

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ А.Г. Баханович

Регистрационный № _____

**«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ БЕСПРОВОДНЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЛИЖНЕГО РАДИУСА
ДЕЙСТВИЯ»**

**Примерная учебная программа по учебной дисциплине
для специальности**

7-06-0713-03 Радиосистемы и радиотехнологии

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области информатики и
радиоэлектроники

_____ В.А. Богуш

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.Н. Пищов

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2025

СОСТАВИТЕЛИ:

В.Б.Кирильчук, доцент кафедры информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент;

И.Н.Кижлай, доцент кафедры информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат физико-математических наук

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра последипломного образования учреждения образования «Белорусская государственная академия связи» (протокол №3 от 08.11.2024);

Е.В.Машкин, заместитель главного инженера общества с ограниченной ответственностью «КомпЛИТех», кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

Кафедрой информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 4 от 18.11.2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 7 от 21.02.2025);

Научно-методическим советом по радиосистемам и радиотехнологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 3 от 18.11.2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Проектирование помехоустойчивых беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия» (ППБИТБРД) разработана для магистрантов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 7-06-0713-03 «Радиосистемы и радиотехнологии» в соответствии с требованиями образовательного стандарта углубленного высшего образования и примерного учебного плана вышеуказанной специальности.

Широкое внедрение беспроводных информационных технологий (БИТ) в различные приложения промышленного, бытового и военного назначений обуславливает необходимость подготовки специалистов углубленного высшего образования по специальности 7-06-0713-03 «Радиосистемы и радиотехнологии», как для обслуживания существующих технологий, так и для разработки инновационных радиосистем с улучшенными потребительскими характеристиками. Важное место в структуре БИТ занимают беспроводные информационные технологии ближнего радиуса действия (БИТБРД), которые характеризуются рядом специфических особенностей функционирования, и на современном этапе развития включают широкий спектр аналоговых и цифровых радиотехнических систем: передачи данных, радиотелеуправления, радиотелеметрии, а также систем ближней радиолокации, локализации объектов и радиовидения.

Учебная дисциплина «Проектирование помехоустойчивых беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия» создает предпосылки для активизации учебной и исследовательской деятельности и предназначена для формирования у обучающихся фундаментальных знаний в области теории и практики современных информационных радиосистем ближнего радиуса действия, изучения особенностей функционирования таких систем в условиях ограниченного пространства, а также методов повышения их помехоустойчивости и эффективности.

Успешное освоение ППБИТБРД предполагает, что магистранты ориентированы, прежде всего на самостоятельное изучение материалов научно-технического содержания и обладают необходимыми знаниями в областях высшей математики, электродинамики и распространения радиоволн, микроволновых систем и устройств, радиотехнических цепей и сигналов, а также оптимального приема сигналов на фоне помех, полученными при освоении содержания образовательных программ по специальностям общего высшего образования.

Магистранты, успешно освоившие ППБИТБРД, будут подготовлены к инженерной и научно-практической деятельности, связанной с проектированием и исследованием, как отдельных компонентов радиосистем ближнего радиуса действия, так и систем в целом, включая разработку методов

повышения эффективности функционирования БИТБРД в сложной электромагнитной обстановке.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Проектирование помехоустойчивых беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия» заключается в формировании у обучающихся математической культуры и научного мировоззрения; развитии исследовательских умений, аналитических способностей, креативности, необходимых для решения научных и практических задач; развитии познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формировании способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданская ответственность и патриотизм.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: освоение фундаментальных знаний в области принципов построения, методик проектирования и исследования основных параметров компонентов современных беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия.

Задачи изучения учебной дисциплины:

изучение современной классификации, критериев эффективности и основных параметров беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия;

изучение перечня и основных положений международных и национальных нормативно-правовых актов, регламентирующих функционирование беспроводных технологий ближнего радиуса действия;

приобретение знаний о системной структуре, назначении и базовых характеристиках компонентов БИТБРД;

рассмотрение базовых моделей и современных методов проектирования помехоустойчивых аналоговых и цифровых беспроводных систем ближнего радиуса действия (БСБРД);

освоение основных методик расчета и анализа энергетических и спектральных характеристик канала связи БСБРД, технологий повышения эффективности и помехоустойчивости БСБРД;

овладение методами импедансного согласования в антенно-фидерных трактах БСБРД;

приобретение навыков применения программных средств компьютерного проектирования и оптимизации параметров устройств и компонентов БИТБРД;

приобретение знаний о методиках измерения и исследования основных характеристик устройств и компонентов БИТБРД.

Базовыми учебными дисциплинами для учебной дисциплины «Проектирование помехоустойчивых беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия» являются знания, полученные в ходе освоения образовательных программ общего высшего образования по специальности 6-05-0713-03 «Радиосистемы и радиотехнологии». В свою очередь учебная дисциплина «Проектирование помехоустойчивых беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия» является базой для таких учебных дисциплин компонента учреждения образования, как «Прикладные методы криптографии и кодирования информации в радиосистемах», «Программно-техническая реализация Интернет вещей».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины ««Проектирование помехоустойчивых беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия» формируется следующая углубленная профессиональная компетенция: владеть методами и современным прикладным программным обеспечением для проектирования и оптимизации параметров устройства ближнего радиуса действия в условиях помех.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:

определение, современную классификацию, критерии эффективности и основные параметры беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия;

перечень и основные положения международных и национальных нормативно-правовых актов, регламентирующих функционирование беспроводных технологий ближнего радиуса действия;

системную структуру, назначение и базовые характеристики компонентов БИТБРД;

базовые модели и методы проектирования помехоустойчивых аналоговых и цифровых беспроводных систем ближнего радиуса действия БСБРД;

основные методики расчета и анализа энергетических и спектральных характеристик канала связи БСБРД;

современные методы и технологии повышения эффективности и помехоустойчивости БСБРД;

прикладные программные средства компьютерного проектирования и оптимизации параметров устройств и компонентов БИТБРД;

методики измерения и исследования основных характеристик устройств и компонентов БИТБРД;

уметь:

синтезировать структуру БИТБРД в соответствии с решаемой задачей и существующими ограничениями на ее использование;

производить расчеты основных системных характеристик БИТБРД в соответствии с решаемой задачей;

рассчитывать энергетические характеристики сигналов в канале связи БСБРД;

проектировать пассивные элементы и узлы, входящие в состав БСБРД;

экспериментально исследовать основные характеристики устройств и компонентов БИТБРД;

иметь навык:

расчета энергетических параметров сигналов, применительно к системам ближнего радиуса действия;

измерения системных и компонентных параметров БИТБРД;

численного моделирования и оптимизации параметров устройств и компонентов БИТБРД с привлечением современных программных средств.

Примерная учебная программа рассчитана на 198 учебных часов, из них – 66 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 16 часов, практические занятия – 16 часов.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия
Введение	2	2		
Тема 1. Разновидности, области применения и современная классификация БИТБРД	2	2		
Тема 2. Условные границы зон функционирования РСБРД	4	2		2
Тема 3. Обобщенная структура, компоненты и основные технические характеристики канала передачи информации БИТБРД	4	2		2
Тема 4. Количественные характеристики эффективности и помехоустойчивости каналов связи современных и перспективных БИТБРД	2	2		
Тема 5. Сравнительная эффективность и помехоустойчивость современных и перспективных видов модуляции для БИТБРД	2	2		
Тема 6. Модели и методы расчета энергетических характеристик радиолинии связи БИТБРД	4	2		2
Тема 7. Современные методы и технологии повышения помехоустойчивости и эффективности БИТБРД	2	2		
Тема 8. Прикладные программные средства компьютерного проектирования и оптимизации пассивных устройств БИТБРД	4	2		2
Тема 9. Влияние согласования в антенно-фидерном тракте (АФТ) на помехоустойчивость БИТБРД	8	2	4	2
Тема 10. Общая характеристика нормативно-правовой базы БИТБРД	2	2		
Тема 11. Информационно-коммуникационные системы Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, WHDI, UWB	2	2		
Тема 12. Информационно-коммуникационные системы радиочастотной идентификации НЧ- и ВЧ-диапазонов	8	2	4	2
Тема 13. Информационно-коммуникационные системы RFID УВЧ- и СВЧ-диапазонов	12	2	8	2
Тема 14. Модели и методы оптимизации в БИТБРД	2	2		

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия
Тема 15. Применение распределительных систем для повышения помехоустойчивости БИТБРД	4	2		2
Тема 16. Методы и особенности измерения основных характеристик устройств и компонентов БИТБРД	2	2		
Итого:	66	34	16	16

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Цель, задачи и структура учебной дисциплины. Требования к знаниям и умениям. Области применения БИТБРД. Основные понятия и определения

Тема 1. РАЗНОВИДНОСТИ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ БИТБРД

Основные понятия и определения. Разновидности классификаций БИТБРД: по виду сигналов, по диапазону частот, по функциональному назначению и др. Информационно-коммуникационные системы ближнего радиуса действия (ИКСБРД): Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, UWB, WHDI, NFC, RFID и др.). Информационно-измерительные системы ближнего радиуса действия (ИИСБРД): системы ближней радиолокации, локализации, навигации, радиовидения. Комбинированные информационные системы ближнего радиуса действия (КИСБРД): WISP (Wireless Identification and Sensing Platform).

Тема 2. УСЛОВНЫЕ ГРАНИЦЫ ЗОН ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РСБРД

Электромагнитные (ЭМП) поля, формируемые электрически малыми излучателями. Параметры ЭМП в дальней зоне. Составляющие электрического и магнитного полей. Характеристическое сопротивление среды. Условие дальней зоны. Характеристики поля в зоне реактивного ближнего поля. Границы зоны реактивного ближнего поля электрически малых антенн. Характеристический импеданс в ближней реактивной зоне. Условие ближней реактивной зоны. Характеристика зоны Френеля (ближней зоны излучения). Характеристический импеданс в зоне Френеля. Условие зоны Френеля. Определение эффективной зоны функционирования РСБРД.

Тема 3. ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА, КОМПОНЕНТЫ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ БИТБРД

Базовая структура БИТБРД. Передающая часть БИТБРД: кодирование источника, канальное кодирование, формирователь комплексной огибающей сигнала, формирующий фильтр, квадратурный модулятор. Среда распространения радиоволн: отражение, преломление и поглощение электромагнитных волн (ЭМВ). Дифракция и деполяризация ЭМВ на местных предметах. Структура поля в канале связи БИТБРД.

Приемная часть БИТБРД: петля восстановления несущего колебания, петля символьной синхронизации, автоматическая регулировка усиления, решение фазовой неоднозначности, демодуляция и декодирование сигналов. Рабочий диапазон частот. Полоса рабочих частот. Количество каналов связи. Скорость передачи информации. Допустимый уровень эффективной излучаемой мощности. Мощность шума и спектральная мощность шума. Шумовая температура системы. Коэффициент шума. Бюджет канала связи.

Базовые уравнение дальности действия для ИКСБРД и ИИСБРД. Определение зоны эффективного взаимодействия в задачах БИТБРД.

Тема 4. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КАНАЛОВ СВЯЗИ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ БИТБРД

Пропускная способность канала связи радиосистемы ближнего радиуса действия (РСБРД). Критерий эффективности канала связи РСБРД. Коэффициент использования канала по пропускной способности (информационная эффективность). Энергетическая эффективность. Коэффициент использования канала по мощности. Спектральная эффективность (СЭ). Коэффициент использования канала по полосе частот. Передача данных в канале с ограниченной полосой частот. Битовая и символьная (бодовая) скорости передачи данных. Количественные показатели помехоустойчивости аналоговых и цифровых БИТБРД: отношение сигнал/шум на входе и выходе приемного устройства, среднеквадратическое отклонение, вероятность правильного обнаружения сигнала, вероятность ошибки. Основные задачи обеспечения помехоустойчивости: анализ (расчет показателей помехоустойчивости системы) и синтез (определение оптимальной структурной схемы системы при известном вероятностном описании сигнала и помехи на входе). Организационные и технические мероприятия обеспечения помехоустойчивости. Помехоустойчивость приема объемно-сферических сигналов.

Тема 5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВИДОВ МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ БИТБРД

Общая характеристика аналоговых и цифровых видов модуляции. Линейные виды модуляций: M-ASK, M-PSK, BPSK, QPSK, M-QAM. Их преимущества и недостатки. Нелинейные виды модуляций: FSK, MSK, GMSK, GPFASK. Их преимущества и недостатки. Типы цифро-аналоговой модуляции. Высокоэффективные методы цифро-аналоговой модуляции. Поляризационная модуляция. Виды модуляции в БИТБРД. Разновидности модуляции в NFC и RFID технологиях. Нагрузочная модуляция. Модуляция обратного рассеяния. Средняя вероятность ошибок в БИТБРД при различных видах модуляции сигналов. Спектральная и энергетическая эффективность цифровых и цифро-аналоговых видов модуляции.

Тема 6. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОЛИНИИ СВЯЗИ БИТБРД

Бюджет радиолинии связи. Базовые механизмы распространения радиоволн в радиолинии связи БИТБРД. Потери при распространении радиоволн в свободном пространстве. Потери сигнала в двухлучевой модели радиолинии связи. Шумовая модель канала связи. Модель канала БИТБРД с аддитивным белым гауссовским шумом (AWGN). Быстрые и медленные

замирания сигналов. Причины быстрых замираний. Модель узкополосного канала с быстрыми замираниями с разной статистикой. Широкополосное быстрое замирание сигналов. Модель широкополосного канала связи с быстрыми замираниями. Параметры широкополосного канала. Эффекты в частотной области. Базовые модели расчета потерь сигнала в БИТБРД: модель двойного наклона; модель Ли; модель Хара-Сиа-Бертони; двухлучевая модель; модель уличного каньона ITU-R P.1411; модель случайного волновода. Модели в отсутствии прямой видимости: рекурсивная модель; ITU-R P.1411 модель вне зоны прямой видимости; специфическая лучевая модель.

Тема 7. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ БИТБРД

Базовые методы повышения информационной эффективности и помехоустойчивости канала связи: множественного доступа, адаптивных антенных систем (AAS) и др. Сравнительная характеристика технологий SISO, SIMO, MISO, MIMO. Применение специальных технологий в БИТБРД: FHSS, DSSS, LBT, AFA и др.

Тема 8. ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПАССИВНЫХ УСТРОЙСТВ БИТБРД

Классификация и особенности методик проектирования компонентов для БИТБРД: аналитические и полноволновые. Пакет прикладных программ для расчета и анализа антенн БИТБРД. Особенности проектирования компонентов и устройств антенно-фидерного тракта БИТБРД в САПР CST.

Тема 9. ВЛИЯНИЕ СОГЛАСОВАНИЯ В АНТЕННО-ФИДЕРНОМ ТРАКТЕ (АФТ) НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ БИТБРД

Критерии согласования в приемопередающем АФТ. Передающий тракт: коэффициент согласования антенны, полоса согласования и коэффициент полезного действия согласующего устройства. Приемный тракт: АЧХ и ФЧХ несогласованной приемной антенны. Влияние согласования на шумовые характеристики приемного АФТ. Согласующие цепи резонансных согласующих устройств (СУ). Элементная база резонансных СУ. Датчики рассогласования и измерения параметров нагрузки. Система управления согласующих антенных устройств (САУ). Синтез САУ поискового и вычислительного типов при различных видах сопротивлений генератора. Математическое моделирование параметров САУ. Примеры синтеза САУ с алгоритмами настройки поискового и вычислительного типов. Общие вопросы построения широкополосных согласующих устройств (ШСУ). Классификация задач широкополосного согласования (ШС). Методы решения задач ШС. Широкополосное согласование простых и произвольных комплексных нагрузок. Примеры синтеза ШСУ в режиме заданных генераторов напряжений и токов. Алгоритм оптимизации.

Тема 10. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ БИТБРД

Группа стандартов ETSI EN 300-302, применительно к технологиям ближнего радиуса действия. Группа стандартов СТБ, регламентирующих функционирование БИТБРД. Стандарты радиотехнологий для сетей широкополосного радиодоступа: IEEE 802.11 a/ac/ad/af/b/g/n/, IEEE 802.22. («White space»). Стандарты радиотехнологий, используемые устройствами малого радиуса действия: Bluetooth, ZigBEE (IEEE 802.15), IEEE 802.11p, Weightless. Группа стандартов IEEE 802.15.3, 802.15.4 и IEEE 802.15.4a. Нормативные требования к параметрам UWB-систем (ETSI TR 103 181-1 V1.1.1 (2015-07) Short Range Devices (SRD) using Ultra Wide Band (UWB) Part 1: UWB signal characteristics and overview CEPT/ECC and EC regulation). Краткая характеристика группы стандартов ISO/IEC 18000-n, EPCglobal Generation 2.

Тема 11. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ WI-FI, BLUETOOTH, ZIGBEE, WHDI, UWB

Принцип работы технологии Wi-Fi. Перечень стандартов IEEE 802.11. Частотная сетка. Построение сети. Метод доступа к сети. Информационная безопасность данных в системе Wi-Fi. Описание и принцип работы технологии Bluetooth (стандарт IEEE 802.15.4). Спецификации: Bluetooth 1.0, 1.1, 1.2. Bluetooth 2.0 + EDR: Bluetooth 2.1, 2.2. Bluetooth 3.0 + HS. Bluetooth 4.0: 4.1, 4.2. Bluetooth 5.0. Формат пакета Bluetooth. Пикосеть. Ядро системы Bluetooth. Протокол ZigBee. Программный интерфейс ZigBee. Используемые частоты. Топология сети ZigBee. Назначение, особенности и структура базовых компонентов технологии WHDI. Основные технические параметры системы WHDI. Назначение, особенности и структура базовых компонентов технологии UWB. Основные технические параметры технологии UWB.

Тема 12. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЧ- И ВЧ-ДИАПАЗОНОВ

Классификация, назначение, структура и принцип действия технологии NFC. Протоколы функционирования NFC. Основные технические характеристики устройств NFC. Структура компонентов системы (считывателя и транспондера). Конструктивные элементы считывателей и меток. Информационная безопасность данных в технологии NFC. Особенности функционирования RFID систем, функционирующих в ближнем поле. Эффективная зона активации метки (ЭЗАМ). Пространственные и энергетические характеристики ЭЗАМ. Методика расчета ЭЗАМ.

Тема 13. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ RFID УВЧ- И СВЧ-ДИАПАЗОНОВ

Классификация, назначение, структура и принцип действия технологий RFID УВЧ- и СВЧ-диапазонов. Диапазоны рабочих частот. Частотный план и полоса канала. Протоколы функционирования EPC Gen2 и ISO 18000-6,4,5. Основные технические характеристики устройств RFID систем УВЧ- и СВЧ-

диапазонов. Структура компонентов системы (считывателя и транспондера). Конструктивные элементы считывателей и меток. Структура электронной памяти метки. Информационная безопасность данных в технологиях RFID УВЧ- и СВЧ-диапазонов. Особенности функционирования RFID систем в ближней и дальней зонах. Параметры прямого и обратного каналов связи. Структура и характеристики зоны активации метки (ЗАМ). Пространственные и энергетические характеристики ЗАМ. Методика расчета дальности взаимодействия считывателя и метки.

Тема 14. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ В БИТБРД

Цели задачи системного проектирования БИТБРД. Классические модели и этапы проектирования БИТБРД: каскадная, итерационная (поэтапная модель) и непрерывная (спиральная) модели. Лучевые, численные, эвристические и статистические модели. Методы проектирования сетей на базе БИТБРД с учетом требований к пропускной способности. Задача многоцелевой оптимизации в БИТБРД. Эволюционные алгоритмы оптимизации. Оптимальность по Парето. Генетический алгоритм оптимизации и его математическая формулировка. Многоцелевая оптимизация на основе биогеографии.

Тема 15. ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ БИТБРД

Распределенные антенные системы – общие положения. Пассивные распределенные антенные системы. Активные распределенные антенные системы. Гибридные системы. Излучающие кабели. Ретрансляторы. Цифровая дистрибуция. Выбор наиболее подходящей системы распределения (дистрибуции). Бюджет радиолинии связи при функционировании БИТБРД внутри помещений.

Тема 16. МЕТОДЫ И ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ И КОМПОНЕНТОВ БИТБРД

Особенности измерений системных и компонентных параметров БИТБРД. Метрологическое оборудование и особенности проведения измерений частотных, временных, пространственных, поляризационных и импедансных характеристик устройств БИТБРД.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Быховский, М. А. Гиперфазовая модуляция – оптимальный метод передачи сообщений в гауссовских каналах связи / М. А. Быховский. – Москва : Техносфера, 2018. – 310 с.
2. Варгаузин, В. А. Методы повышения энергетической и спектральной эффективности цифровой радиосвязи : учебное пособие / В. А. Варгаузин, И. А. Цикин. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2013. – 352 с.
3. Мухин, И. Е. Методологические основы синтеза систем обеспечения электромагнитного доступа средствами радиомониторинга современных систем телекоммуникаций : монография / И. Е. Мухин, А. В. Хмелевская, И. Г. Бабанин. – Курск : Юго-Зап. гос. ун-т, 2016. – 316 с.
4. Беспроводные сети Wi-Fi : учебное пособие / А. В. Баскаков [и др.] ; под общ. ред. А. В. Пролетарского. – 2-е изд. – Москва : Интуит, 2016. – 284 с.
5. Калачев, А. В. Аппаратные и программные решения для беспроводных сенсорных сетей / А. В. Калачев. – Москва : Интуит, 2016. – 240 с.
6. Росляков, А. В. Интернет вещей : учебное пособие / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, А. Ю. Гребешков. – Самара : ПГУТИ, 2015. – 200 с.
7. Шубин, В. И. Беспроводные сети передачи данных : учебное пособие / В. И. Шубин, О. С. Красильникова. – 2-е изд. – Москва : Вузовская книга, 2013. – 104 с.
8. Голдсмит, А. Беспроводные коммуникации / А. Голдсмит ; пер. с англ. Н. Л. Бирюкова, Н. Р. Триски ; под ред. В. А. Березовского. – Москва : Техносфера, 2011. – 904 с.
9. Wi-Fi компьютерные сети : учебное пособие / А. В. Пролетарский [и др.]. – Москва : Рудомино, 2011. – 248 с.
10. Финкенцеллер, К. RFID-технологии. Справочное пособие / К. Финкенцеллер ; пер. с нем. Н. М. Сойунханова. – Москва : Додэка-XXI, 2010. – 496 с.
11. Мазурков, М. И. Системы широкополосной радиосвязи : учебное пособие для вузов / М. И. Мазурков. – Москва : Наука и техника, 2009. – 344 с.
12. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр ; пер. с англ. - 2-е изд., испр. – Москва : Вильямс, 2003. – 1104 с.
13. Корнеев, С. В. Системы RFID низкой стоимости / С. В. Корнеев. – Москва : Вильямс, 2006. – 117 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

14. Бхуптани, М. RFID технологии на службе вашего бизнеса / М. Бхуптани. – Москва : Альпина Бизнес Букс, 2006. – 102 с.

15. Беспроводные сети Wi-Fi : учебное пособие / А. В. Пролетарский [и др.]. – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 215 с.
16. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневский, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. – Москва : Техносфера, 2005. – 592 с.
17. Беделл, П. Сети. Беспроводные технологии / П. Беделл ; пер. с англ. – Москва : НТ-Пресс, 2008. – 448 с.
18. Щербаков, А. К. Wi-Fi: все, что Вы хотели знать, но боялись спросить / А. К. Щербаков. – Москва : Связь, 2008. – 186 с.
19. Русеев, Д. Технологии беспроводного доступа : справочник / Д. Русеев. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2002. – 352 с.
20. RECOMMENDATION ITU-R P.1411-6. Propagation data and prediction methods for the planning of short-range outdoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz.
21. Рекомендация МСЭ-R SM.1538-2 Технические и эксплуатационные параметры и потребности в спектре для устройств связи малого радиуса действия.
22. Igoe, T. Beginning NFC. Near Field Communication with Arduino, Android, and Phone Gap / T. Igoe, D. Coleman, B. Jepson. – O'REILLY, 2014. – 245 p.
23. Finkenzeller, K. RFID Handbook Fundamentals and Applications in Contactless SmartCards and Identification / K. Finkenzeller. – JohnWiley & Sons, 2003, – 434 p.
24. Роман, П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 / П. Роман, Д. Лиэри ; пер. с англ. – Москва : Вильямс, 2004. – 304 с.
25. ISO/IEC 18000-6:2004(E) Information technology – Radio frequency identification for item management – Part 6 : Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz.
26. ISO/IEC 18000-4:2004(E) Information technology – Radio frequency identification for item management – Part 4 : Parameters for air interface communications at 2,45 GHz.
27. Specification for RFID Air Interface. EPC Radio-Frequency Identity Protocols. Class-1 Generation-2 UHF RFID. Protocol for Communications at 860 MHz-960 MHz. Version 1.2.0.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЩАЮЩИХСЯ

Примерным учебным планом по специальности 7-06-0713-03 «Радиосистемы и радиотехнологии» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Проектирование помехоустойчивых беспроводных информационных технологий ближнего радиуса действия» рекомендуется экзамен. Оценка учебных достижений обучающихся производится по десятибалльной шкале.

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций могут использоваться следующие формы:

текущий опрос,

контрольный опрос,
письменный опрос,
защита лабораторных работ.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

проблемное обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемое на лекционных занятиях;

учебно-исследовательская деятельность, творческий подход, реализуемые на лабораторных занятиях;

программы моделирования и расчета.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Исследование влияния местных предметов на импедансные характеристики устройств антенно-фидерного тракта БИТБРД.
2. Исследование основных параметров RFID системы ВЧ-диапазона.
3. Измерение основных характеристик считывателя RFID системы УВЧ-диапазона.
4. Исследование основных характеристик меток RFID системы УВЧ-диапазона.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Расчет характеристик электромагнитного поля в ближней и дальней волновых зонах электрических и магнитных излучателей.
2. Расчет параметров существенной области при распространении и отражении радиоволн для беспроводной радиолинии связи.
3. Определение эффективной зоны активации метки в технологии NFC.
4. Расчет дальности взаимодействия считывателя и метки в системах RFID УВЧ- и СВЧ-диапазонов.
5. Расчет средних базовых потерь сигналов БИТБРД, функционирующих в условиях ограниченного пространства.
6. Проектирование антенны радиочастотной метки УВЧ-диапазона.
7. Проектирование согласующей цепи для АФТ БИТБРД УВЧ- и СВЧ-диапазонов.
8. Численное моделирование микрополосковой антенны УВЧ-диапазона.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ
(необходимого оборудования, наглядных пособий и др.)

1. Персональный компьютер.
2. Специальное программное обеспечение CAD Microwave Studio.
3. Пакет прикладных программ для расчета параметров линейных, апертурных антенн и антенных решеток.
4. Прикладная программа MathCAD.
5. Учебно-лабораторный модуль для исследования импедансных характеристик устройств БИТБРД.
6. Учебно-лабораторный модуль для исследования RFID систем ВЧ-диапазона.
7. Учебно-лабораторный модуль для исследования RFID систем УВЧ-диапазона.
8. Графический интерфейс пользователя для исследования импедансных характеристик устройств БИТБРД.
9. Графический интерфейс пользователя RFID системы ВЧ-диапазона.
10. Графический интерфейс пользователя RFID системы УВЧ-диапазона.