

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.02 Электромагнитная совместимость технических
средств

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль)

11.03.01 Радиотехника

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

Панько В.С.

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью является выполнение требований ФГОС ВО в части формирования у магистрантов представления об электромагнитной совместимости (ЭМС), параметрах, описывающих ЭМС, методах контроля, понимания требований ЭМС, предъявляемых к радиоэлектронным средствам, и способов их выполнения, уяснения санитарных норм, предъявляемых к зонам пребывания человека, подверженным воздействию электромагнитного излучения.

1.2 Задачи изучения дисциплины

- изучение принципов и методов обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств;
- рассмотрение современных схмотехнических, конструкторских и технологических методов обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств;
- ознакомление с действующими российскими и международными стандартами в области электромагнитной совместимости.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-3: Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	
ПК-3.1: Выбирает системы автоматизированного проектирования радиотехнических устройств и антенн	
ПК-3.2: Работает с программными средствами с использованием современных прикладных программ по расчету радиотехнических устройств	
ПК-3.3: Рассчитывает и проектирует радиотехнические устройства в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	
ПК-4: Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и	

другим нормативным документам	
ПК-4.1: Применяет стандарты разработки конструкторской документации по проектированию радиотехнических устройств	
ПК-4.2: Анализирует исходные данные к разрабатываемому проекту радиотехнических устройств в соответствии с техническим заданием	
ПК-4.3: Готовит проекты конструкторской документации при проектировании радиотехнических устройств, в соответствии с требованиями технического задания и стандартами	

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
Контактная работа с преподавателем:	1,5 (54)	
занятия лекционного типа	1 (36)	
практические занятия	0,5 (18)	
Самостоятельная работа обучающихся:	0,5 (18)	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
1. Введение. Проблемы и нормативная база в области электромагнитной совместимости.									

<p>1. Определение электромагнитной совместимости. Основные понятия и термины в области ЭМС. Необходимость обеспечения электромагнитной совместимости. Основные проблемы обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем. Обеспечение ЭМС на различных этапах жизненного цикла изделия. Нормативно-правовое регулирование в области ЭМС. Организации, разрабатывающие нормативы и стандарты в области ЭМС. Сертификация продукции на соответствие требованиям по электромагнитной совместимости. Российская система стандартизации и сертификации в области ЭМС: технический регламент таможенного союза ТР ТС 020/2011, система стандартов в области ЭМС, применяемая в РФ. Зарубежная система стандартизации и сертификации в области ЭМС: директива ЕС 2004/108/ЕС по электромагнитной совместимости, стандарты ЕС в области ЭМС, требования федеральной комиссии по связи США в области ЭМС FCC Rules Part 15, стандарты США в области ЭМС. Другие стандарты в области ЭМС.</p>	8							
<p>2. Изучение теоретического курса</p>							2	
<p>2. Основные принципы обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем.</p>								

<p>1. Постановка задачи обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем. Радиочастотный ресурс и его эффективное использование. Источники и рецепторы электромагнитных помех. Проблемы помехоэмиссии и помехоустойчивости. Внутрисистемная и межсистемная ЭМС. Электромагнитные помехи и их классификация. Виды радиопомех. Источники и характеристики естественных радиопомех. Источники и характеристики промышленных радиопомех. Механизмы распространения электромагнитных помех. Излучаемые и кондуктивные радиопомехи. Измерение и оценка уровня электромагнитных помех: диапазоны частот и длин волн, единицы измерений. Типовые источники помех в радиоэлектронном устройстве. Причины возникновения радиопомех в цепях питания и шинах передачи данных. Электродинамические модели распространения радиопомех. Паразитные связи в ближней зоне – емкостная и индуктивная. Применение дифференциальных линий передачи для снижения паразитных связей. Неидеальность компонентов радиоэлектронных устройств и их модели. Типы печатных плат. Элементы и узлы печатных плат.</p>	8							
<p>2. Исследование спектрального состава типовых периодических сигналов.</p>			4					
<p>3. Исследование радиопомех, создаваемых импульсными источниками питания</p>			2					
<p>4. Изучение теоретического курса. Подготовка к выполнению практических занятий.</p>						2		
<p>3. Схемотехнические методы обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем.</p>								

1. Фильтры радиопомех: принципы работы, отражение и подавление, вносимые потери, основные типы, требования по установке, фильтры питания, ферритовые фильтрующие устройства. Развязывающие устройства. Специальные схемные решения. Выполнение межблочных соединений. Устройства защиты от мощных импульсных помех и перенапряжений. Методы проектирования и трассировки печатных плат с учетом требований по ЭМС: типовые проблемы, критические зоны и элементы, выбор структуры печатной платы, требования по размещению линий питания, варианты выполнения трассировки проводников, выполнение переходных отверстий, реализация заземления, согласование линии передачи с нагрузкой, неоднородности, паразитные связи.	6							
2. Исследование фильтров радиопомех.			4					
3. Изучение теоретического курса. Подготовка к выполнению практических занятий.							2	
4. Конструкторско-технологические методы обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем.								
1. Проектирование устройств и систем с учетом обеспечения ЭМС. Заземление. Группирование проводников. Зонирование и группирование элементов радиоэлектронных устройств. Компоновка радиоэлектронных устройств с целью обеспечения ЭМС. Экранирование: сплошные экраны, несплошные экраны, экранирование проводников. Ослабление емкостной и индуктивной связи проводников.	6							
2. Исследование емкостной и индуктивной связи в кабельных линиях.			4					

3. Исследование методов обеспечения электромагнитной совместимости при проектировании печатных плат.			4					
4. Изучение теоретического курса. Подготовка к выполнению практических занятий.						4		
5. Методы испытания устройств и систем на соответствие требованиям по электромагнитной совместимости.								
<p>1. Требования к проведению испытаний. Условия проведения испытаний. Эмиссия радиочастотных помех: средства измерений, вспомогательное оборудование. Методы измерения кондуктивных помех. Методы измерения излучаемых помех. Подготовка и проведение испытаний. Источники неопределённости. Эмиссия гармонических составляющих потребляемого тока и фликер. Классификация испытываемого оборудования и нормы. Оценка результатов испытаний. Критерий соответствия. Оценка соответствия.</p> <p>Требования к проведению испытаний на помехоустойчивость. Условия проведения испытаний. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю: метод и схема испытаний. Устойчивость к электростатическим разрядам: оборудование, метод и схема испытаний. Устойчивость к переходным (кондуктивным) помехам: оборудование, метод и схема испытаний. Наносекундные импульсные помехи. Микросекундные импульсные помехи большой энергии. Кондуктивные низкочастотные помехи. Кондуктивные помехи, наведённые электромагнитными полями. Устойчивость к магнитному полю. Устойчивость к пониженному качеству электрической энергии. Оценка результатов испытаний. Критерии качества функционирования.</p>	8							

2. Изучение теоретического курса							8	
Всего	36		18				18	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Уайт Д., Князев А. Д. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи: Вып.3. Измерение электромагнитных помех и измерительная аппаратура: в 3-х вып. : сокр. пер с англ.(Москва: Советское радио).
2. Уайт Д., Сапгир А. И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи: Вып.2. Внутрисистемные помехи и методы их уменьшения: в 3-х вып. : сокр. пер. с англ.(Москва: Советское радио).
3. Уайт Д. Р. Ж., Сапгир А. И., Князев А. Д. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи: Вып.1. Общие вопросы ЭМС. Межсистемные помехи(Москва: Советское радио).
4. Ефанов В. И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем(Москва: ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)).
5. Козлов В. Г. Электромагнитная совместимость РЭС(Москва: ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)).
6. Костиков В. Г., Костиков Р. В., Шахнов В. А. Электромагнитная совместимость в электронной аппаратуре: учебное пособие(Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана).
7. Романов А. П. Электромагнитная совместимость: учеб.-метод. пособие [для студентов спец. 160905.65 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»](Красноярск: СФУ).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Mathcad 15 – ПО для математического моделирования.
2. CST Studio Suite 2017 (студенческая версия) – ПО для трехмерного электродинамического моделирования и расчета параметров ЭМС.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Научная библиотека СФУ <https://catalog.sfu-kras.ru/>
2. Электронно-библиотечная система учебной и научной литературы <http://ibooks.ru>.

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционная аудитория с проектором, подключенным к персональному компьютеру.

Компьютерный класс с 15 компьютерами, оснащенными необходимым для проведения практических работ программным обеспечением и возможностью подключения к сети Интернет.

Безэховая камера ИИФиРЭ, оборудования автоматизированными комплексами для проведения измерений характеристик антенн в дальней зоне и по методу ближнего поля