения

	Тема и содержание лекции	Объем часов
3 семестр		9
Электромагнитные помехи в системе распределения питания электронной аппаратуры		1
1	Электромагнитные помехи. Внутрисистемная ЭМС. Состав системы распределения питания. Синхронные коммутационные помехи. Программирование режима потребления. Особенности возникновения помех в СРП ASIC.	1
Структура, параметры и характеристики системы распределения питания.		2
2	Структура системы распределения питания. Полное сопротивление системы распределения питания. Индуктивность шины питания. Параметры выводов корпусов ИМС. Индуктивность топологических сегментов цепей питания в МПП. Планарный конденсатор и его параметры	2
Развязка в системе распределения питания.		2
3	Параметры развязывающих конденсаторов. Частотные характеристики развязывающих конденсаторов. Выбор развязывающих конденсаторов. Конструкции развязывающих конденсаторов. Индуктивности и LC-фильтры в цепях питания.	2
Размещение и монтаж компонентов помехоподавления.		2
4	Влияние параметров монтажа развязывающих конденсаторов. Требования к монтажу компонентов помехоподавления. Рекомендации по размещению развязывающих конденсаторов. Выбор местоположения конденсаторов для улучшения локальной развязки. Правила монтажа конденсаторов. Установка проходных	2

	конденсаторов. Уменьшение площади под конденсаторы.	
Стратегия подавления помех в системах распределения питания при проектировании печатных узлов.		2
5	Методика определения емкости конденсаторов СРП. Уточнение емкости развязывающих конденсаторов для СБИС. Обоснование проектных решений. Техника проектирования СРП. Методика формирования профиля полного сопротивления для БИС.	2
Итого		9

Заочная форма обучения

	Тема и содержание лекции	Объем часов
3 семестр		4
Электромагнитные помехи в системе распределения питания электронной аппаратуры		0,5
1	Электромагнитные помехи. Внутрисистемная ЭМС. Состав системы распределения питания. Синхронные коммутационные помехи. Программирование режима потребления. Особенности возникновения помех в СРП ASIC.	0,5
Структура, параметры и характеристики системы распределения питания.		0,5
2	Структура системы распределения питания. Полное сопротивление системы распределения питания. Индуктивность шины питания. Параметры выводов корпусов ИМС. Индуктивность топологических сегментов цепей питания в МПП. Планарный конденсатор и его параметры	0,5
Развязка в системе распределения питания.		1
3	Параметры развязывающих конденсаторов. Частотные характеристики развязывающих конденсаторов. Выбор развязывающих конденсаторов. Конструкции развязывающих конденсаторов. Индуктивности и LC-фильтры в цепях питания.	1
Размещение и монтаж компонентов помехоподавления.		1
4	Влияние параметров монтажа развязывающих конденсаторов. Требования к монтажу компонентов помехоподавления. Рекомендации по размещению развязывающих конденсаторов. Выбор местоположения конденсаторов для улучшения локальной развязки. Правила монтажа конденсаторов. Установка проходных конденсаторов. Уменьшение площади под конденсаторы.	1
Стратегия подавления помех в системах распределения питания при проектировании печатных узлов.		1
5	Методика определения емкости конденсаторов СРП. Уточнение емкости развязывающих конденсаторов для СБИС. Обоснование проектных решений. Техника проектирования СРП. Методика формирования профиля полного сопротивления для БИС.	1
Итого		4

5.2 Практические занятия

Очная форма обучения

	Тема и содержание практического занятия	Объем часов
3 семестр		18
Электромагнитные помехи в системе распределения питания электронной аппаратуры		2
1	Электромагнитные помехи. Внутрисистемная ЭМС. Состав системы распределения питания. Синхронные коммутационные помехи. Программирование режима потребления. Особенности возникновения помех в СРП ASIC.	2
Структура, параметры и характеристики системы распределения питания.		4
2	Структура системы распределения питания. Полное сопротивление системы распределения питания. Индуктивность шины питания. Параметры выводов корпусов ИМС. Индуктивность топологических сегментов цепей питания в МПП. Планарный конденсатор и его параметры	4
Развязка в системе распределения питания.		4
3	Параметры развязывающих конденсаторов. Частотные характеристики развязывающих конденсаторов. Выбор развязывающих конденсаторов. Конструкции развязывающих конденсаторов. Индуктивности и LC-фильтры в цепях питания.	4
Размещение и монтаж компонентов помехоподавления.		4
4	Влияние параметров монтажа развязывающих конденсаторов. Требования к монтажу компонентов помехоподавления. Рекомендации по размещению развязывающих конденсаторов. Выбор местоположения конденсаторов для улучшения локальной развязки. Правила монтажа конденсаторов. Установка проходных конденсаторов. Уменьшение площади под конденсаторы.	4
Стратегия подавления помех в системах распределения питания при проектировании печатных узлов.		4
5	Методика определения емкости конденсаторов СРП. Уточнение емкости развязывающих конденсаторов для СБИС. Обоснование проектных решений. Техника проектирования СРП. Методика формирования профиля полного сопротивления для БИС.	4
Итого		18

Заочная форма обучения

Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

5.3 Лабораторные работы

Очная форма обучения

	Наименование лабораторной работы	Объем часов
--	----------------------------------	-------------

3 семестр		36
Электромагнитные помехи в системе распределения питания электронной аппаратуры.		6
1	Инструктаж по технике безопасности. Выполнение лабораторной работы №1	6
Структура, параметры и характеристики системы распределения питания.		6
2	Выполнение лабораторной работы №2	6
Развязка в системе распределения питания		6
3	Выполнение лабораторной работы №3	6
Размещение и монтаж компонентов помехоподавления		9
4	Выполнение лабораторной работы №4	9
Стратегия подавления помех в системах распределения питания при проектировании печатных узлов		9
5	Выполнение лабораторной работы №5	9
Итого часов		36

Заочная форма обучения

	Наименование лабораторной работы	Объем часов
3 семестр		12
Электромагнитные помехи в системе распределения питания электронной аппаратуры.		1,5
1	Инструктаж по технике безопасности. Выполнение лабораторной работы №1	1,5
Структура, параметры и характеристики системы распределения питания.		1,5
2	Выполнение лабораторной работы №2	1,5
Развязка в системе распределения питания		3
3	Выполнение лабораторной работы №3	3
Размещение и монтаж компонентов помехоподавления		3
4	Выполнение лабораторной работы №4	3
Стратегия подавления помех в системах распределения питания при проектировании печатных узлов		3
5	Выполнение лабораторной работы №5	3
Итого часов		12

5.4 Самостоятельная работа студента

Очная форма обучения

	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
3 семестр			81
1	Самостоятельное изучение вопросов Электромагнитные помехи. Внутрисистемная ЭМС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада,	5

		дополнительные вопросы на экзамене	
2	Самостоятельное изучение вопросов Состав системы распределения питания. Синхронные коммутационные помехи. Подготовка к практическому занятию №1 Подготовка к лаб.работе №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	5
3	Самостоятельное изучение вопросов Программирование режима потребления. Особенности возникновения помех в СРП ASIC. 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	5
4	Самостоятельное изучение вопросов Структура системы распределения питания. Полное сопротивление системы распределения питания. 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	5
5	Самостоятельное изучение вопросов Индуктивность шины питания. Параметры выводов корпусов ИМС. 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	5
6	Самостоятельное изучение вопросов Индуктивность топологических сегментов цепей питания в МПП. Планарный конденсатор и его параметры. Подготовка к практическому занятию №3 Подготовка к лаб.работе №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	5
7	Самостоятельное изучение вопросов Параметры развязывающих конденсаторов. 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	5
8	Самостоятельное изучение вопросов Частотные характеристики развязывающих конденсаторов. Выбор развязывающих конденсаторов. 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	5
9	Самостоятельное изучение вопросов Конструкции развязывающих конденсаторов. Индуктивности и LC-	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада,	5

	фильтры в цепях питания. Доработка и оформление практического занятия №4 Подготовка к защите лаб.работы №2	дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	
10	Самостоятельное изучение вопросов Влияние параметров монтажа развязывающих конденсаторов. Требования к монтажу компонентов помехоподавления. Рекомендации по размещению развязывающих конденсаторов. Подготовка к практическому занятию №5 Подготовка к лаб.работе №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	6
11	Самостоятельное изучение вопросов Выбор местоположения конденсаторов для улучшения локальной развязки. Правила монтажа конденсаторов. 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	6
12	Самостоятельное изучение вопросов Установка проходных конденсаторов. Уменьшение площади под конденсаторы. 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	6
13	Самостоятельное изучение вопросов Методика определения емкости конденсаторов СРП. 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	6
14	Самостоятельное изучение вопросов Уточнение емкости развязывающих конденсаторов для СБИС. Обоснование проектных решений. Подготовка к практическому занятию №7 Подготовка к лаб.работе №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	6
15	Самостоятельное изучение вопросов Техника проектирования СРП. Методика формирования профиля полного сопротивления для БИС. 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	6
Итого			81

Заочная форма обучения

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
3 семестр			155
1	Самостоятельное изучение вопросов Электромагнитные помехи. Внутрисистемная ЭМС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	10
2	Самостоятельное изучение вопросов Состав системы распределения питания. Синхронные коммутационные помехи. Подготовка к практическому занятию №1 Подготовка к лаб.работе №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	10
3	Самостоятельное изучение вопросов Программирование режима потребления. Особенности возникновения помех в СРП ASIC. 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	10
4	Самостоятельное изучение вопросов Структура системы распределения питания. Полное сопротивление системы распределения питания. 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	10
5	Самостоятельное изучение вопросов Индуктивность шины питания. Параметры выводов корпусов ИМС. 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	10
6	Самостоятельное изучение вопросов Индуктивность топологических сегментов цепей питания в МПП. Планарный конденсатор и его параметры. Подготовка к практическому занятию №3 Подготовка к лаб.работе №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	10
7	Самостоятельное изучение вопросов Параметры развязывающих конденсаторов. 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	10
8	Самостоятельное изучение вопросов Частотные характеристики развязывающих конденсаторов. Выбор развязывающих конденсаторов.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на	10

	Подготовка к практическому занятию №4 Подготовка к защите лаб.работы №2	экзамене, отчет по лаб.работе	
9	Самостоятельное изучение вопросов Конструкции развязывающих конденсаторов. Индуктивности и LC-фильтры в цепях питания. 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	10
10	Самостоятельное изучение вопросов Влияние параметров монтажа развязывающих конденсаторов. Требования к монтажу компонентов помехоподавления. Рекомендации по размещению развязывающих конденсаторов. Подготовка к практическому занятию №5 Подготовка к лаб.работе №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	10
11	Самостоятельное изучение вопросов Выбор местоположения конденсаторов для улучшения локальной развязки. Правила монтажа конденсаторов. 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	10
12	Самостоятельное изучение вопросов Установка проходных конденсаторов. Уменьшение площади под конденсаторы. 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	10
13	Самостоятельное изучение вопросов Методика определения емкости конденсаторов СРП. 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	10
14	Самостоятельное изучение вопросов Уточнение емкости развязывающих конденсаторов для СБИС. Обоснование проектных решений. Подготовка к практическому занятию №7 Подготовка к лаб.работе №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	10
15	Самостоятельное изучение вопросов Техника проектирования СРП. Методика формирования профиля полного сопротивления для БИС. Доработка и оформление практического	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	15

	занятия №7 Доработка и оформление лаб.работы №4		
Итого			155

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

Курсовой проект выполняется по следующим примерным тематикам

расчет полного сопротивление системы распределения питания;
 расчет индуктивности шины питания;
 расчет индуктивности топологических сегментов цепей питания в МПП;
 расчет параметров развязывающих конденсаторов;
 расчет конструкции развязывающих конденсаторов;
 выбор местоположения конденсаторов для улучшения локальной развязки
 расчет емкости развязывающих конденсаторов для СБИС;
 расчет профиля полного сопротивления для БИС.

Контрольные работы выполняются по следующим примерным тематикам

Электромагнитные помехи.
 Внутрисистемная ЭМС.
 Состав системы распределения питания.
 Синхронные коммутационные помехи.
 Программирование режима потребления.
 Особенности возникновения помех в СРП ASIC.
 Структура системы распределения питания.
 Параметры выводов корпусов ИМС.
 Планарный конденсатор и его параметры.
 Выбор развязывающих конденсаторов.
 Индуктивности и LC-фильтры в цепях питания.
 Влияние параметров монтажа развязывающих конденсаторов.
 Требования к монтажу компонентов помехоподавления.
 Рекомендации по размещению развязывающих конденсаторов.
 Правила монтажа конденсаторов.
 Установка проходных конденсаторов.
 Уменьшение площади под конденсаторы.
 Методика определения емкости конденсаторов СРП.
 Уточнение емкости развязывающих конденсаторов для СБИС.
 Обоснование проектных решений при разработке СРП.

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-3	знает содержание проблемы ЭМС РЭС, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов РЭС, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов; методики оценки показателей ЭМС в РЭС, 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 проводить анализ элементов и узлов РЭС на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах РЭС, разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности РЭС 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 экспериментальными исследованиями элементов и узлов РЭС для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания программ испытаний и отчетов об их проведении, отладки элементов и узлов РЭС 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-3	знает содержание проблемы ЭМС РЭС, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов РЭС, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов; методики оценки показателей ЭМС в РЭС, основные сведения в области испытаний и измерений в области ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности	Решение стандартных практически х 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 РЭС на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах РЭС, разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности РЭС и снижению уровня помехоэмиссии от них	Решение стандартных практически х 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 РЭС для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания программ испытаний и отчетов об их проведении, отладки элементов и	Решение стандартных практически х 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

	узлов РЭС по параметрам ЭМС и функциональной безопасности					
--	---	--	--	--	--	--

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. Электромагнитные помехи.
2. Внутрисистемная ЭМС.
3. Состав системы распределения питания.
4. Синхронные коммутационные помехи.
5. Программирование режима потребления.
6. Особенности возникновения помех в СРП ASIC.
7. Структура системы распределения питания.
8. Полное сопротивление системы распределения питания.
9. Индуктивность шины питания.
10. Параметры выводов корпусов ИМС.
11. Индуктивность топологических сегментов цепей питания в МПП.
12. Плоскостной конденсатор и его параметры.
13. Параметры развязывающих конденсаторов.
14. Частотные характеристики развязывающих конденсаторов.
15. Выбор развязывающих конденсаторов.
16. Конструкции развязывающих конденсаторов.
17. Индуктивности и LC-фильтры в цепях питания.
18. Влияние параметров монтажа развязывающих конденсаторов.
19. Требования к монтажу компонентов помехоподавления.
20. Рекомендации по размещению развязывающих конденсаторов.
21. Выбор местоположения конденсаторов для улучшения локальной развязки.
22. Правила монтажа конденсаторов.
23. Установка проходных конденсаторов.
24. Уменьшение площади под конденсаторы.
25. Методика определения емкости конденсаторов СРП.
26. Уточнение емкости развязывающих конденсаторов для СБИС.
27. Обоснование проектных решений.
28. Техника проектирования СРП.
29. Методика формирования профиля полного сопротивления для БИС.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Оценить полное сопротивление топологии монтажа.

2. Оценить электрические параметры корпуса ИМС.
3. Оценить индуктивность печатного проводника.
4. Оценить индуктивность контактной площадки.
5. Оценить индуктивность металлизированного отверстия.
6. Оценить индуктивность посадочного места под BGA-элемент.
7. Оценить индуктивность для посадочных мест двухвыводных конденсаторов.
8. Оценить индуктивность посадочного места проходных конденсаторов.
9. Оценить емкость планарного конденсатора
10. Оценить частотную характеристику планарного конденсатора.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Рассчитать схему фильтров с индуктивностями в цепях развязки.
2. Выбрать ферритовые помехоподавляющие компоненты.
3. Рассчитать частотные характеристики катушки индуктивности.
4. Рассчитать частотные характеристики ферритовых бусин.
5. Определить влияние топологии пути протекания тока помех.
6. Рассчитать величину магнитной связи между токами в отверстиях.
7. Выбрать конструкцию и параметры локального узла развязки в МПП.
8. Дать рекомендации по монтажу проходных конденсаторов на МПП.
9. Провести выбор модуля регулятора напряжения и определение значения емкости развязки на самой низкой частоте.
10. Провести выбор развязывающих конденсаторов для формирования профиля целевого полного сопротивления СРП на высоких и средних частотах.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Электромагнитные помехи.
2. Внутрисистемная ЭМС.
3. Состав системы распределения питания.
4. Синхронные коммутационные помехи.
5. Программирование режима потребления.
6. Особенности возникновения помех в СРП ASIC.
7. Структура системы распределения питания.
8. Полное сопротивление системы распределения питания.
9. Индуктивность шины питания.
10. Параметры выводов корпусов ИМС.
11. Индуктивность топологических сегментов цепей питания в МПП.
12. Планарный конденсатор и его параметры.
13. Параметры развязывающих конденсаторов.
14. Частотные характеристики развязывающих конденсаторов.
15. Выбор развязывающих конденсаторов.
16. Конструкции развязывающих конденсаторов.
17. Индуктивности и LC-фильтры в цепях питания.

18. Влияние параметров монтажа развязывающих конденсаторов.
19. Требования к монтажу компонентов помехоподавления.
20. Рекомендации по размещению развязывающих конденсаторов.
21. Выбор местоположения конденсаторов для улучшения локальной развязки.
22. Правила монтажа конденсаторов.
23. Установка проходных конденсаторов.
24. Уменьшение площади под конденсаторы.
25. Методика определения емкости конденсаторов СРП.
26. Уточнение емкости развязывающих конденсаторов для СБИС.
27. Обоснование проектных решений.
28. Техника проектирования СРП.
29. Методика формирования профиля полного сопротивления для БИС.

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	Электромагнитные помехи в системе распределения питания электронной аппаратуры	ПК-3	Тест
2	Структура, параметры и характеристики системы распределения питания	ПК-3	Тест
3	Развязка в системе распределения питания	ПК-3	Тест
4	Размещение и монтаж компонентов помехоподавления	ПК-3	Тест
5	Стратегия подавления помех в системах	ПК-3	Тест

	распределения питания при проектировании печатных узлов		
--	---	--	--

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», 2020.

2. Быховский М.А. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. – М.: Эко-Трендз, 2006, – 376 с.

3. Уилльямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. □ М.: Издательский дом "Технологии", 2004. □ 540 с.

4. Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д. Защита электронных средств от воздействия статического электричества. Учебное пособие для вузов. М.: Издательский Дом "Технологии", 2005. – 352 с.

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

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

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

8. Функциональная безопасность. Простое руководство по применению стандартов МЭК 61508 и связанных с ним стандартов/Д.Дж. Смит, К.Дж. Симпсон. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2004. – 208 с.

9. Henry W. Ott. Electromagnetic Compatibility Engineering. – John Wiley & Sons, 2009. – 862 p.

10. Paul C.R. Introduction to Electromagnetic Compatibility, 2nd ed., □ A JOHN WILEY & SONS, INC. PUBLICATION, 2006 □ 1013.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, 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 " Моделирование и анализ электромагнитной совместимости РЭС" для студентов направления магистерской подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» очной и заочной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. М.А. Ромащенко. Воронеж, 2018. 26 с.

АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины
«Моделирование и анализ электромагнитной совместимости РЭС»

Направление подготовки 11.04.03 – Конструирование и технология электронных средств

Магистерская программа Автоматизированное проектирование и технология радиоэлектронных средств специального назначения

Квалификация выпускника Магистр

Нормативный период обучения 2 года / 2 года 3 месяца

Форма обучения Очная / Заочная

Год начала подготовки 2020 г.

Цели дисциплины

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

Задачи освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: содержание проблемы появления электромагнитных помех в системе распределения питания электронной аппаратуры; структуру, параметры и характеристики системы распределения питания;

уметь: выполнять развязку в системе распределения питания; проводить размещение и монтаж компонентов помехоподавления;

иметь навыки работы со стратегией подавления помех в системах распределения питания при проектировании печатных узлов.

Перечень формируемых компетенций

ПК-3 - проектировать функциональные блоки, модули, устройства, системы и комплексы электронных средств с учетом заданных требований

Общая трудоемкость дисциплины ЗЕТ: 5 з.е.

Форма итогового контроля по дисциплине: курсовой проект, экзамен