

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1151982	Электромагнитная совместимость устройств и систем

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Инфокоммуникационные технологии и системы связи	Код ОП 1. 11.03.02/33.01
Направление подготовки 1. Инфокоммуникационные технологии и системы связи	Код направления и уровня подготовки 1. 11.03.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Князев Николай Сергеевич	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	департамент радиоэлектроники и связи
2	Чечеткин Виктор Алексеевич	без ученой степени, без ученого звания	Преподаватель	Департамент радиоэлектроники и связи

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Электромагнитная совместимость устройств и систем

1.1. Аннотация содержания модуля

В рамках дисциплины-модуля изучаются основы обеспечения электромагнитной совместимости в радиотехнических устройствах и системах. Изучение дисциплины-модуля позволяет решать задачи схемотехнического и конструкторско-технологического обеспечения электромагнитной совместимости на различных уровнях проектирования устройств и систем. Задачей преподавания дисциплины-модуля «Электромагнитная совместимость устройств и систем» является ознакомление студентов с теорией и практикой обеспечения совместимости радиоэлектронных устройств и проведения испытаний на соответствие требованиям нормативной документации. В результате освоения дисциплины-модуля студент должен знать схемотехнические и конструкторско-технологические методы обеспечения помехоустойчивости для решения задач электромагнитной совместимости устройств и систем, нормы и требования по электромагнитной совместимости, предъявляемые к различным видам устройств и систем, требования к измерительной аппаратуре, методики и особенности проведения испытаний совместимости устройств и систем на соответствие требованиям и нормам в области электромагнитной совместимости; уметь решать задачи обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем в соответствии с действующими нормами и стандартами, проектировать устройства и системы, их узлы и блоки с учетом требований по электромагнитной совместимости, проводить экспериментальные исследования характеристик устройств и систем на соответствие требованиям по электромагнитной совместимости; владеть методами оценки характеристик устройств и систем в части выполнения требований по электромагнитной совместимости, методами моделирования и проектирования устройств и систем, их узлов и блоков с учетом требований по электромагнитной совместимости, навыками планирования, проведения и обработки результатов экспериментальных исследований устройств и систем на соответствие требованиям по электромагнитной совместимости.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Электромагнитная совместимость устройств и систем	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Теория связи
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Электромагнитная совместимость устройств и систем	ОПК-4 - Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	<p>З-2 - Изложить основные принципы разработки элементов технических объектов, систем и технологических процессов</p> <p>У-1 - Оценить взаимосвязь разрабатываемого элемента с техническим объектом, системой или технологическим процессом в целом</p> <p>У-2 - Обосновать целесообразность предложенного варианта разработки элемента технического объекта, системы или технологического процесса с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>У-3 - Использовать информационные технологии для моделирования, расчета и проектирования элемента технического объекта, системы или технологического процесса</p> <p>П-1 - Выполнить разработку заданного элемента технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>
	ПК-2 - Способен эксплуатировать и развивать сети радиодоступа	<p>З-3 - Сделать обзор основных нормативных документов отрасли связи по эксплуатации сети радиодоступа</p> <p>З-9 - Сделать обзор методов анализа качественных показателей работы радиоподсистемы как на основе данных статистики, так и на основе радиоизмерений</p> <p>З-10 - Перечислить и охарактеризовать основные алгоритмы и методы обработки статистических данных</p> <p>У-3 - Выполнять плановые регламентные и профилактические работы на действующем оборудовании сети радиодоступа</p>

		<p>У-5 - Анализировать статистику основных показателей эффективности и разрабатывать мероприятия по их поддержанию на требуемом уровне</p> <p>П-3 - Ограничивать воздействия неисправностей на работу сети</p> <p>П-6 - Разрабатывать рекомендации по оптимизации использования ресурсов сети радиодоступа (радиопокрытия, частотно-территориального плана и топологии сети радиодоступа)</p>
	<p>ПК-4 - Способен осуществлять проектирование сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ</p>	<p>З-3 - Изложить принципы системного подхода в проектировании систем связи (телекоммуникаций)</p> <p>З-4 - Сформулировать современные требования по производительности, доступности, безопасности, масштабируемости, интеграции технологий, управляемости систем связи (телекоммуникаций)</p> <p>З-5 - Сделать обзор современных технических решений создания объектов и систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов, новейшее оборудование и программное обеспечение</p> <p>З-9 - Характеризовать методы анализа качественных показателей работы сетей связи на основе данных статистики и радиоизмерений</p> <p>У-2 - Использовать современные информационно-коммуникационные технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач проектирования и проведения расчетов</p> <p>У-4 - Формулировать требования к объекту, системе связи (телекоммуникационной системе)</p> <p>У-6 - Осуществить сравнительный анализ вариантов концепций объекта, системы связи (телекоммуникационной системы), определение рисков, связанных с реализацией различных вариантов</p>

		<p>У-8 - Использовать типовые технические решения при проектировании объектов и систем связи</p> <p>У-9 - Анализировать показатели текущего состояния сети</p> <p>П-1 - Осуществлять сбор исходных данных, необходимых для разработки проектной документации</p> <p>П-2 - Разрабатывать техническое задание на проектирование объекта, системы связи (телекоммуникационной системы)</p> <p>П-3 - Подготовить варианты концепций объекта, системы связи (телекоммуникационной системы)</p> <p>П-4 - Оценить ресурсы, необходимых для реализации проекта по выбранному варианту концепции объекта, системы связи (телекоммуникационной системы)</p> <p>П-6 - Разрабатывать технические решения по объекту, системе связи (телекоммуникационной системе) и ее компонентам</p>
--	--	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Электромагнитная совместимость
устройств и систем

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Князев Николай Сергеевич	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	департамент радиоэлектроники и связи
2	Чечеткин Виктор Алексеевич	без ученой степени, без ученого звания	Преподавате ль	Департамент радиоэлектроники и связи

Рекомендовано учебно-методическим советом института Радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ

Протокол № 7 от 11.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение. Проблемы и нормативная база в области электромагнитной совместимости	Введение в электромагнитную совместимость (ЭМС). 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.
P2	Основные принципы обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем	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

		<p>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>
Р3	<p>Схемотехнические методы обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем</p>	<p>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.</p>
Р4	<p>Конструкторско-технологические методы обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем</p>	<p>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</p>
Р5	<p>Методы испытания устройств и систем на соответствие требованиям по электромагнитной совместимости</p>	<p>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. 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.</p> <p>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</p>

		<p>полями. Устойчивость к магнитному полю. Устойчивость к пониженному качеству электрической энергии.</p> <p>Оценка результатов испытаний. Критерии качества функционирования.</p>
--	--	--

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская профориентационная деятельность	Технология образования в сотрудничестве Технология самостоятельной работы Технология анализа образовательных задач	ПК-2 - Способен эксплуатировать и развивать сети радиодоступа	З-3 - Сделать обзор основных нормативных документов отрасли связи по эксплуатации сети радиодоступа
			ПК-4 - Способен осуществлять проектирование сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	У-2 - Использовать современные информационно-коммуникационные технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач проектирования и проведения расчетов

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электромагнитная совместимость устройств и систем

Электронные ресурсы (издания)

1. Пудовкин, А. П.; Электромагнитная совместимость и помехозащищённость РЭС : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), Тамбов; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277937> (Электронное издание)

2. Кисель, Н. Н.; Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем : учебное пособие.; Южный федеральный университет, Таганрог; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493064> (Электронное издание)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Удинцев, В. Н. Электромагнитная совместимость источников и приемников электрической энергии / Удинцев В.Н. — РП. — 2009. — Рабочая программа по дисциплине Электромагнитная совместимость источников и приемников электрической энергии. — в корпоративной сети УрФУ. — <URL:http://study.urfu.ru/view/Aid_view.aspxAidId=1015739>.

2. Электромагнитные измерения. Князев Н.С., Мительман Ю.Е., Сычугов С.Г. ЭОР УрФУ, инструментально-программно-методический комплекс. Создан: 09.04.2013 URL: <http://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/11234>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1.ГОСТ 30804.4.3-2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200104293>.

2.ГОСТ Р 51318.11-2006. Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от промышленных, научных, медицинских и бытовых (ПНМБ) высокочастотных устройств. Нормы и методы испытаний. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200050059>.

3.ГОСТ 30805.16.1.4-2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-4. Аппаратура для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости. Устройства для измерения излучаемых радиопомех и испытаний на устойчивость к излучаемым радиопомехам. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200103331>.

4.ГОСТ 30805.22-2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование информационных технологий. Радиопомехи промышленные. Нормы и методы измерений. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200103840>.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электромагнитная совместимость устройств и систем

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Проектор с экраном</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Matlab R2015a + Simulink</p> <p>ANSYS Academic Teaching Mechanical and CFD (25 tasks)</p>