

Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области
Областное государственное автономное
профессиональное образовательное учреждение
«Белгородский индустриальный колледж»

Рассмотрено
цикловой комиссией
Протокол заседания № 1
от « 31 » августа 2020 г.
Председатель цикловой комиссии
_____ / Чобану Л.А./

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению самостоятельных работ
учебной дисциплины

ОП.06 Основы телекоммуникаций

по специальности

11.02.10 Радиосвязь, радиовещание и телевидение (углубленной подготовки)

квалификация
специалист по телекоммуникациям

Разработчик:
преподаватель
ОГАПОУ «Белгородский
индустриальный колледж»
Чобану Л.А.

Белгород 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Пояснительная записка	5
Самостоятельная работа №1 Сети электросвязи. Классификация	7
Самостоятельная работа №2 Принцип построения первичных сетей связи.	9
Самостоятельная работа №3 Маркировка и типы кабелей связи.	11
Самостоятельная работа №4 Импульсная модуляция.	15
Самостоятельная работа №5 Радиорелейные системы передачи.	17
Самостоятельная работа №6 Иерархия ВСС РФ.	19
Самостоятельная работа №7 Телекоммуникационными сетями РФ.	23
Самостоятельная работа №8 Типы станций в нерайонированных и районированных ГТС.	25
Самостоятельная работа №9 Составные части системы звукового и телевизионного вещания.	28
Самостоятельная работа №10 Методы телеграфирования.	33
Самостоятельная работа №11 Системы сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных системах.	35
Самостоятельная работа №12 Тропосферные и радиорелейные системы передачи.	38
Самостоятельная работа №13 Широкополосные ЦСИО.	41
Самостоятельная работа №14 Методы кодирования сигналов.	45
Самостоятельная работа №15 Принципы построения регенераторов.	51
Самостоятельная работа №16 Изучение стандартов сотовой связи.	54
Самостоятельная работа №17 Стандартный канальный план и его использование.	58
Заключение	60
Библиографический список	62

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов предполагает изучение материалов или выполнение конкретных заданий без тесного контакта с преподавателем.

Зачастую «самостоятельная работа» ассоциируется с конкретными заданиями (контрольная, тестовая или проверочная работа) в школах, призванная оценить степень освоения новой информации и овладения новыми навыками. На самом деле это понятие гораздо шире.

Зачем нужна самостоятельная работа?

Миссия самостоятельной работы учащихся заключается в следующем:

- обучение школьников, студентов навыкам сбора и анализа информации, ее обработке и систематизации;
- получение новых знаний и навыков: расширение кругозора, углубление в конкретную тему, развитие поисковых, расчетных и аналитических способностей;
- развитие личностных и профессиональных качеств: самостоятельность, дисциплина, планирование времени и действий, организация, умение пользоваться профессиональными терминами и инструментами и пр.

Углубить и получить новые знания, закрепить пройденный материал можно с помощью чтения текста, конспектирования материалов, проведения научно-исследовательской работы, создания презентации, составления таблиц и кроссвордов, прохождения тестирования, решения различных задач (математических, логических, экономических, юридических и пр.).

Во время выполнения самостоятельной работы студент может использовать следующие материалы: лекции, учебные и методические пособия, интернет-ресурсы, собственные знания и опыт (полученные ранее) и др.

Виды самостоятельной работы студента

Выделяют две большие группы самостоятельной работы студента:

1. Аудиторная, которая предполагает подготовку преподавателем специальных материалов для проведения конкретного мероприятия: контрольная, проверочная работа, зачет тестирование, опрос и пр. Здесь все выполняется строго по заданию и под контролем специалиста.

2. Внеаудиторная. Она подразумевает самостоятельное выполнение студентом задания вне стен учебного заведения без тесного взаимодействия с научным руководителем, педагогом. К данному виду относят рефераты, курсовые работы, отчеты, анализ конкретной ситуации, ответ на вопросы (конспектирование), подготовка к семинарам, составление тематических кроссвордов и головоломок и пр.

Следует отметить, что независимо от вида самостоятельной работы, она всегда ограничена во времени. Если студент выполняет конкретное задание на паре, то преподаватель может ограничить время 10-15 минутами или предоставить на решение поставленной задачи всю пару.

Если самостоятельная работа предназначена для выполнения в домашних условиях (реферат, доклад, курсовая работа и т.д.), то студент должен руководствоваться методическими рекомендациями, правилами ВУЗа

и наставлениями педагога. Время на выполнение задания может быть как 1-2 дня, неделя (например, до следующей пары или семинара), так и несколько месяцев (до конкретной даты, защиты).

Чтобы не попасть впросак, следует изначально уточнить период выполнения задания.

Этапы организации самостоятельной работы

Этап №1. Подбор соответствующих материалов и заданий для студентов.

На этой стадии преподаватель формирует задание для учащихся, а затем выдает его. Студент, получая задание, должен понять, как его выполнить, какие материалы ему необходимы.

Этап №2. Изучение материалов.

В зависимости от вида самостоятельной работы студент должен либо уже знать тему, либо ему предстоит самостоятельно изучить литературу и ответить на поставленные вопросы, выполнить конкретные задания.

Для этого ему следует правильно подобрать источники информации: учебники, лекции и семинары, сайты, научные статьи и пр.

Этап №3. Выполнение задания.

Необходимо прочитать и вникнуть в само задание. Важно, понять, что от студента требуется: ответить на вопрос, решить задачу, составить кроссворд, продолжить фразу и пр.

Затем студент должен понять, к какой теме относится задание, откуда черпать информацию (где ее искать, вспоминать пройденный материал и пр.).

Определяем метод самостоятельной работы. Это может быть просто развернутый ответ на вопрос, решение задачи и отражение всех действий с подробнымписанием, анализ ситуации и формулирование выводов, проведение эксперимента и фиксирование полученных результатов и пр.

Этап №4. Оформление самостоятельной работы.

Данный этап необходимо сразу же уточнять у преподавателя. Кому-то достаточно просто дать письменный ответ на обычном тетрадном листе, указать ФИО и группу.

Другим предстоит оформить работу в соответствии с методическими рекомендациями и действующими ГОСТами (например, курсовая, дипломная или диссертационная работы). Таким образом, самостоятельная работа призвана укрепить и углубить знания студентов, сформировать личностные и профессиональные качества, которые пригодятся им в дальнейшем в обучении и построении карьерной лестницы.

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания к выполнению внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине Основы телекоммуникаций по специальности 11.02.10 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение».

Цель методических указаний: оказание помощи обучающимся в выполнении самостоятельной работы по дисциплине Основы телекоммуникаций.

Настоящие методические указания содержат работы, которые позволят обучающимся самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по специальности, опытом творческой и исследовательской деятельности и направлены на формирование следующих компетенций:

Самостоятельные работы предусматривают практическое закрепление лекционного материала на конкретных заданиях, примерах. Самостоятельные работы выполняются в течение учебного года по индивидуальным заданиям, выданным преподавателем. Работы должны быть выполнены самостоятельно вне семинарских занятий. В указанные преподавателем сроки каждая работа предоставляется для проверки и защиты во время консультаций по расписанию. Формируемые компетенции:

Наименование общих и профессиональных компетенций при изучении дисциплины

№ п/п	Код компетенции по ФГОС	Содержание компетенции
1	ОК 1.	Понимать сущность и социальную значимость будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
2	ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, выбирать методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
3	ОК 3.	Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.
4	ОК 4.	Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
5	ОК 5.	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.
6	ОК 6.	Работать в коллективе и команде, обеспечивать ее

		нение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
7	ОК 7.	Ставить цели, мотивировать деятельность иненных, организовывать и контролировать их гу с принятием на себя ответственности за результат лнения заданий.
8	ОК 8.	Самостоятельно определять задачи ессионального и личностного развития, заниматься образованием, осознанно планировать повышение ификации.
9	ОК 9.	Быть готовым к смене технологий в ессиональной деятельности.
10	ПК 1.1	Выполнять монтаж и первичную инсталляцию удования систем радиосвязи и вещания.
11	ПК 1.2	Выполнять монтаж и производить настройку сетей ентского доступа на базе систем радиосвязи и ния.
12	ПК 1.4	Выполнять регламентно-технические работы по уживанию оборудования радиосвязи и вещания.
13	ПК 2.1	Выполнять монтаж и первичную инсталляцию ьютерных сетей
14	ПК 2.2	Инсталлировать и настраивать компьютерные формы для организации услуг связи
15	ПК 2.3	Производить администрирование сетевого удования

Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы

Самостоятельная работа № 1

Тема работы: Сети электросвязи. Классификация

Цель: Изучить классификацию сетей электросвязи по различным типам соединения.

Сеть связи – технологическая система, включающая в себя средства и линии связи, предназначенная для электросвязи или почтовой связи. Электросвязь – вид связи, при которой передача информации любого вида (речевой, символьной, цифровой, зрительной и т.д.) осуществляется электрическими сигналами, распространяющимися по проводам, или радиосигналами. Линия связи – совокупность технических устройств и физической среды, обеспечивающая передачу и распространение сигналов от передатчика к приемнику.

Классификация сетей связи по характеру сообщения :

1. Телефонные
2. Телеграфные
3. Передачи данных
4. Телевещания
5. Радиовещания

Классификация сетей связи по Закону РФ ;

1. Единая сеть электросвязи Российской Федерации ;
2. Сети связи общего пользования для предоставления возмездных услуг электросвязи неограниченному кругу пользователей (открыты как для физических, так и для юридических лиц).
3. Технологические сети связи
4. Часть технологических сетей, выделенная для общего пользования. для обеспечения производственной деятельности организаций и управления технологическими процессами.
5. Сети связи специального назначения для обеспечения нужд Государственного управления, обороны, безопасности и охраны правопорядка.
6. Выделенные сети связи для предоставления возмездных услуг электросвязи ограниченному кругу пользователей или группам пользователей.

Классификация сетей связи по типу коммутации:

- Коммутация каналов
- Коммутация виртуальных каналов
- Коммутация пакетов •
- Телефония •
- 2G (GSM) •
- ATM •
- Frame Relay •
- 3G •
- Ethernet •
- Wi-Fi •

- IP (DM) •
- 4G

Классификация сетей связи по функционалу:

1. Традиционные \услуга предоставляется и контролируется сетью \услуга зависит от используемой в сети технологии .

2. Мультисервисные \услуга полностью или частично организовывается пользователем \услуга не зависит от используемой в сети технологии (или легко адаптируется под требования)

3. Классификация сетей связи по топологии:

- Общая шина
- Bus
- Полносвязная
- Mesh
- Каскад
- Cascade
- Иерархическая
- Hierarchical
- Сложная
- MultiSell
- «Звезда»
- Star
- «Кольцо»
- Ring

Классификация сетей связи по типу представления информации в сети
Аналоговые \используют аналоговые сигналы :

- ТВ •
- Телефония
- Цифровые \используют цифровые сигналы •
- Цифровое ТВ •
- GSM

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируются сети связи по функционалу?
2. Классификация сетей связи по закону РФ?
3. Что такое аналоговый сигнал?

Самостоятельная работа №2

Тема работы: Принцип построения первичных сетей связи.

Цель: Разобраться в принципе построения первичных сетей связи.

Первичная сеть связи – совокупность типовых физических цепей, типовых каналов передачи и сетевых трактов, образованная на базе сетевых узлов, сетевых станций, оконечных устройств и соединяющих их линий передачи. Предназначена для передачи информации независимо от ее формы. На рисунке поясняется принцип организации первичной сети. Сетевые узлы организуются на пересечении

выделения устанавливаются на магистральной и внутризональной первичных сетях и предназначены для организации выделения каналов потребителям.

Сетевые станции (магистральные, внутризональные, местные) являются конечными точками сети и размещаются либо в удалении от соответствующих сетевых устройств и тогда соединяются с последними соединительными линиями, либо располагаются совместно с сетевыми узлами. Основным связующим звеном первичной сети являются системы передачи.

Вторичные сети электросвязи. Каналы первичной сети служат основой для построения вторичных сетей, которые различаются по виду передаваемых сообщений. В состав вторичной сети входят: конечные абонентские установки, абонентские линии, узлы коммутации, каналы, выделенные из первичной сети для образования данной вторичной сети.

В зависимости от вида передаваемых сообщений различают следующие вторичные сети: телефонную, телеграфную, передачи данных, факсимильную, передачи газет, звукового вещания, интегрального обслуживания (ISDN).

Из определения первичной сети следует, что она обеспечивает связь только между определенными узлами. Поэтому для образования путей передачи сообщений к любому узлу сети нужно осуществить соединение между каналами (группами каналов) различных магистралей, оканчивающихся на одном и том же узле. Если на узлах первичной сети установить *кроссовые* соединения, то на базе первичной сети будет создана вторичная **некоммутируемая сеть**.

В узлы некоммутируемой сети могут включаться абонентские линии, которые соединяются с каналами сети также с помощью кроссовых соединений. В большинстве случаев каналы вторичных сетей являются коллективными для всех или группы абонентских пунктов, включенных в данный узел. На узле в этом случае устанавливается аппаратура коммутации, обеспечивающая подключение абонентских линий к каналу лишь на время передачи информации. Таким образом, на базе вторичной некоммутируемой сети образуются вторичные сети другого типа - вторичная **коммутируемая сеть**. Совокупность технических или программных средств для приема, обработки, распределения и передачи сообщений или вызовов называется *узлом* коммутации (УК). Основную долю оборудования УК представляют кросс и коммутационное оборудование.

Контрольные вопросы:

1. Что такое первичная сеть связи?
2. Что включается в узлы некоммутируемой сети связи?
3. Для чего нужна магистральная первичная сеть?

Самостоятельная работа №3

Тема: Маркировка кабелей связи.

Цель: Научиться разбираться в маркировке кабелей связи, определять виды кабелей и способы их изоляции.

Каждый кабель связи согласно ГОСТу имеет условное обозначение или марку, состоящую из букв и цифр. Маркировка характеризует назначение кабеля и его конструкцию. По ней можно узнать, какая скрутка у этого кабеля, какой наружный защитный покров (при его наличии), сколько пар или четверок в кабеле, каков

диаметр

жил.

Марки городских телефонных кабелей начинаются с буквы Т (телефонный). Последующая буква характеризует покров или отсутствие его. Например, марка ТГ означает телефонный голый кабель, то есть без брони поверх свинцовой оболочки, ТБ с броней из стальных лент и т. д. Буквами обозначают также виды скруток и назначение кабеля, например, буква З означает, что кабель имеет звездную скрутку. Цифры в марке кабеля указывают его емкость, т. е. количество жил и их диаметр, а также вид скрутки, например, ТГ 100Х2Х0,5 означает: телефонный кабель парной скрутки со свинцовой оболочкой емкостью в 100 пар жил диаметром 0,5 мм.

Кабели магистральные низкочастотные:

Для устройства соединительных линий между РАТС, а также между РАТС и междугородней телефонной станцией МТС служат низкочастотные кабели со звездной скруткой и бумажно-кордельной изоляцией. Изоляция жил одной пары в любой четверке кабеля со звездной скруткой имеет красный и желтый (натуральный) цвет, а другой пары — синий и зеленый. Каждая четверка обмотана по спирали хлопчатобумажной пряжей. В каждом повиве имеется контрольная четверка жил, отличающаяся от остальных четверок цветом.

Диаметр жил: 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,4 мм.

Кабели со звездной скруткой выпускают следующих марок:

- **ТЗГ** — в свинцовой оболочке, голый, предназначен для прокладки телефонной канализации;
- **ТЗБ** — в свинцовой оболочке, бронированный стальными лентами, поверх которых имеется джутовый покров, предназначен для прокладки в земле;
- **ТЗБГ** — в свинцовой оболочке, бронированный стальными лентами, с противокоррозионной защитой, предназначен для прокладки в агрессивных грунтах;
- **ТЗК** — в свинцовой оболочке, бронированный круглыми стальными оцинкованными проволоками, с защитным наружным покровом из джута, предназначен для прокладки через водные преграды.

Например, маркировка кабеля ТЗГ 7Х4Х0,8, означает телефонный кабель звездной скрутки со свинцовой оболочкой с бумажно-кордельной изоляцией, емкостью в семь четверок жил диаметром 0,8 мм.

Кабели телефонные:

Для прокладки в подземных сооружениях, по стенам зданий и подвески на воздушных линиях связи чаще всего применяют кабель ТГ с диаметром жил 0,4; 0,5 и 0,7 мм; жилы изолированы сплошным слоем бумажной массы или бумажной лентой, наложенной по спирали с перекрытием одного витка другим на 20%, и скручены в пары с шагом не более 250 мм. Две изолированные жилы, образующие одну пару, обмотаны хлопчатобумажной нитью, что облегчает разборку кабеля по парам во время монтажа. В каждой паре изоляция одной жилы желтого цвета, а другой — красного или синего. В каждом повиве имеется одна контрольная пара, изоляция которой отличается от других жил цветом. Повив от повива отделяется хлопчатобумажной пряжей. Кабель выпускают емкостью от 10 до 1200 пар кусками длиной не менее 100 м, называемой строительной.

На городских и сельских телефонных сетях используют кабели с пластмассовой изоляцией и оболочкой, причем оболочка может быть как полиэтиленовая ТПП, так и поливинилхлоридная ТПВ, а изоляция жил только полиэтиленовая. Жилы кабеля медные диаметром 0,32; 0,4; 0,5; 0,7 мм. Скрутка жил бывает парная и четверочная, а сердечника — повившая и пучковая. Поверх скрученного сердечника накладывают поясную изоляцию из полиэтиленовых лент, затем алюминиевую ленту (экран), под которой прокладывают луженую проволоку диаметром 0,5 мм. Кабели ТПВ и ТПП выпускают емкостью от 5 до 600 пар или от 5 до 300 четверок.

Маркировка телефонных кабелей следующая:

- **ТПП** — телефонный с полиэтиленовой изоляцией жил и в полиэтиленовой оболочке, предназначен для прокладки в канализации, внутри и снаружи зданий, а также для подвески на опорах;
- **ТПВ** — телефонный с полиэтиленовой изоляцией и в поливинилхлоридной оболочке, предназначен для прокладки внутри и снаружи зданий,

Кабель ТПП, предназначенный для прокладки в грунте, бронируется стальными лентами и имеет маркировку ТППБ. Поверх брони для защиты от коррозии наложен **ДЖУТОВЫЙ** покров. Для подвески на воздушных линиях связи можно использовать кабель ТППт, который по конструкции аналогичен кабелю ТПП, но в отличие от него имеет самонесущий трос, опрессованный вместе с сердечником в общую полиэтиленовую оболочку и выполненный из семи стальных оцинкованных проволок. Кабель выпускают с диаметром жил 0,5 и 0,7 мм, скрутка которых парная, а сердечника — пучковая. На сердечник наложен экран из гофрированной алюминиевой ленты. Емкость кабеля от 5 до 100 пар или от 5 до 50 четверок.

Кабели парной скрутки ТБ, ТВГ и ТК аналогичны по конструкции кабелю ТГ, но в зависимости от назначения имеют различные бронепокрытия:

- **ТБ** — в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с наружным джутовым покровом, предназначен для прокладки в земле;
- **ТВГ** — в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, покрытыми вязким компаундом или лаком, предназначен для укладки в шахтах и туннелях;
- **ТК** — в свинцовой оболочке, бронированный стальными оцинкованными круглыми проволоками с наружным покровом, предназначен для прокладки через водные преграды.

Кабели магистральные высокочастотные:

На телефонных сетях, где применяется аппаратура высокочастотного уплотнения цепей, используют высокочастотные кабели типа МКС с кордельно-полистрольной изоляцией в свинцовой, алюминиевой или стальной гофрированной оболочке емкостью четыре и семь четверок. Кроме того, выпускают одночетверочные в алюминиевой оболочке. Кабели в свинцовой оболочке могут иметь сигнальные жилы диаметром 0,9 мм: при емкости 4Х4 — 5 жил, при 4Х7 — 7 жил. Сердечник кабелей состоит из звездных

четверок с медными жилами диаметром 1,2 мм. Две жилы в четверке, расположенные по диагонали, образуют рабочую пару. Изоляция жил первой пары четверки красного и желтого цвета, второй пары — синего и зеленого. Конец кабеля, у которого цвета изоляции жил в четверке чередуются по часовой стрелке — красный, зеленый, желтый, синий, называется концом А. На барабане он является

верхним. Под лентами поясной изоляции или между ними проложена мерная лента из кабельной бумаги, на которой через 200 мм нанесены товарный знак предприятия-изготовителя, год изготовления кабеля и деления с цифрами, указывающими длину кабеля.

Маркировка магистральных кабелей следующая:

- **МКСГ** — магистральный кабель связи в свинцовой оболочке, голый;
- **МКСБ** — то же, но бронированный стальными лентами с защитным наружным слоем;
- **МКСБГ** — то же, бронированный стальными лентами с противокоррозионной защитой;
- **МКСК** — то же, бронированный стальными круглыми оцинкованными проволоками с защитным наружным слоем;
- **МКСБВ** — то же, в свинцовой оболочке со слоем полихлорвинилового пластика, бронированный стальными лентами с защитным наружным слоем;

Например, маркировка кабеля МКСБ 7Х4Х1,2 означает: магистральный кабель с семью четверками и токопроводящими жилами диаметром 1,2 мм. Кабели типа МКС в алюминиевой оболочке, покрытой полиэтиленовым шлангом, маркируют МКСЛШп или МКСАБп (бронированный стальными лентами с наружным джутовым покровом), в стальной гофрированной оболочке — МКССШп.

Кабели магистральные коаксиальные:

На ГТС в качестве соединительных межстанционных линий применяют стандартизированный коаксиальный кабель следующих марок:

- **КМГ-4** — в свинцовой оболочке;
- **КМБ-4** — то же, но бронированный двумя стальными лентами;
- **КМК-4** — то же, бронированный круглыми стальными оцинкованными проволоками.

Кабель КМ-4 состоит из четырех коаксиальных пар типа 2,6/9,4 и пяти четверок звездной скрутки. Каждая коаксиальная пара, состоящая из медного проводника диаметром 2,6 мм и внешнего проводника в виде медной трубки диаметром 9,4 мм с одним швом «молния», изолирована полиэтиленовыми шайбами толщиной 2,2 мм, расстояния между которыми 25 мм. На внешний проводник накладывают экран в виде двух стальных лент толщиной 0,15— 0,2 мм, а затем два слоя кабельной бумаги. Служебные четверки имеют медную токопроводящую жуюду диаметром 0,9 мм, изоляция которой воздушно-бумажная или полиэтиленовая.

Контрольные вопросы:

1. Для чего нужна маркировка кабелей связи?
2. Какие виды маркировки существуют?
3. Какие марки кабелей выпускают со звездной скруткой?

Самостоятельная работа №4

Тема: Импульсная модуляция.

Цель: Изучить определение импульсной модуляции сигналов.

Модуляция колебаний, при которой модулирующий сигнал представляет собой последовательность импульсов. В результате И. м. образуется последовательность кратковременных посылок, «цугов», модулируемых колебаний. Характеристики этой последовательности (порядок следования, длительность и форма отд. посылок и др.) определяются порядком следования, формой и др. свойствами модулирующих импульсов. И. м. применяется, напр., в радиолокации, оптич. локации, гидролокации, при зондировании ионосферы, где расстояние до объекта определяется по времени прихода отражённых или рассеянных объектом импульсных посылок колебаний. И. м. используется также в системах импульсной радио- и оптической связи. При этом передаваемый сигнал может изменить разл. параметры исходной последовательности модулирующих сигналов.

Чаще всего в И. м. применяются импульсы прямоугол. или колоколообразной формы. Длительность импульсов в зависимости от типа модулируемых колебаний (световые, радио, акустические) и от характера решаемых задач может меняться в широких пределах (от неск. единиц 10-12 с до 10-1 с). Скважность при регулярной И. м. (отношение периода повторения к длительности импульсов) может изменяться от 10²—10³ (у радиолокац. станций) до неск. ед. (в многоканальной радиосвязи).

Импульсная модуляция — это — изменение параметров импульсных сигналов во времени или в пространстве. Обычно И. м. представляет собой разновидность модулированных колебаний, где в качестве "переносчика" информации используется последовательность импульсов. Вид И. м. определяется законом изменения параметров (амплитуды, длительности, фазы, частоты следования) импульсных сигналов. В соответствии с этим различают 4 осн. вида И. м.: амплитудно-импульсную, широтно-импульсную, фазоимпульсную и частотно-импульсную модуляции.

И. м. используют в технике связи, где в ряде случаев она позволяет реализовать большую помехоустойчивость по сравнению с той, которая может быть получена, когда переносчиком информации служат гармонич. сигналы. И. м. нашла применение в системах и устройствах вычислит. и информационноизмерит. техники с цифровым (дискретным) представлением аналоговых сигналов, в частности в аналогово-цифровых преобразователях, цифровых фильтрах и др. устройствах. Демодуляция модулированных импульсных сигналов

Это процесс выделения полезной составляющей из спектра принимаемых сигналов.

При АИМ она может быть выделена фильтром нижних частот (ФНЧ). Полоса пропускания ФНЧ рассчитывается на неискаженное выделение сигнала с максимальной шириной спектра

$$0 < F < F_{\max}$$

$$0 < F < F_{\{\max\}}$$

Для исключения комбинационных искажений необходимо, чтобы никакие другие составляющие спектра частот не попали в полосу прозрачности фильтра.

Ближайшей к полосе прозрачности фильтра является составляющая

$F_u - F_{\max}$

$F_{\{u\}} - F_{\{\max\}}$, где $F_u = 1/T_u$

$F_{\{u\}} = 1/T$

— частота следования импульсов.

Условие неискаженного воспроизведения АИМ имеет поэтому вид

$F_{\max} < F_n - F_{\max}$

$F_{\{\max\}} < F_{\{n\}} - F_{\{u\}}$

или $F_n > 2F_{\max}$

$F_{\{n\}} > 2F_{\{u\}}$

При большой скважности импульсов, когда амплитуда напряжения модулирующих частот становится мала, перед фильтром ставят пиковый детектор, напряжение на выходе которого приближается к огибающей модулированных импульсов.

При ШИМ основным методом выделения полезной составляющей является демодуляция с помощью фильтра низких частот. Поскольку тактовые частоты окружены бесконечным количеством пар боковых частот, в полосу пропускания фильтра попадают частотные составляющие

$mF_u - nF$ ($m, n = 0, 1, 2$

$mF_{\{u\}} - nF$ ($m, n = 0, 1, 2, \dots$)

вызывающие искажения передаваемого сигнала.

Считают, что неискаженный прием обеспечивается, если $F_u/F_{\max} > 3 \dots 6$

$F_{\{u\}}/F_{\{\max\}} > 3 \dots 6$.

При ФИМ амплитуда полезной составляющей мала и зависит от частоты.

Перед модуляцией ФИМ преобразуют поэтому в ШИМ или в АИМ.

При использовании КИМ в телефонии преобразователи цифра—аналог преобразуют КИМ последовательно в АИМ и в непрерывный сигнал.

Контрольные вопросы:

1. Что такое импульсная модуляция?
2. Что является основным методом выделения полезной составляющей?
3. Что означает комбинационное искажение?

Самостоятельная работа №5

Тема: Радиорелейные системы передачи.

Цель: Изучить радиорелейные системы передач. Их преимущества и недостатки.

Современная радиорелейная связь Радиорелейная связь - особый тип беспроводной связи, позволяющий передавать данные на большие расстояния (десятки и сотни километров), с высокой пропускной способностью (от сотен мегабит до нескольких гигабит). Прием и передача данных разнесены по разным частотам и происходят одновременно - все РРЛ работают в режиме полного дуплекса. В сегодняшней статье мы рассмотрим: Для чего используют РРЛ. Чем

радиорелейная связь отличается от беспроводной связи по WiFi. Преимущества и недостатки РРЛ по сравнению с волоконнооптическими линиями. Частоты, на которых работают РРС. Условия развертывания РРЛ и дальность связи. Технологии формирования сигнала в РРЛ: PDH и SDH. Надежность радиорелейной связи. Конструкция радиорелейных станций. Современные, доступные по цене РРЛ - Ubiquiti AirFiber.

Применение радиорелейной связи Радиорелейные станции (РРС) обычно используются: для создания высокоскоростных беспроводных магистралей провайдерами, сотовыми операторами, в крупных корпоративных сетях для передачи информации по беспроводным мостам между различными подразделениями, для каналов "последней мили" и других подобных задач. РРС сравнительно редко применяются в сегменте SOHO и частными лицами, так как их использование чаще всего требует лицензирования и стоят они гораздо дороже оборудования WI-FI, даже провайдерского класса. Помимо производительности высокая цена оправдывает себя длительным сроком службы оборудования: большинство моделей ведущих вендоров радиорелейных станций рассчитано на несколько десятков лет службы (20-30 лет), в том числе в суровых климатических условиях. Основные отличия РРЛ от беспроводной связи по Wi-Fi: Собственные диапазоны передачи сигнала и стандарты связи. Использование высокоэффективных модуляций сигнала (256QAM, 1024QAM). Тип передачи данных - направленный (РРЛ комплектуется узконаправленными антеннами). На радиорелейках строят, в основном, беспроводные мосты, раздача трафика в режиме точка-многоточка не используется. Высокая пропускная способность и дальность связи. Полный дуплекс каналов. Кроме того, в радиорелейной связи, в отличие от обычного WiFi, активно применяется: агрегирование каналов для повышения пропускной способности пролета; резервирование канала передачи для повышения надежности соединения; ретрансляция сигнала от станции к станции для увеличения общей дальности передачи.

Преимущества и недостатки радиорелейного канала связи по сравнению с волоконнооптическими линиями:

Преимущества: Возможность построить РРЛ в местности со сложными географическими условиями (горы, ущелья, болота, леса и т. д.), где прокладка оптоволоконной магистрали невозможна или экономически нецелесообразна. Быстрота возведения - буквально несколько дней. Для запуска РРЛ нужно только установить станции в начальных, конечных и, возможно, промежуточных точках, не нужно прокладывать кабель на всем протяжении трассы. Отсутствие риска падения канала связи из-за повреждения или кражи кабеля. Низкая себестоимость беспроводной трассы.

Основной недостаток радиорелейной линии (РРЛ) по сравнению с оптоволоконном - невозможность достижения действительно высокой пропускной способности. Максимум, что вы можете получить по беспроводу - это до 10 Гбит/сек, в то время, как скорость по оптоволоконной магистрали измеряется терабайтами. Несмотря на узкую нишу, существует довольно много различных типов радиорелейных станций. Ниже мы рассмотрим их основную классификацию и общие характеристики, а также серию радиорелеек Ubiquiti, оптимальных по

соотношению цена/производительность для украинского сегмента рынка. Частота работы радиорелейных станций Диапазон частот, который может использоваться для развертывания РРЛ, чрезвычайно широк - от 400 МГц до 94 ГГц. В Украине чаще всего радиорелейные станции работают на 5, 7, 8, 11, 13, 18 ГГц и на высоких частотах (70-80 ГГц).

Так как разбег частот большой, особенности развертывания линков на них и характеристики связи серьезно отличаются. Можно выделить основные закономерности: Чем выше частота, тем больше затухание сигнала в атмосфере (в децибелах на километр). Правда, зависимость не линейная - на рисунке ниже можно видеть, что в диапазоне 60 ГГц показатель затухания резко зашкаливает, далее снижается и растет постепенно. Соответственно, чем выше частота - тем меньше дальность связи. Если радиорелейные линии на 5 ГГц, 7 ГГц - это 40-50 и более км, то на 70-80 ГГц - до 10 км, а на 60 ГГц - еще меньше, из-за пикового затухания. Чем выше частота, тем большее влияние на сигнал оказывают атмосферные осадки. В диапазоне 2-8 ГГц их влияние на мощный радиорелейный канал практически незаметно, а в диапазонах выше 40 ГГц дождь становится серьезной помехой. Смотрим график зависимости:

Чем выше частота, тем большей пропускной способности можно достичь на радиорелейной линии, за счет использования широких частотных каналов внутри диапазона (56 МГц, 112 МГц и более). Сейчас активно осваиваются так называемые диапазоны V-Band и E-Band - 60 ГГц и 70-80 ГГц. Скорость радиорелейной линии здесь может достигать 10 Гбит/сек. Условия развертывания РРЛ и дальность связи Сейчас, в основном, используется и производится оборудование для радиорелейной связи прямой видимости - станции должны располагаться в зоне так называемой радиовидимости друг друга. Сигнал от станции к станции не должен встречать на пути препятствий, в том числе в зоне Френеля. Для увеличения расстояния видимости и исключения попадания в зону Френеля препятствий и земной поверхности, станции размещают на высоких мачтах - это помогает увеличить дальность пролета. Но из-за естественного искривления поверхности Земли максимальная дальность беспроводного между двумя радиорелейными станциями составляет обычно не более 100 км (на равнинной местности - до 50 км).

Контрольные вопросы:

1. Где нашли применение радиорелейные системы передач?
2. Как можно достичь большую пропускную способность?
3. Основной недостаток радиорелейной линии передачи.

Самостоятельная работа №6

Тема: Иерархия ВСС РФ. Функциональная схема.

Цель: Научиться разбираться в иерархии ВСС РФ. Уметь различать совокупность сетей электросвязи.

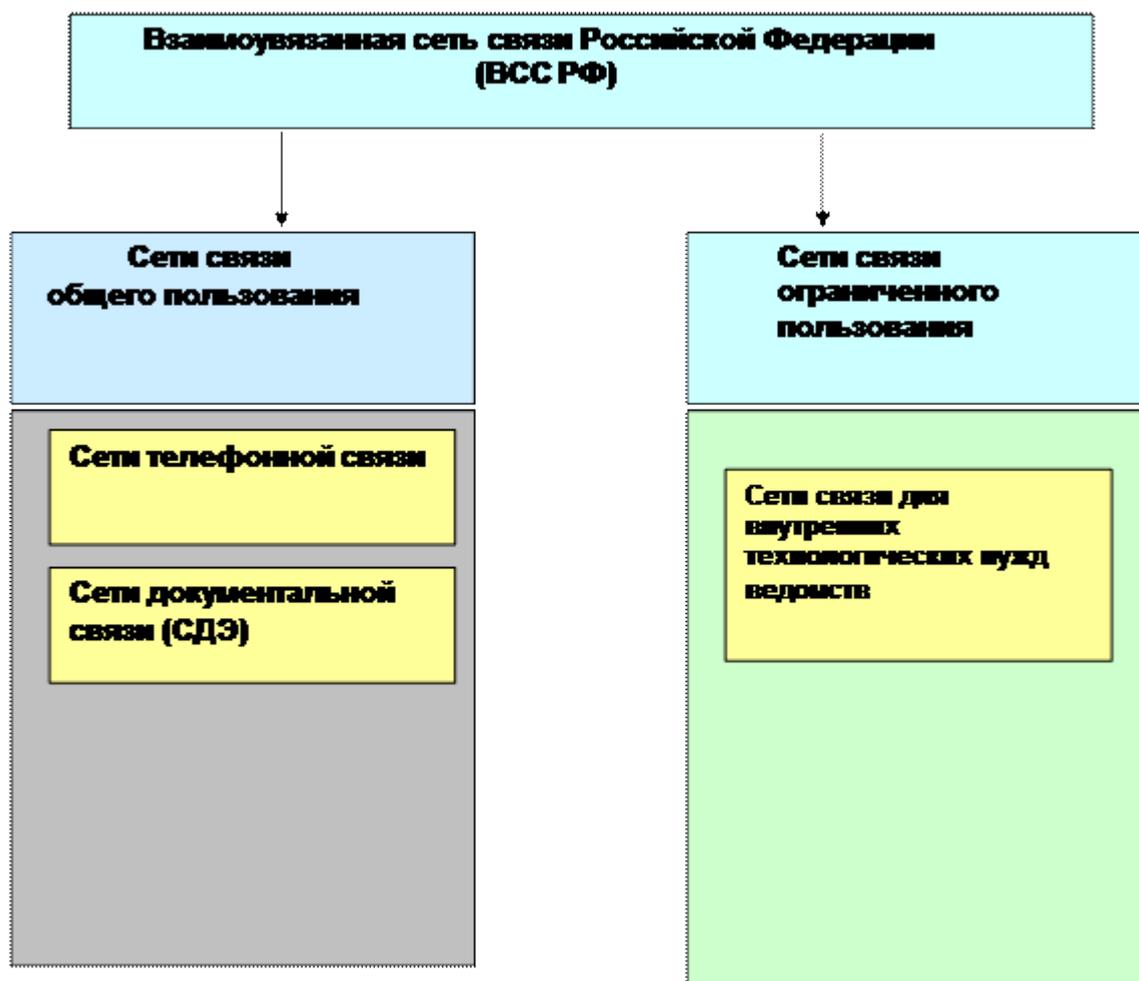
Для обеспечения обмена сообщениями между большим числом абонентов требуется создание систем передачи сообщений с большим количеством каналов

связи. Такие системы называют сетями электросвязи или сетями передачи сообщений.

Всю совокупность сетей электросвязи можно разделить на две группы: сети передачи индивидуальных сообщений и сети передачи массовых сообщений. В свою очередь сети передачи индивидуальных сообщений классифицируются на телефонные общего пользования, телеграфные, факсимильные, передачи данных, сети связи с подвижными объектами.

К сетям передачи индивидуальных сообщений предъявляются определенные требования, важнейшее из них заключается в том, что сеть должна обеспечить каждому абоненту возможность в удобное для него время связаться с любым другим абонентом и передать сообщение. Для выполнения этого требования сеть должна быть построена по определенному принципу, одним из которых является «каждый с каждым».

Сеть, построенная по принципу «каждый с каждым» надежна, отличается оперативностью и высоким качеством передачи сообщений. Другой принцип построения сети для передачи индивидуальных сообщений, называемый радиальным. Сеть, построенная таким образом, называется также звездообразной. Такие сети имеют два вида пунктов: оконечные абонентские (А) и узловой (С), на котором устанавливается станция коммутации. Радиальный принцип построения сети, как и «каждый с каждым» используются при ограниченном числе оконечных пунктов, расположенных на небольшой территории. Телефонные сети крупных городов имеют несколько групп автоматических телефонных станций (АТС). Каждая группа станций обслуживает определенный узловой район города. В пределах узлового района все станции между собой связаны по принципу «каждый с каждым». Связь между абонентами разных узловых районов осуществляется через специальные узлы. Из Рисунка видно, что связь между узловыми районами проходит через узлы исходящих (УИС) и входящих (УВС) сообщений. Принцип построения сетей электросвязи с узловыми пунктами нескольких уровней называется радиально-узловым. В этом случае абоненты разных районов устанавливают связь между собой через несколько промежуточных станций. В цифровых телефонных сетях часто используется кольцевой принцип построения, при котором **мультиплексоры** ввода-вывода подключаются к оптоволоконному кольцу через интерфейсы. При этом цифровые АТС подключаются к мультиплексорам непосредственно, а аналоговые АТС – через устройства сопряжения, преобразующие аналоговый сигнал в цифровой и обратно.



Конечным результатом функционирования ВСС РФ являются услуги связи и информации, предоставляемые пользователям и абонентам.

Основными характеристиками функционирования ВСС РФ являются:

- скорость передачи и своевременность доставки сообщений пользователям;
- достоверность сообщений – соответствие принятого сообщения переданному сообщению;

- надежность и устойчивость связи – способность сети выполнять основную функцию с заданными параметрами качества.

- модель OSI, или ISO, созданная OSI (МОС) - международной организацией стандартизации и МСЭ-Т (ITU-T) международным союзом электросвязи, сектором телекоммуникаций

Сети электросвязи подразделяются: первичные и вторичные.

Вторичные сети обеспечивают транспортировку и коммутацию информации (данных, сигналов управления и т.д.) в службах электросвязи.

Первичные сети обеспечивают вторичные сети каналами связи.

В любых службах электросвязи обмен информацией должен осуществляться по определенным, заранее оговоренным правилам (набором протоколов, стандартов) международными организациями по стандартизации.

Протокол - это документ, определяющий правила и процедуры взаимодействия одноименных уровней (эталонной модели ВОС ЭМ) систем, работающих друг с другом.

Так, в 1978г. МОС - ISO (международная организация стандартизации) совместно с МСЭ-Т разработали международные стандарты взаимосвязи открытых систем (ВОС) - эталонную модель (ЭМ) взаимодействия открытых систем - Open System Interconnection (OSI) -ЭМ ВОС - для разработки стандартов межсетевого обмена данными, способствующих функциональной совместимости средств электросвязи разных производителей.

Открытой система взаимосвязи называется тогда, когда она соответствует 7-уровневой эталонной модели ВОС (ЭМ ISO).

Эталонная модель взаимосвязи открытых систем - ЭМ ВОС - является описанием структуры стандартов и определяет принципы взаимосвязи между отдельными стандартами (взаимодействия открытых систем). ЭМ ВОС все процессы, реализуемые открытой системой, разбиты на взаимно подчиненные уровни.

ЭМ ВОС является основой для разработки множества стандартов не только для самой эталонной модели ВОС, но и определения конкретного набора услуг, удовлетворяющих ЭМ ВОС, а также протоколов, обеспечивающих удовлетворение услугами, для реализации которых они разработаны. Цель всех 7-ми уровней протоколов - обеспечение процессов ввода, хранения, обработки и выдачи пользовательской информации, т.е. обеспечение прикладных процессов.

Телеграфные сети строятся по радиально-узловому принципу с учетом административно-территориального деления страны. Оконечными пунктами (А) телеграфной сети являются либо отделения связи, либо телеграфные абоненты, располагающие телеграфной аппаратурой. Функции узловых пунктов выполняют телеграфные станции коммутации. Сеть имеет узловые пункты трех уровней. Узловые пункты первого уровня (УП1) организуются в каждом административном районе и поэтому называются районными. Все оконечные пункты А, расположенные на территории района, подключены с помощью абонентских линий к УП1. Узлы второго уровня (УП2) организуются в областных центрах и называются областными узлами. Все УП1 области имеют телеграфные каналы связи с УП2. Функции узловых пунктов третьего уровня выполняют главные узлы сети (УП3), организуемые в регионах, охватывающих несколько областей. Все УП2, находящиеся на территории региона, имеют каналы связи со своим УП3. Главные узлы телеграфной сети соединены между собой каналами связи по принципу «каждый с каждым».

При таком принципе построения сети телеграфные сообщения проходят от одного до шести промежуточных узловых пунктов.

Сеть передачи данных имеет в целом такую же структуру построения, как и телеграфная. Более высокие требования, предъявляемые к скорости и верности передачи данных, вынуждают применять специальные методы передачи и более сложную аппаратуру на оконечных и узловых пунктах.

Контрольные вопросы:

1. По какому принципу строятся телеграфные сети?
2. Что такое протокол?
3. Что подразумевает под собой принцип «каждый с каждым»?

Самостоятельная работа №7

Тема: Управление телекоммуникационными сетями РФ.

Цель: Изучить принцип работы телекоммуникационных сетей РФ.

Сети связи, представляющие собой совокупность узлов и линий между ними, предназначены для переноса (транспортировки) сообщений в виде электрических сигналов от источника сообщений к получателю. Для реализации услуг связи недостаточно иметь оптимально построенные сети связи и соответствующее оборудование. Необходимо создать вспомогательные службы, системы, надстройки над сетью связи, которые в условиях расширяющихся запросов потребителей обеспечили бы ее устойчивое функционирование в течение всего срока службы аппаратуры и внешних дестабилизирующих воздействий.

К таким надстройкам относятся системы технической эксплуатации, нумерации, тарификации, расчетов за услуги связи и ряд других. Полный перечень систем зависит от конкретного вида сети связи (первичная, вторичная и т.д.). Совокупность этих систем поддерживает сеть электросвязи, обеспечивая ее функционирование и необходимый уровень показателей для удовлетворения требований потребителей. Перечисленные “системы поддержки” объединяются общим понятием – **система управления**, которая неразрывно, в замкнутом контуре с обратной связью, взаимодействует с сетью электросвязи через обусловленные интерфейсы. Интерфейсы представляют собой устройства (программно-аппаратные средства) для согласования технических средств системы управления, системы технической эксплуатации и сети связи. Сеть электросвязи можно рассматривать как **кибернетическую систему**, которая включает объект управления ОУ (управляемая подсистема) и систему управления СУ (управляющая подсистема), связанных между собой потоками контрольной и управляющей информации и подвергающихся внешнему воздействию. При этом внешними по отношению к сети воздействиями являются как планы и директивы, поступающие от вышестоящих организаций (с верхних уровней управления) и требования по доставке сообщений и предоставлению других услуг, поступающие от пользователей, так и различные возмущающие воздействия или отказы (неисправности) отдельных элементов, нарушающие ход процесса. Под регулировкой входа подразумевается установка параметров (показателей качества, скорости доставки и т.д.) для взаимодействия ОП с сетью связи, а контроль выхода – это измерение этих параметров.

В отрасли “Связь ” роль управления в развитии и совершенствовании сетей значительно повышается. Если ранее управление понималось как составная часть технической эксплуатации наряду с техническим обслуживанием, то в настоящее время управление рассматривается как более широкое понятие, включающее техническую эксплуатацию как составную часть. При таком подходе техническую эксплуатацию следует понимать как исполнительную составляющую системы управления, которая средствами технического обслуживания обеспечивает в сети связи выполнение тех решений и команд, которые приняты системой управления, и сообщает о результатах их выполнения. Иными словами, в системе управления можно выделить две основные части – систему принятия решений и систему исполнения решений. Первая, образно говоря, - это мозг системы, ее интеллектуальная основа, которая реализуется в виде операционной системы.

Вторая, пользуясь аналогией с живыми организмами, - это опорно-двигательный механизм системы, реализуется в виде программно-технических средств технической эксплуатации. Системы управления сетями операторов зонального значения должны иметь трех- или двухуровневую структуру.

Системы управления сетями операторов местного значения, как правило, должны иметь двухуровневую структуру управления. Системы управления сетями оператора могут включать ряд подсистем управления различными видами сетей связи в зоне данного оператора.

Каждая СУС оператора должна иметь единый многофункциональный головной центр управления сетями (ЦУ оператора), который должен осуществлять контроль за сетью зоны оператора в целом, планирование развития сети и предоставления услуг связи, взаимодействие с центрами управления других операторов и соответствующими центральными органами управления.

Итак, структура управления ЕСЭ РФ и операторов связи представляет собой сложную многоуровневую структуру с многообразными функциональными связями на всех уровнях. Создание и обеспечение работоспособности рассмотренной структуры требует не только организационно-технических, но и управленческих решений по реорганизации управления предприятием связи (оператором) в целом. Это более высокий уровень управления, описание которого возможно в рамках концепции функционального менеджмента.

Основной целью создания сети управления связью является автоматизация управления для существующей и перспективной цифровой сети, в которой должно обеспечиваться:

- создание условий для интеграции национальных сетей связи во всемирную инфраструктуру связи;
- увеличение доходов за счет повышения пропускной способности сети, повышения качества и увеличения номенклатуры услуг, требуемой полноты и достоверности информации о работе сети для каждого уровня управления;
- снижение эксплуатационных расходов за счет снижения убытков от простоев ресурсов сети при своевременном и точном диагностировании отказов, повышение уровня автоматизации операций управления, централизации квалифицированного персонала.

При этом ожидаемое повышение пропускной способности сети может быть достигнуто за счет интегрирования управления первичной и вторичной сетями связи.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены сети связи?
2. Основная цель создания сети управления связью?
3. Система управления как общее понятие. Что в себя включает?

Самостоятельная работа №8

Тема: Типы станций в нерайонированных и районированных ГТС.

Цель: Изучить типы станций в районированных и нерайонированных ГТС.

Связь между абонентскими устройствами осуществляется с помощью узлов коммутации, в которых информация концентрируется и затем направляется по

определенным путям. Для этого узлы коммутации соединяются между собой линейными сооружениями (соединительными линиями), в которые входят системы каналообразующего оборудования, организующие необходимые пучки каналов по кабельным, радиорелейным и спутниковым линиям связи.

Совокупность узлов коммутации, оконечных абонентских устройств и соединяющих их каналов и линий связи называют сетью телефонной связи.

Телефонная связь является одним из видов электрической связи. Для совершенствования системы электрической связи в стране ведется большая работа по созданию Единой автоматизированной сети связи (ЕАСС). Сеть ЕАСС предназначена для передачи различных видов информации: телефонных и телеграфных сообщений программ звукового вещания и телевидения, передачи газет, данных и фототелеграмм.

Для качественной передачи различных видов информации организуют стандартные (типовые) каналы, которые характеризуются определенными параметрами. Одним из таких параметров является ширина эффективно передаваемой полосы частот, составляющая 300- 3400 Гц для передачи телефонных сообщений. Для передачи программ телевидения, газет, высокоскоростной передачи данных необходимы каналы с более широкой полосой частот-групповые тракты. Типовые каналы передачи и групповые тракты составляют первичную сеть, которая является основой ЕАСС и охватывает всю территорию СССР; из типовых каналов и групповых трактов первичной сети создаются вторичные сети ЕАСС.

Классификация телефонных сетей.

Сети связи создаются для передачи информации между абонентами и бывают коммутируемыми и некоммутируемыми. Сеть называется коммутируемой, когда тракт передачи информации создается по запросу абонента на время передачи сообщения, и некоммутируемой, когда тракт передачи информации обеспечивается постоянным соединением между определенными абонентами и нет необходимости в коммутации. Телефонные сети являются коммутируемыми. Общегосударственная телефонная сеть состоит из междугородной телефонной сети и зональных телефонных сетей. Междугородная телефонная сеть обеспечивает соединение автоматических междугородных телефонных станций (АМТС) различных зон. Зональная телефонная сеть состоит из местных телефонных сетей, расположенных на территории зоны и внутризоновой телефонной сети. Местные телефонные сети разделяются на городские, обслуживающие город и ближайшие пригороды (ГТС), и сельские (СТС) обеспечивающие связь в пределах сельского административного района. Учрежденческо-производственная телефонная сеть (УПТС) служит для внутренней связи предприятий, учреждений, организаций и может быть соединена сетью общего пользования либо быть автономной.

Построение телефонных сетей.

Зональная телефонная сеть включает всех абонентов определенной территории, охватываемой единой семизначной нумерацией, и является частью ОАКТС. Территории зональных сетей совпадают с территориями административных областей (республик). В зависимости от конфигурации области и телефонной плотности территории нескольких областей могут быть объединены в одну зону и, наоборот, одна область может быть разделена на две зоны и более. Зональная сеть включает в

себя ГТС и СТС, причем на территории одной зоны может быть несколько ГТС и СТС. Крупные города с семизначной нумерацией выделяются в самостоятельные зоны. Сельские телефонные сети охватывают более обширные территории, чем городские, но плотность телефонных аппаратов значительно меньше. Поэтому емкость автоматических телефонных станции АТС в сельских местностях значительно меньше, чем в городах. В районном центре сельской местности устанавливается центральная станция (ЦС), которая является коммутационным узлом и выполняет одновременно функции городской телефонной станции районного центра. Из-за большой территории СТС и малой плотности телефонных аппаратов непосредственное включение всех абонентских линий в ЦС экономически не оправдано. Поэтому на СТС применяют узлообразование с различной степенью децентрализации станционного оборудования. В настоящее время используют одно- и двухступенчатое построение СТС. При одноступенчатом построении СТС (рис. а) кроме ЦС имеются оконечные телефонные станции ОС, включаемые непосредственно в ЦС районного центра. В этом случае в соединении между сельскими абонентами двух различных ОС участвует только один узел автоматической коммутации - станции ЦС. Зоновые сети имеют оконечные АМТС, входящие в междугородную телефонную сеть. Через АМТС междугородная сеть объединяет все зоновые сети в единую ОАКТС. Городская и сельская телефонные сети связаны с АМТС своей зоны. Если в зоне несколько таких АМТС, одна из них является основной, причем АМТС одной зоны связываются между собой каналами по принципу "каждая с каждой". С АМТС зоны непосредственно соединяются районные АТС (РАТС) или междугородные узлы входящего сообщения городских телефонных сетей (УВСМ).

Для объединения зоновых телефонных сетей страны в общегосударственную создается междугородная телефонная сеть, в которую входят узлы автоматической коммутации первого класса (УАК-1) и второго класса (УАК-Н).

Контрольные вопросы:

- 1.Что такое сеть телефонной связи?
- 2.Что включает в себя зонавая телефонная сеть?
- 3.Классификация телефонных сетей связи.

Самостоятельная работа №9.

Тема: Составные части системы звукового и телевизионного вещания.

Цель: Изучить составные части звукового и телевизионного вещания.

Радиовещание рассматривается как специфическая часть системы звукового вещания. Согласно ГОСТ 11515—91 техническая база системы ЗВ состоит из трактов формирования программ (ТФП), первичного распределения (ТПРП), вторичного распределения (ТВРП) и приема (ТПМП) программ. Следуя упомянутому источнику, определим систему радиовещания (СРВ) как организационно-технический комплекс, обеспечивающий доведение до территориально рассредоточенных слушателей звуковой информации с помощью использования технических средств тракта первичного распределения программ, передающей сети радиовещания (РВ), спутниковых средств непосредственного цифрового РВ (ЦРВ) и парка радиоприемников, находящихся у населения

Принципиальным моментом, учитывающим реалии сегодняшнего дня, является включение в состав СРВ элементов комбинированной (наземно-спутниковой) системы ЦРВ, а также наземных радиопередающих систем, работающих в цифровом формате и характеризующихся определенным набором потребительских свойств. Это позволит существенно расширить объем услуг эфирного радиовещания, сделав его более привлекательным и для пользователей и для рекламодателей. Номенклатура таких услуг и их возможные характеристики будут отличаться в зависимости от используемого диапазона частот. Но в любом случае тракты первичного, вторичного распространения и приема должны стать универсальными, пригодными для передачи и приема не только звуковых программ, но и разного рода данных не звукового характера, а аббревиатуры трактов сокращаются до ТПР, ТВР и ТПм.

Содержащееся в различного рода документах, учебниках и справочниках понятие "передающая сеть РВ" подразумевает один из вариантов реализации ТВРП системы ЗВ и сводится, как правило, к описанию характеристик используемого радиочастотного диапазона волн, указанию требуемых напряженности поля и защитных отношений, а также к методике расчета зоны обслуживания радиовещательного передатчика. Таким образом, рассматриваются сведения, в значительной степени общие для любой передающей сети РВ. В то же время достаточно полных определений СРВ как совокупности взаимосвязанных элементов, одним из которых является передающая сеть РВ, в известных нам источниках не содержится. В Регламенте радиосвязи применительно к радиовещанию используются термины "радиовещательная служба" и "радиовещательная спутниковая служба". Для развития теории и практики радиовещания важна постановка и решение задач, предполагающих некое обобщенное описание и приближение к оптимизации системы радиовещания как совокупности взаимосвязанных элементов, определяемой составом, структурой, параметрами, функциями и алгоритмами, формируемыми по некоторым критериям и предполагающими расширительное толкование услуг радиовещания. Под системой обычно понимается множество (совокупность) элементов со связями между ними, подчиненное достижению определенной цели, обладающее свойствами, которых не имеет ни одна ее часть, и определяемое структурой и функционированием. С учетом этих соображений система радиовещания может быть определена как многоуровневая совокупность радиопередающих и радиоприемных устройств и линий связи, включающих среду распространения, спутниковые средства непосредственного цифрового радиовещания, которые синтезируются по определенным условиям, принципам, критериям в виде распределенной функциональной структуры с множеством параметров (информационно-сигнальных, электрических, пространственно-временных, спектрально-частотных, экологических и др.), находящихся во взаимосвязи и определяющих показатели назначения, качества, эффективности системы, а также предоставляемые пользователю услуги.

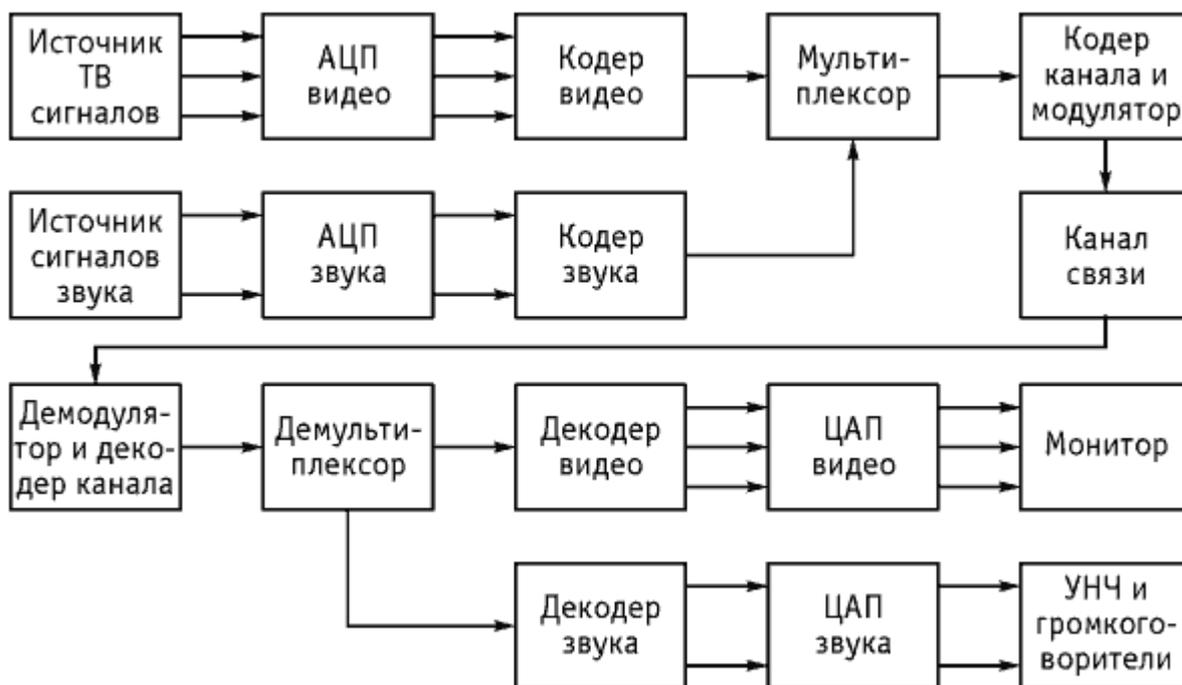


Рисунок : Структурная схема цифровой телевизионной системы

Состав такой СРВ, имеющей подмножества компонентов на разных уровнях, в самой общей конфигурации приведен на рисунке. Здесь наземная передающая сеть РВ представлена совокупностью РВС (РВ-станций - передатчиков) и ЗР (земных ретрансляторов) "подсветки" комбинированной системы спутникового вещания, рассредоточенных на обслуживаемой территории. В зоне действия РВС, СРВПд и ЗР располагаются соответственно индивидуальные радиоприемники пользователей (РПм) и радиоприемники абонентов системы спутникового вещания (ПмССВ) приемной сети РВ. Спутниковый сегмент ЦРВ обеспечивает подачу звуковых программ и данных на стационарные ЗР, оборудованные приемными спутниковыми антеннами, а при отсутствии затенения - непосредственный (спутниковый) прием вещательного сигнала на радиоприемники абонентов системы НЦРВ. Технические средства тракта первичного распределения, а именно: спутниковые, кабельные, волоконно-оптические, радиорелейные линии связи и радиоканалы - используются для подачи вещательного сигнала на сеть РВ-передатчиков. Уточним принятое в настоящее время понятие "система радиовещания" в отношении ее границ с внешней сетью. Поскольку в состав СРВ включено оконечное (радиоприемное) оборудование пользователя, радиопередающее оборудование, соединительные линии, интерфейсы (Инт) и элементы космического сегмента, то такая система является замкнутой, самостоятельной функциональной структурой. Как правило, внешним по отношению к СРВ, но обязательным с точки зрения возможности реализации услуги радиовещания является источник вещательной информации (ИВИ), включающий ТФП, что следует непосредственно из определения СРВ как специфической части системы звукового вещания. Таким образом, под ИВИ будем понимать всю совокупность источников информации (в том числе не только звукового характера), которая в соответствии с новыми вещательными технологиями может включаться в информационный пакет, подаваемый на приемное устройство пользователя. Существуют как объективные (чисто технические), так и организационные предпосылки для постановки и решения задач

обобщенного, углубленного анализа СРВ с целью повышения технико-экономической эффективности, объема и качества услуг (эфирного) радиовещания. Проведение системного анализа должно способствовать более полному исследованию и раскрытию потенциальных возможностей СРВ, их роли и места в мировом и национальном телеинформационном пространстве. На практике выбор структуры, параметров и характеристик СРВ (энергетических, частотных, пространственно-временных и пр.) зависит от многих условий и определяется разными соображениями. Наиболее распространены до настоящего времени принципы совершенствования СРВ, основанные на улучшении или использовании технических возможностей существующих систем и оборудования; например, весьма популярна обработка сигнала от ТФП (с помощью аудиопроцессора АРГО или аналогичного ему оборудования) для доставки сигнала потребителю с разумными для данного канала потерями. Иногда без достаточного общесистемного обоснования применяются отдельные новые технологии. Однако это не всегда приводит к более эффективным результатам. Такой подход имеет место (и в известной степени оправдан) в СЧ- и ВЧ-диапазонах, когда для цифрового вещания в формате DRM используются традиционные АМ-передатчики, а для подачи звуковых программ - линии связи на базе ИСЗ на геостационарной орбите. В то же время, например, значительно менее исследованные теоретически и проверенные на практике принципы построения аналогово-цифровых СРВ с различными видами излучения и параметрами орбит для подачи звуковых программ на сеть рассредоточенных РВС и ЗР стимулируют поиск разносторонних, более гибких и близких к задачам общесистемного синтеза подходов. Согласно принятому определению, модель СРВ рассматривается как двухзвенная система передачи, которая используется в качестве универсальной первичной, или канальной основы для построения радиовещательных сетей в различных диапазонах частот. Модель состоит из двух функциональных компонентов:

- тракта распределения радиовещательного контента;
- системы вещания, обеспечивающей циркулярную передачу звуковых программ и данных на сеть приемников пользователей, рассредоточенных по заданной зоне обслуживания.



Рисунок. Функциональная схема классификации мультисервисных сетей цифрового телевизионного вещания

Проанализируем составные части модели СВВ, рассматривая их как специфические системы передачи информации. Система передачи (СП), реализуемая в рамках ТПР (сокращенно СП/ТПР), представляет собой либо проводную (кабельную или волоконно-оптическую), либо радио-радиорелейную или спутниковую) систему передачи. При традиционном построении сети радиовещания СП/ТПР играет зависимую роль, обеспечивая передачу необходимого объема информации с заданным качеством на сеть РВ-передатчиков разного типа. Стремление сократить эксплуатационные расходы, в том числе на подачу звуковых программ на конкретный РВ-передатчик, приводит к необходимости объединения группы передатчиков в единый радиоцентр (РЦ). Именно так выглядит сеть РВ, созданная в прошлом столетии на территории бывшего СССР и насчитывающая более двух десятков РЦ, размещенных территориально от Калининграда до Петропавловска-Камчатского и от Мурманска до Еревана. При этом использовалась централизованная схема распределения звуковых программ - линиями связи были охвачены около 120 радиодомов и все РЦ.

Контрольные вопросы:

- 1.Классификация мультисервисных сетей цифрового телевизионного вещания.
- 2.Что включает в себя понятие «радиовещательная спутниковая служба»?
- 3.Из каких двух компонентов состоит модель радиовещательной службы?

Самостоятельная работа №10

Тема: Методы телеграфирования.

Цель: Изучить методы телеграфирования. Понимать каким образом передаются кодовые комбинации.

Телеграфные аппараты, линии, источники тока составляют основные элементы телеграфной связи.

Все телеграфные сообщения передаются с определенной скоростью. Скорость телеграфирования измеряется числом элементарных телеграфных посылок, переданных в 1 с. Единицей скорости телеграфирования является Бод (введена в 1927 г.).

Если, например, на какой-либо линии связи передается 50 элементарных телеграфных посылок в секунду, то скорость телеграфирования равна 50 Бод. В этом случае продолжительность одной элементарной посылки равна $1/50 = 0,02 \text{ с} = 20 \text{ мс}$.

Приемником телеграфного аппарата является электромагнит, через обмотки которого протекает ток, поступающий с линии. С помощью электромагнита преобразуется энергия электрического тока в механическую энергию движения регистрирующего устройства телеграфного аппарата.

Электромагнит состоит из обмотки, сердечника и якоря. Ток от линии протекает по обмотке, в результате образуется магнитное поле, воздействующее на якорь, который притягивается к сердечнику, поворачиваясь вокруг оси.

При прекращении токовой телеграфной посылки поле в сердечнике пропадает, и якорь под действием пружины возвращается в исходное положение. Линейное реле применяется для более надежной работы телеграфного аппарата при меньших токах, его включают между линией связи и электромагнитом телеграфного аппарата.

Различают методы телеграфирования по характеру посылок тока при передаче кодовых комбинаций от одной станции к другой и по способу согласования ритмов работы приемного и передающего аппаратов.

Кодовые комбинации могут передаваться посылками постоянного или переменного тока. При телеграфировании постоянным током различают однополюсное и двухполюсное телеграфирование. Когда в линию передаются посылки тока одного направления (плюсовые или минусовые), телеграфирование называется однополюсным и пауза между посылками соответствует отсутствию тока в линии. Этот метод называют также телеграфированием с пассивной паузой.

Когда рабочая посылка передается током одного направления (например, плюс), а пауза током другого направления (например, минус), такое телеграфирование называется двухполюсным или телеграфированием с активной паузой. При однополюсном телеграфировании используют одну линейную батарею на одной станции. При двухполюсном телеграфировании необходимы две линейные батареи, каждая из которых подключается к линии через передатчик разными полюсами. Если передатчик и приемник работают синхронно и синфазно, то такой метод телеграфирования называется синхронным. В настоящее время используется стартстопный метод телеграфирования. Происхождение этого названия объясняется тем, что распределитель начинает работать только по сигналу "старт" и после каждого цикла останавливается по сигналу "стоп". Для запуска и остановки распределителя при стартстопном методе по линии кроме информационных посылок необходимо передавать еще две служебные посылки — стартовую и стоповую.

Синхронный метод в комбинации со стартстопным методом называется синхронно-стартстопным. Этот метод позволяет осуществлять телеграфирование по

одной линии с нескольких стартстопных аппаратов с помощью синхронного распределителя.

При телеграфировании постоянным током дальность ограничивается расстоянием, при котором на приемной стороне линии амплитуда посылки постоянного тока достаточна для срабатывания приемного электромагнита или реле. Для увеличения дальности телеграфирования необходимо усилить напряжение постоянного тока или включить трансляцию импульсов. Однако усиление напряжения постоянного тока сопряжено со значительными техническими трудностями, а использование трансляций ограничивается сопровождающими искажениями импульсов. Передача нескольких сообщений посылками постоянного тока требует для каждого сообщения отдельной линии связи.

Увеличение дальности телеграфирования и повышение эффективности использования (уплотнение) линии связи — легко решаются с помощью частотного телеграфирования (телеграфирования переменным током). Дальность телеграфирования при этом не ограничена, поскольку легко организовать усиление сигналов переменного тока. Благодаря уплотнению линий связи можно передавать одновременно несколько десятков телеграфных сообщений. Дальностью телеграфирования называют наибольшее расстояние между двумя станциями, на котором можно вести надежную передачу сообщений без применения каких-либо промежуточных усилительных устройств.

При факсимильной телеграфной связи передается неподвижное изображение по каналам электрической связи. Источником сообщения, подлежащего передаче, может быть текстовой, графический или фотографический материал. Особенностью факсимильной связи является яркость элементарных площадок и их плотность на поверхности передаваемого изображения, называемого оригиналом. На приемной стороне должно быть воспроизведено распределение элементов оригинала с заданной точностью. Полученное на приемном конце изображение называют копией.

Контрольные вопросы:

- 1.Что такое факсимильная телеграфная связь?
- 2.Каким путем передаются кодовые комбинации?
- 3.Какие методы телеграфирования существуют?

Самостоятельная работа №11

Тема: Системы сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных системах.

Цель: Изучить системы сигнализации и синхронизации.

Деление сотовой сети стандарта GSM на четыре составляющие подсистемы (MS, BSS, NSS и OSS) уже предполагает в себе функциональную особенность каждой. При этом некоторые функции группируются в одном и том же оборудовании. Например, коммутационный центр MSC выполняет функции коммутации каналов, управления несколькими контроллерами BSC, взаимодействия с другими сетями связи (фиксированными и сотовыми). Здесь следует отметить, что ряд функций в сети GSM реализуется только при взаимодействии различного оборудования разных подсистем (например, BSS и NSS). Так, оборудование MSC,

входящее в подсистему NSS, и базовая приемо-передающая станция BTS из подсистемы BSS обеспечивают функцию передачи пользовательской и сигнальной информации. Такая функция, как хендовер, реализуется посредством MSC (подсистема NSS) и BSC (подсистема BSS). Для группирования функций в телекоммуникационных системах используют модель взаимодействия открытых систем — OSI (The Open System Interconnection). Нижний первый уровень модели — физический. Он опирается на физические средства соединения между пользователями. Например, в сотовой сети стандарта GSM в качестве физического средства соединения между MS и BTS выступает эфир (радиотракт), а между BSC и MSC — как правило, оптический кабель. Каждый из последующих шести уровней обеспечивает ряд услуг для уровня, расположенного над ним. Таким образом, перечень услуг на каждом последующем уровне расширяется. Верхний седьмой уровень модели — прикладной. Он предоставляет пользователям весь перечень услуг, обеспечиваемый семью уровнями. В цифровых сетях с передачей данных (в частности, в сотовых сетях стандарта GSM) для передачи информации создается сетевая платформа, образуемая физическими средствами соединения, атрибутами физического (1), канального (2) и сетевого (3) уровней. Коммутационные узлы сети (MSC) входят в состав сетевой платформы. Над сетевой платформой располагаются функциональные уровни с 4 по 7 абонентских систем сети. Рассмотрим трехуровневую структуру радиоинтерфейса в сотовой сети стандарта GSM, в соответствии с моделью OSI. Как видно три уровня на радиоинтерфейсе (физический, канальный, сетевой) включают ряд подуровней. Например, физический уровень отвечает за все физические атрибуты радиоинтерфейса: скорость передачи бит; организацию дуплексной передачи данных; синхронизацию; модуляцию; мультиплексирование данных; кодирование с использованием протокола, обеспечивающего исправление ошибок FEC (Forward error- correction) и др.

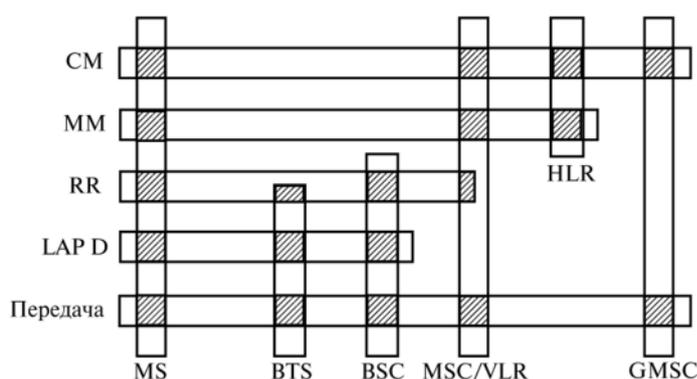


Рисунок. Схема, показывающая, как компоненты сотовой сети стандарта GSM взаимодействуют друг с другом при реализации различных сигнальных.

Кроме этого, протоколы подуровня MM обеспечивают управление процедурами безопасности — идентификации мобильного оборудования (MS) и аутентификации абонента. Таким образом, на данном подуровне к предыдущим функциям, обеспечиваемым протоколами RR, добавляются протоколы слежения за мобильным абонентом.

Внутри подуровня CM следует выделить протоколы управления:

- вызовом СС (Call Control);
- дополнительными услугами SS (Supplementary Services Management);
- услугами передачи и приема коротких сообщений SMS (Short Message Services).

Протоколы СС отвечают за маршрутизацию вызовов к требуемому абоненту. При их реализации требуется взаимодействие таких компонентов сети, как MS, MSC/VLR, HLR и GMSC. Протоколы SS обеспечивают мобильному абоненту доступ к дополнительным услугам. При этом в сети взаимодействуют такие компоненты, как MS и HLR. Основными дополнительными услугами в сотовых сетях стандарта GSM являются: переадресация вызова, его сохранение (удержание) в процессе наведения справки, информирование о входящем вызове.

Услуга переадресации позволяет абоненту направить вызов, поступающий на номер его телефона, на другой, заранее определенный самим абонентом. Услуга сохранения вызова позволяет абоненту прервать текущий разговор, не разрывая линию связи. Во время паузы он может принять вновь поступивший вызов или сам позвонить другому абоненту, навести справку, а затем вернуться к прерванному разговору. Услуга ожидания вызова позволяет абоненту в ходе разговора по телефону получить сигнал о поступлении еще одного входящего вызова.

Кроме описанных дополнительных услуг мобильный абонент может воспользоваться услугами конференц-связи, запрета или ограничения по входящей связи для определенных категорий вызовов, автоматического определения номера вызывающего абонента и др. Протоколы SMS обеспечивают передачу и прием коротких сообщений. Для реализации подобного сервиса необходимо взаимодействие MSC и специализированной информационной базы для услуг передачи и приема коротких сообщений SMSG (Short Message Service Gateway). Данный вид услуг заключается в том, что абонентом может быть получено короткое сообщение в режиме ожидания вызова (при включенном электропитании) или при выключенном мобильном абонентском аппарате. В последнем случае сообщение записывается в память информационной базы. Абонент извещается о получении короткого сообщения сразу же после его получения или позднее при включении электропитания MS. Прочитанное сообщение может быть стерто или сохранено в памяти аппарата. Для чтения сообщение отображается на дисплее MS. Если необходимо передать короткое сообщение, текст его набирается при помощи клавиш MS и отображается на дисплее. Таким образом, фактически обеспечивается совмещение сотового телефона с пейджером. При этом абонент непосредственно сам отправляет свое сообщение, а доставка его адресату гарантируется компанией — оператором сотовой сети стандарта GSM.

Контрольные вопросы:

1. Что включают в себя услуги конференцсвязи?
2. Что обеспечивают протоколы MM?
3. Что дает абоненту услуга переадресации?

Самостоятельная работа №12

Тема: Тропосферные и радиорелейные системы передачи.

Цель: Изучить тропосферные и радиорелейные системы передач.

Тропосфера - нижняя часть атмосферы Земли. В тропосфере всегда есть локальные объемные неоднородности, вызванные различными физическими процессами, происходящими в ней. Волны диапазона 0,3..5 ГГц способны рассеиваться этими неоднородностями.

Учитывая, что неоднородности находятся на значительной высоте, нетрудно представить, что рассеянные ими радиоволны могут распространяться на сотни километров. Это дает возможность разнести станции на расстояние 200..400 км друг от друга, что значительно больше расстояния прямой видимости.

Линии на основе тропосферных радиорелейных систем передачи строятся, как правило, в труднодоступных и удаленных районах.

Значительные расстояния между станциями, безусловно, выгодны при организации протяженных линий, поскольку требуется меньшее число станций. Однако за счет глубоких замираний из-за неустойчивости пространственно-временной структуры тропосферы и крайне малой мощности радиосигнала в точке приема организация хорошего качества связи и значительного количества каналов затруднена. В городах расстояние между станциями значительно меньше – 4–7 км. Межстанционные пролёты тропосферных линий связи (использующих эффект отражения от тропосферных неоднородностей) могут превышать 400 км. Такие линии связи использовались в основном в приполярных областях до появления систем спутниковой связи, которые также являются одним из видов радиорелейных линий. В городах при ремонте кабельных линий связи, при обходе каких-либо препятствий или водных преград часто применяют однопролётные радиорелейные вставки.

Наземные радиорелейные линии устанавливают так, чтобы излучение антенн каждого пункта не могли принимать остальные пункты связи, кроме ближайших, для которых оно предназначено. Работа промежуточных пунктов радиорелейных линий связи управляется и контролируется дистанционно, без присутствия эксплуатационного персонала; особенно сложно обеспечить непрерывное энергоснабжение (при перерывах в подаче электроэнергии автоматически включаются внутренние источники: аккумуляторы, электрогенераторы с дизельными или бензиновыми двигателями, атомные батареи). По возможности места промежуточных пунктов выбирают с хорошими подъездами для удобства проведения ремонтных и профилактических работ. Как уже говорилось, антенны радиорелейных станций устанавливают на крышах высоких домов в городах, а на открытых местностях – на специально построенных мачтах высотой 40—100 м.

Идея создания линий тропосферной связи с расстояниями между пунктами в сотни километров принадлежала советскому ученому В. А. Смирнову. Как уже сказано, особенность этих линий заключается в использовании эффекта рассеяния радиоволн на неоднородностях (спорадических слоях) атмосферы. Для дальней тропосферной связи требовались мощные передающие устройства, антенны с большим усилением, высокочувствительные приемники многократного приема с порогопонижающими системами (системами, обеспечивающими хороший прием сигналов при уменьшении отношении сигнал/шум).

Наиболее подходящим для тропосферных систем с расстояниями между пунктами 200–300 км являлся диапазон 700–1000 МГц. На основании теоретических

исследований, анализа отечественной и зарубежной литературы, сравнения различных систем многократного приема была выработана структура построения, как отдельных станций, так и всей линии дальней тропосферной связи. Первая отечественная тропосферная станция ТР-60/120 была построена в 60-х годах прошлого века.

На аппаратуре ТР-60/120 в 60-70-х годах была построена сеть тропосферных линий протяженностью более 15 000 км, содержащая 55 промежуточных станций. Была построена линия тропосферной связи между СССР и Индией длиной 700 км (между городами Душанбе и Сринагар), которая в 1981 г. связала две крупнейшие столицы мира – Москву и Дели.

Попытка осуществить передачу черно-белого телевидения в диапазоне 700–1000 МГц успеха не имела, а вот в диапазоне 5000 МГц это стало возможным. Появление в конце 1960-х – начале 70-х средств спутниковой связи и широкое их применение начиная с 1980-х годов значительно сократили область использования ТРРС.

Тем не менее, несмотря на широкое (и все более растущее) применение спутниковых средств в сетях и системах связи и развитие проводных сетей, можно полагать, что средства тропосферной загоризонтной связи перспективны для использования как в сетях специального, так и коммерческого назначения особенно в трудно доступной местности, горных и малонаселенных районах.

В сетях специального назначения преимуществом тропосферных средств перед спутниковыми, является более высокая живучесть в условиях вооруженных конфликтов и/или антитеррористических мероприятий.

В коммерческих сетях применение тропосферных средств в некоторых случаях может быть экономически целесообразнее, чем применение спутниковых. Использование тропосферных станций возможно также при развертывании линий связи в высоких северных широтах, где применение спутниковой связи через геостационарные спутники принципиально невозможно. Об этом мы будем говорить на следующей лекции.

Классификация. 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

Данное деление связано с влиянием среды распространения на обеспечение надёжности радиорелейной связи. До частоты 12 ГГц атмосферные явления оказывают слабое влияние на качество радиосвязи, на частотах выше 15 ГГц это влияние становится заметным, а выше 40 ГГц определяющим, кроме того, на частотах выше 40 ГГц значительное влияние на качество связи оказывает затухание в атмосфере Земли.

Кроме того по назначению различают международные, военные, технологические РСП (для обслуживания объектов железнодорожного транспорта, линий электропередачи, нефте - и газопроводов и т.д.), космические РСП

(обеспечивающие связь между космическими аппаратами или между космическими аппаратами и земными пунктами наблюдения и управления).

Еще важные признаки классификации: принадлежность к различным службам в соответствии с Регламентом радиосвязи (фиксированной службы, радиовещательной службы, подвижной службы); диапазон используемых радиочастот; способ разделения каналов.

В зависимости от способа, принятого для формирования сигнала, различают еще аналоговые и цифровые РРЛ (или ТРЛ).

В свою очередь аналоговые радиорелейные линии связи классифицируют в зависимости от способа, принятого для объединения (разделения) первичных электрических сигналов и метода модуляции несущей: РРЛ (или ТРЛ) с ЧРК и ЧМ и РРЛ с ФИМ-АМ; в зависимости от числа N организуемых каналов: малоканальные - $N \leq 24$; со средней пропускной способностью - $N=60...300$; с большой пропускной способностью - $N=600...1920$.

Цифровые РРЛ классифицируют в зависимости от способа модуляции несущей: ИКМ-ЧМ, ИКМ-ФМ и другие; в зависимости от скорости передачи двоичных символов B : с малой - $B < 10$ Мбит/с, средней - $B=10...100$ Мбит/с и высокой - $B > 100$ Мбит/с пропускной способностью.

Аналоговые РРС предназначены в основном для передачи многоканальных телефонных сигналов в аналоговой форме и сигналов данных с низкой и средней скоростью по каналам ТЧ, а также сигналов телевидения. Цифровые РРС используются для организации цифровых трактов со скоростями от 2 до 140 Мбит/с.

Как уже сказано, радиорелейные линии (РРЛ) занимают диапазоны ОВЧ и СВЧ, причем граница между аналоговыми и цифровыми радиорелейными системами (РРС) лежит вблизи частоты 11 ГГц.

Контрольные вопросы:

1. Что такое аналоговые радиорелейные линии?
2. Каковы преимущества сетей специального назначения?
3. Как правильно установить наземные радиорелейные линии?

Самостоятельная работа №13

Тема: Широкополосные ЦСИО.

Цель: Изучить цифровые сети связи с интеграцией обслуживания.

Анализ мирового опыта развития сетей связи показывает, что основными этапами перехода от аналоговых не интегрированных сетей к цифровым сетям с интеграцией служб является:

- развертывание цифровой сети;
- создание узкополосной цифровой сети интегрального обслуживания с коммутацией каналов для службы телефонии и с коммутацией пакетов для телематических служб на базе единого 64 кбит/с цифрового канала;
- построение широкополосной цифровой сети интегрального обслуживания.

Преимущества цифровых сетей связи настолько очевидны, что замена аналоговых сетей цифровыми и создание интегральной цифровой сети осуществляется практически во всех странах мира. На этом этапе также

сохраняются выделенные сети передачи данных, построенные как на принципах коммутации каналов, так и на принципах коммутации пакетов. На следующем этапе развития продолжают функционировать узкополосные цифровые сети интегрального обслуживания (УЦСИО), которые объединяют телефонную сеть и сети передачи данных с использованием основных цифровых каналов. На этом же этапе планировалось обеспечение передачи речи на абонентских соединительных линиях в цифровой форме. На третьем этапе осуществляется переход ко второму поколению цифровых сетей интегрального обслуживания - широкополосным цифровым сетям (Ш-ЦСИО) [2]

Широкополосная цифровая сеть интегрального обслуживания, как ее еще называют в литературе (В-ISDN) - это попытка предоставить одну, универсальную, широко распространенную и высокоскоростную сеть вместо множества сложных неоднородных существующих сетей. Эта новая сеть должна, с одной стороны выполнять все функции, возлагаемые на нынешние сети по передаче голоса, данных и телевизионных сигналов, а с другой стороны, обладать возможностью поддерживать будущие коммуникационные технологии.

В-ISDN - это высокоскоростная технология, использующая АТМ в качестве транспортного механизма. Она служит для объединения нескольких локальных сетей. В настоящее время технология В-ISDN привлекает к себе все большее внимание, так как она обеспечивает максимальную технико-экономическую эффективность. Это достигается за счет интеграции услуг, предоставляемых различными службами, например обычной узкополосной (факсы, терминалы и т.д.), так и высокоскоростной в реальном времени (телевидение, видеотелефоны и т.д.). Архитектура Ш-ЦСИО определена в Рекомендации I.327.

В Ш-ЦСИО вместо коммутации каналов и пакетов предусматривается использование для взаимосвязи удаленных объектов (пользователей) технологию АТМ и быструю коммутацию пакетов (БКП), начиная с УК Ш-ЦСИО. Поэтому в некоторых случаях в Ш-ЦСИО может использоваться только асинхронный метод передачи без применения синхронных каналов У-ЦСИО.

Ш-ЦСИО включает в себя широкополосные (более 64 Кбит/с на канал или 2Мбит/с) N21, N22, N4 и узкополосные (64 Кбит/с) В, N0, N11, N12 информационные каналы и соответствующие коммутационные системы (Ш-КС и У-КС), а также систему сигнализации N7 (СС-7). Узкополосные информационные каналы и коммутационные системы в сочетании с системой сигнализации N7 представляют собой У-ЦСИО. В некоторых экспериментальных системах Ш-ЦСИО в качестве ее управляющей системы используется не только система сигнализации N7, но и вся У-ЦСИО.

Терминал пользователя (абонента) подключается к Ш-ЦСИО через интерфейсы (точки доступа) пользователь—сеть. В Ш-ЦСИО выделяются по аналогии с У-ЦСИО две эталонные точки доступа SB и T В (индекс «В» указывает на использование широкополосного доступа) и эталонная точка доступа к широкополосной абонентской линии АЛ UB .

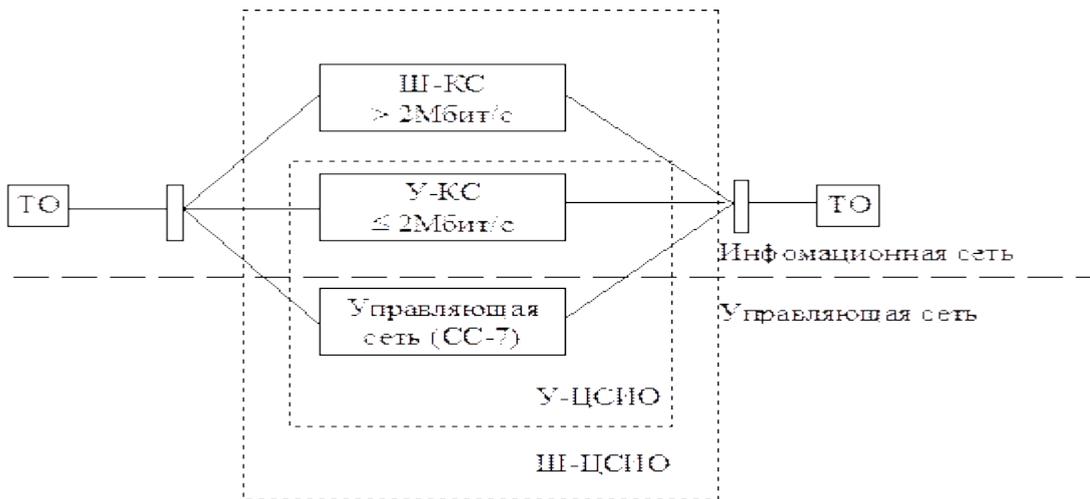


Рис. 1

Если в У-ЦСИО используется шинная структура подключения абонентских терминалов по S -интерфейсу, то в Ш-ЦСИО применяется *звездная структура* подключения по S_B -интерфейсу к согласующему оборудованию сети 2 (СО-2). В СО-2 Ш-ЦСИО имеется коммутационное поле, обеспечивающее подключение широкополосных терминалов к T_B . Точка доступа T_B является интерфейсом между СО-2 и СО-1. Терминалы, интерфейсы S и S_B , а также СО-2 образуют пункт абонентской системы (ПАС). На станционной стороне (на УК) АЛ подключается к коммутационному оборудованию через блок удаленных пользователей (БУП), выполняющий функцию абонентского комплекта Ш-ЦСИО.

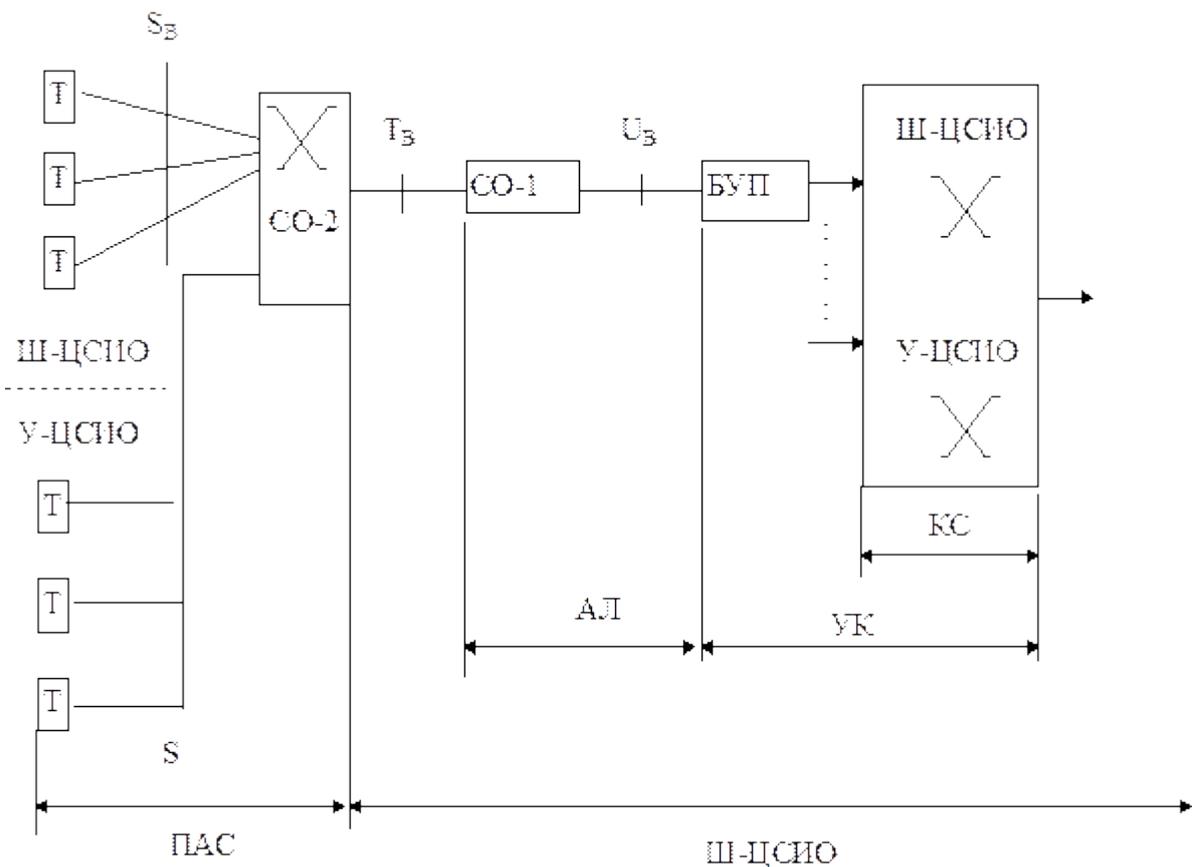


Рис. 2

В коммутационной системе УК обеспечивается коммутация как широкополосных (для Ш-ЦСИО), так и узкополосных каналов (для У-ЦСИО).

Широкополосный доступ ориентируется на стандартные скорости передачи 155,520 Мбит/с и 622,080 Мбит/с. В эталонных точках S_B и T_B Ш-ЦСИО поддерживаются все виды широкополосного сервиса.

Интерфейс со скоростью 155 Мбит/с допускает использование как асинхронного, так и синхронного метода мультиплексирования. Предусматривается передача как отдельных ячеек, так и их групп, объединенных в кадры с включением межкадровых блоков синхронизации.

Аналогичным образом организован и второй возможный интерфейс Ш-ЦСИО, поддерживающий доступ при скорости 622 Мбит/с. На переходном этапе для этого интерфейса разрешается синхронное мультиплексирование путем включения в отдельные модули нескольких кадров с ячейками. Этот интерфейс может быть образован объединением четырех интерфейсов со скоростью передачи 155 Мбит/с. Физический уровень интерфейсов Ш-ЦСИО предполагает использование электрической или оптической передающей среды, рассчитанной на соответствующую скорость передачи. Он должен предусматривать возможность поддержки конфигурации *точка - многоточка*. Между физическим и канальным уровнем в понимании ЭМВОС располагаются уровень АТМ (из лекции 4) и адаптационный уровень.

Система АТМ для Ш-ЦСИО рассчитана на работу с произвольными цифровыми передающими системами или иерархией систем цифровой передачи в соответствии. Сигнальная информация и информация пользователей должна передаваться по отдельным ВК. Сигнальное сообщение с запросом на установление ВК может дополнительно включать статистические параметры передаваемого потока информации и требуемое качество обслуживания.

Контрольные вопросы:

1. Шинная и звездная структуры подключения.
2. Широкополосная сеть с интеграцией обслуживания. Основные понятия.
3. Что такое В-ISDN?

Самостоятельная работа №14

Тема: Методы кодирования сигналов

Цель: Научиться разбираться в методах кодирования сигналов.

Форматы кодов:

Каждый бит кодового слова передается или записывается с помощью дискретных сигналов, например, импульсов. Способ представления исходного кода определенными сигналами определяется форматом кода. Известно большое количество форматов, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки и предназначен для использования в определенной аппаратуре.

Формат БВН (без возвращения к нулю) естественным образом соответствует режиму работы логических схем. Единичный бит передается в пределах такта уровень не меняется. Положительный перепад означает переход из 0 к 1 в исходном коде, отрицательный — от 1 к 0. Отсутствие перепадов показывает, что значения предыдущего и последующего битов равны. Для декодирования кодов в формате

БВН необходимы тактовые импульсы, так как в его спектре не содержится тактовая частота. Соответствующий коду формата БВН сигнал содержит низкочастотные компоненты (при передаче длинных серий нулей или единиц перепады не возникают).

Формат БВН-1 (без возвращения к нулю с перепадом при передаче 1) является разновидностью формата БВН. В отличие от последнего в БВН-1 уровень не передает данные, так как и положительные и отрицательные перепады соответствуют единичным битам. Перепады сигнала формируются при передаче 1. При передаче 0 уровень не меняется. Для декодирования требуются тактовые импульсы.

Формат БВН –0 (без возвращения к нулю с перепадом при передаче 0) является дополнительным к БВН-1 (перепады соответствуют нулевым битам исходного кода). В многорожечных системах записи цифровых сигналов вместе с кодом в формате БВН надо записывать тактовые импульсы. Возможным вариантом является запись двух дополнительных сигналов, соответствующих кодам в форматах БВН-1 и БВН-0. В одном из двух сигналов перепады происходят в каждом такте, что позволяет получить импульсы тактовой частоты.

Формат ВН (с возвращением к нулю) требует передачи импульса, занимающего только часть тактового интервала (например, половину), при одиночном бите. При нулевом бите импульс не формируется.

Формат ВН-II (с активной паузой) означает передачу импульса положительной полярности при единичном бите и отрицательной — при нулевом бите. Сигнал этого формата имеет в спектре компоненты тактовой частоты. Он применяется в ряде случаев для передачи данных по линиям связи.

Формат ДФ-0 (двухфазный со скачком фазы при передаче 0) соответствует способу представления, при котором перепады формируются в начале каждого такта. При единичных битах сигнал в этом формате меняется с тактовой частотой, то есть в середине каждого такта происходит перепад уровня. При передаче нулевого бита перепад в середине такта не формируется, то есть имеет место скачок фазы. Код в данном формате обладает возможностью самосинхронизации и не требует передачи тактовых сигналов.

Направление перепада при передаче сигнала единицы не имеет значения. Поэтому изменение полярности кодированного сигнала не влияет на результат декодирования. Он может передаваться по симметричным линиям без постоянной составляющей. Это также упрощает его магнитную запись. Этот формат известен также под названием «Манчестер 1». Он используется в адресно-временном коде SMPTE, широко применяющемся для синхронизации носителей звуковой и видеоинформации.

By Northwest (Serov, СМТ)

Бинарное кодирование NRZ



Без возврата к нулю

Потенциальное кодирование, также называется кодированием без возвращения к нулю (NRZ). При передаче нуля он передает потенциал, который был установлен на предыдущем такте (то есть не меняет его), а при передаче единицы потенциал инвертируется на противоположный. Этот код называется потенциальным кодом с инверсией при единице (NRZI)

Потенциальный код NRZ (перевернутый)

Для передачи единиц и нулей используются два устойчиво различаемых потенциала:

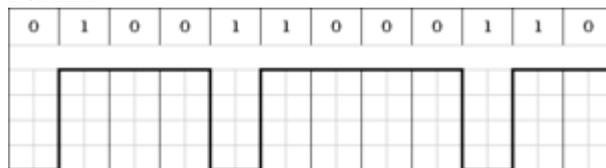
NRZ (прямой):

- биты 0 представляются нулевым напряжением 0 (В);
- биты 1 представляются значением U (В).

NRZ (перевернутый):

- биты 0 представляются значением U (В);
- биты 1 представляются нулевым напряжением 0 (В).

NRZI



Потенциальный код NRZI

При передаче последовательности единиц, сигнал, в отличие от других методов кодирования, не возвращается к нулю в течение такта. То есть смена сигнала происходит при передаче единицы, а передача нуля не приводит к изменению напряжения.

Достоинства метода NRZ:

- Простота реализации.
- Метод обладает хорошей распознаваемостью ошибок (благодаря наличию двух резко отличающихся потенциалов).
- Основная гармоника f_0 имеет достаточно низкую частоту (равную $N/2$ Гц, где N — битовая скорость передачи дискретных данных [бит/с]), что приводит к узкому спектру.

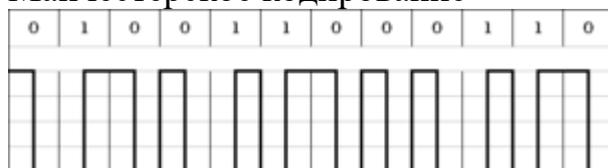
Недостатки метода NRZ:

- Метод не обладает свойством самосинхронизации. Даже при наличии высокоточного тактового генератора приёмник может ошибиться с выбором момента съёма данных, так как частоты двух генераторов никогда не бывают полностью идентичными. Поэтому при высоких скоростях обмена данными и длинных последовательностях единиц или нулей небольшое рассогласование тактовых частот может привести к ошибке в целый такт и, соответственно, считыванию некорректного значения бита.

- Вторым серьёзным недостатком метода, является наличие низкочастотной составляющей, которая приближается к постоянному сигналу при передаче длинных последовательностей единиц и нулей. Из-за этого многие линии

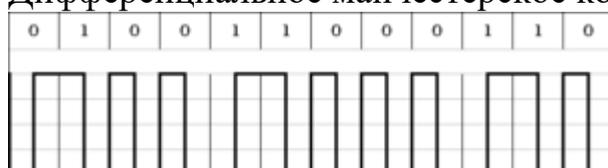
связи, не обеспечивающие прямого гальванического соединения между приёмником и источником, этот вид кодирования не поддерживают. Поэтому в сетях код NRZ в основном используется в виде различных его модификаций, в которых устранены как плохая самосинхронизация кода, так и проблемы постоянной составляющей.

Манчестерское кодирование



При манчестерском кодировании каждый такт делится на две части. Информация кодируется перепадами потенциала в середине каждого такта. Единица кодируется перепадом от низкого уровня сигнала к высокому, а ноль — обратным перепадом (по стандарту IEEE 802.3, хотя по Д.Е. Томасу кодирование происходит наоборот). В начале каждого такта может происходить служебный перепад сигнала, если нужно представить несколько единиц или нулей подряд. Так как сигнал изменяется по крайней мере один раз за такт передачи одного бита данных, то манчестерский код обладает хорошими самосинхронизирующими свойствами. У манчестерского кода нет постоянной составляющей (меняется каждый такт), а основная гармоника в худшем случае (при передаче последовательности единиц или нулей) имеет частоту N Гц, а в лучшем случае (при передаче чередующихся единиц и нулей) — $N/2$ Гц, как и у NRZ. В среднем ширина спектра при манчестерском кодировании в два раза шире чем при NRZ кодировании.

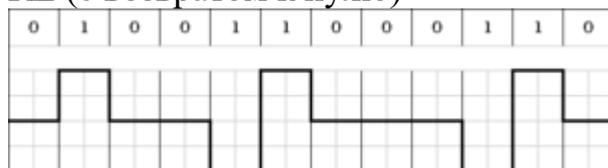
Дифференциальное манчестерское кодирование



При дифференциальном манчестерском кодировании в течение битового интервала (времени передачи одного бита) уровень сигнала может меняться дважды. Обязательно происходит изменение уровня в середине интервала, этот перепад используется для синхронизации. Получается, что при передаче нуля в начале битового интервала происходит перепад уровней, а при передаче единицы такой перепад отсутствует.

Тринарное кодирование

RZ (с возвратом к нулю)



То есть каждый бит передается 3-мя уровнями напряжения. Поэтому требует в 2 раза больше скорости по сравнению с обычной скоростью. Это квазитроичный код, то есть изменение сигнала происходит между 3-мя уровнями.

AMI-код использует следующие представления битов:

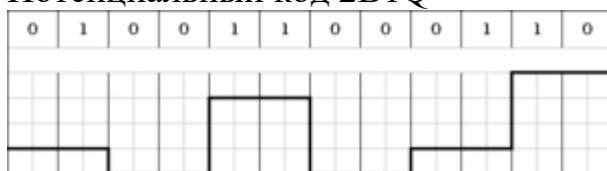
- биты 0 представляются нулевым напряжением (0 В);
- биты 1 представляются поочерёдно значениями $-U$ или $+U$ (В).

AMI-код обладает хорошими синхронизирующими свойствами при передаче серий единиц и сравнительно прост в реализации. Недостатком кода является ограничение на плотность нулей в потоке данных, поскольку длинные последовательности нулей ведут к потере синхронизации. Используется в телефонии уровня передачи данных, когда используются потоки мультиплексирования. Код HDB3 исправляет любые 4 подряд идущие нули в исходные последовательности. Правило формирования кода следующее: каждые 4 нуля заменяются 4 символами в которых имеется хотя бы один сигнал V . Для подавления постоянной составляющей полярность сигнала V чередуется при последовательных заменах. Для замены используются два способа: 1) если перед заменой исходный код содержал нечётное число единиц то используется последовательность 000V, если чётное то 100V. V-сигнал единицы запрещённого для данного сигнала полярности. То же что и AMI, только кодирование последовательностей из четырех нулей заменяется на код $-V, 0, 0, -V$ или $+V, 0, 0, +V$ — в зависимости от предыдущей фазы сигнала.

MLT-3 Multi Level Transmission — 3 (многоуровневая передача) — метод кодирования, использующий три уровня сигнала. Метод основывается на циклическом переключении уровней $-U, 0, +U$. Единице соответствует переход с одного уровня сигнала на следующий. Так же как и в методе NRZI при передаче «нуля» сигнал не меняется. В случае наиболее частого переключения уровней (длинная последовательность единиц) для завершения цикла необходимо четыре перехода. Это позволяет вчетверо снизить частоту несущей относительно тактовой частоты, что делает MLT-3 удобным методом при использовании медных проводов в качестве среды передачи. Метод разработан Cisco Systems для использования в сетях FDDI на основе медных проводов, известных как CDDI. Также используется в Fast Ethernet 100BASE-TX.

Тетрарное кодирование

Потенциальный код 2B1Q



Потенциальный код 2B1Q

Код 2B1Q передает пару бит за один битовый интервал. Каждой возможной паре в соответствие ставится свой уровень из четырех возможных уровней потенциала. Паре

00 соответствует потенциал -2.5 В,

01 соответствует -0.833 В,

11 — $+0.833$ В,

10 — $+2.5$ В.

Достоинство метода 2В1Q: Сигнальная скорость у этого метода в два раза ниже, чем у кодов NRZ и АМI, а спектр сигнала в два раза уже. Следовательно с помощью 2В1Q-кода можно по одной и той же линии передавать данные в два раза быстрее. Недостаток метода 2В1Q: Реализация этого метода требует более мощного передатчика и более сложного приемника, который должен различать четыре уровня.

Контрольные вопросы:

- 1.Что такое дифференциальное манчестерское кодирование?
- 2.Что такое тетрарное кодирование?
- 3.Как еще называется потенциальное кодирование?

Самостоятельная работа № 15

Тема: Принципы построения цифровых регенераторов

Цель: Научиться разбираться в принципах цифровых регенераторов. Уметь дать определение основным задачам регенератора.

Проходя через среду распространения, цифровой сигнал ослабляется и подвергается искажению и воздействию помех, что приводит к изменению формы и длительности импульсов, изменению случайным образом временных интервалов между импульсами, уменьшению амплитуды импульсов. Задача регенератора - восстановить амплитуду, форму, длительность каждого импульса цифрового сигнала, а также величину временных интервалов между соседними символами.

В кабельных ЦСП линейный сигнал чаще всего передается в виде комбинаций импульсов постоянного тока и пробелов что упрощает реализацию регенераторов. В то же время регенераторы кабельных систем являются наиболее распространенным элементом современных цифровых сетей. Исходя из сказанного выше рассмотрим регенерацию цифрового сигнала, представляющего собой комбинацию импульсов и пробелов (единиц и нулей). Структура регенератора представлена на рис.68. Искаженный цифровой сигнал из кабельной цепи поступает на усилитель-корректор (УК), обеспечивающий частичную или полную коррекцию формы импульсов, и регистрируется решающим устройством (РУ). Решающее устройство представляет собой пороговую схему, которая срабатывает, если уровень сигнала на его входе превышает пороговый уровень РУ, и не срабатывает, если уровень входного сигнала меньше уровня порога.

Пороговое напряжение может подаваться извне или вырабатываться в схеме РУ. При поступлении импульса на выходе РУ появляется управляющий сигнал, а в случае 0 (пробела) состояние РУ не изменяется. Формирующее устройство (ФУ) обеспечивает формирование по сигналам РУ импульсов с принятыми для конкретной системы стандартными параметрами.

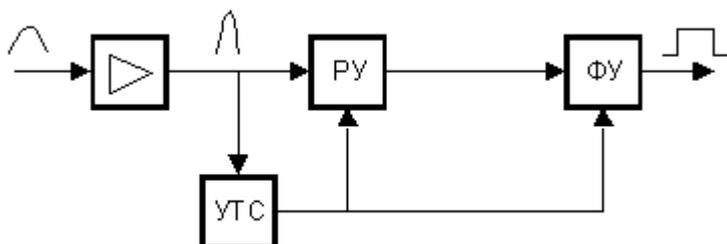


Рисунок. Принцип регенерации цифрового сигнала

В приведенной выше схеме, характерной для современных регенераторов, регистрация входящего сигнала и принятие решения о его значении осуществляются по каждому символу в отдельности (возможно принятие решений по всей кодовой комбинации или по циклу, так называемый «прием в целом»), что значительно упрощает реализацию схемы регенератора. Однако при этом требуется введение устройства тактовой синхронизации (УТС), которое должно обеспечить принятие решений на определенных временных интервалах. Эти интервалы выбираются в пределах участков тактового интервала, на которых принимаемый импульс имеет минимальные искажения, так как выбор момента регистрации в менее искаженной части импульса гарантирует верность принятия решения РУ. Верность принимаемых РУ решений зависит, в первую очередь, от способа обнаружения двоичного сигнала и качества работы УТС. При безошибочной работе РУ каждому входному импульсу соответствует выходной, а каждому «пробелу» на входе - «пробел» на выходе. Однако из-за присутствия на входе РУ различных помех, несовершенства устройства тактовой синхронизации и других причин в процессе регенерации возможны ошибки, выражающиеся в преобразовании 1 на входе регенератора в 0 на выходе и наоборот входного 0 в выходную 1.

Построение регенераторов.

Регенераторы современных ЦСП классифицируются по методу регистрации импульсов, виду тактовой синхронизации, методам получения колебания тактовой частоты и использования синхросигнала в процессе регенерации импульсов. По методам регистрации импульсов различают регенераторы с однократным и многократным стробированием импульса цифрового сигнала. Практическое применение, благодаря достаточной простоте реализации узлов регистрации нашли регенераторы с однократным стробированием, в которых на протяжении одного символа цифрового сигнала берется один отсчет и с помощью РУ устанавливается наличие 1 или 0 на входе регенератора. По видам синхронизации различают регенераторы с внешней и внутренней синхронизацией.

При использовании внешней синхронизации цифровой сигнал в оконечном оборудовании линейного тракта объединяют с синхросигналом, получаемым от специальных УТС. При внешней синхронизации возможна также передача сигналов тактовой синхронизации по отдельному тракту. Оба способа внешней синхронизации требуют значительного усложнения оборудования системы и неэкономичны. Передача синхросигнала по отдельному тракту связана с необходимостью выравнивания группового времени распространения для информационных и синхротрактов. Совместная передача цифрового и синхросигналов кроме усложнения оборудования передачи приводит к усложнению схем регенераторов из-за необходимости осуществления процессов выделения тактовой частоты, подавления на входе регенератора составляющих цифрового сигнала, близких к тактовой частоте, объединения на выходе регенератора цифрового сигнала и сигнала тактовой синхронизации. Исходя из этого, на практике чаще всего используются регенераторы с внутренней синхронизацией, в которых тактовая синхронизирующая частота выделяется из цифрового сигнала. В зависимости от способа получения тактовой частоты регенераторы с внутренней

синхронизацией подразделяются на регенераторы с пассивной и активной фильтрацией тактовой частоты. При активной фильтрации для формирования колебания тактовой частоты используются генераторы с фазовой автоподстройкой либо генераторы, синхронизируемые входящим цифровым сигналом. При пассивной фильтрации для выделения колебания тактовой частоты используются избирательные цепи типа, резонансных контуров, многоконтурных схем, фильтров.

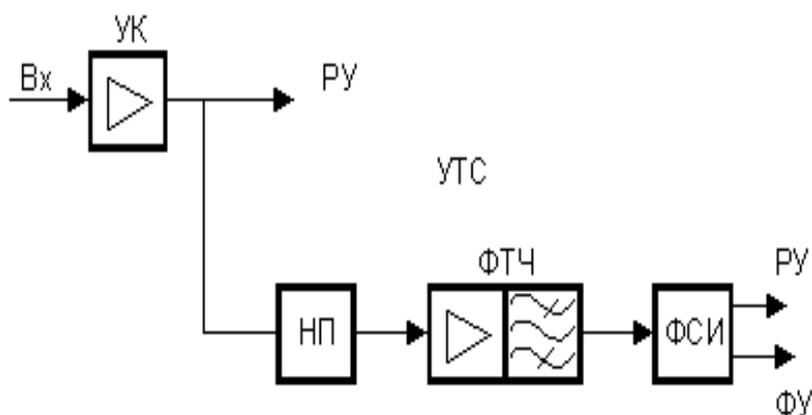


Рисунок. Структурная схема УТС

Устройство нелинейного преобразования (НП) входного сигнала позволяет получить в спектре преобразованного сигнала составляющую с частотой, равной тактовой f_T , которая может быть выделена устройством фильтрации тактовой частоты (ФТЧ) и направлена в формирователь стробирующих импульсов (ФСИ). Формирователь стробирующих импульсов формирует импульсы с частотой следования, равной выделенной f_T , определяющей промежутки времени стробирования для РУ и управляющей работой формирующего устройства (ФУ). При активной фильтрации структура УТС несколько видоизменяется (рисунок 2.3). Ток тактовой частоты с выхода ФТЧ поступает на ФД, на второй вход, которого подается тактовый сигнал от местного генератора тактовой частоты ГТЧ. Фазовый детектор вырабатывает управляющее напряжение U_y , пропорциональное разности фаз сигналов на входах ФД, которое поступает на вход цепи фазовой автоподстройки частоты ФАПЧ. Изменение параметров цепи ФАПЧ приводит к изменению частоты сигнала ГТЧ, при этом меняется разность фаз сигналов на входах ФД и напряжение U_y . Процесс продолжается до тех пор, пока частоты сигналов ГТЧ и ФТЧ не выравняются, при этом $U_y = 0$.

Контрольные вопросы:

1. Что обеспечивает формирующее устройство?
2. Что позволяет устройство нелинейного преобразования?
3. Какова основная задача регенератора?

Самостоятельная работа №16

Тема: Основные стандарты сотовой связи.

Цель: Изучить основные стандарты сотовой связи.

Стандарты мобильной связи принято делить на поколения. К первому (The 1st Generation, 1G) относятся аналоговые стандарты, которые постепенно ушли в прошлое.

К ним относятся:

AMPS (Advanced Mobile Phone Service — усовершенствованная мобильная телефонная служба, диапазон 800 МГц) — широко используется в США, Канаде, Центральной и Южной Америке, Австралии; известен также как «североамериканский стандарт»; это наиболее распространённый стандарт в мире, обслуживающий почти половину всех абонентов сотовой связи (вместе с цифровой модификацией D-AMPS, речь о которой впереди); используется в России в качестве регионального стандарта (в основном в варианте D-AMPS), где он также является наиболее распространённым;

TACS (Total Access Communications System — общедоступная система связи, диапазон 900 МГц) — используется в Англии, Италии, Испании, Австрии, Ирландии, с модификациями ETACS (Англия) и JTACS/NTACS (Япония); это второй по распространённости стандарт среди аналоговых; ещё недавно, в 1995 г., он занимал и общее второе место в мире по величине абонентской базы, но в 1997 г. оттеснён на четвёртое место более быстро развивающимися цифровыми стандартами;

NMT-450 и NMT 900 (Nordic Mobile Telephone — мобильный телефон северных стран, диапазоны 450 и 900 МГц соответственно) — используется в Скандинавии и во многих других странах; известен также как «скандинавский стандарт»; третий по распространённости среди аналоговых стандартов мира; стандарт NMT 450 является одним из двух стандартов сотовой связи, принятых в России в качестве федеральных (второй — цифровой стандарт GSM 900);

C-450 (диапазон 450 МГц) — используется в Германии и Португалии;

RTMS (Radio Telephone Mobile System — мобильная радиотелефонная система, диапазон 450 МГц) — используется в Италии;

Radiocom 2000 (диапазоны 170, 200, 400 МГц) — используется во Франции;

NTT (Nippon Telephone and Telegraph system — японская система телефона и телеграфа, диапазон 800...900 МГц — в трех вариантах) — используется в Японии.

Во всех аналоговых стандартах применяются частотная модуляция для передачи речи и частотная манипуляция для передачи информации управления (или сигнализации — signaling). Для передачи информации различных каналов используются различные участки спектра частот — применяется метод множественного доступа с частотным разделением каналов (Frequency Division Multiple Access — FDMA), с полосами каналов в различных стандартах от 12,5 до 30 кГц. С этим непосредственно связан основной недостаток аналоговых систем — относительно низкая ёмкость, являющаяся прямым следствием недостаточно рационального использования выделенной полосы частот при частотном разделении каналов. Этот недостаток стал очевиден уже к середине 80-х годов, в самом начале широкого распространения сотовой связи в ведущих странах, и сразу же значительные силы были направлены на поиск более совершенных технических решений. В результате этих усилий и поисков появились цифровые сотовые системы второго поколения. Переход к цифровым системам

сотовой связи стимулировался также широким внедрением цифровой техники в связь в целом и в значительной степени был обеспечен разработкой низкоскоростных методов кодирования и появлением сверхминиатюрных интегральных схем для цифровой обработки сигналов.

Говоря о втором поколении, прежде всего следует упомянуть стандарт GSM (GlobalSystemforMobileCommunications — глобальная система связи с подвижными объектами), являющийся сейчас самым популярным стандартом сотовой связи в мире и, что важно для нас, де-факто беспроводным телефонным стандартом в Европе. Сотовые сети стандарта GSM — это цифровые сети, в которых может передаваться не только оцифрованная речь, но и любые цифровые данные. Большинство операторов GSM-сетей имеют договоры по роумингу. На GSM приходится свыше 60% мирового рынка сетей мобильной связи, а количество абонентов составляет более 700 млн. человек.

Первые сети GSM появились в начале 90-х годов. В то время основной их задачей было обеспечение услуг речевой связи на более высоком уровне по сравнению с существовавшими ранее аналоговыми сотовыми системами. Технология GSM способствовала популяризации сотовой связи в сфере бизнеса за счет предоставления возможности шифрования передаваемой информации и роуминга по всей Европе.

Важным шагом развития GSM было введение услуг пересылки коротких сообщений (ShortMessageService, SMS) и передачи данных. С середины 90-х годов начали бурно развиваться услуги передачи данных, и прежде всего SMS-служба. Сегодня пользователи систем GSM могут посылать друг другу короткие сообщения непосредственно с телефона или через компьютерные сети. Абоненты сетей GSM могут посредством мобильного модема получать доступ к компьютерным системам своих офисов и могут посылать и принимать сообщения электронной почты. Одним из основных недостатков сетей сотовой связи стандарта GSM для передачи данных является низкая скорость передачи и тот факт, что биллинг осуществляется исходя из времени соединения по тарифам, мало отличающимся от речевых.

Физические свойства каналов GSM не позволяют обмениваться данными со скоростью свыше 9,6 Кбит/с. Для передачи речи и текстовых сообщений такой скорости вполне достаточно, а для качественной графики — нет.

Возможности мобильного доступа в Интернет были существенно расширены с переходом на использование технологии GPRS (GeneralPacketRadioService) и будут кардинально увеличены в высокопроизводительных сотовых сетях следующего, третьего поколения (3G), к которому относится стандарт UMTS

GPRS (англ. GeneralPacketRadioService — пакетная радиосвязь общего пользования) — надстройка над технологией мобильной связи GSM, осуществляющая пакетную передачу данных. GPRS позволяет пользователю мобильного телефона производить обмен данными с другими устройствами в сети GSM и с внешними сетями, в том числе Интернет. GPRS предполагает тарификацию по объёму переданной/полученной информации, а не времени.

Основная статья: **XRTT**

XRTT (OneTimesRadioTransmissionTechnology) — 2.5G мобильная технология передачи цифровых данных основанная на CDMA-технологии. Использует принцип

передачи с коммутацией пакетов. Теоретически возможная скорость передачи 144 Кбит/сек, но на практике реальная скорость менее 40-60 Кбит/сек. 1XRTT использует лицензируемый радиочастотный диапазон и, подобно другим мобильным технологиям, широко распространена.

Поскольку функциональные возможности сети GPRS скромнее, чем у полноценной сети третьего поколения, данный стандарт получил название 2,5G, отражающее ее переходное состояние от второго поколения к третьему.

EDGE (англ. Enhanced Data rates for GSM Evolution) — цифровая технология для мобильной связи, которая функционирует как надстройка над 2G и 2.5G (GPRS) сетями. Эта технология работает в TDMA и GSM сетях. Для поддержки EDGE в сети GSM требуются определённые модификации и усовершенствования. На основе EDGE могут работать: ECSD — ускоренный доступ в Интернет по каналу CSD, EHSCSD — по каналу HSCSD, и EGPRS — по каналу GPRS. EDGE был впервые представлен в 2003 году в Северной Америке.

Все перечисленные выше цифровые системы второго поколения основаны на методе множественного доступа с временным разделением каналов (Time Division Multiple Access — TDMA). Однако уже в 1992—1993 гг. в США был разработан стандарт системы сотовой связи на основе метода множественного доступа с кодовым разделением каналов (Code Division Multiple Access — CDMA) — стандарт IS-95 (диапазон 800 МГц). Он начал применяться с 1995—1996 гг. в Гонконге, США, Южной Корее, причём в Южной Корее — наиболее широко, а в США начала использоваться и версия этого стандарта для диапазона 1900 МГц. Направление персональной связи нашло своё преломление и в Японии, где в 1991—1992 гг. была разработана и с 1995 г. начала широко использоваться система PHS диапазона 1800 МГц (Personal Handyphone System — буквально «система персонального ручного телефона»).

Европейская технология мобильной связи третьего поколения UMTS предлагает надёжную передачу голоса, текста и потокового видео. В рамках этой технологии связь может быть организована и с обязательным установлением соединения, и с коммутацией пакетов, как в сетях GPRS.

UMTS предоставляет скорость передачи данных 2 Мбит/с для неподвижных пользователей, 384 Кбит/с для пешеходов и 144 Кбит/с для пользователей, находящихся в движущемся транспорте.

HSDPA (англ. High-Speed Downlink Packet Access — высокоскоростная пакетная передача данных от базовой станции к мобильному телефону) — стандарт мобильной связи, рассматривается специалистами как один из переходных этапов миграции к технологиям мобильной связи четвёртого поколения (4G). Максимальная теоретическая скорость передачи данных по стандарту составляет 14,4 Мбит/сек., практическая достижимая в существующих сетях — около 3 Мбит/сек.

Технологии, претендующие на роль 4G (и очень часто упоминаемые в прессе в качестве 4G):

- LTE
- TD-LTE
- Mobile WiMAX

- UMB
- HSPA+

В настоящее время запущены сети WiMAX и LTE. Первую в мире сеть LTE в Стокгольме и Осло запустил альянс TeliaSonera/Ericsson— расчётное значение максимальной скорости передачи данных к абоненту составляет 382 Mbps и 86 Mbps— от абонента. Насчёт UMB планы внедрения не известны, так как ни один оператор (в мировом масштабе) не заключил контракт на его тестирование. Стоит отметить, что стандарт WiMAX не все относят к 4G, так как он не интегрирован с сетями предыдущих поколений таких как 3G и 2G, а также из-за того, что в сети WiMAX сами операторы не предоставляют традиционные услуги связи, такие как голосовые звонки и SMS, хотя и пользование ими возможно при использовании различных VoIP сервисов. ИТТ разрешил сетям HSPA+ называться 4G, т.к. они обеспечивают соответствующие скорости.

Необходимо отметить, что по мере внедрения сетей поколения 2,5G-3G происходит интеграция устройств, передающих голос и данные. Персональные коммуникаторы интегрируют в себе возможности сотового телефона и мобильного ПК.

Контрольные вопросы:

1. Каковы основные стандарты сотовой связи?
2. Что такое сеть WiMAX?
3. Что используют для передачи информации различных каналов?

Самостоятельная работа №17

Тема: Стандартный канальный план и его использование.

Цель: Научиться понимать определение стандартного канального плана и принцип его использования.

Первоначально в основу проекта стандарта положен канальный (частотный) план с равномерным расположением несущих частот каналов с минимальным разносом (шагом) каналов на 0,1 ТГц, или 100 ГГц. Выбранная в плане область частот покрывает стандартизованный диапазон $D_{ст}=5,1$ ТГц и практически соответствует диапазону длин волн (от 1528,77 до 1569,59 нм) амплитудно-волновой характеристики АВХ широко используемых ОУ. При выборе постоянного шага $h=0,1$ ТГц (100 ГГц) в этом диапазоне можно разместить максимально 51 канал с несущими, указанными в верхнем ряду нижеследующей таблицы (для пересчета на длины волн используется обычная (уточненная) формула $l = 2.99792458 \cdot 10^{17}/f$ [нм/Гц], при этом шаг по l получается разным от 0,780 до 0,821 нм, или в среднем 0,8 нм).

Расширения числа каналов можно достичь двумя путями: уменьшением шага h до 0,05 ТГц (50 ГГц) и частичным расширением частотного плана до 191,0 ТГц, что дает возможность довести число каналов максимально до 102; расширением стандартной полосы $D_{ст}$ вправо до частот порядка 186 ТГц (1612 нм), что позволяет удвоить $D_{ст}$ до величины 10,2 ТГц (84 нм) за счет частичного использования 4-го окна прозрачности (1600 нм). Первый путь был использован компанией Ciena, второй – Lucent. Эксплуатация вдвое большей полосы (2x5,1 ТГц) хотя и требует использования специальных сверхширокополосных оптических усилителей СШПУ

(UWBA) с АВХ, охватывающих полосу 10,2 ТГц, но дает возможность увеличить число каналов до 102 при шаге 100 ГГц и до 204 при шаге 50 ГГц.

Это можно сделать, разбивая общую полосу усиления на две, называемые С-Band (Conventional Band) – обычная полоса и L-Band (Longwave Band) – длинноволновая полоса (в терминологии Bell Labs.) – не путайте с поддиапазоном L band в терминологии Alcatel, который теперь оказывается расположенным в правой половине С-Band). В этом смысле логично использовать обозначения ЕСI, вместо обозначений Alcatel, т.е. говорить С-band, как о полосе, состоящей из высокочастотной части (синей полосе) В и низкочастотной части (красной полосе) R. Тогда, для систем WDM получаем следующую перспективную схему канального плана на 102 канала с шагом 100 ГГц и на 204 канала с шагом 50 ГГц (см. рис.):

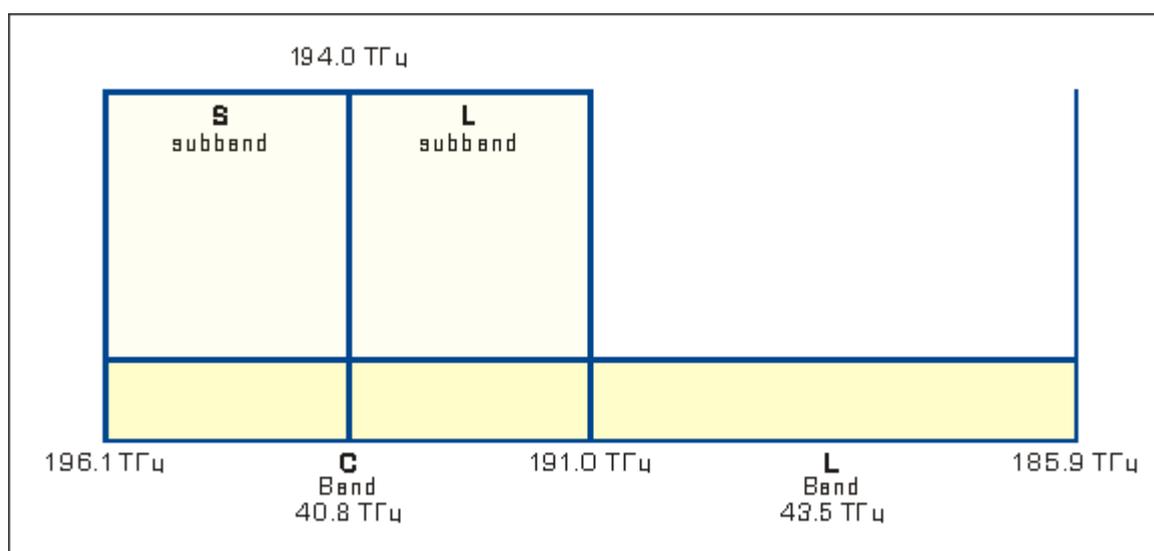


Рисунок. Перспективная схема расширенного канального плана.

Схема расширенного канального плана позволяет предложить следующую схему классификации, учитывающую современные взгляды и тенденции выделять три типа мультиплексоров WDM:

- обычные (грубые) WDM (CDWM) – ГМРДВ, или просто WDM – МРДВ,
- плотные WDM (DWDM) – ПМРДВ,
- высокоплотные WDM (HDWDM) – ВПМРДВ.

Хотя до сих пор и нет точных границ деления между этими типами, можно предложить, вслед за специалистами компании Alcatel, некоторые границы, основанные на исторической практике разработки систем WDM и указанном выше стандарте G.692 с его канальным планом, называемым также “волновым планом” или “частотным планом” в зависимости от того, используется ли волновая или частотная шкала канального плана. Итак, можно называть:

- системами WDM – системы с частотным разносом каналов не менее 200 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 16 каналов,
- системами DWDM – системы с разносом каналов не менее 100 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 64 каналов,
- системами HDWDM – системы с разносом каналов 50 ГГц и менее, позволяющие мультиплексировать не менее 64 каналов.

Контрольные вопросы:

- 1.Какие существуют три типа мультиплексоров WDM?
- 2.Как можно достигнуть расширения части каналов?
- 3.Какой план был положен в основу проекта стандартно первоначально?

Заключение

Образовательное учреждение исходя из установленных объемов максимальной и обязательной учебной нагрузки самостоятельно определяет объем самостоятельной работы по каждой дисциплине, междисциплинарному курсу и профессиональному модулю.

Самостоятельная работа обучающихся в соответствии с ФГОС составляет не менее 50% времени, предусмотренного для выполнения основной профессиональной образовательной программы.

Одной из форм, помогающих решить проблему качественной подготовки специалиста, являются продуманные и систематизированные, логически и целенаправленно разработанные задания и упражнения для самостоятельной работы, в которых перед ними последовательно выдвигаются познавательные задачи, решая которые они осознанно и активно усваивают знания и учатся творчески применять их в новых условиях:

- наблюдение за единичными объектами подразумевает более или менее длительное восприятие с целью выявить отличительные признаки объектов; сравнительно-аналитические наблюдения стимулируют развитие произвольного внимания у обучающихся, углубление в учебную деятельность;

- конструирование заставляет глубже проникнуть в сущность предмета (проблемы), найти взаимосвязи в учебном материале, выстроить их в нужной логической последовательности, сделать после изучения темы достоверные вывод; решение задач способствует запоминанию, углублению и проверке усвоения знаний обучающихся, формированию отвлечённого мышления, которое обеспечивает осознанное и прочное усвоение изучаемых основ;

- работа с источниками информации способствует приобретению важных умений и навыков, а именно: выделять главное, устанавливать логическую связь, создавать алгоритм и работать по нему, самостоятельно добывать знания, систематизировать их и обобщать; исследовательская деятельность – венеч самостоятельной работы обучающихся.

Формы самостоятельной работы определяются содержанием учебной дисциплины, степенью подготовленности обучающихся. Они тесно связаны с теоретическими курсами и имеют учебный, учебно-исследовательский характер. Форму самостоятельной работы обучающихся определяют преподаватели при разработке рабочих программ учебных дисциплин, профессиональных модулей, междисциплинарных курсов. Самостоятельную работу необходимо организовывать во всех звеньях учебного процесса, в том числе и в процессе усвоения нового материала. Обучающимся необходимо прививать активную позицию, делать их непосредственными участниками процесса познания.

Организация самостоятельной работы способствует развитию мотивации получения знаний обучающихся. Самостоятельная работа носит целенаправленный, чётко сформулированный характер. Содержание самостоятельной работы обеспечивает полный и глубокий комплекс заданий. В ходе самостоятельной работы обеспечивается сочетание репродуктивной и продуктивной учебной деятельности обучающихся.

При организации самостоятельной работы предусмотрена адекватная обратная связь, т.е. правильно организована система контроля.

Данный подход к разработке материала для самостоятельной работы обучающихся позволяет творчески подойти к подготовке занятий, выявить возможности изучаемого материала, создавая тем самым условия для саморазвития личности обучающихся.

Основная литература

1. Телекоммуникационные системы и сети. Том 1 Крук Б.И., Попантопуло В.Н., Шувалов В.П. Новосибирск: «Наука», 2015г
2. Телекоммуникационные системы и сети. Том 2 Крук Б.И., Попантопуло В.Н., Шувалов В.П. Новосибирск: «Наука», 2016г
3. И.К. Филатов. «Проектирование сетей связи» практикум. М. Издательский центр . Академия,2015.-165с.
4. В.Ю. Ушманов. «Сети связи» практикум. М. Издательский центр. Академия, 2014.-227с.
5. В.Н.Пантелеев, В.М. Прошин Телекоммуникации». М. Издательский центр. Академия, 2016.-276с.. «Оновы автоматизации производства». М. Издательский центр. Академия, 2015.-185с.
6. В.И.Полещук.Т.Е.Каренов Задачник по диапазонам частот.М. Издательский центр. Академия, 2016.-222с.
7. Б.И.Черпаков, Л.И.Вереина «Основные стандарты сетей общего пользования». М. Издательский центр. Академия, 2016.-409с.

Дополнительные источники:

1. Г.А. Андреевко. «Основы телекоммуникации». М. Академия, 2014.-300с.
2. Л.В.Журавченко. «Радиоэлектроника». М. Издательский центр. Академия, 2015.-208с.
3. С.В.Белов. «Безопасность производственных процессов». М.: Машиностроение,2014
4. К.И.Котов, М.А.Шершевер. «Внутризоновые сети связи» М. «Металлургия», 2016г.-495с.
5. Ю.М.Губаренко. «Типовые элементы телекоммуникации». М. Форум-инфра, 2015 378с.
6. Г.В.Ярочкина. «Радиоэлектронная аппаратура. Монтаж и регулировка». М. ПрофОбрИздат, 2014.-232с.

Интернет – ресурсы:

/ <http://kunegin.com/ref5/wdm/5.htm>