

РАССМОТРЕНО на заседании

ПЦК ОПД и ПМ специальностей

10.02.01 и 10.02.04

Протокол № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_ 202\_ г.

Председатель ПЦК

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Е.Е. Сверчков/

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**ОТКРЫТОГО ЗАНЯТИЯ**

**По междисциплинарному курсу:** МДК 01.02 Телекоммуникационные системы и сети

**Профессионального модуля:** ПМ.01 Эксплуатация информационно-телекоммуникационных систем и сетей

**Тема:** «Принцип радиорелейной связи. Построение цифровых радиорелейных линий связи (ЦРРЛ).»

**Специальность:** 10.02.04 Обеспечение информационной безопасности телекоммуникационных систем

**Составитель:** преподаватель спецдисциплин Иванов П.А.

Москва, 2021 г.

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЗАНЯТИЯ 3](#_Toc90542851)

[СТРУКТУРА ЗАНЯТИЯ 5](#_Toc90542852)

[ХОД ЗАНЯТИЯ 5](#_Toc90542853)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 8](#_Toc90542854)

[ДИДАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ 9](#_Toc90542855)

# **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЗАНЯТИЯ**

|  |  |
| --- | --- |
| **Специальность** | 10.02.04 Обеспечение информационной безопасности телекоммуникационных систем |
| **Дисциплина/МДК** | МДК01.02 Телекоммуникационные системы и сети |
| **Участники занятия** | 3ОИБТС9-9 |
| **Тема занятия** | Принцип радиорелейной связи. Построение цифровых радиорелейных линий связи (ЦРРЛ) |
| **Регламент занятия** | 90 минут |
| **Тип занятия** | Учебное занятие по первичному изучению нового материала и первичному закреплению  |
| **Форма проведения****Вид урока****Место проведения занятия** | фронтальная, групповая и индивидуальнаяЛекцияЛаборатория «Информационно-телекоммуникационных систем и сетей» |
| **Технологии обучения** | Объяснительно-иллюстративная/ информационно-коммуникационная/ здоровьесберегающая |
| **Метод обучения:****Методологическая цель:** | Проблемное обучение, проблемное изложениеСоздать условия для осознания и осмысления блока новой учебной информации. |

**Цели учебного занятия**

1. Обучающая:
	* расширить и углубить теоретические знания по МДК 01.02.
	* сформировать представление о радиорелейных линиях связи.
	* обобщить и систематизировать ранее полученные знания по междисциплинарному курску и знания, полученные в результате занятия.
2. Развивающая:

 способствовать развитию

* + - интереса к современным технологиям.
		- коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве с преподавателями и коллективом;
		- логического мышления, внимательности.
		- формирование навыков применения на практике использования современных технологий
1. Воспитывающая:
	* воспитывать у обучающихся стремление реализации себя в обществе и общении.

**Межпредметные связи: МДК.01.01. Приемо-передающие устройства, линейные сооружения связи и источники электропитания,** МДК.01.03. **Электрорадиоизмерения и метрология.**

**Стандарт образования:** ОК 1 – 4, ОК 9, ОК 10, ПК 1.1 - 1.

 Студент должен **знать:**

* принципы построения информационно-телекоммуникационных систем и сетей;
* базовые технологии построения и состав оборудования мультисервисных сетей связи;
* состав и основные характеристики типового оборудования ИТКС;
* принципы передачи информации в ИТКС;
* принцип модуляции сигналов ИТКС;
* принципы помехоустойчивого кодирования сигналов ИТКС;
* виды и характеристики сигналов в ИТКС;
* виды помех в каналах связи, методы защиты от них;
* разновидности проводных линий передачи;
* конструкцию и характеристики электрических и оптических кабелей связи;
* способы коммутации в сетях связи;
* принципы построения многоканальных систем передачи;
* принципы построения радиолиний и систем радиосвязи;
* основы маршрутизации в информационно-телекоммуникационных сетях;
* принципы построения, основные характеристики и оборудование систем подвижной радиосвязи;
* технологии и оборудование удаленного доступа в информационно-телекоммуникационных сетях;
* типовые услуги, предоставляемые с использованием информационно-телекоммуникационных сетей, виды информационного обслуживания, предоставляемые пользователям;
* принципы построения и технические средства локальных сетей;
* принципы функционирования маршрутизаторов;
* модемы, использующиеся в ИТКС, принципы подключения и функционирования;

должен **уметь:**

* осуществлять техническую эксплуатацию линейных сооружений связи;
* производить монтаж кабельных линий и оконечных кабельных устройств;
* настраивать, эксплуатировать и обслуживать оборудование ИТКС;
* осуществлять подключение, настройку мобильных устройств и распределенных сервисов ИТКС;
* производить испытания, проверку и приемку обо­рудования телекоммуникационных систем;
* проводить работы по техническому обслуживанию, диагностики технического состояния и ремонту оборудования ИТКС;
* выполнять расчеты, связанные с определением значений параметров режима и элементов ППУ;
* контролировать работу и осуществлять техническую эксплуатацию ППУ;
* настраивать, эксплуатировать и обслуживать локальные вычислительные сети;
* сопрягать между собой различные телекоммуникационные устройства;
* производить настройку программного обеспечения коммутационного оборудования телекоммуникационных систем;

 **иметь практический опыт:**

* монтажа, настройки, проверки функционирования и конфигурирования оборудования информационно-телекоммуникационных систем и сетей (ИТКС);
* текущего контроля функционирования оборудования ИТКС;
* проведения технического обслуживания, диагностики технического состояния, поиска неисправностей и ремонта оборудования ИТКС.

**Формируемые компетенции:**

Общие:

|  |  |
| --- | --- |
| ОК 01 | Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам. |
| ОК 02 | Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности. |
| ОК 03 | Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие. |
| ОК 04 | Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами. |
| ОК 09 | Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности. |
| ОК 10 | Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке. |

Профессиональные:

|  |  |
| --- | --- |
| Код | Наименование профессиональных компетенций |
| ПК 1.1 | Производить монтаж, настройку, проверку функционирования и конфигурирования оборудования информационно-телекоммуникационных систем и сетей.  |
| ПК 1.2 | Осуществлять диагностику технического состояния, поиск неисправностей и ремонт оборудования информационно-телекоммуникационных систем и сетей. |
| ПК 1.3 | Проводить техническое обслуживание оборудования информационно-телекоммуникационных систем и сетей. |
| ПК 1.4  | Осуществлять контроль функционирования информационно-телекоммуникационных систем и сетей. |

**Обеспечение учебного занятия**

**Аппаратное обеспечение:** мультимедийное оборудование, персональный компьютер, сетевое оборудование.

**Программное обеспечение**: Microsoft office 2010 (программа Power Point), Cisco Packet Tracer;

**Учебно-методическое обеспечение:** анимированная презентация к учебному занятию; тестовые задания, индивидуальные карточки.

# **СТРУКТУРА ЗАНЯТИЯ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № элемента | Этапы | Время (мин) |
| 1 | Организационный этап | 2 минуты |
| 2 | Целеполагание и мотивация | 3 минуты |
| 3 | Актуализация | 15 минут |
| 4 | Первичное изучение нового материала | 30 минут |
| 5 | Систематизация и закрепление изученного материала | 30 минут |
| 6 | Подведение итогов и рефлексия занятия | 10 минут |

#

# **ХОД ЗАНЯТИЯ**

|  |  |
| --- | --- |
| **№ элемента** | **Организация образовательной среды** |
| **Деятельность преподавателя** | **Деятельность обучающегося** | **Планируемые результаты** |
| **1. Организационная часть** | Приветствует, проверяет отсутствующих, сообщает тему занятия | Проверяют готовность к занятию. | *Регулятивные:* Формировать взаимоотношения с окружающими.*Коммуникативные:* Владеть приемами и навыками общения со сверстниками и взрослыми.- ответственность, аккуратность, доброжелательность, умение быстро сосредоточиться |
| **2. Мотивация деятельности**Изучение темы «Принцип радиорелейной связи. Построение цифровых радиорелейных линий связи (ЦРРЛ)» поможет организовывать и осуществлять построение радиорелейных линий связи. | Сообщает цели занятия.Обосновывает профессиональную значимость занятия.Сообщает об основных этапах занятия и условий получения оценок. | Слушают преподавателя.Фокусируют внимание на предстоящей работе на занятии.Принимают поставленные цели учебного занятия | *Регулятивные:* -умение определять цель деятельности на уроке;*Коммуникативные:* - умение слушать и понимать других |
| **3. Актуализация способов деятельности** | Активирует знания учащихся.Выдает индивидуальные задания – карточки (письменный опрос).Принимает индивидуальные и групповые устные ответы обучаемых (фронтальный опрос). | Отвечают на поставленные вопросы.Рассуждают вместе с преподавателем.Выполняют задания на карточках. | *Познавательные:* *-*умение обобщать и классифицировать по признакам*Регулятивные:* - умение определять успешность выполнения своего задания в диалоге с преподавателем*Коммуникативные:*- умение строить речевые высказывания в соответствии с поставленными задачами |
| **4. Первичное изучение нового материала.**Основные задачи, изучение принципа действия радиорелейных линий связи и устранение ошибок в построении радиорелейных линиях связи. | Объясняет новый материал, приводит примеры использования полученных знаний и умений на примере решения практических задач.Озвучивает проблему для самостоятельного решения.Организует работу студентов по самостоятельному освоению нового материала | Слушают преподавателя, конспектируют.Получают информацию, пользуясь соответствующим раздаточным материалом. При затруднениях в восприятии задают вопросы. | *Познавательные:* - умение обобщать и классифицировать по признакам*Регулятивные:*- умение определять успешность выполнения своего задания в диалоге с преподавателем*Коммуникативные**:* -умение строить речевые высказывания в соответствии с поставленными |
| **5. Систематизация и закрепление изученного материала. Проверка и корректировка качества освоения нового материала.**Повторение изученного в виде фронтально опроса студентов и решения задач | Акцентирует внимание на основных положениях новой темы.Формулирует практикоориентированные вопросы или задания.Раздает всем обучающимся задания для проверки качества освоения материала.Показывает роль знания основных положенийПо ходу работы контролирует её выполнение.Не исключает взаимоконсультаций. | Выполняют задания преподавателя, и анализируют свой ответ. При необходимости консультируются друг с другом.Учитывают замечания преподавателя. По выполнению задания производят самопроверку.Закрепляют изученный материал, озвучивая положения новой темы. | *Регулятивные:* - самостоятельность при выполнении–  умение находить связь между понятиями*Коммуникативные:*  - умение строить речевые высказывания в соответствии с поставленными задачами |
| **6. Подведение итогов и рефлексия занятия** | Мобилизует студентов на рефлексию результатов проведения занятия.Подводит итоги и выставляет оценки.Выдает домашнее задание к следующему занятию | Самостоятельно оценивают результаты проделанной на занятии работы.Записывают домашнее задание. | - само- и взаимоконтролю, - самокоррекции - умения контролировать свои слова и поступки - умения четко выполнять каждое задание–   стремление к самовыражению через деятельность. |

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Дибров, М. В. Компьютерные сети и телекоммуникации. Маршрутизация в ip-сетях в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для СПО / М. В. Дибров. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 333 с.
2. Замятина, О. М. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Моделирование сетей / О. М. Замятина. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 159 с.
3. Чугунов, А. В. Социальная информатика / А. В. Чугунов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 256 с.

**Интернет–ресурсы:**

1. Федеральная служба по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК России) [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.fstec.ru
2. Информационно-справочная система по документам в области технической защиты информации [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.fstec.ru
3. Образовательные порталы по различным направлениям образования и тематике [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://depobr.gov35.ru/
4. Федеральный портал «Информационно- коммуникационные технологии в образовании» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ict.edu.ru
5. Центр обучения по телекоммуникационным сетям. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://old.istu.ru/files/material-static/1755/GSM-DCS.pdf
6. Студенческая библиотека онлайн. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studbooks.net/
7. Банк лекций. [Электронный ресурс]. https://siblec.ru/

# **ДИДАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ**

**Приложение 1**

**Раздаточный материал для проверки опорных знаний**

**Вариант 1**

1. Определите, линии связи, имеющие высокую пропускную способность и помехозащищенность?
	1. Телефонная пара
	2. Коаксиальный кабель
	3. Витая пара
	4. ВОЛС
	5. Радиоканал
2. Что понимается под тайм-аутом?
	1. Время передачи данных
	2. Количество переданных кадров на один кадр – подтверждение
	3. Время с момента отправки кадра в канал до момента получения кадра
3. Определите, способы передачи данных использующиеся в современных компьютерных сетях?
	1. Коммутация каналов
	2. Коммутация сообщений
	3. Коммутация пакетов
4. С увеличением расстояния скорость передачи в технологии XDSL:
	* 1. Увеличивается
		2. Уменьшается
		3. Остается неизменной
		4. Увеличивается незначительно
5. Виртуальный   путь включает в себя в технологии MPLS
	* 1. Виртуальные каналы
		2. Виртуальные пакеты
		3. Виртуальные трассы
		4. Виртуальные ячейки

**Вариант 2**

1. Определите каким образом предотвращаются косвенные блокировки в сети?
	1. Ограничением канальных очередей пакетов
	2. Созданием структурированных буферных пулов
	3. Корректировкой окна передачи данных
2. Что является единицей информации в сетях ATM?
	1. Бит
	2. Байт
	3. Ячейка
	4. Пакет
	5. Файл
3. Выберите режим, в котором при передаче данных используется функция распределенной кординации DCF?
	1. Ad Hoc
	2. Infrastructure Mode
	3. Ad Hoc и Infrastructure Mode

**4.** Технология MPLS предназначена для:

* + 1. Построения магистральных сетей
		2. Только для построения сетей доступа
		3. Для построения локальных сетей
		4. Для построения корпоративных сетей

**5.** Технология MPLS это технология:

* + 1. С пакетной коммутацией
		2. Работающая в дейтаграммном режиме
		3. Использующая коммутацию по меткам
		4. Работающая исключительно с IP – протоколами

**Приложение 2**

**Задания для закрепления нового материала**

1.      Объектом передачи в сети связи является:

1) Сигнал;

2) Коды;

3) Сообщения;

4) Энергия.

2.       Сообщения, поступающие через телефонную трубку, являются:

1) Цифровыми;

2) Дискретными;

3) Аналоговыми;

4) Кодовыми.

3.       Физический процесс, отображающий передаваемое сообщение, называется:

1) Кодовой комбинацией;

2) Сигналом;

3) Помехой;

4) Колебаниями.

4.       Цифровой сигнал – это сигнал, дискретизированный:

1) По времени;

2) По времени и по уровню;

3) По мгновенному значению;

4) Только по уровню.

5.       На рисунке № 1 показаны:



Рисунок 1.

1) Аналоговый сигнал;

2) Цифровой сигнал;

3) Сигнал, дискретизированный только по времени;

4) Сигнал, дискретизированный только по уровню.

6.       На рисунке № 2 модем изображен в виде:



Рисунок 2. Структурная схема канала ПДС.

* + 1. УЗО;
		2. 2)  УПС;
		3. 3)  УС;
		4. 4)  ИПС.

7.       На рисунке № 3 устройство, повышающее правильность передачи:

Рисунок 3. Структурная схема канала ПДС.

1) Входит в дискретный канал;

2) Входит в канал передачи данных;

3) Входит в аппаратуру передачи данных АПД;

4) Является устройством УС.

8.       Если P (a/b) и P (b/a) условные вероятности появления зависимых событий «a» и «b» , то вероятность совместного появления P (a, b) равна (несколько вариантов ответа):

1)  P (a, b) = P (a/b) \* P (b);

2)  P (a, b) = P (a) \* P (b);

3)  P (a, b) = P (a) + P (b);

4)  P (a, b) = P (b/a) \* P (a).

9.      Если события «a» и «b» взаимно независимые, вероятность их совместного появления P (a, b) равна:

1)  P (a) + P (b) ;

2)  P (a) – P (b) ;

3)  P (a) \* P (b) ;

4)  P (a) \ P (b).

10.  Выберите значения вероятностей, которые не могут иметь место (несколько вариантов ответа):

1)  0, 75;

2)  1,5 ;

3)  -0,25 ;

4)  0.

**Приложение 3**

**Теоретические сведения:**

Радиорелейная связь — один из видов наземной радиосвязи, основанный на многократной ретрансляции радиосигналов. Радиорелейная связь осуществляется как правило между стационарными объектами.

Исторически радиорелейная связь между станциями осуществлялась с использованием цепочки ретрансляционных станций, которые могли быть как активными, так и пассивными.

Отличительной особенностью радиорелейной связи от всех других видов наземной радиосвязи является использование узконаправленных антенн, а также дециметровых, сантиметровых или миллиметровых радиоволн, рисунок 1.



Рисунок 1. Антенны радиорелейной связи на телекоммуникационной башне

В 1931 году Андре Клавир, работая во французском исследовательском подразделении LCT компании ITT, показал возможность организации радиосвязи с помощью ультракоротких радиоволн. В ходе предварительных испытаний 31 марта 1931 года Клавир с помощью экспериментальной радиорелейной линии, работающей на частоте 1,67 ГГц, успешно передал и принял телефонные и телеграфные сообщения, разместив две параболические антенны диаметром 3 м на двух противоположных берегах пролива Ла-Манш. Примечательно, что места установки антенн практически совпадали с местами взлета и посадки исторического перелета через Ла-Манш Луи Блерио. Следствием успешного эксперимента Андре Клавира стала дальнейшая разработка коммерческого радиорелейного оборудования. Первое коммерческое радиорелейное оборудование было выпущено ITT, а точнее её дочерней компанией STC, в 1934 году и использовало амплитудную модуляцию несущего колебания мощностью в 0,5 Ватт на частоте 1,724 и 1,764 ГГц, полученного с помощью клистрона.

Запуск первой коммерческой радиорелейной линии состоялся 26 января 1934 года. Линия имела протяжённость 56 км над проливом Ла-Манш и соединяла аэропорты Лимпн в Англии и Сент-Энглевер во Франции. Построенная радиорелейная линия позволяла одновременно передавать один телефонный и один телеграфный канал и использовалась для координации воздушного сообщения между Лондоном и Парижем. В 1940 году в ходе Второй Мировой Войны линия была демонтирована, рисунок 2.



Рисунок 2. Радиорелейная линия связи прямой видимости

Под радиорелейной связью понимают именно радиорелейную связь прямой видимости. При построении радиорелейных линий связи антенны соседних радиорелейных станций располагаются в пределах прямой видимости. Требование наличия прямой видимости обусловлено возникновением дифракционных замираний при полном или частичном закрытии трассы распространения радиоволн. Потери при дифракционных замираниях могут вызывать сильное ослабление сигнала, таким образом радиосвязь между соседними радиорелейными станциями станет невозможна. Поэтому для устойчивой радиосвязи антенны соседних радиорелейных станций как правило располагают на естественных возвышенностях или специальных телекоммуникационных башнях или мачтах таким образом, чтобы трасса распространения радиоволн не имела препятствий.

С учетом ограничения на необходимость наличия прямой видимости между соседними станциями дальность радиорелейной связи ограничена как правило 40 - 50 км.

Цифровые радиорелейные станции

Цифровые магистрали, на основе которых строятся современные сети передачи данных, должны соответствовать стандарту SDH (Synchronous Digital Hierarchy – синхронная дискретная иерархия), определяющему основные характеристики линий для цифровой сети передачи данных. Такие линии обеспечивают передачу любых видов данных: текста, звука, речи, изображений и видеофильмов с помощью дискретных электрических сигналов.

Современная цифровая РРС – сложный технический комплекс, в который входят приемопередатчик, модем, мультиплексор, приемопередающие антенны, система автоматического резервирования, система телеуправления и телесигнализации, контрольно-измерительная аппаратура, устройства служебной связи, система электропитания. Рассмотрим функции основных устройств: приемопередатчика, модема и мультиплексора.

Приемопередатчик РРС – устройство, которое выполняет функции приема и передачи модулированных электрических колебаний заданных частот. Приемник выделяет электрический сигнал заданной частоты из сигналов, принятых приемной антенной. С выхода приемника сигнал поступает на модулятор. Передатчик вырабатывает модулированный электрический сигнал заданной частоты для последующего его излучения передающей антенной. На вход передатчика сигнал поступает из модулятора.

Один комплект приемопередающей аппаратуры, установленный на РРС, образует ствол. Для увеличения пропускной способности аппаратуры – создают несколько стволов.

Модем РРС – оконечное устройство, служащее для модуляции/демодуляции сигнала.

Поступающий из мультиплексора дискретный сигнал модем преобразует в аналоговый (непрерывный) сигнал некоторой промежуточной частоты и передает его в приемопередатчик, а при приеме поступающий из приемопередатчика аналоговый сигнал преобразуется в дискретный. Таким образом, в составе цифрового радиорелейного тракта модем выполняет функции цифрового стыка, который должен соответствовать рекомендациям G.703 MKKTT.

Как правило, в модеме РРС дополнительно создаются:

* речевой канал, позволяющий организовывать служебную телефонную связь;
* канал RS-232 (9600 бит/с), который может быть использован и как дополнительный сервисный канал связи, и для дистанционного контроля параметров.

В многопролетных системах связи программное обеспечение позволяет осуществлять дистанционное управление и диагностику модемов.

Для преобразования сигнала в модемах РPС чаще всего применяются следующие методы модуляции:

* FSK (Frequency Shift Keying) – частотная модуляция (ЧМ), сущность которой заключается в том, что дискретные сигналы 0, 1 передаются гармоническими сигналами (синусоидами), имеющими различные частоты;
* PSK (Phase Shift Keying) – фазовая модуляция, при которой дискретные сигналы 1 и 0 передаются путем переключения двух несущих, сдвинутых на полпериода относительно друг друга. Другой вариант PSK – изменение фазы на 900 в каждом такте при передаче нуля и на 2700 при передаче единицы.

Мультиплексор РРС предназначен для асинхронного объединения нескольких цифровых потоков в один, например, Е1 (2048 Мбит/с), E2 (8448 Мбит/с) в сигнал Е2 (8448 Мбит/с) или сигнал E3 (34368 Мбит/с) в соответствии с рекомендацией G.742 (G.751) МККТТ.

В зависимости от места, которое занимает РРС в радиорелейной линии, различают оконечные, промежуточные и узловые РРС. Оконечными называют РРС, расположенные на концах радиорелейной линии; размещенные между оконечными РРС носят название промежуточных. Промежуточные станции, на которых предусмотрено выделение каналов, называют главными. Если на главной станции предусмотрено ответвление на другую радиорелейную линию, то такую РРС называют узловой. Главные и узловые РРС имеют специальное оборудование выделения каналов, или ответвления. Как правило, оконечные и главные станции обслуживаются специалистами, а обычные промежуточные – контролируются дистанционно с оконечных и/или главных станций и персонала не имеют.

Наличие таких «необслуживаемых» РРС позволяет строить не только радиорелейные линии большой протяженности, но и разветвленные радиорелейные сети.

Системы тропосферной связи

Тропосферная связь основана на физическом явлении рассеивания и отражения электромагнитных волн УКВ-диапазона от диэлектрических неоднородностей в тропосфере.

Данное явление позволяет обеспечить радиосвязь на расстоянии, в 2...6 раз превышающем интервалы радиорелейных линий, несмотря на то, что уровень электрического поля, возникшего вследствие дальнего тропосферного распространения УКВ, на расстоянии более 90... 100 км от источника значительно ниже уровня поля при наличии прямой радиовидимости. Однако он намного выше уровня поля, обусловленного дифракцией волн, и достаточен для обеспечения прямой радиосвязи с использованием УКВ на расстоянии более сотни километров. Необходимо учитывать, что для такого вида связи необходимы мощные радиопередающие устройства и аппаратура с улучшенными по сравнению с аппаратурой, используемой для обычной радиорелейной связи, энергетическими параметрами.

Метод тропосферной радиосвязи может быть реализован только в воздушной среде, неоднородной по своим диэлектрическим свойствам. Этому условию удовлетворяет тропосфера Земли, высоту слоя которой над уровнем моря принято ограничивать значением h = 12... 15 км.

Сущность тропосферной связи заключается в следующем: направленный поток энергии УКВ-диапазона, посылаемый передающей антенной станции А, так называемая падающая волна, пронизывает толщу тропосферы и в виде проходящей волны уходит в открытое пространство. Однако неоднородности воздушных масс, являющиеся одновременно неоднородностями диэлектрической проницаемости среды, рассеивают под небольшими углами к направлению падающей волны некоторую весьма небольшую часть энергии волн. Эта часть рассеянной энергии при условии, что она оказывается направленной в сторону приемной антенны станции Б, может быть принята и использована для обеспечения связи.

Линии тропосферной связи (ТРЛ) могут строиться по тому же принципу, что и радиорелейные, т.е. после приема и обработки сигнал может быть передан далее, по следующему интервалу и т.д. Благодаря большой протяженности интервалов тропосферные линии могут развертываться в труднодоступной местности со слабо развитой сетью коммуникаций, с обширными водными преградами, лесными и горными массивами и т.п. Широкое распространение получили одноинтервальные ТРЛ, обеспечивающие прямую связь на расстоянии в сотни километров, рисунок 3.



Рисунок 3. Одноинтервальные ТРЛ

Предельная дальность тропосферной связи L, км, определяется толщей тропосферы и высотой размещения антенн и может быть приблизительно рассчитана по формуле:

L= 4,12(√h0 + √h1 + √h2),

Где h0 — нижняя граница видимой обеими станциями области тропосферы, м; h1(2) — высота размещения антенн, м.

Теоретический предел дальности тропосферной связи может достигать 1000 км. Однако реальная дальность определяется исходя из требуемого уровня принимаемого сигнала. В данном случае должны учитываться уровни сигнала на передачу и затухания или замирания сигнала в пространстве. На затухание сигнала оказывают влияние время года и климатические условия, рельеф местности, объем рассеяния тропосферы и т.д. Замирания возникают вследствие многолучевого распространения радиоволн и делятся на быстрые и медленные.

Самостоятельное решение задачи:

Определите предельную дальность тропосферной связи, если высота антенн равна соответственно: 20м., 25м., 30м., 35м.

Достоинства радиорелейной связи:

* возможность организации многоканальной связи и передачи любых сигналов, как узкополосных, так и широкополосных;
* возможность обеспечения двухсторонней связи (дуплексной) связи между потребителями каналов (абонентами);
* возможность создания 2-х проводных и 4-х проводных выходов каналов связи;
* практическое отсутствие атмосферных и промышленных помех;
* узконаправленность излучения антенных устройств;
* сокращение времени организации связи в сравнении с проводной связью.

Недостатки радиорелейной связи:

* необходимость обеспечения прямой геометрической видимости между антеннами соседних станций;
* необходимость использования высокоподнятых антенн;
* использование промежуточных станций для организации связи на большие расстояния, что является причиной снижения надежности и качества связи;
* громоздкость аппаратуры;
* сложность при строительстве радиорелейных линий в труднодоступной местности;

По назначению радиорелейные системы связи делятся на три категории, каждой из которых на территории России выделены свои диапазоны частот, местные линии связи от 0,39 ГГц до 40,5 ГГц внутризоновые линии от 1,85 ГГц до 15,35 ГГц магистральные линии от 3,4 ГГц до 11,7 ГГц.

Аппаратура РРЛ строится обычно по модульному принципу. Функционально выделяют модуль стандартных интерфейсов, обычно включающих в себя один или несколько интерфейсов PDH (E1, E3), SDH (STM-1), Fast Ethernet или Gigabit Ethernet или сочетание перечисленных интерфейсов, а также интерфейсы управления и мониторинга РРЛ (RS-232 и др.) и интерфейсы синхронизации. Задача модуля стандартных интерфейсов заключается в коммутации интерфейсов между собой и другими модулями РРЛ.

Конструктивно модуль стандартных интерфейсов может представлять собой один блок или состоять из нескольких блоков, устанавливаемых в единое шасси. В технической литературе модуль стандартных интерфейсов обычно называют блоком внутреннего монтажа(IDU) т.к. обычно подобный блок устанавливается в аппаратной РРС или в телекоммуникационном контейнере-аппаратной). Потоки данных от нескольких стандартных интерфейсов объединяются в блоке внутреннего монтажа в единый кадр. Далее к полученному кадру добавляется служебные каналы, необходимые для управления и мониторинга РРЛ. Суммарно все потоки данных образуют радиокадр. Радиокадр от блока внутреннего монтажа как правило на промежуточной частоте передается к другому функциональному блоку РРЛ -радиомодулю(ODU). Радиомодуль выполняет помехоустойчивое кодирование радиокадра, модулирует радиокадр согласно используемому виду модуляции, а также преобразует суммарный поток данных с промежуточной частоты на рабочую частоту РРЛ. Кроме того, часто радиомодуль выполняет функцию автоматической регулировки усиления мощности передатчика РРЛ.

Конструктивно радиомодуль представляет собой один герметичный блок, имеющий один интерфейс, соединяющий радиомодуль с блоком внутреннего монтажа. В технической литературе радиомодуль обычно называют блоком наружного монтажа, т.к. в большинстве случаев радиомодуль устанавливается на радиорелейной башне или мачте в непосредственной близости от антенны РРЛ. Расположение радиомодуля в непосредственной близости от антенны РРЛ обычно обусловлено стремлением уменьшить затухание высокочастотного сигнала в различных переходных волноводах (для частот больше 6 - 7 ГГц) или коаксиальных кабелях (для частот меньших 6 ГГц).

Для особо тяжелых условий где затруднено обслуживание средств связи, применяется нижнее расположение радиомодулей. Рабочая частота передается к антенне по волноводу. Данный вариант расположения блоков позволяет обслуживать РРС (производить замену радиомодулей) без выхода персонала на антенно-мачтовые сооружения.

**Радиорелейные линии связи (РРЛС)**

Системы сотовой связи по своей природе являются распределенными телекоммуникационными объектами. Наибольший географический разброс по своей специфике получили элементы системы базовых станций (BSS/UTRAN), а именно сами базовые станции (BTS, NodeB). Это связано с тем, что задача базовых станций обеспечивать покрытие сигналом сотовой связи на как можно большей территории. Одним их ограничивающих факторов быстрого разворачивания сети сотовой связи является необходимость организации транспортных потоков между базовыми станциями и контроллером базовых станций. Для строительства кабельных сооружений (электрических или оптических) может потребоваться длительное время: от нескольких месяцев, до нескольких лет. Если речь идет о горной, болотистой либо другой труднопроходимой местности, то строительство кабельной линии связи может оказаться практически невозможным. Кроме того, строительство проводной линии связи требует больших финансовых затрат, что может оказаться экономически невыгодным, если требуется организовать интерфейс лишь до одной-двух базовых станций. Удобное решение в подобной ситуации предлагают радиорелейные линии связи. Строительство пролета РРЛ занимает не более нескольких дней с учетом времени необходимого на настройку и запуск. Также разворачивание радиорелейного пролета требует гораздо меньших финансовых затрат, а максимальная протяженность может достигать 50 км и более.

Рассмотрим принцип организации связи с помощью радиорелейных систем передачи. На каждом из двух концов должен быть установлен комплект оборудования для организации связи, который обычно включает в себя внутренний блок, внешний модуль и излучающая параболическая антенна. Внутренний модуль устанавливается в аппаратной, в непосредственной близости к телекоммуникационному оборудованию, либо в специальный термоизоляционный контейнер. Он выполняет задачи коммутации и мультиплексирования нескольких сигналов в один, модуляцию сигнала на промежуточную частоту, управление внешним модулем, а также отвечает за переключение на резерв, если это предусмотрено конструкцией РРЛС. Внутренний модуль может обслуживать от одного до нескольких комплектов внешнего оборудования (внешний модуль + антенна). Внешний модуль представляет собой преобразователь, который переносит сигнал с промежуточной частоты, полученный от внутреннего модуля на основную частоту, лежащую в пределах 6-38 ГГц. Это его главная функция. Внутренний и внешний модули соединяются, обычно, коаксиальным кабелем. После перемодуляции сигнала во внешнем модуле сигнал излучается через параболическую антенну. С противоположной стороны должен быть установлен аналогичный комплект оборудования. Обычно все современные РРЛ являются дуплексными, т.е. и передавать, и принимать сигнал они могут через один и тот же комплект оборудования, рисунок 4.



Рисунок 4. Структура радиорелейного пролета

При настройке РРЛС должна быть обеспечена прямая видимость между обеими антеннами. Сам процесс настройки носит название "юстировка". При этом путем изменения направления излучения основного лепестка для обеих антенн добиваются максимально возможного уровня приема сигнала на каждой стороне. Чем выше будет уровень принимаемого сигнала, тем более устойчив будет радиорелейный пролет к внешним метеоусловиям. Кроме того, уровень сигнала может повлиять на емкость системы, т.к. оборудование некоторых производителей предусматривает снижение емкости РРЛС при достижении некоторого минимального уровня.

Предельная дальность современных РРЛ, как правило, ограничена 50 км. Благодаря цифровому способу передачи и помехоустойчивому кодированию, они могут противостоять неблагоприятным метеоусловиям. Однако обычно для длинных пролетов вводятся некоторые ограничения: пролет должен быть максимально "чистым", т.е. между антеннами не должно быть ни каких препятствий. Кроме того, должна быть использована минимальная частота и максимальный диаметр параболической антенны. Также обычно эти РРЛС имеют уменьшенную емкость. На практике чаще используются менее длинные пролеты (протяженностью до 30 км).

**Домашнее задание**

Вашему предприятию необходимо обеспечить связью отдаленный отдел вашей организации (1000 км.). Определите вид связи, оптимальную высоту и количество антенн, если высота применяемых антенн одинаковая. (Конспект. Электронные материалы).