

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
1160134	Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Инженерия радиоэлектронных средств и систем	Код ОП 1. 11.04.01/33.02
Направление подготовки 1. Радиотехника	Код направления и уровня подготовки 1. 11.04.01

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

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуле изучаются современные методы обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. Рассматриваются действующие российские и международные стандарты в области электромагнитной совместимости. Особое внимание уделяется практическому изучению в рамках лабораторных работ схемотехнических, конструкторских и технологических решений, а также освоению методик проведения испытаний радиоэлектронных средств на соответствие стандартам в области 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 радиоэлектронных средств	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
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 радиоэлектронных средств	ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя	З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует

	<p>методы моделирования и математического анализа</p>	<p>использования методов моделирования и математического анализа</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p>
	<p>ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>З-4 - Описать основные подходы к оценке экологических и социальных последствий внедрения инженерных решений</p> <p>У-3 - Оценить экологические и социальные риски внедрения предложенных инженерных решений</p> <p>У-4 - Провести всесторонний анализ принятых инженерных решений для выполнения разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>
	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и</p>

		<p>реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности</p>
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Электромагнитная совместимость
радиоэлектронных средств

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

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

Протокол № 11 от 07.11.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Князев Николай Сергеевич, Доцент, департамент радиоэлектроники и связи

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
1	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.
2	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.

		<p>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>
3	Схемотехнические методы обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем.	<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>
4	Конструкторско-технологические методы обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем.	<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>
5	Методы испытания устройств и систем на соответствие требованиям по электромагнитной совместимости	<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</p>

		<p>большой энергии. Кондуктивные низкочастотные помехи. Кондуктивные помехи, наведённые электромагнитными 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

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств

Электронные ресурсы (издания)

1. Ефанов, В. И.; Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/14033.html> (Электронное издание)
2. 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)
3. Мительман, Ю. Е.; Расчет и измерение характеристик устройств СВЧ и антенн : учебное пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/65981.html> (Электронное издание)
4. Шабунин, С. Н., Шабунин, С. Н.; Измерение параметров антенн : учебное пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/66152.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Шабунин, С. Н., Шабунин, С. Н.; Измерение параметров антенн : учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлениям 210400 - Радиотехника, 210700 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 210601 - Радиоэлектронные системы и комплексы.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2014 (10 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

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. Национальный открытый университет «ИНТУИТ» <http://www.intuit.ru/>.
2. Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>.
3. Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>
4. Федеральный портал. Российское образование <http://www.edu.ru/>.
5. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru/>.
6. Российская Государственная Библиотека (Информационно-поисковая система РГБ), Москва <http://www.rsl.ru/>.
7. Российская национальная библиотека (РНБ), Санкт-Петербург <http://www.nlr.ru/>.
8. Государственная публичная научно-техническая библиотека (ГПНТБ), Москва <http://www.gpntb.ru/>.
9. Открытый международный архив электронных препринтов arXiv.org.
10. Базы патентов, открытый поиск wipo.int.
11. Базы данных ВИНТИ <http://viniti.ru/>.
12. ФГБУ Федеральный институт промышленной собственности http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru.
13. Центральная научная библиотека Уральского отделения РАН <http://cnb.uran.ru/resource/katalog>.
14. Официальный сайт ИРИТ-РТФ <http://rtf.urfu.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств

Сведения об оснащении 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	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

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>Периферийное устройство</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>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Acrobat 8.0 Pro Russian Version Win Full Educ</p> <p>Модуль Радиочастоты для использования с COMSOL Multiphysics</p>
---	----------------------	--	--