


Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА

Кафедра «Радиоуправления и связи»

СОГЛАСОВАНО

Декан ФРТ


Холопов И.С.
« 25 » 06 2020 г.




УТВЕРЖДАЮ

Проректор по РОП и МД


Корячко А.В.
« 3 » 06 2020 г.

Руководитель ОПОП


Кириллов С.Н.
« 25 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.05 «Спутниковые и радиорелейные системы передачи»

Направление

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

ОПОП академического бакалавриата

«Сети, системы и устройства телекоммуникаций»

Уровень подготовки

академический бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Рязань 2020 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цель изучения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов комплексного представления об общих физических и технических принципах построения и эксплуатации радиорелейных и спутниковых РЭС, о структуре и основных элементах радиоаппаратуры, о роли, месте и особенностях применения радиосредств в общегосударственной телекоммуникационной сети.

1.2. Задачи изучения дисциплины

| Коды компетенций | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|------------------|---|
| ПК-1 | Способность к развитию коммуникационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи |
| ПК-5 | Способность осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытание и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования связи |
| ПК-7 | Способность осуществлять монтаж, настройку, регулировку, тестирование оборудования, отработку режимов работы, контроль проектных параметров работы и испытания оборудования связи, обеспечение соответствия технических систем и/или их составляющих установленным эксплуатационно-техническим нормам |

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

- знать основные принципы и методы решения задач построения и эксплуатации радиорелейной и спутниковой аппаратуры РЭС, как важнейших средств передачи телефонных, телевизионных сигналов, а также цифровых сигналов через ВСС.
- знать основные принципы работы систем станций РРЛ, ТРРЛ, ССС и общие принципы их построения;
- знать основные принципы построения сетей ВСС (ЕАСС) и МККР;
- уметь составлять структурные схемы станций РРЛ, ТРРЛ, ССС и основных устройств, входящих в них;
- знать нормы ВСС и рекомендации МККР на основные характеристики каналов РРЛ и ССС;
- знать особенности распространения радиоволн и помеховые факторы на трассах;
- знать нормативы, регламенты, критерии качества и устойчивости связи;
- знать принципы эксплуатации этих систем;
- владеть навыками основных канальных и станционных измерений;
- знать основные принципы построения гипотетических эталонных цепей (ГЭЦ) ВСС и МККР;
- знать основные технические характеристики радиорелейных линий прямой

видимости, тропосферных, спутниковых, цифровых;

- знать критерии надёжности и качества связи на каналах цифровых РРЛ;
- уметь составлять планы распределения рабочих частот РРЛ;
- уметь моделировать детерминированные и стохастические профили трасс;
- уметь рассчитывать энергетические параметры РРЛ, оценивать устойчивость и качество связи на РРЛ на детерминированных и стохастических профилях трасс;
- уметь оптимизировать структуру РРЛ;
- владеть методикой проектирования аналоговых и цифровых РРЛ.
- владеть методикой расчёта трасс радиорелейных линий и оптимизации параметров;

3. Место дисциплины в структуре ООП

Данная дисциплина относится к вариативной части профессионального модуля программы. Дисциплина изучается на 4-м курсе в 7-м и 8-м семестрах. Программа дисциплины предполагает предшествующее изучение следующих профессиональных дисциплин: «РРВ и АФУ», «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей», «Многоканальные телекоммуникационные системы», «Устройства формирования сигналов в ТКС», «Устройства приёма сигналов в ТКС».

4. Объём дисциплины в зачётных единицах и виды учебной работы

| Семестр | 7 | | 8 | | Итого | |
|----------------------------------|--------|------|-------|-------|-------|------|
| | Неделя | 16 | 16 | | | |
| Вид занятий | уп | рп | уп | рп | уп | рп |
| Лекции | 32 | 32 | 16 | 16 | 48 | 48 |
| Практические | | | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Консультирование перед экзаменом | | | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Лабораторные работы | 16 | 16 | | | 16 | 16 |
| Сам. Работа | 71 | 71 | 11 | 11 | 82 | 82 |
| Часы на контроль | 8,75 | 8,75 | 26,65 | 26,65 | 35,4 | 35,4 |
| Иная контрольная работа | 0,55 | 0,55 | 0,35 | 0,35 | 0,9 | 0,9 |
| Итого | 144 | 144 | 72 | 72 | 252 | 252 |

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры | |
|---------------------------------------|-------------|------------|-----------|
| | | 7 | 8 |
| Аудиторные занятия (всего) | 216 | 144 | 72 |
| В том числе: | | | |
| Лекции | 48 | 32 | 16 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 16 | 16 | |
| Практические занятия (ПЗ) | 16 | | 16 |
| Самостоятельная работа (всего) | 100 | 87 | 13 |
| В том числе: | | | |

| | | | |
|---|-----|-------|---------|
| Курсовая работа | 31 | 31 | |
| <i>Другие виды самостоятельной работы</i> | | | |
| Контроль | 36 | 9 | 27 |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) | | зачет | экзамен |
| Общая трудоемкость час | 216 | 144 | 72 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 6 | 4 | 2 |
| Контактная работа (по учебным занятиям) | 80 | 48 | 32 |

4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий

| № | Раздел дисциплины | Общая трудоемкость, всего часов | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | Самостоятельная работа обучающихся |
|------------------|---|---------------------------------|--|--------|---------------------|------------------------------------|
| | | | всего | лекции | лабораторные работы | |
| Семестр 7 | | | | | | |
| | Всего | 144 | 48 | 32 | 16 | 87 |
| 1 | Общие принципы построения РРЛ | | 16 | 8 | 8 | 15 |
| 2 | Радиорелейные линии прямой видимости | | 16 | 8 | 8 | 20 |
| 3 | Обеспечение надёжной работы РРЛ | | 4 | 4 | | 4 |
| 4 | Помехоустойчивость и эффективность РРЛ | | 2 | 2 | | 8 |
| | Методика расчёта шумов и помех на выходах каналов | | 6 | 6 | | 8 |
| 5 | Радиорелейные линии тропосферного рассеяния | | 4 | 4 | | 2 |
| 6 | Зачёт | 9 | | | | 9 |
| Семестр 8 | | | | | | |
| | Раздел дисциплины | Общ. труд. | всего | лекции | Практич. занятия | Сам. работа |
| | Всего | 72 | 32 | 16 | 16 | 13 |
| 1 | Гипотетические эталонные цепи МККР и ВСС | | 4 | 2 | 2 | 1 |
| 2 | Проектирование радиорелейных систем передачи | | 14 | 5 | 10 | 1 |
| 3 | Системы связи с использованием ИСЗ Земли | | 6 | 3 | 4 | 1 |
| 4 | ССПИ с использованием ГСР | | 4 | 4 | | 1 |
| 5 | ССПИ на базе НГСР | | 4 | 2 | | 1 |
| 6 | Курсовой проект | 17 | | | | |
| 7 | Экзамен и консультации | 10 | | | | |

5. Содержание разделов дисциплины

ВВЕДЕНИЕ

Исторические этапы развития радиосистем. Особенности построения РРЛ прямой видимости, ТРРЛ и ССС. Роль РРЛ, ТРРЛ и ССС в ВСС.

Часть 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РРЛ

1.1. Понятие о многоканальной системе радиосвязи. Классификация систем многоканальной радиосвязи.

1.2. Особенности УКВ диапазона и возможность построения широкополосных и помехоустойчивых каналов радиосвязи. Структурная схема РРЛ. Виды станций. Классификация станций. Виды сообщений, передаваемых по РРЛ. Понятие ствола РРЛ. Пропускная способность ствола. Помехи в каналах связи. Принципы уплотнения ШП сигналов. Характеристики МКС.

1.3. Методы модуляции в РРЛ. Эффективность РРС. Помехоустойчивость и эффективность различных типов модуляции. Пороговые явления.

Часть 2. РАДИОРЕЛЕЙНЫЕ ЛИНИИ ПРЯМОЙ ВИДИМОСТИ

2.1. РРЛ с частотным уплотнением каналов и аналоговыми методами передачи. Структурные схемы станций РРЛ. Построение аппаратуры телефонных и телевизионных стволов. Передача видеосигналов и сигналов звукового сопровождения. Способы выделения телефонных каналов и программ телевидения на РРС. Применение предискажений. Помехи и искажения в каналах на РРЛ. Тепловые шумы. Виды переходных шумов. Переходные шумы в групповом тракте. Переходные шумы, вызванные искажениями ВЧ сигнала. Влияние ограничителей амплитуд на шумы в каналах. Сложение тепловых и переходных шумов на магистрали.

2.2 РРЛ с временным разделением каналов и аналоговыми методами передачи.

Методы модуляции в РРЛ с ВРК. Помехоустойчивость и эффективность РРС при различных видах модуляции. Структурные схемы станций РРЛ, Выделение каналов на промежуточных станциях. Виды искажений и помех в каналах. Тепловые шумы и переходные помехи при ФИМ-АМ; методы их снижения. Особенности построения ВЧ трактов с ФИМ-АМ. Накопление тепловых шумов и переходных помех на линии.

2.3. РРЛ с цифровыми методами передачи информации.

Применение на ЦРРЛ ИКМ ДМ. Структурные схемы станций. Виды искажений и помех в каналах и их накопление. Регенерация импульсов.

Часть 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЁЖНОЙ РАБОТЫ РРЛ

3.1. Виды отказов РРЛ. Параметры надёжности РРЛ (наработка на отказ, вероятность безотказной работы, коэффициент готовности). Методика расчёта готовности РРЛ. Пути повышения надёжности радиотракта и устройств электропитания станций РРЛ.

3.2. Повышение надёжности аппаратуры (применение элементов и узлов высокой надёжности, создание облегчённых режимов работы, резервирование, автоматизированный контроль, прогнозирование состояния аппаратуры). Гарантированные системы электропитания станций РРЛ. Поствольное, постанционное резервирование на РРЛ. Ожидаемая надёжность связи при различных способах резервирования. Телесигнализация и телеуправление. Принципы построения аппаратуры телеконтроля и телеуправления. Организация служебной связи на РРЛ. Измерение параметров аппаратуры, характеристик телефонного и телевизионного стволов РРЛ.

Часть 4. РАДИОРЕЛЕЙНЫЕ ЛИНИИ ТРОПОСФЕРНОГО РАССЕЯНИЯ

4.1. Статистические характеристики сигнала при дальнем тропосферном распространении УКВ. Искажения сигналов из-за многолучевого распространения радиоволн.

4.2. Особенности построения тропосферных РРЛ. Разнесение в пространстве, по частоте и углу. Сдвоенный и счетверённый приём. Линейное и оптимальное сложение, автовыбор.

4.3. Построение приёмо-передающей аппаратуры и антенно-фидерного тракта. Виды шумов в каналах.

Часть 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ.

5.1. Общие принципы построения радиорелейных линий. Основы построения сетей ВСС и МККР. Гипотетические цепи ВСС и МККР.

Нормы ВСС и рекомендации МККР на основные характеристики каналов РРЛ,

5.2. Основные характеристики радиорелейных систем.

Особенности частотных диапазонов, используемых на РРЛ. Планы распределения частот. Аппаратура РРЛ прямой видимости. Технические характеристики типовых РРЛ. Системы энергоснабжения РРС. Системы служебной связи и телеобслуживания. Организация резервирования РРЛ. Виды и способы.

5.3. Основы расчёта трасс радиорелейных линий прямой видимости (5 часов). Уравнение передачи при связи на УКВ. Причины замираний сигналов на трассе РРЛ. Основные энергетические соотношения. Рефракция волн. Классификация трасс. Расчёт первой зоны Френеля на пролёте. Выбор трассы, аппаратуры РРЛ, структуры АФТ. Расчёт множителя ослабления для открытых трасс. Расчёт множителя ослабления для закрытых и полужакрытых трасс. Определение величины запаса на замирания на интервале РРЛ. Энергетический расчёт пролётов РРЛ. Критерии и оценка устойчивости связи. Расчёт $T_{0_0}(V_{\min})$, $\sum T_0(V_{\min})$, $T_d(V_{\min})$, $T_{mp}(V_{\min})$, $T_{PPЛ}(V_{\min})$. Расчёт уровня шумов на выходах каналов. Проверка устойчивости и качества связи. Оптимизация структуры и параметров РРЛ.

5.4. Методы и средства повышения устойчивости связи на РРЛ. (2 часа). Методы и средства уменьшения замираний сигналов на интервалах.

Разнесённый приём на РРЛ. Виды разнесённого приёма. Методы комбинирования сигналов. Расчёт устойчивости связи при разнесённом приёме. Применение и расчёт пассивных ретрансляторов.

5.5. Особенности расчёта цифровых РРЛ. Критерии устойчивости и качества связи на ЦРРЛ. Расчёт потерь распространения радиосигнала на интервале. Расчёт множителя ослабления на закрытых и открытых интервалах. Расчёт неустойчивости связи. Расчёт показателей качества.

Часть 6. СИСТЕМЫ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ

5.1. История развития ССПИ. Классификация ССПИ. Общая схема построения систем связи через ИСЗ. Земные и бортовые станции. Системы с немедленной ретрансляцией и запоминанием. Активная и пассивная ретрансляции сигналов.

5.2. Основные принципы построения ССПИ.

Виды спутниковых служб. Орбиты связных ИСЗ. Структура и состав ССПИ. Особенности распространения сигналов на спутниковых линиях.

5.3. ССПИ с использованием ГСР

Общая характеристика ССПИ. Организация работы через ГСР. Основные характеристики приёмопередающей аппаратуры ЗС и ГСР. Антенны ЗС и ГСР. Усилители мощности передатчика. Диапазоны частот для спутниковой связи. Потери радиосигналов на трассе. Виды модуляции и способы уплотнения. Технология МД в ГССПИ. Пути повышения пропускной способности ГССПИ.

5.4. ССПИ на базе негеостационарных СР.

Особенности построения НССС. Преимущества и недостатки негеостационарных ССС.

6. Лабораторный практикум

| №п/п | Номер раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ |
|------|--------------------------|---|
| 1 | 1,2, | Изучение радиорелейной станции РРС-1М |
| 2 | 1,2, | Изучение принципов формирования сигналов в аппаратуре с |

| | | |
|---|-----|--|
| | | дельта-модуляцией ДМ 400/6 |
| 3 | 1,2 | Изучение цифровой системы связи ИКМ-ОФМ |
| 4 | 2,5 | Исследование цифровой РРЛ NEC PASOLINK V4 |
| 5 | 2,5 | Исследование цифровой РРЛ NEC PASOLINK 200 |

Методические указания к лабораторным работам

1. Изучение радиорелейной станции РРС-1М. Сост.: Егоров А.В., Корнеев В.А. Рязань, РРТИ, 2015.
2. Исследование принципов формирования сигналов в аппаратуре с дельта-модуляцией. Сост.: Корнеев В.А. Рязань, РГРТА, 2010.
3. Исследование приёмопередающего устройства РРС ДМ 400//6. Сост.: Корнеев В.А. Рязань, РГРТА, 2015.
4. Изучение системы связи с ИКМ-ОФМ. Сост.: Корнеев В.А. Рязань, РГРТА, 2016.
5. Изучение радиорелейной станции СРЛ-11. Сост.: Егоров А.В., Корнеев В.А. Рязань, РГРТА, 2013.
6. Исследование цифровой РРЛ NEC PASOLINK V4. Сост. Корнеев В.А и др. Рязань, РГРТУ, 2017.
7. Исследование цифровой РРЛ NEC PASOLINK 200. Сост. Корнеев В.А и др. Рязань, РГРТУ, (в печати)

7. Самостоятельные занятия по дисциплине

Цель самостоятельных занятий – углубление и закрепление знаний, изучение некоторых тем учебной программы, которые частично либо полностью не изучаются на аудиторных занятиях.

- 7.1. ОБЪЁМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ студента определяется учебным планом и составляет 95 часов.
- 7.2. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ:
 - чтение и анализ научной литературы по темам курса;
 - конспектирование, аннотирование научных публикаций;
 - анализ нормативных документов;
 - анализ учебных и методических пособий;
 - подготовка к допуску на выполнение лабораторных работ
- 7.3. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ:
 - уровень усвоения материала программы;
 - умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи;
 - ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убеждённость;
 - качество ответа: логичность, уверенность, общая эрудиция;
 - использование дополнительной литературы при подготовке ответов
- 7.4. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАЧЁТУ И ЭКЗАМЕНУ:
 1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов. Под ред. В.Н.Гордиенко и В.В. Крухмалёва.-М.: Горячая линия- Телеком, 2004.
 2. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей. Учебное пособие для вузов/ Е.Б.Алексеев, В.Н.Гордиенко,

- Крухмалёв и др.; Под ред. В.Н.Гордиенко и М.С Тверецкого. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 392 с.
3. Справочник по РРЛ. Под ред. С.В.Бородича. – М.: Радио и связь, 1981.
 4. ГОСТ Р 53363 – 2009. ЦРРЛ. Показатели качества. Методы расчёта. М.-Стандартинформ, 2010.
 1. Системы радиосвязи. Под ред. Н.И.Калашникова.-М.: Радио и связь, 1985.
 2. Системы спутниковой связи и вещания: учебное пособие/сост. Г. Г. Павлова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009, 142 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: <https://iprbookshop.ru/>.
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: <https://www.e.lanbook.com>
3. Электронная библиотека РГРТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: из корпоративной сети РГРТУ – по паролю. – URL: <http://elib.rsreu.ru/>

9. Программное обеспечение дисциплины

1. Операционная система Windows XP (Microsoft Imagine, номер подписки 700102019, бесплатно)
2. KasperskyEndpointSecurity (Коммерческая лицензия на 1000 компьютеров №2304-180222-115814-600-1595, срок действия с 25.02.2018 по 05.03.2019)

10. Техническое и аппаратное обеспечение дисциплины

Для освоения дисциплины кафедра РУС имеет специализированную лабораторию, оснащённую мультипроектором, типовыми промышленными аналоговыми и цифровыми радиорелейными системами и полным комплектом контрольно-измерительной аппаратуры.

11. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература

А) Основная литература

1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов. Под ред. В.Н.Гордиенко и В.В Крухмалёва.-М.: Горячая линия- Телеком, 2004.
2. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей. Учебное пособие для вузов/ Е.Б.Алексеев, В.Н.Гордиенко, Крухмалёв и др.; Под ред.В.Н.Гордиенко и М.С Тверецкого. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 392 с.
3. Системы радиосвязи. Под ред. Н.И.Калашникова.-М.: Радио и связь, 1985.
4. Системы связи и РРЛ. Под ред. Н.И. Калашникова.-М.: Связь, 1977.
5. Немировский А.С., Рыжков Е.В. Системы радиосвязи. – М.: Связь, 1980.
6. Мордухович Л.Г., Степанов А.П. Системы радиосвязи. –М.: Радио и связь, 1987.
7. Мордухович Л.Г. Радиорелейные линии связи. – М.: Радио и связь, 1989.
8. ГОСТ Р 53363 – 2009. Цифровые РРЛ. Показатели качества. Методы расчёта. М., Стандартинформ.-2010

9. Системы спутниковой связи и вещания: учебное пособие/сост. Г. Г. Павлова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009, 142 с.

Б) Дополнительная литература

1. Справочник по РРЛ. Под ред. С.В.Бородича. – М.: Радио и связь, 1981.
2. Тепляков И.М. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. – М.: Радио и связь, 2004.
3. Корнеев В.А. Описание радиорелейных систем КУРС. Учеб. пособие – Рязань, РГРТУ, 2014.
4. Корнеев В.А. Проектирование радиорелейных линий прямой видимости. Метод. указания к курсовому проектированию. – Рязань, РГРТУ, 2013

Программа составлена в соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования для подготовки бакалавров направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», ООП-1 «Многоканальные телекоммуникационные системы»

Программу составил
к.т.н., доцент кафедры РУС

Корнеев В.А.