

**МИНИСТЕРСТВО МОЛОДЕЖИ, ТРУДА И ЗАНЯТОСТИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**АГЕНТСТВО
ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБРАЗОВАНИЮ**

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЛИЦЕЙ №98

***Специалист по сетям связи
и системам коммутаций***

Электронный учебник

Бишкек 2012

Составитель:

Данный электронный учебник излагает систематический курс спецтехнологии сетей связи и телекоммуникаций. В нем в сжатой, концентрированной форме изложены сведения по основам телефонной передачи, принципам построения телефонных сетей и сетей связи с подвижными объектами, характеристики направляющих систем передач, характеристика многоканальных систем передачи и многое другое.

Учебник предназначен для самостоятельной работы обучающихся, углубления знаний по учебной дисциплине.

Тематический план
учебной дисциплины «Спецтехнология» для студентов специальности
«Специалист по сетям связи и системам коммутаций»

№ темы	Наименование темы	Количество часов
1	История развития средств связи в Кыргызстане. Виды электросвязи.	2
2	Организация телефонной связи. Звук и звуковое поле	2
3	Архитектура электросвязи. Построение ГТС	4
4	Включение разговорных приборов. Явление «местного эффекта». Противоместные схемы.	2
5	Устройство узлов телефонного аппарата. Звонок переменного тока. Номеронабиратель, типы номеронабирателей	4
6	Принципиальная схема аппарата ТА-72	2
7	Электроакустические преобразователи. Угольный микрофон. Электромагнитный телефон.	4
8	Построение СТС. Построение МТС.	4
9	Сеть радиовещания. Сеть телевидения.	2
10	Радиорелейные линии связи. Спутниковая связь.	2
11	Воздушные линии связи. Основные элементы ВЛС.	2
12	Строительство ВЛС.	2
13	Кабельные линии связи. Классификация и маркировка кабелей.	4
14	Строительство КЛС	2
15	Оптические телекоммуникационные системы.	4
16	Одномодовые и многомодовые кабели.	2
17	Волоконно-оптические линии связи. Строительство ВОЛС.	2
18	Радиолинии. Диапазоны частот и волн.	2
19	Радиопередающие и радиоприемные устройства.	2
20	Принципы построения систем передачи с ЧРК.	2
21	Принципы построения систем передачи с ВРК	2
22	Система передачи ИКМ-30	4
23	Система передачи ИКМ-120	2
24	Коммутация, координаты коммутации, методы коммутации.	4
25	Коммутационные схемы координатных АТС	4
26	Коммутационные схемы цифровых АТС	4
27	Аналоговые АТС. АТСК 100/2000. Технические данные.	2
28	Построение ступеней искания АТСК 100/2000	4

29	Квазиэлектронная АТСКЭ типа «Квант». Технические данные, управляющие устройства.	4
30	Электронные АТС. Структурная схема «АХЕ-10». Технические данные «АХЕ-10».	4
31	Установление соединения на ЭАТС «АХЕ-10»	4
32	Построение коммутационной системы «С&С-08»	4
33	Установление соединения на ЭАТС «С&С-08»	4
34	Общие сведения о сети сотовой подвижной связи. Функциональная схема сети сотовой связи.	2
35	BSS: базовая станция; контролер базовых станций	2
36	SSS: центр мобильной коммутации (MSC); Центр эксплуатации и тех.обслуживания (OSS)	2
37	Основные стандарты сотовой связи и их характеристики.	4
38	Пути повышения емкости сетей сотовой связи. Принцип повторного использования частот.	2
39	Формирование каналов в сетях сотовой связи. Многолучевое распространение.	2
40	Аутентификация и идентификация.	2
41	Обслуживание вызова в сетях стандарта GSM	4
42	Роуминг. Услуги сотовой связи.	2
43	Методы проектирования сетей сотовой связи.	2
44	Общие сведения о технической документации.	2
	Зачет	2
	Итого:	126

Содержание

Лекция № 1.....	
Тема № 1. История развития средств связи в Кыргызстане.....	
Тема № 2. Виды электросвязи.....	
2. 1. Основные определения.....	
2. 2. Виды информации.....	
2. 3. Виды электросвязи.....	
Контрольные вопросы.....	
Лекция № 2.....	
Тема № 3. Организация телефонной связи.....	
3. 1. Структурная схема телефонной связи.....	
3. 2. Принципы передачи информации с помощью электроэнергии.....	
3. 3. Структурная схема телефонной передачи.....	
Тема № 4. Звук и звуковое поле.....	
Контрольные вопросы.....	
Лекция № 3.....	
Тема № 5. Электроакустические преобразователи.....	
5. 1. Электроакустические преобразователи.....	
5. 2. Угольный микрофон.....	
5. 3. Электромагнитный телефон.....	
Контрольные вопросы.....	
Лекция № 4.....	
Тема № 6. Включение разговорных приборов.....	
Контрольные вопросы.....	
Лекция № 5.....	
Тема № 7. Устройство узлов телефонного аппарата.....	
7. 1. Устройство узлов телефонного аппарата.....	
7. 2. Типы номеронабирателей.....	
Контрольные вопросы.....	
Лекция № 6.....	
Тема № 8. Принципиальная схема аппарата ТА-72.....	
Контрольные вопросы.....	
Лекция № 7.....	
Тема № 9. Построение телефонных сетей.....	
9. 1. Архитектура Электросвязи.....	
Контрольные вопросы.....	
Лекция № 8.....	
9. 2. Построение СТС. Построение МТС.....	
9. 3. Построение ГТС.....	
9. 4. Принципы построения телефонной сети.....	
Контрольные вопросы.....	
Лекция № 9.....	
Тема № 10. Сеть радиовещания.....	
Тема № 11. Сеть телевидения.....	
Контрольные вопросы.....	
Лекция № 10.....	
Тема № 12. Радиорелейные линии связи.....	
Тема № 13. Спутниковая связь.....	

Контрольные вопросы:.....

Лекция № 11......

Тема № 14. Воздушные линии связи......

14. 1. Основные элементы ВЛС......

14. 2. Воздушные линии связи (ВЛС). Основные конструкции ВЛС......

Контрольные вопросы:.....

Лекция № 12......

Тема № 15. Строительство ВЛС......

Лекция № 13......

Тема № 16. Кабельные линии связи......

Контрольные вопросы:.....

Лекция № 14......

Тема № 17. Строительство КЛС......

17. 1. Строение кабельной канализации ГТС. Прокладка кабеля под землёй......

17. 2. Оконечные кабельные устройства......

Контрольные вопросы:.....

Лекция № 15......

Тема № 18. Оптические телекоммуникационные системы......

18. 1. Классификация и конструкция оптических кабелей......

Лекция №16......

18. 2. Одномодовые и многомодовые кабели......

Лекция №17......

18. 3. Строительство ВОЛС......

Контрольные вопросы:.....

Лекция №18......

Тема № 19. Радиолинии......

19. 1. Диапазоны частот и волн. Радиолинии......

Контрольные вопросы:.....

Лекция №19......

Тема № 20. Радиопередающие и радиоприемные устройства......

Контрольные вопросы:.....

Лекция №20......

Тема № 21. Принципы построения систем передачи с ЧРК......

21. 1. Общие сведения о многоканальных системах передачи информации......

21. 2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МСПИ......

Контрольные вопросы:.....

Лекция № 21......

Тема № 22. Принципы построения систем передачи с ВРК......

22. 1. Временное разделение каналов (ВРК), аналоговые методы передачи......

22. 2. Принципы построения аппаратуры с ВРК......

Контрольные вопросы:.....

Лекция № 22......

Тема № 23. Система передачи ИКМ-30......

Контрольные вопросы:.....

Лекция № 23......

Тема № 24. Система передачи ИКМ-120......

<u>Контрольные вопросы:</u>	
<u>Лекция 24.</u>	
<u>Тема № 25. Коммутация.</u>	
<u>25. 1. Координаты коммутации.</u>	
<u>25. 2. Степень пространственной коммутации.</u>	
<u>25. 3. Степень пространственно-временной коммутации.</u>	
<u>Лекция № 25.</u>	
<u>Тема № 26. Аналоговые АТС. АТСК 100/2000.</u>	
<u>26. 1. Характеристика АТСК 100/2000</u>	
<u>26. 2. Внутростанционное соединение.</u>	
<u>Лекция № 26.</u>	
<u>Тема № 27. Построение ступеней искания АТСК 100/2000.</u>	
<u>27. 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СТУПЕНЕЙ ИСКАНИЯ И КОММУТАЦИОННЫХ БЛОКОВ.</u>	
<u>27. 2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ОДНОЗВЕННЫХ СТУПЕНЕЙ ИСКАНИЯ В ДЕКАДНО-ШАГОВЫХ СИСТЕМАХ КОММУТАЦИИ.</u>	
<u>27. 3. КОММУТАЦИОННЫЕ БЛОКИ НА СТУПЕНЯХ АБОНЕНТСКОГО ИСКАНИЯ И ИХ ОСОБЕННОСТИ.</u>	

Лекция №1.

Тема № 1.

История развития средств, связи в Кыргызстане.

В общей системе электрической связи страны телефонная связь занимает важнейшее место, так как она является наиболее оперативной и обеспечивает двухсторонний обмен информацией.

Началом развития телефонной связи считается 1876 год, когда американский учёный Александр Белл предложил использование для передачи речи на расстоянии изобретённый им электромагнитный прибор – этот прибор был назван телефоном. В 1878 году была разработана схема телефонного аппарата с угольным микрофоном. В этом же году Томас Эдисон предложил использовать в схеме передачи речи трансформатор, что обеспечивало двухстороннюю передачу электрического сигнала и большую дальность.

Одновременно с разработкой основных устройств, для передачи речи начались работы по созданию коммутационного оборудования, предназначенного для соединения между собой абонентских телефонных линий. На первых порах коммутация осуществлялось ручным способом, поэтому практическое применение получили ручные телефонные станции (РТС). Однако усилия специалистов были направлены на создание приборов автоматической коммутации, развитие которой началось с изобретения братьями Строуджер в 1889 году автоматического коммутационного прибора – шагового искателя.

Начальный период развития телефонной техники русские инженеры внесли существенный вклад разработку приборов телефонной передачи и коммутационных и устройств, пригодных для практического применения. Так электротехники М. Махальский и П. Голубицкий разработали микрофон (в первом угольном микрофоне использовались угольные стержни). Кроме того П. Голубицкий разработал основные принципы питания микрофона по системе центральной батареи.

В Киргизии связь получила развитие в годы советской власти. За 1926 – 1942 гг. количество предприятий связи увеличилось в 27 раз. Протяженность телефона – телеграфических линий, составило 3353 км. К концу 1940 года в республике действовало 47 сельских и городских телефонных станций. В общей сложности 4230 номеров. Все областные центры были соединены со станцией республики телефонной связью.

В 1971 году во Фрунзе введена в строй новая автоматическая телефонная станция ежедневно осуществляющая более 1800 переговоров. К 1979 году насчитывалось 68 АТС емкостью 1030000 номеров. Широкое внедрение получило АТСК, на линиях связи

широко применяется аппаратура для создания необходимых каналов, от сельских телефонных станций до райцентра, который обеспечивает хорошую слышимость и устойчивость в работе. Наряду с используемыми Воздушными и кабельными линиями связи, в республике впервые в СССР прошли испытания радио – релейные линии сельской телефонной связи типа «Контейнер» и «Электроника». Все сельские советы, колхозы и совхозы имеют телефонную связь, со всеми райцентрами и с выходом на междугороднюю телефонную сеть.

В настоящее время в Кыргызстане устанавливаются цифровые станции, которые обеспечивают более быстрое и качественное соединение абонентов. Их установление не требует больших залов и громосткой аппаратуры. В первые, в Кыргызстане цифровая связь была установлена в городе Канте в 1990 - 1991 году. В 1996 году в городе Бишкек была установлена цифровая связь АХЕ – 10 и другие типы цифровой связи.

В нашем городе Бишкек и в целом по республике в настоящее время ведутся работы по цифролизации всей системы электросвязи. Устанавливаются цифровые автоматизированные телефонные станции «Honet» производства КНР Huawei, а так же обновляются кабельные линии связи, заменяя металлические кабели на волоконо – оптические линии связи.

Тема №2. Виды электросвязи.

2. 1. Основные определения.

Информация – это сведения, являющиеся объектом передачи, распределения, преобразования, хранения или непосредственного использования.

Информация - сведения о каких-либо процессах, событиях, фактах или предметах. Известно, что 80..90% информации человек получает через органы зрения и 10..20% - через органы слуха. Другие органы чувств дают в сумме 1..2% информации. Физиологические возможности человека не позволяют обеспечить передачу больших объемов информации на значительные расстояния.

Связь - техническая база, обеспечивающая передачу и прием информации между удаленными друг от друга людьми или устройствами. Аналогия между связью и информацией такая же, как у транспорта и перевозимого груза. Средства связи не нужны, если нет информации, как не нужны транспортные средства при отсутствии груза.

Сообщение - форма выражения (представления) информации, удобная для передачи на расстояние.

Различают оптические (телеграмма, письмо, фотография) и звуковые (речь, музыка) сообщения. Документальные сообщения наносятся и хранятся на определенных носителях, чаще всего на бумаге. Сообщения, предназначенные для обработки на ЭВМ, принято называть данными.

Информационный параметр сообщения - параметр, в изменении которого "заложена" информация. Для звуковых сообщений информационным параметром является мгновенное значение звукового давления, для неподвижных изображений - коэффициент отражения, для подвижных - яркость свечения участков экрана.

По характеру изменения информационных параметров различают *непрерывные* и *дискретные сообщения*.

Сигнал - физический процесс, отображающий передаваемое сообщение.

Отображение сообщения обеспечивается изменением какой-либо физической величины, характеризующей процесс. Эта величина является информационным параметром сигнала. Сигналы, как и сообщения, могут быть непрерывными и дискретными. Информационный параметр непрерывного сигнала с течением времени может принимать любые мгновенные значения в определенных пределах. Непрерывный сигнал часто называют аналоговым. Дискретный сигнал характеризуется конечным числом значений информационного параметра. Часто этот параметр принимает всего два значения. На Рис. 1 показаны виды аналогового и дискретного сигналов.

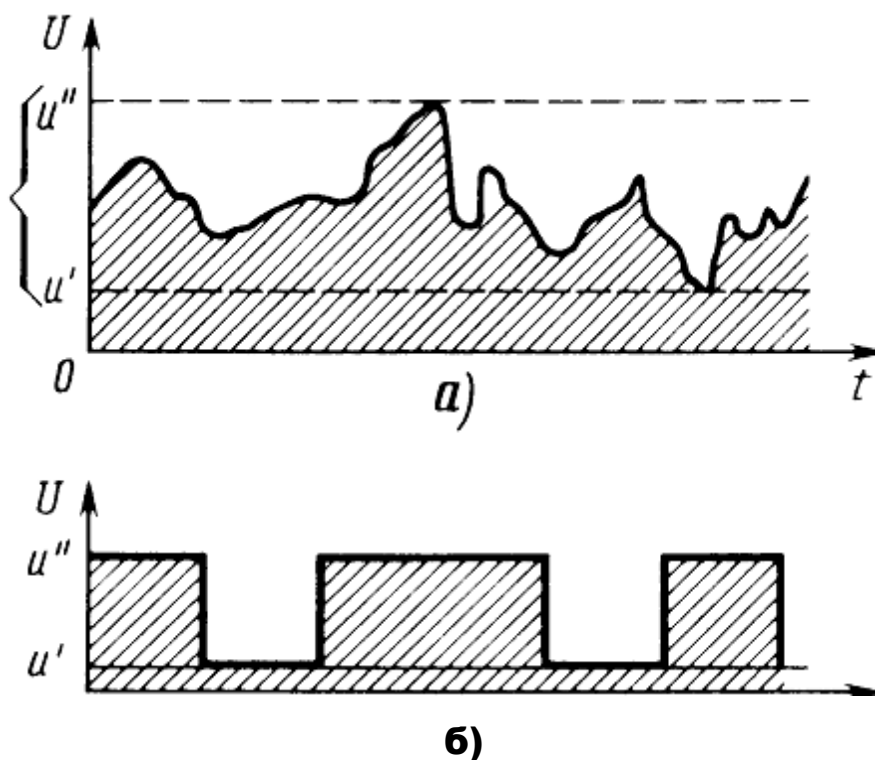


Рис. 1. Виды сигналов: а - аналогового, б – дискретного

В дальнейшем будем рассматривать принципы и средства связи, основанные на использовании электрической энергии в качестве переносчиков сообщений, т.е. электрических сигналов. Выбор электрических сигналов для переноса сообщений на расстояние обусловлен их высокой скоростью распространения (около 300 км/мс).

2. 2. Виды информации:

1. Текстовое – графическая;
2. Речевое (акустическая);
3. Визуальное (Видео).

2. 3. Виды электросвязи:

1. Телеграфная связь;
2. Телефонная связь;
3. Факсимильная связь;
4. Сеть радиосвязи (рации);
5. Сеть радиовещания;
6. Сеть телевещания;
7. Сеть передачи данных (Internet);
8. Сеть передачи газет;
9. Сеть сотовой мобильной связи;
10. Сеть мобильной спутниковой связи.

1. **Телеграфная связь** – это вид электросвязи, при котором передается текстовое короткое сообщение. Вначале отправитель на телеграфе, заполняет специальный бланк телеграммы или с помощью заказной линии по телефону, заказывает телеграмму и диктует текст, адрес и ФИО получателя телеграммы оператору телеграфа. В свою очередь оператор приняв телеграмму к отправке, соединяется с другим телеграфом, который может доставить телеграмму получателю. Оператор диктует по телефону текст, адрес и ФИО получателя телеграммы. Пой же, почтальон второго телеграфа доставит телеграмму до получателя. После доставки телеграммы, отправитель получает уведомление о получении или о не доставки телеграммы.
2. **Телефонная связь** - это вид электросвязи, при котором передается голосовое сообщение (речь) в дуплексном режиме, используя телефонный аппарат, автоматизированную телефонную станцию и телефонный кабель. Передача осуществляется за счет преобразования акустических колебаний, т.е. голоса в электрическую форму.

3. **Факсимильная связь** - это вид электросвязи, использует телефонные сети для передачи текстовой – графической информации, т.е. документов, фотографий и т.п.
4. **Сеть радиосвязи** - это вид электросвязи, при котором передается голосовое сообщение, преобразованная в радиоволну с помощью радиопередающего и радиоприемного устройства.
5. **Сеть радиовещания** - это вид электросвязи, при котором передаются голосовые сообщения и аудиозаписи, которые преобразованы в радиоволну с помощью радиопередающего устройства, для широкой аудитории слушателей.
6. **Сеть телевидения** - это вид электросвязи, при котором передаются видеозаписи с голосовым или звуковым сопровождением, которые преобразованы в радиоволну с помощью радиопередающего устройства, для широкой аудитории слушателей.
7. **Сеть передачи данных** - это вид электросвязи, представляющая собой глобальную сеть связи, где можно передавать разного рода информацию в виде цифровых пакетов.
8. **Сеть передачи газет** - это вид электросвязи, которая использует международные телефонные сети связи, для осуществления передачи текстовой – графической информации, предназначенная для печати в газетах и в журналах.
9. **Сеть сотовой мобильной связи** – это вид электросвязи, представляющая собой сложную и гибкую техническую систему, допускающая большое разнообразие выполняемых функций. Она может обеспечить передачу речи, и других видов информации, в частности факсимильных сообщений и компьютерных данных, по средствам радиоволн создаваемых антеннами базовых станций и сотовых телефонов.
10. **Сеть мобильной спутниковой связи** - это вид электросвязи, представляющая собой сложную и гибкую техническую систему, допускающая большое разнообразие выполняемых функций. Она может обеспечить передачу речи, и других видов информации, по средствам радиоволн создаваемых параболическими антеннами наземных спутниковых станций и искусственными спутниками земли.

Основными первичными сигналами электросвязи являются: телефонный, звукового вещания, факсимильный, телевизионный, телеграфный, передачи данных.

Контрольные вопросы:

1. В каком году появился первый телефонный аппарат?
2. В каком году, и в каком, городе в Кыргызстане, впервые была установлена цифровая связь.
3. Что такое информация?
4. Какие виды информации Вам известны?
5. Какие виды электросвязи Вам известны?

Лекция №2.

Тема № 3. Организация телефонной связи.

3. 1. Структурная схема телефонной связи.

Структурная схема телефонной связи.

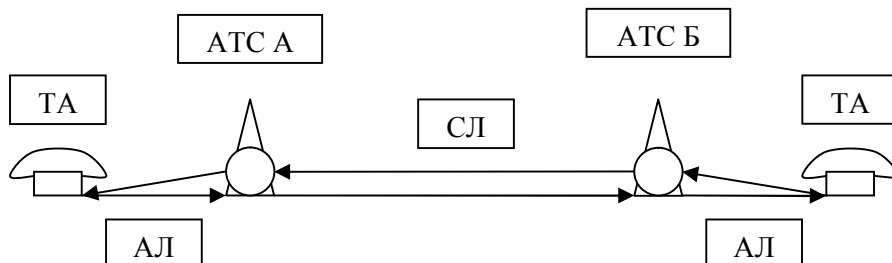


Рис. 2

АТС – автоматизированная телефонная связь;

ТА – телефонный аппарат;

СЛ – соединительная линия связи;

АЛ – абонентская линия;

На рисунке 2, показана структурная схема телефонной связи, по которому мы видим, что сеть телефонной связи состоит из абонентских устройств - телефонных аппаратов (ТА), коммутационного оборудования – автоматизированной телефонной станции (АТС) и кабельного оборудования – абонентская линия (АЛ) соединяющая телефонный аппарат (ТА) с автоматизированной телефонной станцией (АТС) и соединительные линии (СЛ) связывающие автоматизированные телефонные станции между собой АТС с АТС.

Автоматизированная телефонная станция (АТС) – это комплекс высоко технологического коммутационного оборудования, отвечающая за соединение с абонентами, АТС; питание микрофонов ТА; создание зуммеров ответа станции, контроль посылки вызова и отбоя.

Телефонный аппарат (ТА) является абонентским устройством (терминалом), с помощью которой абонент может пользоваться услугами телефонной электросвязью. Телефонный аппарат состоит из двух схем: первая – вызывная схема, а вторая разговорная. Разговорная схема, преобразует речь в электрический сигнал в режиме передачи и отправляет его по абонентской линии на автоматизированную телефонную станцию (АТС А). В свою очередь АТС А соединяется с АТС Б и передает электрический сигнал несущую информацию по второй абонентской линии к телефонному аппарату получателя. Где за счет микрофонного капсуля, электрический сигнал преобразуется в акустический сигнал, т.е. в речь

3. 2. Принципы передачи информации с помощью электроэнергии



С источника И1 сигнал поступает в преобразователь Пр1, где преобразуется в электрический сигнал и передаётся на линию передач, затем поступает на преобразователь Пр2, где преобразуется в исходный сигнал, который получает получатель П2.

3. 3. Структурная схема телефонной передачи.

Структурная схема телефонной передачи.



Рис. 3

- 1 – источник сообщений;
- 2,6 – преобразователи;
- 3 – модулятор;
- 4 – среда распространения;
- 5 – демодулятор;
- 7 – получатель сообщений;

Более подробно принцип передачи информации по телефонным сетям связи, мы можем рассмотреть на рисунке 3.

Источник информации (сообщения) - 1, который формирует информацию в виде речи. Им может быть человек либо воспроизводимая аудиозапись. Речь в первоначальном виде, в виде акустических колебаний, мы не можем передавать по линии электросвязи. Нам необходимо преобразовать, его в форму электрического сигнала. И в этом нам поможет микрофон - 2, который преобразует речь в электрический сигнал. Далее по схеме под пунктом 3 –находится модулятор. Модулятор – это устройство предназначенная для процедуры модуляции. **Модуляция** – это наложение низкочастотного сигнала на

высокочастотный сигнал, для получения высокочастотного модулированного сигнала несущую информацию. Это процедура необходима для того, чтобы в полном объеме получить наш исходный электрический сигнал на приемном конце, или проще говоря, чтобы сигнал не затух в линии связи. Вот теперь наш модулированный электрический сигнал высокой частоты может передаваться по линии электросвязи, т.е. по среде распространения. Среда распространения представляется в двух формах: открытой и направленной среды распространения. Под понятие открытой среды распространения понимается воздушное пространство. А под направленной средой распространения, понимаются все возможные кабели электросвязи (симметричные и коаксиальные кабели, световоды и волноводы). На приемном конце происходит обратный процесс.

Тема №4. Звук и звуковое поле.

Звук – это волнообразно распространяющиеся колебания частиц упругой среды. Под звуком понимают также ощущение, вызываемое действием звуковых волн на органы слуха. Звук может распространяться в твердых, жидких и газообразных телах. Наибольшую скорость распространения звука имеют твердые, наименьшие – газообразные тела. Так, в сухом воздухе звук распространяется со средней скоростью 330 м/с, в воде – 1200 м/с, в металлах – 2500 – 3000 м/с.

Источниками звука могут быть различные колеблющиеся тела, например струны музыкальных инструментов, голосовые связки человека. Установлено, что в человеческие голоса содержат колебания в пределах от 70 до 13000 Гц.

Бас	80 – 340 Гц
Баритон.....	110 – 440 Гц
Тенор.....	130 – 520 Гц
Контральто	200 – 780 Гц
Сопрано	250 – 1050 Гц

Человек с нормальным слухом различает звук в полосе частот от 16 до 22 000 Гц. С возрастом чувствительность слуха снижается до 15 000 – 18 000 Гц.

Многочисленные проверки подтвердили вывод о том, что для передачи звуков речи необходим спектр частот от 300 – 3400 Гц, который обеспечивает хорошую разборчивость. В СНГ и многих государствах Западной Европы за среднюю разговорную частоту принята расчетная частота 800 Гц, а в США и Англии – 1000 Гц.

Контрольные вопросы:

1. Что такое АТС?
2. Что такое ТА?
3. Что может являться источником информации?
4. Назначение модулятора?

Тема № 5. Электроакустические преобразователи.

5. 1. Электроакустические преобразователи.

ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ преобразуют электрическую энергию в акустическую (энергию упругих колебаний) и обратно. Используются для приема и излучения звука. Наиболее распространены угольные, электродинамические (громкоговорители, микрофоны), пьезоэлектрические и магнитострикционные электроакустические преобразователи. Далее рассмотрим принцип действия угольного микрофона.

5. 2. Угольный микрофон.

В аппаратуре связи наиболее часто применяют угольный микрофон выполненные в виде капсулы диаметром 51,5 мм, с контактами для подключения к схеме (рис. 4)

Угольный микрофон и включение его в электрическую цепь.

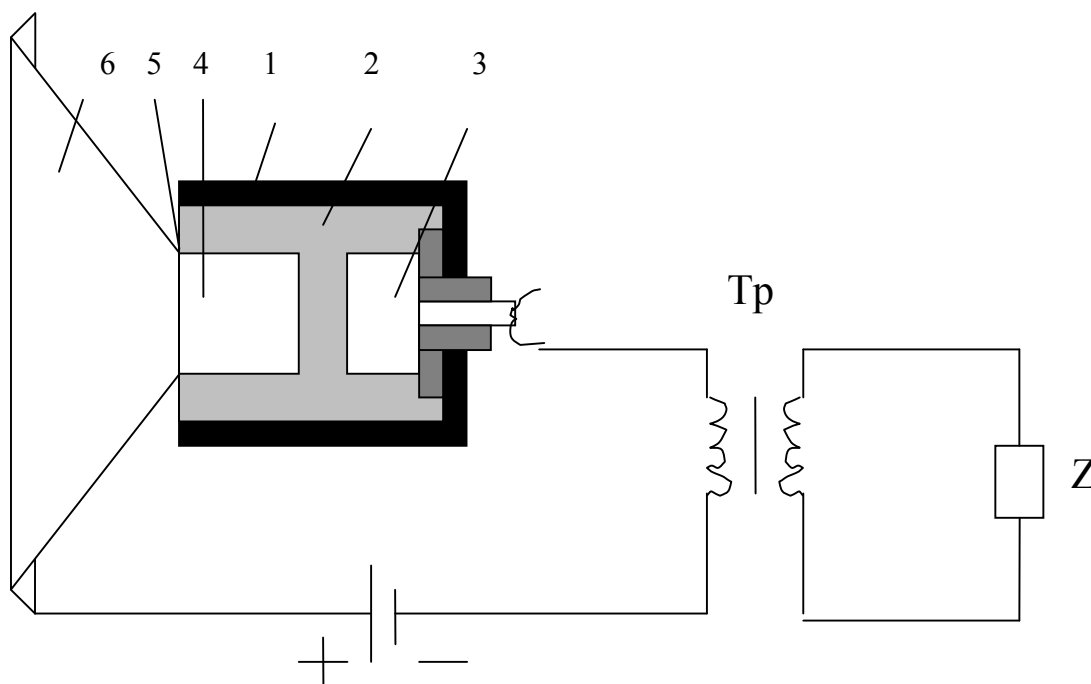


Рис. 4

- 1 – корпус телефонной ячейки,
- 2 – угольный порошок,
- 3 и 4 – неподвижный и подвижный электроды,
- 5 – полистирольное кольцо,
- 6 – мембрана.

Принцип действия угольного микрофона основан на изменении сопротивления угольного порошка под действием звуковых колебаний мембраны, вызывающих уплотнение и разрыхление. При отсутствии звуковых колебаний мембрана микрофона находится в состоянии покоя и в его цепи под действием напряжения U проходит постоянный ток микрофона I_0 . При разговоре перед мембраной микрофона образуется звуковое поле, переменное давление которого действует на нее. При увеличении давления мембрана прогибается в сторону угольного порошка, сжимает его, в результате чего уменьшается сопротивление и возрастает ток в цепи микрофона. При уменьшении давления на мембрану происходит разрыхление угольного порошка, увеличивается сопротивление микрофона и уменьшается ток в его цепи.

Таким образом, вследствие колебаний мембраны микрофона через первичную обмотку трансформатора происходит изменяющийся по значению и постоянный по направлению ток, который называют *пульсирующим*. Переменная составляющая этого тока наводит во вторичной обмотке трансформатора переменную электродвижущую силу (ЭДС) звуковой частоты, при которой в цепи нагрузочного сопротивления Z появляется ток. Угольный микрофон может преобразовывать звуковые колебания в электрические только при условии питания его от источника постоянного ЭДС. Анализ преобразования звуковых колебаний в электрические показывает, что угольный микрофон работает и как усилитель. За счет энергии питающей батареи коэффициент усиления достигает нескольких сотен. Угольные микрофоны отличаются простотой конструкции и широко используются в аппаратуре электросвязи общего назначения.

5. 3. Электромагнитный телефон.

Для современной аппаратуры электросвязи электромагнитные, электродинамические и пьезоэлектрические телефоны изготавливают в виде капсулей с контактами для подключения к схеме.

Принцип действия электромагнитного телефона (рис. 5, а) основан на взаимодействии двух магнитных потоков Φ_0 , Φ_{\sim} , соответственно создаваемых постоянным магнитом 1 и сердечником 3 электромагнита при прохождении по его обмоткам 2 переменного тока. В результате этого изменяется сила, притягивающая мембрану 4 к электромагниту.

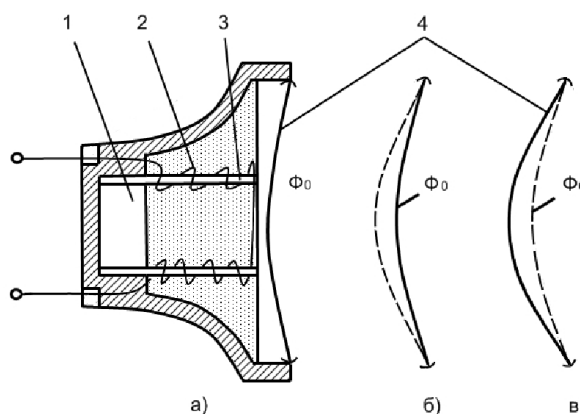


Рис. 5.

Во время положительной полуволны напряжения ток в обмотке имеет положительное направление. При этом магнитные потоки и силы их взаимодействия на мембрану складываются, а следовательно, усиливаются и мембрана получает большой прогиб головой (рис. 5, б) по сравнению с состоянием покоя, когда она притягивается только постоянным магнитом. Во время отрицательной полуволны, ток в обмотке имеет отрицательное направление. При этом магнитные потоки и их силы взаимодействия на мембрану вычитаются, т.е. ослабевают, и мембрана получает меньший прогиб (рис. 5, в). Частота колебаний (прогиба) мембрана соответствует частотам звуковых колебаний (речи). Необходимость постоянного магнита объясняется следующим. Допустим, что постоянный магнит отсутствует. В этом случае мембрана будет притягиваться дважды за период, а в результате частота колебаний будет два раза больше частоты переменного тока. Соответствие частот колебаний мембраны и тока будет нарушено, и речь исказится.

Контрольные вопросы:

1. Назначение электроакустических преобразователей?
2. Что чего предназначена мембрана в микрофоне?
3. Назначение микрофона?
4. Назначение электромагнитного телефона?

Лекция № 4.

Тема № 6. Включение разговорных приборов.

Передача звуков речи по воздуху на расстояние ограничена довольно быстрым затуханием звуковых волн. Звуковая сигнализация в воздухе, при благоприятных условиях с применением акустических аппаратов возможно при расстоянии, не превышающее 10 км. С помощью электрических сигналов телефонная связь обеспечивает передачу речи практически на неограниченное расстояние. Для организации телефонной передачи (рис. 6) необходимо иметь преобразователь звуковых колебаний в электрические – **микрофон** и электрические в звуковые – **телефон**, источник электрической энергии – **батарею** и соединяющие проводники – **электрические цепи**.

Преобразователь передачи – микрофон – изменяет сопротивление в зависимости от звукового давления. Во время разговора в цепи возникает пульсирующий ток, постоянный по направлению и изменяющийся по значению в соответствии со звуковыми колебаниями. Постоянная составляющая пульсирующего тока – это ток питания микрофона, а переменная – разговорный ток, имеющий частоту от 300 до 3400 Гц.

Преобразователь приема – телефон – воспринимает электрические колебания и преобразует их в звуковые. От значения разговорного тока зависит степень намагничивания сердечника электромагнита телефона, что вызывает колебания мембраны с определенной амплитудой и частотой, зависящей от частоты разговорного тока. Таким образом, мембрана колеблется в так изменению разговорного тока и возникает звук, соответствующей колебаниям звукового давления и мембраны микрофона.

Простейшая схема телефонной связи.

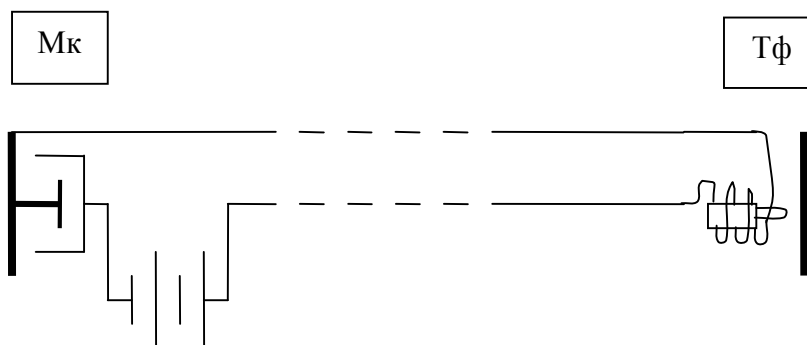


Рис. 6.

При такой схеме возможна односторонняя связь. Чтобы обеспечить телефонный разговор, необходимо двусторонняя связь (рис. 7). Включение телефонов ТФ1 и ТФ2

увеличивает общее сопротивление цепи и снижает ток питания микрофонов МК1 и МК2. Постоянный ток, проходящий по обмоткам телефонов, несколько ухудшает воспроизведение звуковых колебаний.

Схема двусторонней телефонной связи

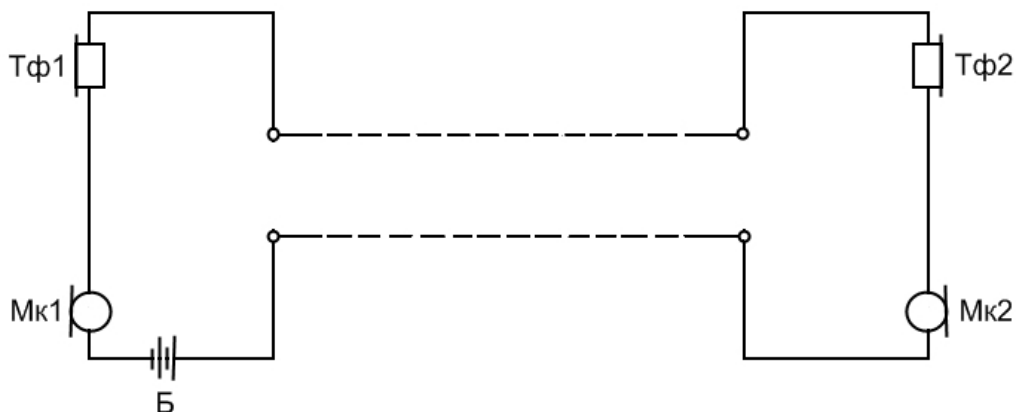


Рис. 7.

В более совершенной схеме двусторонней связи (рис. 8) для питания микрофонов в каждом пункте устанавливают местные батареи МБ1 и МБ2, а также два трансформатора: Тр1 и Тр2. С помощью трансформаторов в системе связи с местной батареей разговорный ток выделяется на вторичной обмотке из пульсирующего, протекающего в первичной. Схему можно применять для организации прямой постоянной связи двух аппаратов.

Схема телефонной связи с местными батареями.

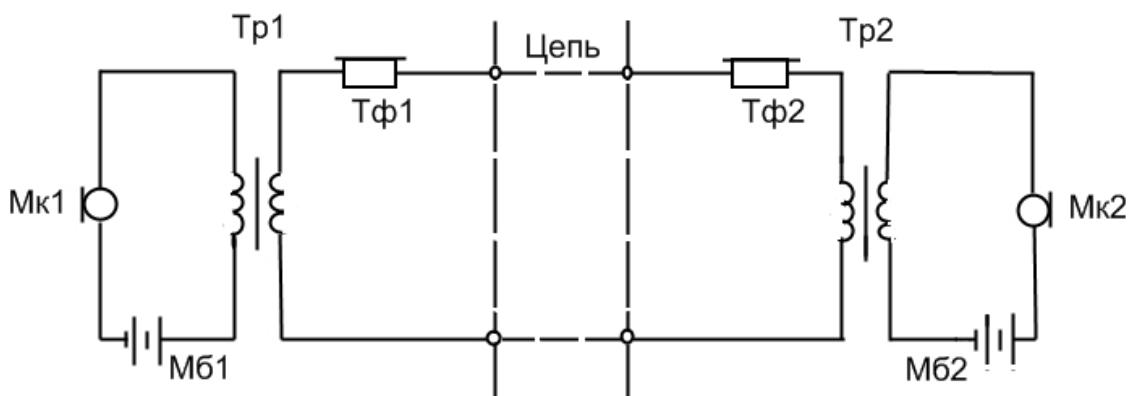


Рис. 8.

При постоянном соединении двух телефонных аппаратов отсутствует возможность выбора абонента. Для расширения возможностей телефонной связи с целью выбора необходимого абонента и ведения разговора служит телефонная станция. На станции

осуществляют соединение двух абонентских аппаратов по выбору на период разговора – коммутацию. Коммутацию осуществляют с помощью так называемых шнуровых пар. На рисунке 9 показаны две шнуровые пары телефонной станции, соединяющей абонентские аппараты 1 - 5 и 3 - 7.

Схема коммутации на телефонной станции: 1 – 7 абонентские телефонные аппараты.

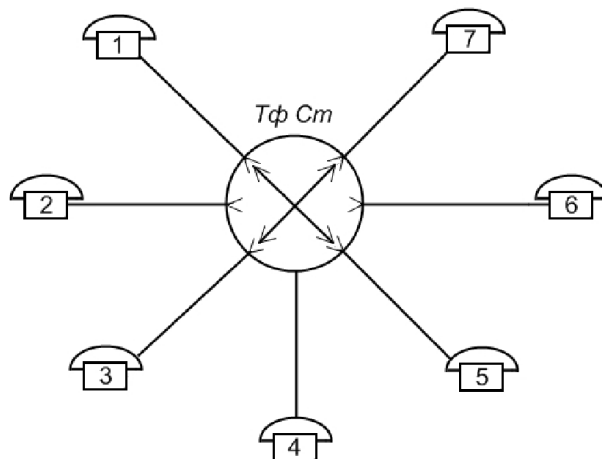
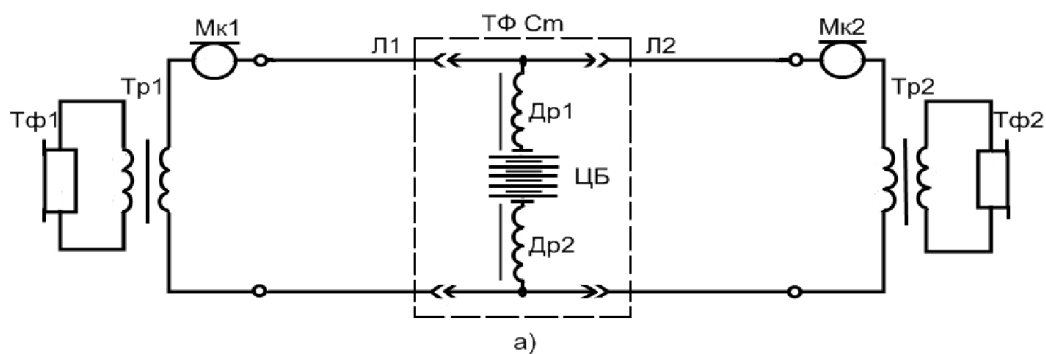


Рис. 9.

Телефонные станции позволяют отказаться от системы МБ и создать систему питания микрофонов всех аппаратов от одной центральной станционной батареи ЦБ. Схемы телефонной связи с ЦБ показаны на рисунке 10, а, б.

Схема телефонной связи с ЦБ, включенной в одинарный (а) и двойной (б) мосты питания.



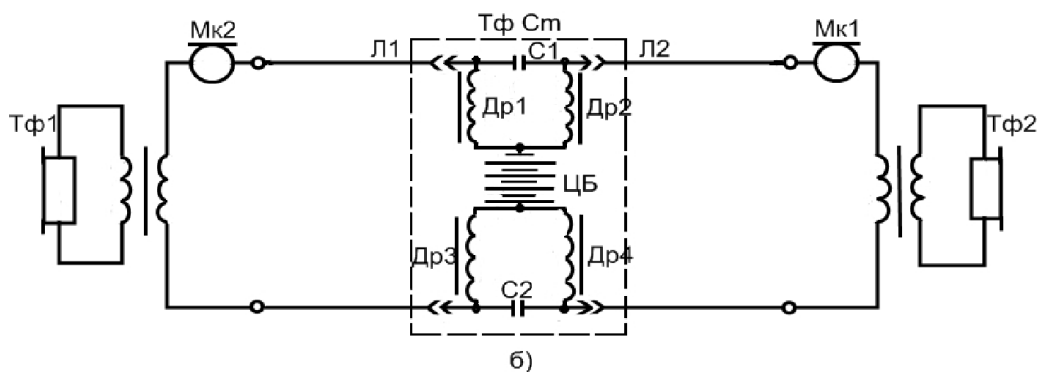


Рис. 10.

Последовательно со станционной батареей ЦБ включают дроссели Др, которые оказывают большое сопротивление переменному току и малое постоянному и как бы являются развязкой переменного разговорного тока и постоянного тока питания микрофона. Станционная батарея может быть включена в одинарный или в двойной мост питания. В качестве дросселей используются обмотки реле, а конденсаторы С1 и С2 в двойном мосте обеспечивает независимость цепей питания каждого микрофона.

Качество телефонной передачи зависит от многих факторов, и его оценка может быть выполнена по разным показателям. Так, передачу принято характеризовать по разборчивости, громкости и естественности речи.

Разборчивость – это отношение числа правильно принятых элементов речи (звуков, слогов, слов, фраз) к общему числу переданных.

Громкость передачи оценивают, сравнивая испытываемые тракт с эталонным. Изменяя затухание, добиваются одинаковой громкости на выходе двух сравниваемых трактов. Значение введенного при этом затухания называют *эквивалентом затухания по громкости*.

Качество телефонной передачи по естественности может быть оценено психофизическим методом, смысл которого состоит в выборе слушающими из двух передач лучшей по естественности. Результат оценки получают статической обработкой определенного количества таких парных сравнений.

Контрольные вопросы:

1. Что означает местная батарея?
2. Для чего служат АТС?
3. Какими способами можно подать питание на микрофон?
4. От каких показателей зависит качество телефонной передачи?

Лекция №5.

Тема № 7. Устройство узлов телефонного аппарата.

7. 1. Устройство узлов телефонного аппарата.

Основное назначение телефонного аппарата (ТА) любой системы и схемы построения остается неизменным с момента его изобретения - преобразование звука в электрический сигнал и передачи его по линии (каналу) связи до нужного абонента и обратного преобразования в звуковой сигнал. Кроме того, ТА должен обеспечить функции приема вызова, занятия линии, набора номера и отбоя, т.е. обеспечить протокол взаимодействия с телефонной сетью.

Рассмотрим устройство типового телефонного аппарата предназначенного для работы в проводных телефонных сетях.

Телефонный аппарат, предназначенный для работы в проводных телефонных сетях, состоит из следующих компонентов:

- микрофон и телефон, объединенные в микротелефонную трубку;
- вызывное устройство;
- трансформатор;
- разделительный конденсатор;
- номеронабиратель;
- рычажный переключатель.

Микрофон предназначен для преобразования звуковых колебаний речи в электрический сигнал звуковой частоты. Микрофоны бывают угольными, конденсаторными, электродинамическими, электромагнитными, пьезоэлектрическими. Все микрофоны делятся на две категории: активные и пассивные. Активные микрофоны непосредственно преобразуют звуковые колебания в электрические. В пассивных микрофонах под воздействием звуковых колебаний изменяется какой-либо параметр преобразующего элемента (емкости или сопротивления). Для работы такого микрофона обязательно используется дополнительный источник питания. В телефонных аппаратах массового применения используются угольные микрофоны, в которых под действием звуковых волн изменяется электрическое сопротивление угольного порошка, находящегося под мембраной. Широкое применение нашли микрофонные капсулы типов МК-10, МК-16. Они обладают довольно высокой чувствительностью. В последнее время в телефонные аппараты производители стали устанавливать конденсаторные микрофоны типа МКЭ-3, КМ-4, и др.

Телефон предназначен для преобразования электрических сигналов в звуковые колебания и рассчитан для работы на ухо человека. По конструкции телефоны бывают:

электромагнитные, электродинамические и пьезоэлектрические. В телефонных аппаратах наибольшее распространение получили электромагнитные телефоны. В этих телефонах катушки закреплены неподвижно и под действием протекающего в катушках тока, возникающее переменное магнитное поле приводит в движение подвижную мембрану, которая и излучает звуковые колебания. В современных телефонных аппаратах широкое применение нашли телефонные капсулы ТК-67, в аппаратах устаревших конструкций применялись капсулы ТК-47 и ТА-4. Ширина полосы рабочих частот для микрофонов и телефонов, применяемых в телефонных аппаратах, составляет примерно 300...3500 Гц. Конструктивно микрофон и телефон объединены в единое устройство - микротелефонную трубку.

Вызывное устройство предназначено для преобразования вызывного сигнала переменного тока в звуковой сигнал. В телефонных аппаратах применяются электромагнитные и электронные вызывные устройства. Электромагнитные вызывные устройства представляют собой одно- или двухкатушечный звонок. Электрический ток частотой 16...50 Гц, протекающий в катушках, создает переменное магнитное поле, которое приводит в движение якорь с бойком, ударяющим по металлическим чашкам звонка. Таким образом создается звуковой сигнал вызывного устройства. Обычно в телефонных звонках используют постоянные магниты, создающие определенную полярность магнитопровода, поэтому такие звонки называют поляризованными. Сопротивление обмоток звонка постоянному току составляет 1,5...3 кОм, рабочее напряжение 30...50 В. Электронное вызывное устройство преобразует вызывной электрический сигнал в звуковой. Обычно такие устройства выполняются на основе электронных схем (микросхем, транзисторов и т.д.). В качестве звукового излучателя используют телефон или пьезоэлектрический вызывной прибор ВП-1. У этих устройств вызывной сигнал представляет собой сложную мелодию, программируемую пользователем.

Трансформатор телефонного аппарата предназначен для согласования элементов разговорной части с входным сопротивлением телефонной линии. Он, также позволяет устранить так называемый местный эффект. Трансформаторы изготавливают с отдельными обмотками или в виде автотрансформаторов.

Разделительный конденсатор предназначен для разделения цепей постоянного и переменного тока при подключении вызывного устройства к телефонной линии. Для постоянного тока конденсатор эквивалентный бесконечно большому сопротивлению, а для переменного-бесконечно малое (практически "0"). В телефонных аппаратах применяются разделительные конденсаторы типов МБМ, К73 емкостью $C=0,25...1$ мкф и на номинальное напряжение $U_{ном}=160...250$ В.

Номеронабиратель предназначен для формирования номера вызываемого абонента и передачи импульсов набора номера в телефонную линию для установления требуемого соединения. Благодаря импульсным сигналам происходит периодическое замыкание и размыкание телефонной линии. В современных телефонных аппаратах применяются механические и электронные номеронабиратели. У дискового механического номеронабирателя диск с десятью, пронумерованными от 0 до 9, отверстиями. При вращении диска по часовой стрелке натягивается пружина механизма номеронабирателя и при отпускании возвращает диск в исходное положение. При этом происходит периодическое размыкание контактов, коммутирующих телефонную линию. Необходимая скорость и равномерность вращения диска достигаются наличием центробежного регулятора или фрикционного механизма. Формирование импульсов при свободном движении диска обеспечивает их стабильную частоту и необходимый интервал между импульсными послылками, соответствующими двум соседним цифрам набираемого номера. Необходимый интервал обеспечивается тем, что число размыканий контактов всегда выбирается на одно-два больше, чем требуется подать импульсов в линию. Этим обеспечивается гарантированная пауза между пачками импульсов (0,2...0,8 с). Лишние импульсы в линию не попадут, т.к. в это время импульсные контакты шунтируются одной из групп контактов номеронабирателя. Есть также контакты, которые замыкают телефон при наборе номера, чтобы исключить неприятные щелчки. Частота импульсов, формируемых номеронабирателем, должна составлять (10 ± 1) имп./с. Число проводов, соединяющих номеронабиратель с другими элементами телефонного аппарата, может быть от 3 до 5. Электронные номеронабиратели, которые устанавливаются в современных телефонных аппаратах, выполнены на интегральных микросхемах и транзисторах. Набор номера выполняется нажатием кнопок клавиатуры — так называемой тастатуры. Тастатурные номеронабиратели предоставляют пользователям различные удобства, экономящие время: запоминание последнего набранного номера, возможность запоминания нескольких десятков номеров и др. Питание электронных номеронабирателей осуществляется как от телефонной линии, так и от сети напряжением 220 В через блок питания.

Рычажный переключатель предназначен для подключения к абонентской линии вызывного устройства телефонного аппарата в нерабочем состоянии (микротелефонная трубка лежит) и разговорных цепей или номеронабирателя в рабочем состоянии (трубка снята). Рычажный переключатель представляет собой группы из нескольких переключающих контактов, срабатывающих при снятии телефонной трубки.

Это основные функциональные узлы телефонного аппарата без которых его просто нельзя называть телефоном. Кроме этого в состав телефонного аппарата входят также резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, образующие разговорную цепь аппарата.

7. 2. Типы номеронабирателей.

1. Импульсный электронный набор.

Импульсная система набора использует прерывания тока линии для сообщения на АТС цифр набираемого телефонного номера. Число прерываний тока линии соответствует набранной цифре. Исключение составляет цифра "0", которой соответствует 10 прерываний. Частота следования прерываний в цифре обычно составляет 10 Гц. В некоторых странах применяется и большая частота следования прерываний (16 Гц в Колумбии и 20 Гц в Японии). Цифры разделены временем, необходимым для возвращения в исходное состояние и затем в рабочее положение. Это время называется межцифровой паузой. Отношение времени прерывания тока линии и времени внутрицифровой паузы составляет 3:2 (60 мс и 40 мс) или 2:1 (67 мс и 33 мс) при периоде 100 мс (10 Гц).

2. Электронные импульсные номеронабиратели

Кнопочные электронные импульсные номеронабиратели развивались для обслуживания абонентов, подключенных к АТС старого поколения. Эти АТС имеют лишь импульсную систему набора. Широкое распространение такой системы набора способствовало созданию ТА и с импульсной, и с частотной системой набора.

Импульсные номеронабиратели преобразуют сигналы нажатия клавиш в последовательность двоичных кодов. Коды управляют электронным коммутатором линии (реле или транзистором) и блокирующим переключателем разговорного тракта. Система электронного набора по вырабатываемым сигналам подобна дисковому номеронабирателю. Но в электронной системе требуется буфер памяти, т.к. кнопки на клавиатуре могут нажиматься гораздо быстрее, чем цифры могут уходить в набор. Этот буфер легко может быть приспособлен для работы в режиме "повтор последнего набранного номера" ("Redial"). Он позволяет перенабрать последний набравшийся номер нажатием одной клавиши (обычно "R" или "#"). Эту функцию имеют большинство импульсных номеронабирателей. Ошибка работы импульсного номеронабирателя колеблется в пределах $\pm 10\%$. Некоторые типы импульсных номеронабирателей имеют стабильные точные кварцы или керамические резонаторы.

Выходные сигналы логики электронных импульсных номеронабирателей имеют "стандартизированные" имена:

- DP - цифровой импульсный сигнал, управляющий токовым прерывателем линии;

- M1 - сигнал "Mule" (блокировка). Вырабатывается, когда разговорный тракт должен быть заблокирован. Активен во время набора номера, включая междифровые паузы;
- M2 - цифровой блокирующий сигнал. В отличие от сигнала M1 этот сигнал активен только во время нажатий и формирования импульсов. Неактивен во время междифровых пауз;
- M3 - логические комбинации сигналов M1 и DP . Необходим для работы параллельных систем.

Способы включения импульсного номеронабирателя

Существуют два принципиально различных способа включения импульсного номеронабирателя в телефонном аппарате: параллельный и последовательный.

В последовательных импульсных системах прерыватель соединен последовательно с разговорным трактом. Прерыватель управляется DP сигналом, т.к. разговорный тракт должен быть заблокирован или короткозамкнут сигналом M1.

В последовательных системах набора легче сконструировать интерфейс (питающие и логические сигналы) между разговорным и наборным трактами.

Преимущества последовательных систем:

- необходим только один линейный интерфейс;
- небольшое число внешних компонентов;
- отсутствует блокировка от пощелкиваний, т.к. разговорный тракт остается включенным;
- облегчен доступ к дополнительным возможностям набора.

В параллельных импульсных системах прерыватель открыт. Когда ТА переводится в режим набора, разговорный тракт отсоединяется сигналом M1. При этом ток проходит наборный тракт (M3). После набора (M3) ключ прерывателя открывается. Разговорный тракт снова подключается к линии.

Система частотного (тонального) набора

В 1970 году была изобретена новая система набора номера. Цель ее создания - сделать процесс набора более надежным и ускорить его. В этой системе цифры передаются двумя частотами (тонами) одновременно. Ей дано название DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency). Удобно ее называть системой частотного (тонального) набора.

Тональные частоты выбраны таким образом, чтобы избежать гармонических помех от речевых сигналов. В системе DTMF применено восемь частот: четыре в нижней частотной группе (697...941 Гц) и четыре в верхней (1209...1633Гц). Правильная цифра

определяется одним тоном из верхней частотной группы и одним - из нижней. Всего существует 16 возможных комбинаций. Чаще всего используются только цифры 0; 1...9. В некоторых системах задействуются еще кнопки "*" и "#" или даже все 16 комбинаций для специальных функций.

Максимальная скорость набора номера в системе частотного набора составляет 7 цифр в секунду. Для сравнения в импульсной системе набора скорость составляет 0,8 цифры в секунду (при частоте 10 Гц). Преимущество системы DTMF по скорости набора почти десятикратное!

Кроме функции набора номера, система частотного набора позволяет осуществлять низкоскоростную передачу данных. Можно осуществлять банковские операции из дома, проверять кредитные карточки, дистанционно управлять операциями. Возможно проведение обменных операций.

Генерирование тоновых сигналов

Для генерирования тонов частотного набора используются два перестраиваемых генератора. Один из них для нижней частотной группы (697...941 Гц), другой для верхней частотной (1209...1633 Гц) группы. Требования к стабильности генерируемых частот очень жесткие (обычно $\pm 1,5\%$ от диапазона), поэтому первые LC-генераторы содержали тяжелую дорогостоящую катушку.

В 1974 году появилась IC технология. На рынок выпустили полупроводниковые генераторы и два синтезатора. Они генерировали DTMF тона высокого для того времени качества. Генератор давал стабильную частоту 3 579 545 Гц, которая преобразовывалась в DTMF частоты с небольшой погрешностью. Во многих странах также стали использовать дешевые 3,58 МГц керамические резонаторы.

Контрольные вопросы:

1. Какие устройства входят в состав телефонного аппарата?
2. Для чего служит рычажный переключатель?
3. Какими типами номеронабирателей Вам известны?

Лекция № 6.

Тема № 8. Принципиальная схема аппарата ТА-72

Схема телефонного аппарата ТА - 72

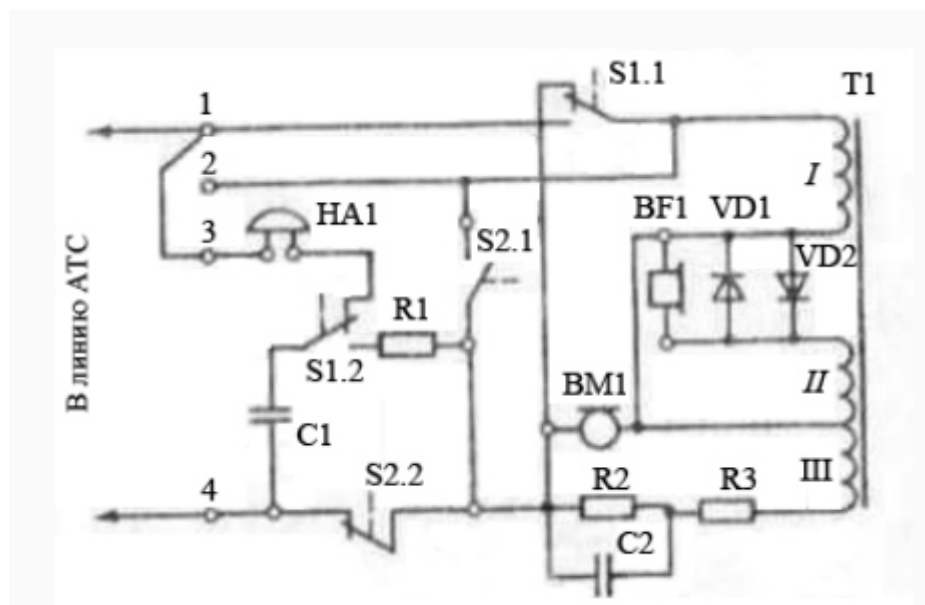


Рис. 11.

Рассмотрим схему телефонного аппарата ТА-72М-5 (рис. 11), предназначенного для работы с городскими АТС. Его коммутационно-вызывную часть образуют рычажный переключатель S1, звонок HA1, разделительный конденсатор C1 и номеронабиратель S2. Разговорная часть телефонного аппарата состоит из телефона BF1, микрофона BM 1, трансформатора Т 1, балансного контура (конденсаторы C1 и C2, резисторы R1—R3) и ограничительных диодов VD1, VD2. Разговорная часть выполнена по противоместной схеме мостового типа.

На Рис.11 показано исходное состояние телефонного аппарата: телефонная трубка лежит на аппарате, разговорная часть отключена, а вызывная часть постоянно подключена к абонентской линии по последовательной цепи – контакт 1, контакт 3, звонок HA1, рычажной переключатель S1, конденсатор C1, контакт 4. При появлении вызывного напряжения на контактах 1 и 4 телефонного аппарата срабатывает звонок вызывного устройства. Абонент снимает трубку, при этом контакты S1.1 и S1.2 переключаются в противоположное положение, отключая вызывную устройство и подключая к линии разговорное устройство. Сопротивление постоянному току между контактами 1 и 4 изменяется от очень большого (сотни килоом) до относительно малого (сотни ом), это фиксируется приборами телефонной станции, и они переключаются в разговорный режим. При наборе номера, во время прямого и обратного вращения диска, контакты S2.1 номеронабирателя находятся в замкнутом состоянии, что шунтирует разговорную цепь и

исключает прослушивание щелчков в телефоне. При обратном вращении диска номеронабирателя контакты S2.2 разрывают линейную цепь, а на телефонной станции по числу таких размыканий фиксируется номер вызываемого абонента. Диоды VD1 и VD2 ограничивают выбросы напряжения на обмотках телефона и исключают резкие звуки, неприятные на слух.

Контрольные вопросы:

1. Какие устройства входят в состав телефонного аппарата?
2. Из каких схем состоит телефонный аппарат?

Лекция № 7.

Тема № 9. Построение телефонных сетей.

9. 1. Архитектура Электросвязи

Электросвязь представляет собой совокупность сетей и служб связи. Современные средства электросвязи – это сложный комплекс организации с технической аппаратурой связи. Этот комплекс называется единой автоматизированной сетью связи (ЕАСС) в основе ЕАСС состоят первичные сети на базе которых формируются II –е сети для передачи различной информации. ЕАСС предполагает объединение многочисленных мелких сетей в общегосударственные сети каждого вида электросвязи, затем объединения общегосударственных сетей в единую сеть с целью совместного использования определённых технических средств (системы передачи, коммутации).

В состав I–й сети входят технические средства электросвязи линии передач:

1. Местные I–е сети формируются на базе ГТС и СТС (городская телефонная сеть, сельская телефонная сеть). Соединяя райцентр с посёлками.
2. Внутризоновые I–е сети объединяют местные I–е сети с другими местными сетями. Соединяя райцентры с областными сетями. Как правило внутризоновые I–е сети ограничены территорией одной области. Структура внутризоновой сети строится по радиально – узловому принципу.
3. Магистральные I–е сети соединяют областные сети, объединяя внутризоновые I–е сети в единую I–ю сеть ЕАСС.

В состав внутризоновой, магистральной местной I–й сети входят в сетевые станции (СС), сетевые узлы (СУ) и линии передач (ЛП).

1. Магистральные – сетевые узлы первого класса (ТСУ–1, СУП–1, СУВ–1);
2. Внутризоновые – сетевые узлы второго класса (ТСУ–2, СУП–2, СУВ–2);
3. Местные – сетевые узлы третьего класса (ТСУ–3, СУП–3, СУВ–3).

ТСУ – территориальный сетевой узел;

СУП – сетевой узел с переключением;

СУВ – сетевой узел с выделением.

Вторичные сети ЕАСС – формируются на базе типовых каналов и трактах II–й сети структура и протяжённость II–х сетей определяется структурой и протяжённостью I–х сетей. В зависимости от вида передаваемой информации II–е сети подразделяются:

- Территориальные;
- Телеграфные;
- Передача данных;
- Передача газет;

➤ Факсимильные.

ОАКТС – общегосударственная коммутируемая телефонная сеть предназначена для обеспечения автоматической телефонной связью абонентов находящихся в разных городах страны.

II-е сети подразделяются на:

- Местные сети II-й сети;
- Внутрizonовые сети II-й сети;
- Магистральные сети II-й сети.

Часть сети ограниченное территорией сельского района или города называется местной.

Часть сети охватывающая собой каналов разных местных сетей внутри одной зоны образует внутрizonовую II-ю сеть.

Часть сети соединяющая между собой разные зоновые сети на всей территории государства образуют магистральную II-ю сеть.

Схема взаимодействия I-х и II-х сетей.

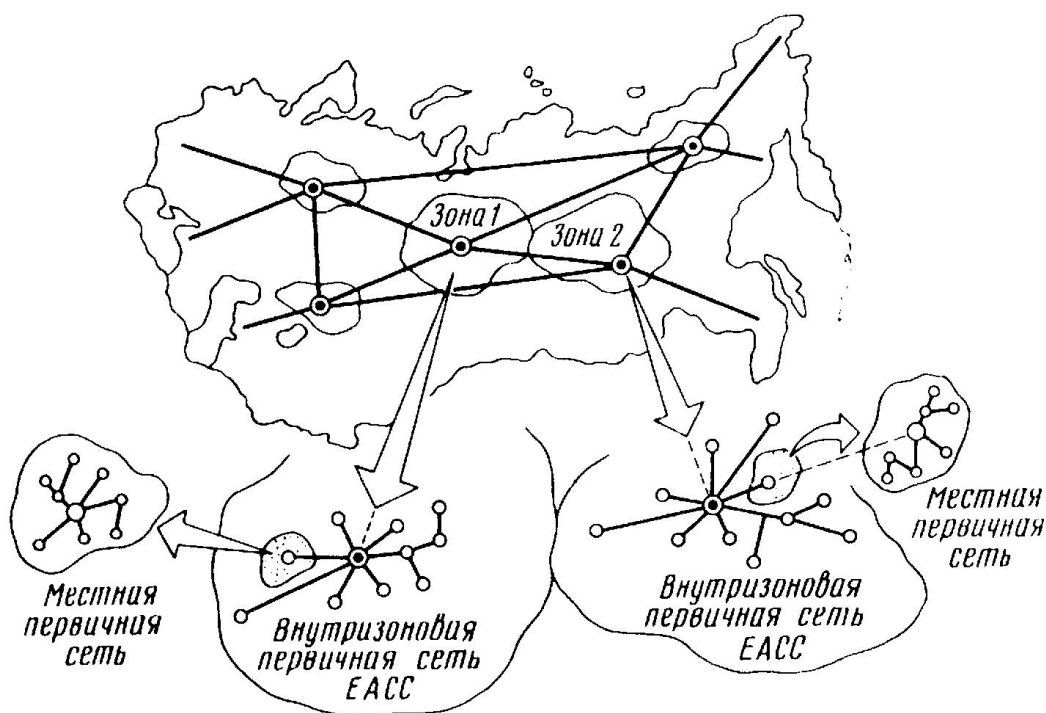


Рис. 12.

Контрольные вопросы:

1. Что означает ЕАСС?
2. Что входит в состав первичных сетей?
3. Что входит в состав вторичных сетей и от чего зависят?

Лекция № 8.

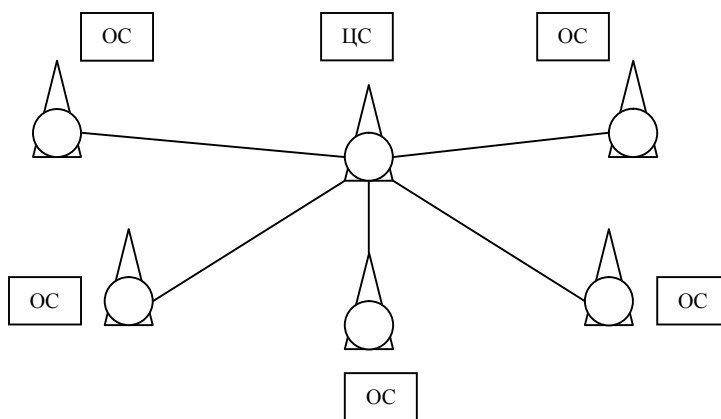
9. 2. Построение СТС. Построение МТС.

Телефонные сети бывают:

1. Магистральные;
2. Внутрizonовые;
3. Местные.

Местная телефонная сеть

1-я схема: Радиальный способ построения СТС.



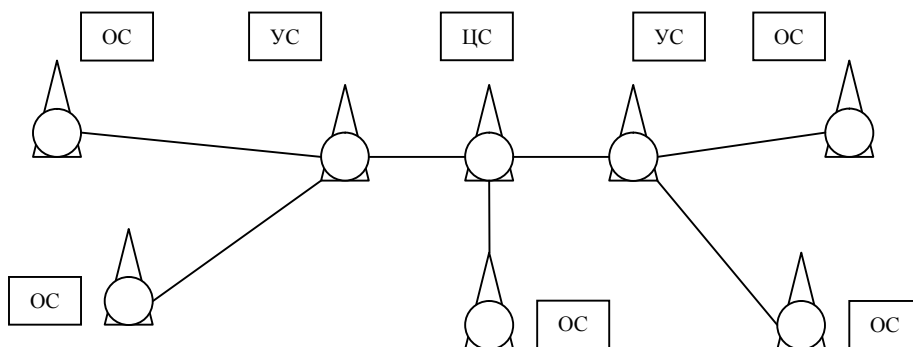
ЦС – центральная станция;

ОС – оконечная станция;

Достоинства: экономичная, лучшее соединение, быстродействие.

Недостатки: недостаточное количество резервных путей, загружаемость каналов связи.

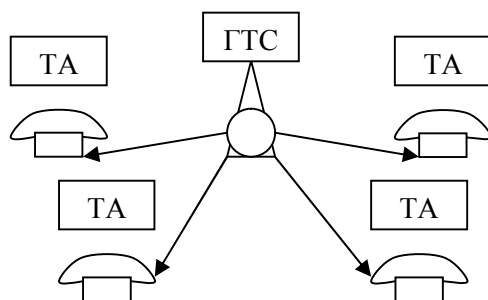
2-я схема: Радиально – узловой способ построения СТС.



Достоинства: меньшее загруженность ЦС, наименьшее количество связи, т.к. протяжённость линии увеличена и имеет большое количество переходов от АТС1 до АТС2.

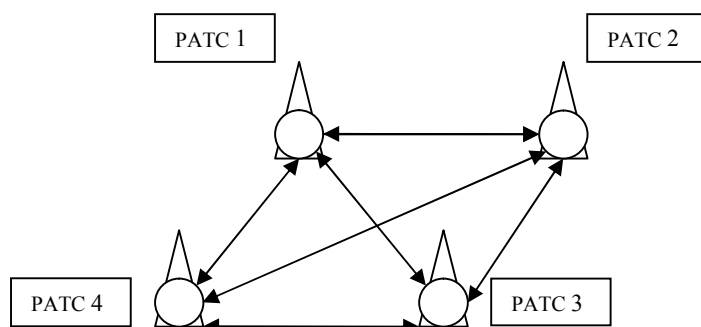
9. 3. Построение ГТС

Нерайонированная



1-я схема используется только одна станция.

Районированная построенная по принципу «каждая с каждым».



2-я схема: построенная по принципу «каждая с каждым». Обычно, городская сеть электросвязи построена в соответствии с территориальным расположением районов в городе. Например 6-7 станций нумерация абонентов пятизначная

Даётся номер станции АТС – т.е.д.е.

№АТС – т. е. д. е.

х	х х х х
4	0 0 0 0
4	0 0 0 1
	- - - -
4	9 9 9 9

Районированная сеть с узлом входящего сообщения (сУВС).

№УВС – №АТС – т. е. д. е.

х	х	х х х х
х	4	0 0 0 0
х	4	0 0 0 1
-	-	- - - -
х	4	9 9 9 9

0 312 390668

«0» – выход на междугородные сети;

«312» – код города Бишкек;

«3» – №УВС;

«9» – №АТС;

«0668» – порядковый номер абонента.

9. 4. Принципы построения телефонной сети

Сеть связи - совокупность технических средств, обеспечивающих передачу и распределение сообщений. Принципы построения сетей связи зависят от вида передаваемых и распределяемых сообщений.

В настоящее время применяют следующие принципы построения (топологии) сетей:

1. "каждый с каждым" (Рис. 13). Сеть надежна, отличается оперативностью и высоким качеством передачи сообщений. На практике применяется при небольшом числе абонентов;

Топология сети "каждый с каждым"

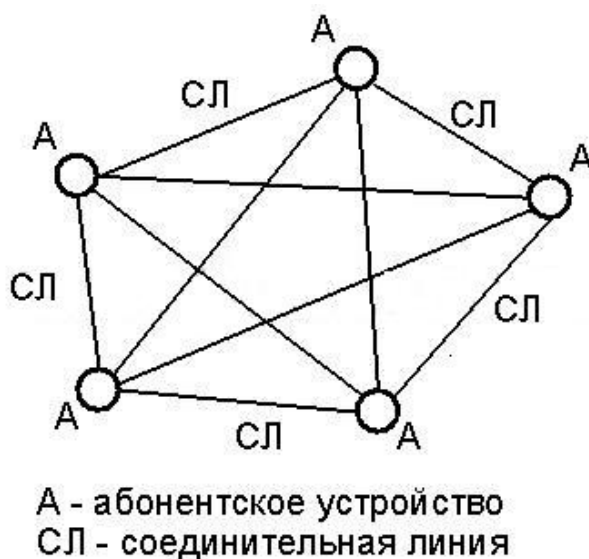


Рис. 13.

2. Радиальный ("звезда") (Рис. 14). Используется при ограниченном числе абонентских пунктов, расположенных на небольшой территории;

Топология сети "звезда"

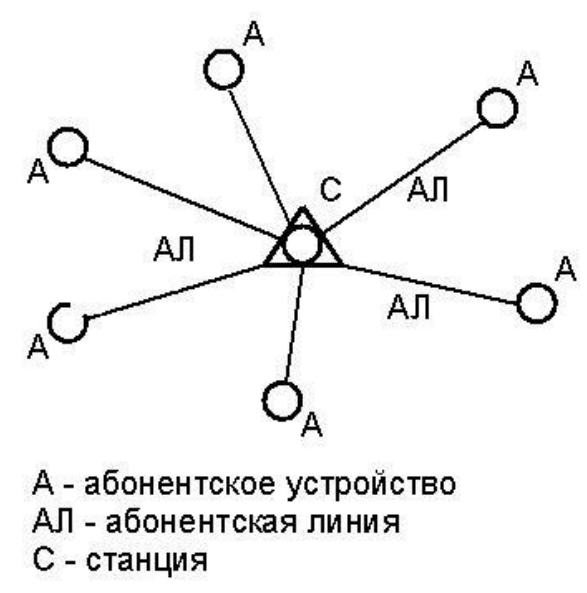


Рис. 14.

3. Радиально-узловой (Рис. 15). Такую структуру имеют городские телефонные сети, если емкость сети не превышает 80...90 тысяч абонентов;

Радиально-узловая топология сети

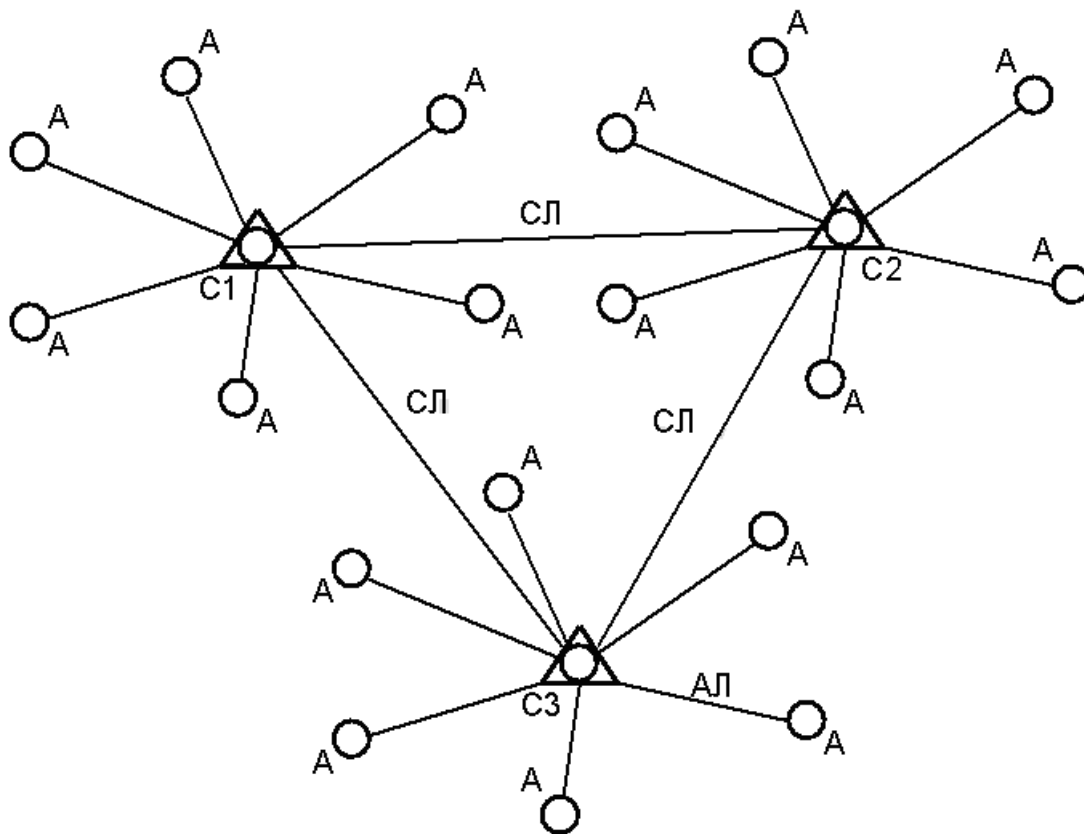


Рис. 15.

Все сети строятся по следующим принципам:

1. Непосредственное соединение;
2. Узловое соединение;
3. Радиальное.

1-я схема

Достоинства: есть свободные пути.

Недостатки: дорогостоящее построение сети качество низкого уровня.

2-я схема

Достоинства: разгружены межрайонные сети связи.

Недостатки: низкое качество связи.

3-я схема

Достоинства: экономичное построение сети.

Недостатки: загруженность станций, загруженность каналов связи.

Контрольные вопросы:

1. Телефонные сети бывают?
2. Недостатки радиальной сети?
3. Достоинство радиально-узловой топологии сети?
4. Недостатки радиально-узловой топологии сети?

Тема № 10. Сеть радиовещания.

Сеть радиовещания представляет собой сложную систему связи симплексной передачи речи и аудио записей, по средствам

Классическая сеть радиовещания

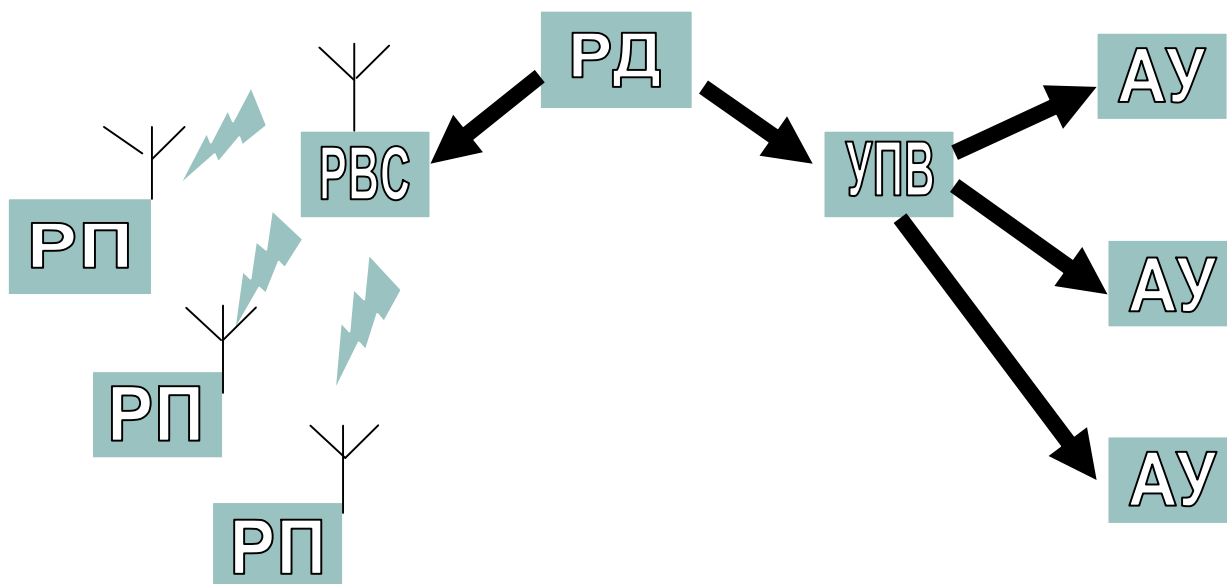


Рис. 16.

Сеть радиовещания - это вид электросвязи, при котором передаются голосовые сообщения и аудиозаписи, которые преобразованы в радиоволну с помощью радиопередающего устройства, для широкой аудитории слушателей.

История.

Однопрограммное проводное вещание впервые появилось в СССР в 1925 г. в Москве. С 1962 г. в городах СССР внедряется трёхпрограммное радиовещание. Передача двух дополнительных программ производится по существующим сетям методом амплитудной модуляции колебаний с несущими частотами 78 и 120 кГц. Все три программы передаются одновременно. Для воспроизведения звука используется специальный трёхпрограммный громкоговоритель, подключаемый одновременно к сети проводного вещания и к сети переменного тока 220 В (для воспроизведения двух дополнительных программ). На 1974 г. количество абонентов, для которых была создана возможность приёма трёх программ, составляло 14 млн чел.

Радиофицирование помещений

Как правило, розетки проводного вещания устанавливаются в жилых и служебных помещениях. Во времена существования СССР радиоточки служили, помимо прочего, средством массового оповещения ГО, а потому устанавливались повсеместно, включая нежилые помещения, служебные и общеобразовательные учреждения (магазины, конторы, школы, детские сады, институты, больницы, дома отдыха и проч.) В жилых помещениях радиоточки устанавливаются по следующим правилам:

В одно- и двухкомнатных квартирах в кухне и комнате (зале) — 2 розетки,

В трёх- и более комнатных квартирах — дополнительно в одной из комнат помимо зала — 3 розетки в квартире.

В настоящее время в российских городах в строящихся домах по типовым проектам продолжают присутствовать сети проводного вещания со схемой распределения радиоточек, принятой в СССР.

Качественные показатели

Диапазон воспроизводимых частот:

50 — 10 000 Гц — для городов (1-ая программа);

100 — 6 000 Гц — для сельской местности (также для 2-й и 3-й программ).

Неравномерность АЧХ не более 6 дБ

КНИ не более 6% на низшей частоте при номинальном напряжении в сети.

Отношение сигнал/шум: не хуже 50 дБ.

В качестве розетки для проводного вещания ранее использовалась специализированная розетка с надписью «Для радио». Однако габаритные характеристики разъемов розетки практически не отличались от гнезд розетки сети переменного тока 220 В, что позволяло многим абонентам ошибочно включать абонентские громкоговорители в сеть 220 В, что приводило к выводу из строя устройства.

С середины 1980-х гг. у абонентского громкоговорителя стали применяться видоизмененные вилки (цилиндрические контакты были заменены на ножевые), в соответствии с этим изменилась и конструкция розеток (цилиндрические разъемы заменены на цилиндрическо-ножевые, что сохраняло возможность подсоединения вилок старого типа в измененные розетки).

Проводное вещание сегодня

В последние десятилетия XX в. актуальность использования РТС очень сильно снизилась по сравнению с 1930—90-ми гг. Причины: стационарное использование, невозможность приёма более трёх радиопрограмм, широкое распространение качественного УКВ-вещания. Вторую жизнь РТС может дать использование цифрового радиовещания и предоставление комплекса услуг (Интернет, цифровое ТВ и др.)

Недостатки

- Стационарное использование (в случае использования громкоговорителя в удалённом от радиорозетки месте, необходим удлинитель);
- Ограниченное количество транслируемых программ , т.е. невозможность конкуренции с возможностями УКВ диапазона (для цифрового вещания неактуально);
- Низкое качество звука в сравнении с современной аудиотехникой (для цифрового вещания неактуально).

Достоинства

- Высокая экономичность и надёжность;
- Возможность использования в отсутствие бытовых электросетей;
- Простота использования абонентского громкоговорителя;
- Развитая сеть трансляционных линий (присутствует практически в каждом здании в стране);
- Возможность реконструкции существующих сетей для предоставления комплекса современных услуг (цифровое радиовещание, телевидение, телефония, Интернет, сети телеметрии для приборов учёта потребления электроэнергии, тепла, воды, газа);
- Включение в систему гражданской обороны: возможность сообщения людям при химической, биологической, радиационной опасности в военное и мирное время, планов эвакуации, правил защиты населения.

Тема № 11. Сеть телевидение.

Сеть телевидения

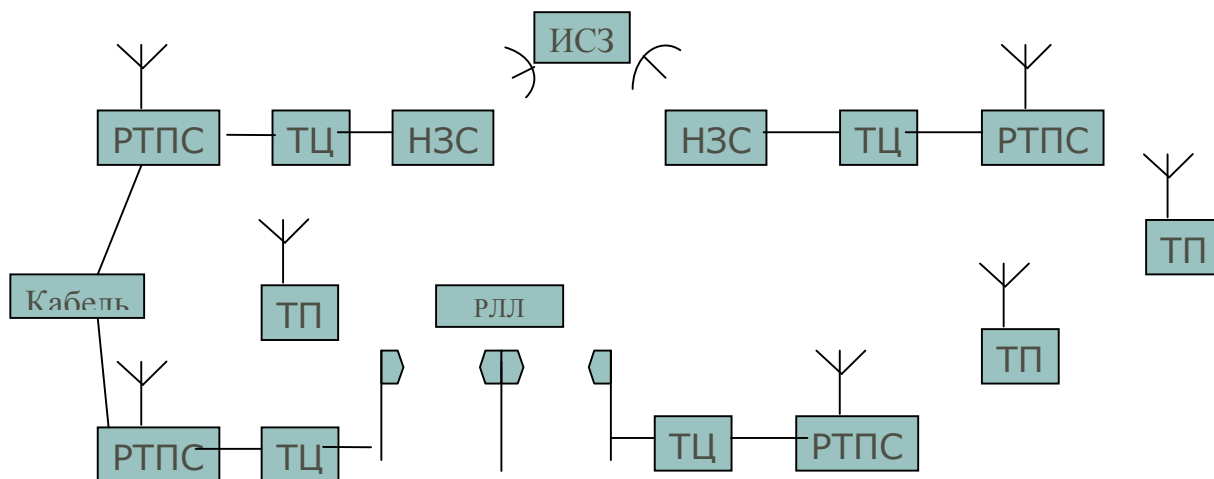


Рис. 17.

Сеть телевидения - это вид электросвязи, при котором передаются видеозаписи с голосовым или звуковым сопровождением, которые преобразованы в радиоволну с помощью радиопередающего устройства, для широкой аудитории слушателей.

Это способ передачи изображения на расстоянии. Оно дает возможность наблюдать за всеми новостями, спортом, политикой и боевыми действиями, происходящими в мире. Телевидение оказывает большое влияние на жизнь многих людей. Для нас оно стало главным источником информации и развлечений. Наверное, в каждой современной семье присутствует телевизор.

Телевизионная камера превращает движущиеся изображения в электрические сигналы. Сигналы поступают на ваш телевизор с помощью радиоволн, передаваемых спутником или по подземным кабелям. Телевизор преобразует эти сигналы в изображение на экране и звук, звучащий из динамиков. Западные люди большинство свободного времени просиживают около телевизора. Если в доме установлена антенна или подведена сеть кабельного телевидения, то телевизор может принимать несколько десятков каналов передающих массу программ: от фильмов о природе до политических событий. Заказчики рекламы платят огромные деньги за показ рекламы своей продукции в паузах во время телепередач, особенно таких, которые смотрят миллионы зрителей.

Телефильмы создают изображение, показывая статичные картинки, быстро мелькающие одна за другой. Каждый такой кадр слегка отличается от предыдущего. Наше

зрение не способно улавливать переходы кадров и мозг воспринимает эту череду как движущееся изображение. Кадр состоит из сотен горизонтальных линий, а каждая строка состоит из сотен цветных полосок. Мы не замечаем их, потому что они смешаны между собой. В большинстве европейских стран телекадр состоит из 625 строк, а частота кадров равна 25 кадрам в секунду. В Японии кадр имеет 525 строк, но частота кадров составляет 30 кадров в секунду. В системах нового поколения, так называемого телевидения высокой четкости, кадр насчитывает тысячи строк вместо сотен. Это делает изображение более четким.

Объектив телевизионной камеры устроен по тому же принципу, как и у обычной фотокамеры, воспринимает свет от движущегося изображения. Внутри камера представляет собой светочувствительную систему, которая строку за строкой сканирует световой кадр. Она определяет количество синего, красного и зеленого света имеющегося в каждой полосе и кодирует эту информацию в электрический сигнал. Отсканировав один кадр, она приступает к следующему. Так движущееся изображение преобразуется в электрические сигналы. Звук в него вводится чуть позже. Существует несколько видов передачи телевизионного изображения на наш телевизор. Сигналы посылают передатчиком в виде радиоволн и принимают обычной антенной – наземная система. В системе спутникового телевидения сигналы посылаются в виде микроволн на спутник, находящийся на околоземной орбите. Спутник отражает сигнал и направляет вниз, охватывая огромную территорию. Для приема этих сигналов нам понадобится спутниковая антенна (тарелка). Система кабельного телевидения передает сигнал по подземным кабелям прямо на наш телевизор. В системе цифрового телевидения телевизионные сигналы закодированы в виде цифр. Это дает четкое изображение.

В наши телевизоры поступает множество сигналов от разных телевизионных станций. Первое, что делает телевизор – принимает сигнал от нужной вам станции. После он разлагает сигнал на составляющие, выделяя синие, красные и зеленые цвета, а также звук. Затем он использует эти сигналы для восстановления изображения и звука в динамиках. Позади телеэкрана находятся три пушки, которые обстреливают заднюю сторону экрана пучками мельчайших частиц – электронами. Каждая пушка регулирует пучки электронов для зеленого, синего и красного цвета. Сами по себе электроны бесцветны но, попадая на экран, заставляют его светиться. Звуковой сигнал направляется в усилитель и динамики.

Контрольные вопросы:

1. Достоинство применения проводного радиовещания?
2. Недостатки применения радиовещательной станции?
3. Достоинство сети телевидения?
4. Недостатки сети телевидения?

Лекция № 10.

Тема № 12. Радиорелейные линии связи.

Радиорелейные линии связи – линии радиосвязи, образованные цепочкой приёмопередающих станций, позволяющих передавать информацию на расстояния, превышающие расстояние уверенной передачи одной пары приёмопередающих станций. Успешно дополняют кабельные линии связи в случаях их отсутствия или большой стоимости прокладки и эксплуатации в сложных геологических или географических условиях, обеспечивают передачу любых видов информации. В зависимости от назначения связь производится с помощью радиоволн длиной от дециметров до сантиметров. Наземные радиорелейные линии связи строят с пролётами между ретрансляторами 30–50 км, возможно увеличение этого расстояния до 100–120 км за счёт увеличения высоты подвеса антенн и усложнения оборудования. 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 прокладывают 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. Антенны радиорелейных станций устанавливают на крышах высоких домов в городах, а на открытых местностях – на специально построенных мачтах высотой 40–100 м.

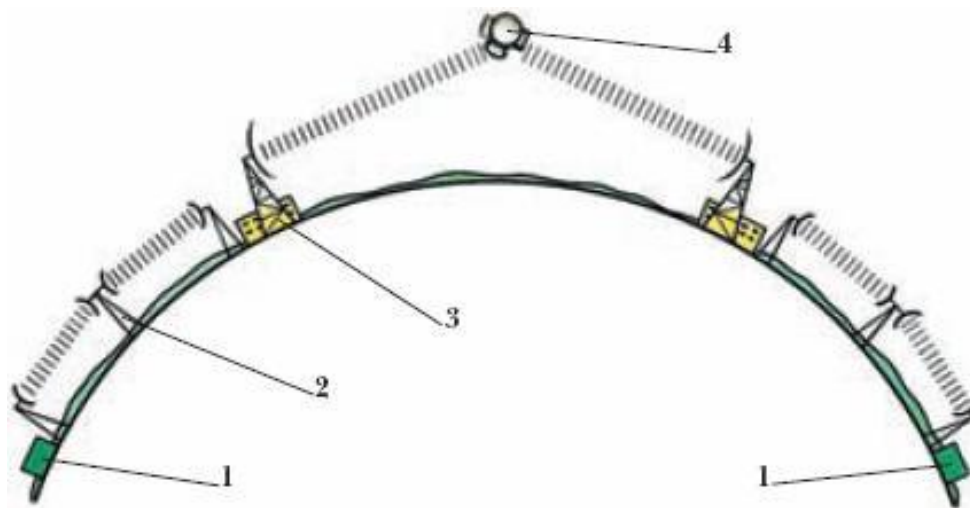


Рис. 18.

1 – оконечные пункты линии; 2 – промежуточный пункт; 3 – земная станция радиосвязи с ИСЗ; 4 – ИСЗ с активным ретранслятором

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

Рассмотрим принцип организации связи с помощью радиорелейных систем передачи. На каждом из двух концов должен быть установлен комплект оборудования для организации связи, который обычно включает в себя внутренний блок, внешний модуль и

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

Структура радиорелейного пролета

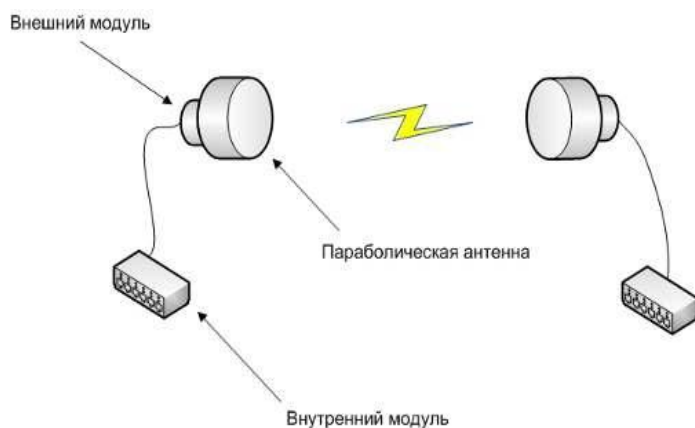


Рис. 19.

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

Предельная дальность современных РРЛ, как правило, ограничена 50 км. Благодаря цифровому способу передачи и помехоустойчивому кодированию, они могут

противостоять неблагоприятным метеоусловиям. Однако обычно для длинных пролетов вводятся некоторые ограничения: пролет должен быть максимально "чистым", т.е. между антеннами не должно быть ни каких препятствий. Кроме того, должна быть использована минимальная частота и максимальный диаметр параболической антенны. Также обычно эти РРЛС имеют уменьшенную емкость. На практике чаще используются менее длинные пролеты (протяженностью до 30 км).

В настоящее время на рынке телекоммуникационного оборудования представлено множество вариантов различных производителей, как по емкости, так и по стоимости. Существуют РРЛ, которые позволяют передавать до 500 Мбит/сек и поддерживают транспортные потоки 2xSTM-1, Fast и Gigabit Ethernet. Однако данные системы достаточно дорогие и на практике большее распространение нашли РРЛС емкостью 16 и 64 E1 потоков.

Хотя системы радиорелейные линии связи и предусматривают помехоустойчивое кодирование и резервирование, они обладают меньшей надежностью, чем кабельные линии связи. Поэтому на важных интерфейсах, например BSC-MSC, RNC-MGW, RNC-SGSN и т.п., обычно применяются кабельные линии связи. Однако высокая скорость реализации и низкая стоимость позволяют говорить, что РРЛ будут и в дальнейшем применяться при строительстве систем базовых станций (BSS/UTRAN).

Тема № 13. Спутниковая связь.

Спутниковая связь — один из видов радиосвязи, основанный на использовании искусственных спутников земли в качестве ретрансляторов. Спутниковая связь осуществляется между земными станциями, которые могут быть как стационарными, так и подвижными.

Спутниковая связь является развитием традиционной радиорелейной связи путем вынесения ретранслятора на очень большую высоту (от десятков до сотен тысяч км). Так как зона его видимости в этом случае — почти половина Земного шара, то необходимость в цепочке ретрансляторов отпадает — в большинстве случаев достаточно и одного. В 1945 году в статье «Внеземные ретрансляторы» («Extra-terrestrial Relays»), опубликованной в октябрьском номере журнала «Wireless World», английский учёный, писатель и изобретатель Артур Кларк предложил идею создания системы спутников связи на геостационарных орбитах, которые позволили бы организовать глобальную систему связи.

Впоследствии Кларк на вопрос, почему он не запатентовал изобретение (что было вполне возможно), отвечал, что не верил в возможность реализации подобной системы

при своей жизни, а также считал, что подобная идея должна приносить пользу всему человечеству.

Первые исследования в области гражданской спутниковой связи в западных странах начали появляться во второй половине 50-х годов XX века. В США толчком к ним послужили возросшие потребности в трансатлантической телефонной связи.

В 1957 году в СССР был запущен первый искусственный спутник Земли с радиоаппаратурой на борту.

Орбиты спутниковых ретрансляторов

Орбиты, на которых размещаются спутниковые ретрансляторы, подразделяют на три класса:

- экваториальные,
- наклонные,
- полярные.

Орбиты спутниковых ретрансляторов

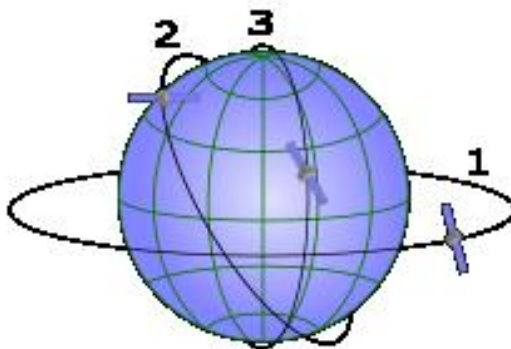


Рис. 20.

Орбиты: 1 — экваториальная, 2 — наклонная, 3 — полярная

Важной разновидностью экваториальной орбиты является геостационарная орбита, на которой спутник вращается с угловой скоростью, равной угловой скорости Земли, в направлении, совпадающем с направлением вращения Земли. Очевидным преимуществом геостационарной орбиты является то, что приемник в зоне обслуживания «видит» спутник постоянно.

Однако геостационарная орбита одна, и все спутники вывести на неё невозможно. Другим её недостатком является большая высота, а значит, и большая цена вывода спутника на орбиту. Кроме того, спутник на геостационарной орбите неспособен обслуживать земные станции в приполярной области.

Наклонная орбита позволяет решить эти проблемы, однако, из-за перемещения спутника относительно наземного наблюдателя необходимо запускать не меньше трех спутников на одну орбиту, чтобы обеспечить круглосуточный доступ к связи.

Полярная орбита — предельный случай наклонной (с наклонением 90°).

При использовании наклонных орбит земные станции оборудуются системами слежения, осуществляющими наведение антенны на спутник. Станции, работающие со спутниками, находящимися на геостационарной орбите, как правило, также оборудуются такими системами, чтобы компенсировать отклонение от идеальной геостационарной орбиты. Исключение составляют небольшие антенны, используемые для приема спутникового телевидения: их диаграмма направленности достаточно широкая, поэтому они не чувствуют колебаний спутника возле идеальной точки.

Контрольные вопросы:

1. Назначение РРЛ?
2. Достоинство применения РРЛ?
3. Недостатки применения РРЛ?
4. Достоинство спутниковой связи?
5. Недостатки спутниковой связи?

Тема № 14. Воздушные линии связи.

14. 1. Основные элементы ВЛС.

Линии связи (среда распространения)

Непосредственное соединение наиболее надёжно но не выгодно в экономическом отношении. Радиальная система дешевле но не имеет путей резервирования, наилучший результат это сочетание радиальной и узловой системы. Эта схема характеризуется тем что одно узлы соединены не только с ниже стоящими станциями, такое построение обеспечивает обходные связи позволяет получить несколько независимых связей.

Направляющими называются устройства предназначенные для передачи электромагнитного сигнала в заданном направлении. Роль направляющей системы может выполнять металлический провод или кабель, а также диэлектрические материалы (световоды). Конструктивно направляющие системы выполняются в следующих видах:

1. Симметричные цепи – как минимум 2 проводника с одинаковыми конструктивными характеристиками:
2. Коаксиальный кабель – две цилиндрические жилы конструктивно расположены внутри друг друга. Пространство между проводниками заполняется диэлектрическим материалом.
3. Волноводы представляют собой полуцилиндрическую трубу или трубу прямоугольного сечения. Применяется для передачи радио волн сантиметрового и короткометрового диапазона. Выполняется из хорошо проводящего материала. Внутренние стенки тщательно шлифуются и покрываются серебром для увеличения проводимости.
4. Оптические кабели представляют собой стеклянное полое волокно покрытое диэлектрическим материалом.
5. Ленточные кабели. Несколько проводников объединены в единую конструкцию.

Направляющие линии делятся на 3гр:

1. Кабельная линия связи (КЛС);
2. Воздушные линии связи (ВЛС);
3. Волоконно – оптические линии связи (ВОЛС)

14. 2. Воздушные линии связи (ВЛС). Основные конструкции ВЛС

ВЛС пригодны ограниченного числа каналов. Они подвержены к электромагнитным влияниям (атмосфера, ЛЭП и т.д.) по этому связь по ВЛС менее стабильна чем подземным кабельным линиям.

ВЛС делится на 3 класса:

1. материальные;
2. Внутрислоновые;
3. Соединительные СТС;
4. Абонентские линии СТС.

По механической прочности ВЛС делится:

О – облегчённые;

Н – нормальные;

У – усиленные;

ОУ – особенно усиленные.

ВЛС состоит из проводов подвешенных на опорах с помощью изоляторов и арматуры. Основными линейными материалами для устройств ВЛС является проволока (линейная, перевязочная), арматура и опора. Проволока должна быть выполнена из прочных материалов т.к. ВЛС подвергаются действию ветра, гололёда, влаги, химических реагентов воздуха колебанием температуры. Линейная проволока должна обладать высокой проводимостью большой механической прочностью, эластичностью устойчивости против коррозии и экономичностью. Этим требованиям отвечают медные, стальные и биметаллические провода.

Медная проволока изготавливается диаметрами 4,3,5,3 мм. Хорошо противостоят атмосферно воздушным коррозиям, но не имеет большую цену. Стальная имеет диаметр 5,4,3,2,5,2,1,5 мм. Имеет не большую стоимость, но с увеличением частоты, имеет большое активное сопротивление, подвержена коррозии, для защиты покрывают цинком. Биметаллическое представляет собой сплав 2-х металлических проводников :

- Алюминевостальной;
- Медностальной.

Для крепления проводов используют перевязочную проволоку диаметром 2–2.5 мм. Для сращивания между собой используют спаянную проволоку. Арматура применяется для подвески проводов ВЛС и их изоляции от опоры. Арматуры используют совместно с изоляторами которую выполняют из фарфора и монокристаллического стекла марки ТФ и ТСМ. ТФ – телефонный фарфоровый; ТСМ – телефонный стеклянный монокристаллический.

Изоляторы должны обладать:

1. Диэлектрическим сопротивлением;
2. Малыми диэлектрическими потерями;
3. Высокой механической прочностью .

Изоляторы имеют одинаковую форму. Внутри изоляторов имеется винтовая нарезка для закрепления на крюках.

Крюки – выполняются из стали, по размерам изолятором для предотвращения коррозии покрывают лаком.

Трайверсы – поперечная перекладина на опоре. Выполняется из дерева (лиственница, сосна, кедр) или угловой стали к траверсам крепятся крюками с изоляторами.

Опора – изготавливается из дерева и железобетона: высота достигает 12 м, срок службы до 7 лет. Требования к опорам:

1. механическая прочность;
2. Долгий срок службы;
3. Малая стоимость;
4. Транспортабельность;
5. Лёгкость.

Контрольные вопросы:

1. Что такое трайверс?
2. Назначение опоры?
3. Какие кабеля можно протягивать по опорам ВЛС?

Тема № 15. Строительство ВЛС.

Строительство ВЛС. Основные виды работ при строительстве ВЛС.

1. Разбивка трассы;
2. Разбивка линейных материалов и оснащение столбов;
3. Рытьё ям и установка опор;
4. Подвеска проводов;
5. Контрольный осмотр линии и нумерация проводов.

При разбивке трассы в зависимости от рельефа местности выполняется выбор направления трассы с помощью 3-х вех.

1-я вежа устанавливается в месте поворота трассы на ровной местности.

2-я вежа в месте второго поворота через 1 км.

3-я вежа устанавливается произвольно в середине трассы.

После размотки производится разбивка на величину пролётов. В местах установки опор забивают колышки.

Оснастка – очистка верхнего слоя опоры от коры и пропитка противогнильным составом основание опоры. Крепление к ней трансфертов, крюков, изоляторов.

При рытье ям в ручную профиль должен быть:

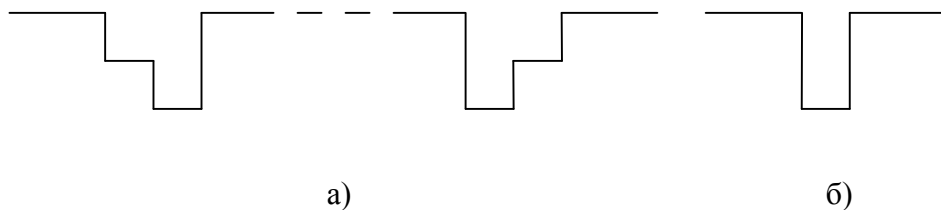


рис. 21.

Направление плоской стороны чередуется для стойкости опор (рис. 21а), если яма роется с использованием бурильной машины, то яма имеет цилиндрическую структуру (рис. 21б).

После установки опор производится разметка проводов.

Расстояние через водную поверхность по которой проходят водные суда определяется максимальной высотой воды в половодье. Провода подвешиваются на участках одновременно на 4–8 – пролетов с учётом стрелы прогиба.

Нумерация опор производится с усилительных участков начиная с водной опоры. Направление счёта ведётся от крупного административного центра к мелким центрам или с севера на юг, с запада на восток. Выбор размеров опоры, способы закрепления линии зависит от характера пересекаемых препятствий. При проектировании учитывается максимальная скорость ветра, максимальный вес провода со льдом зимой и т. д. Рассчитывается диаметр проводника, параметры стрелы провиса, механическая прочность.

Тема № 16. Кабельные линии связи.

Классификация и обозначения кабеля.

Кабелем называется электротехническое изделие содержит изолированные проводники объединенные в единую конструкцию и заключённую в общую оболочку.

Классификация:

1. В зависимости от применения:
 - Магистральные;
 - Зоновые;
 - Сельские;
 - Городские;
 - Подводные;
 - Соединительные;
2. В зависимости от условия прокладки:
 - Подземные;
 - Подводные;
 - Подвесные;
 - Для протяжки телефонных каналов
3. По спектру передаваемых частот:
 - Низкочастотные;
 - Высокочастотные от 12 кГц.
4. По конструкции и взаимном положении проводников:
 - Симметричные;
 - Коаксиальный.

Симметричная цепь состоит из двух одинаковых по конструкции и электрическим параметром изолированных проводников (рис. 22а).

Коаксиальные – состоят из двух цилиндров и одного сплошного проводника расположенного внутри другого полого цилиндра (рис. 22б).

Типичный вид симметричного (а) и коаксиального (б) кабеля

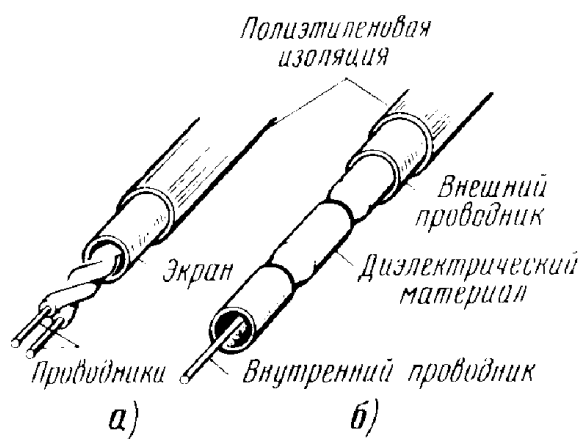


Рис. 22.

5. По виду изоляции:
 - Воздушно бумажная;
 - Кардельно бумажная;
 - Полиэтиленовая;
 - Поливинилхлоридная
6. По виду скрутки проводников:
 - Парная скрутка;
 - Четверичная (звездная).
7. По виду по виду скрутки проводников сердечника:
 - Пучковая;
 -
8. По виду оболочек:
 - Металлическая (свинец, алюминий, сталь);
 - Пластмассовые (полиэтиленовые, поливинилхлорид);
 - Резиновые шланги и металлопластмассовые;
9. По виду защитных покровов:
 - Ленточная броня;
 - Проволочная броня;
 - Свинцовая броня.

1. Для удобства классификации и пользования кабелями им присваивается условное обозначение.

Марки кабелей:

- М – магистральные и междугородные;
- КМ – коаксиальные магистральные;
- Т – телефонные городские.

2. В зависимости от материала изоляции:

- С – стиролфлексные (полистирольные);
- П – полиэтиленовые;

3. В зависимости от материала оболочки:

- Алюминиевая;
- Стальная.

4. В зависимости от вида покрыва:

- Оцинкованная голая броня – Г;
- С ленточной броней – Б;
- С круглой проволочной броней – К. Если имеется наружная пластмассовая оболочка.
- Полиэтиленовая – П;
- Поливинилхлоридная – В.

Междугородние симметричные кабели со свинцово-кардильно-бумажной изоляцией имеют марку: МКГ; МКБ; МКК.

Кардильно-стиролфлексная изоляция: МКСГ, МКСБ, МКСК, МКСАШ, МКСАБпШп, МКСАКпШп.

Симметричный кабель стальной оболочки маркируется МКСШ.

КМГ – коаксиально-магистральный кабель в алюминиевой оболочке с ленточной броней.

КМАБ – коаксиальный магистральный с алюминиевой броней.

Кроме того к маркировке добавлены индексные обозначения.

КМБ 8/67 – коаксиальный магистральный кабель, в числителе большие пары, а в знаменатели малые пары (рис. 23).

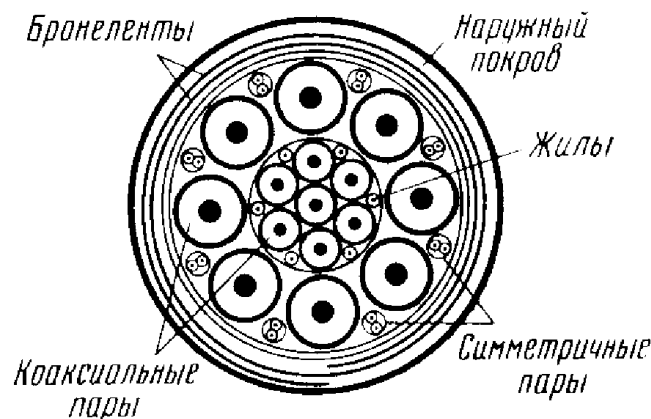


Рис. 23.

Городские телефонные кабели свинцовой оболочки маркируются ТГ, ТБ, ТК.

Городские телефонные кабели в полиэтиленовой изоляции в пластмассовой оболочке

ТПП, ТПБ, ТПВ, ТПВБ. Кабели сельской связи полиэтиленовой изоляции пластиковой оболочки КСПП, КСППБ, КСППК; Бп, Шп – полиэтиленовое покрытие.

Междугородние симметричные кабели.

По виду изоляции подразделяются на кардельно–бумажные – МК, кардельно–полиэтиленовые (стирофлексные) МКС, полиэтиленовые – МКП. Для междугородней связи используются кабели с индексами 4х4. Для Зоновой связи 1х4. Между небольшими, необслуживаемыми усилительными пунктами (НУП) расстояние составляет 20 км. Между обслуживаемыми усилительными пунктами (ВУП) составляет 80 – 100 км. Максимальная дальность связи 12.5 тыс. км.

Контрольные вопросы:

1. Назначение симметричных кабелей?
2. Достоинство симметричных кабелей?
3. Недостатки симметричных кабелей?

Тема № 17. Строительство КЛС.

17. 1. Строеение кабельной канализации ГТС. Прокладка кабеля под землёй.

- 1) Монтаж сердечника симметричного и коаксиального кабеля.

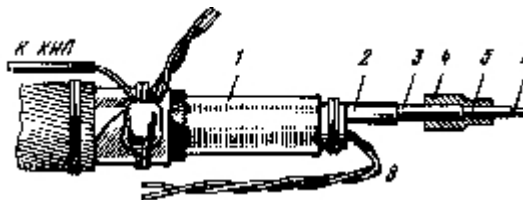
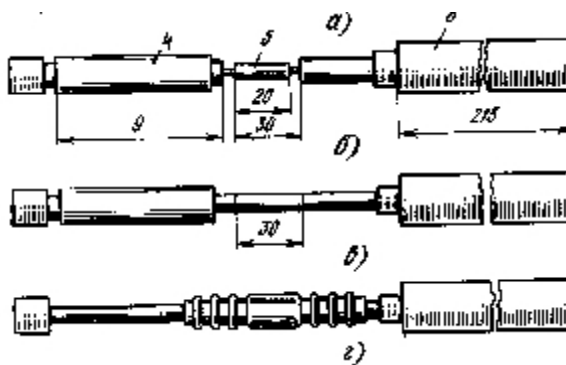


Рис.29. Разделка малогабаритного коаксиального кабеля типа 1,2/4,6 (показана одна коаксиальная и одна симметричная пары):

1—оболочка; 2—изоляция коаксиальной пары; 3—экран; 4— опорная втулка;
5—внешний проводник; 6—полиэтиленовая изоляция; 7 — внутренний проводник; 8 — симметричная пара.



Основные этапы монтажа однокоаксиального кабеля типа 2,1/9,7:

а.—разделка концов; б—сращивание внутреннего проводника;

в — восстановление изоляции; г — сращивание внешнего проводника;

1—полиэтиленовый шланг; 2—внешний проводник; 3— внутренний проводник;

4 — трубка алюминиевая; 5 — гильза медная; 6—трубка полиэтиленовая.

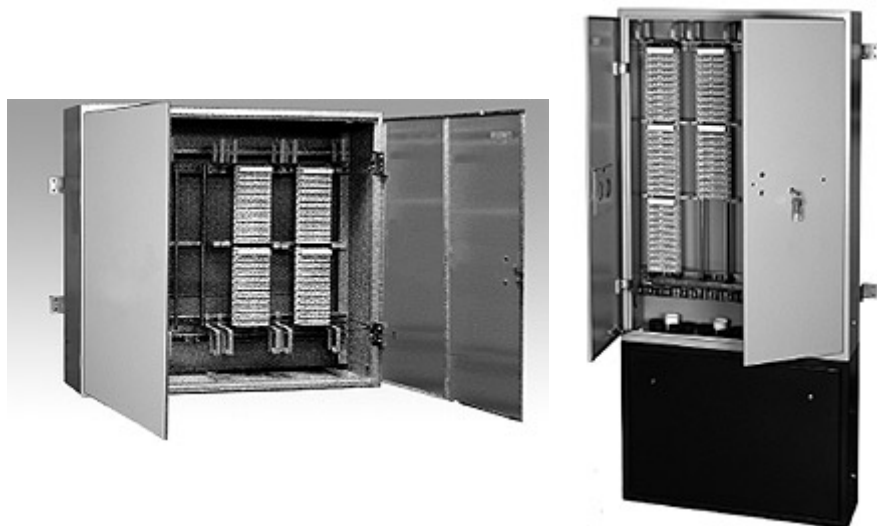
Принцип монтажа: предварительно перед монтажом кабеля необходимо произвести организационно технические мероприятия.

1. Необходимо прозвонить каждую жилу кабеля и определить нумерацию пар. Нумерация задаётся монтёром (линейщиком) со шкафа. После определения нумерации пары, эта пара вяжется в касплёт. Касплёт состоит из 10 пар. Если в

касаплёте 30 пар, то потребуется 3 касаплёта. Каждая 10-я нумеруется петлями и у основания вяжется касаплёт.

2. Очищаем жилы от изоляции 3 – 4 см. и одеваем на один конец кабеля кембрики.
3. Начинаем сращивать (скручивать) жилы кабеля.
4. Готовый заранее ковшик с расплавленным оловом, в которую смачиваем, обрезаем излишки и одеваем кембрики.
5. После того как все жилы сращены и одеты кембрики стягиваем их с помощью термоленты и фиксируем на кабеле.
6. Предварительно до разделки кабеля мы на один конец одели полый полиэтиленовый шланг (муфта).
7. Устанавливаем шланг в месте стыка кабеля и по обеим концам наматываем полиэтилен для того чтобы загерметизировать муфту.
8. Поверх полиэтилена наматываем пару слоёв стеклоленты. Для того чтобы не жечь полиэтилен и кабель.
9. Берём газовую горелку и начинаем прогревать места где намотана стеклолента. Под воздействием температуры полиэтилен плавится и герметизирует муфту. После прогрева оставляем в покое муфту на 5 – 10 минут.
10. Удаляем стеклоленту с поверхности муфты и проверяем место стыка, муфты с кабелем: не должно быть трещин отверстий.
11. Обматываем латексной изоляцией место стыка и муфта наша готова.
12. Производится контрольная проверка кабеля на целостность и качество стыка. Проверка проводится с помощью контрольно измерительной аппаратурой мегомметром (проверяем сопротивление между жилами, жила и земля).

17. 2. Оконечные кабельные устройства.





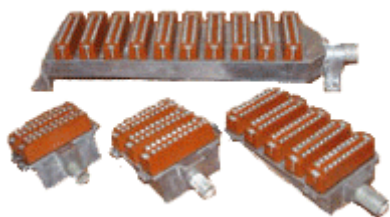
К оконечным кабельным устройствам относятся:

ШР – шкаф распределительный;

ШРп – шкаф распределительный установленный в подъезде здания (600x2);

Внутри ШР имеются боксы:

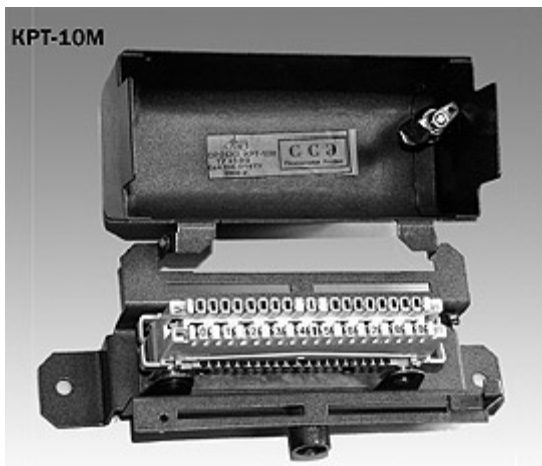
БКТ – бокс контрольный телефонный 10 (100 пар).



Существует БКТ:

БКТ на 2, БКТ на 3, БКТ на 5, БКТ на 10, также существуют междугородние боксы, которые используются в магистральных сетях.

Также к оконечным кабельным устройствам относятся КРТП (коробка распределительная телефонная 10x2 проводов)



Контрольные вопросы:

1. Назначение КРТП?
2. Достоинство применения ШР?
3. Недостатки применения БКТ?

Тема № 18. Оптические телекоммуникационные системы.

18. 1. Классификация и конструкция оптических кабелей.

Кабельная промышленность употребляет до 50% меди и 25% свинца с целью уменьшить эти цифры разработана конструкция оптического кабеля изготовленного из стекла и полимеров.

Плюсы:

1. Экономия меди, возможность передачи большого потока информации.
2. Малое затухание сигнала и независимость от сопротивления проводника.
3. Высокая защищенность от внешних электромагнитных помех, малые габариты и масса. Надёжная техническая безопасность, т. к. отсутствует искрение и короткое замыкание. Оптический кабель используется в электросвязи, в радио технике, медицине и Машино строении.

Появление оптического кабеля связана с разработкой в 1960 году оптических квантовых генераторов, т. е. Лазера. Лазерный луч представляет собой согласованное по направлению и фазе поток фотонов на большие расстояния имеющие строгое направление двигаясь узким пучком. По назначению оптические кабели делятся на 4 типа:

1. Междугородный;
2. Городской;
3. Объектовые;
4. Подводные.

Междугородный – предназначен для передачи многоканальной информации на дальние расстояния. Должны иметь затухание и большую пропускную способность.

Городские – применяются в качестве соединительных линий между АТС, МТС, АТС и АТС, АТС и узлом связи. Данные линии рассчитаны на короткое расстояние до 10 км и большую численность каналов.

Объектовые – предназначены для передачи информации внутри объектов. К ним могут относиться ведомственная телефонная связь, бортовые информационные системы, движущихся объектов (самолёты, корабли).

Подводные – предназначены для связи через большие водные преграды. Обладает большим количеством каналов, высокой механической прочностью и надёжным покрытием.

Типовая конструкция оптического кабеля:

1. й
2. кабель с фигурным сердечником;
3. Плоские кабели ленточного типа.
 - 1) Волокно, силовой элемент, демпфирующая оболочка, защитная оболочка, сердечник с лазами. Каждая структура имеет на 6 волокон больше по сравнению с предыдущей (7, 12, 19)
 - 2) Кабель с фигурным сердечником имеет в центре фигурный и пластмассовый сердечник с лазами в которых размещается оптическое волокно. Содержит: 4, 6, 8, 10 волокон.
 - 3) Плоские кабели ленточного типа состоят из стопки пластмассовых лент в которых монтированы определённое количество оптических волокон. Чаще всего в ленте располагается 12 волокон, а число лент составляет 6, 8, 12 волокон кроме оптических волокон кабели имеют силовые стержни принимающие на себя нагрузку на разрыв. Заполнители элементы повышающие надёжность кабеля при механических воздействиях. Наружная оболочка предохраняет от попадания влаги.
 - 1) Расположение светового луча внутри оптического волокна.
 - 2) Затухание светового луча.
 - 3) Внутренние помехи.

Лекция №16.

18. 2. Одномодовые и многомодовые кабели.

Одно – и многомодовые оптические волокна.

Оптическое волокно обычно бывает двух типов: одномодовое (рис. 24а), в котором распространяется только одна мода (тип распределения передаваемого электромагнитного поля), и многомодовое (рис. 24б) — с передачей множества (около сотни) мод. Конструктивно эти типы волокон различаются только диаметром сердечника — световедущей части, внутри которой коэффициент преломления чуть выше, чем в периферийной части — оболочке (см. рис. 1).

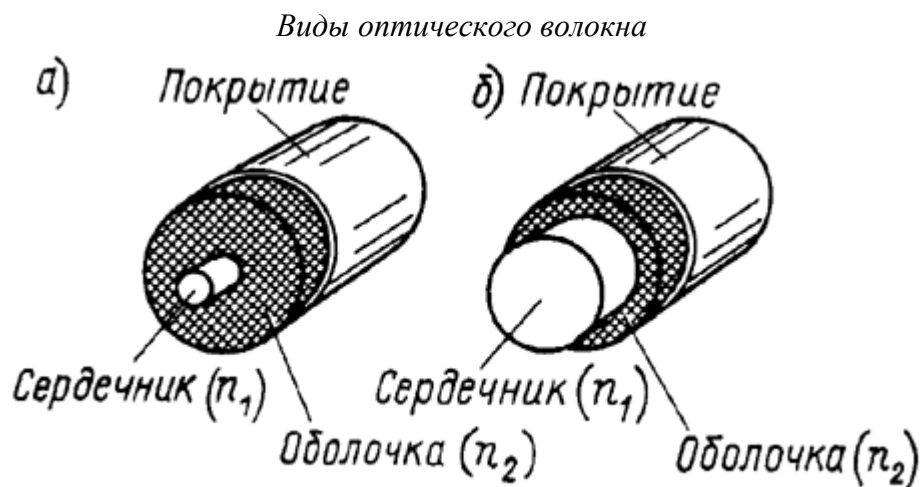


Рис. 24.

В технике используются как многомодовые, так и одномодовые оптические волокна. Многомодовые волокна имеют большой (примерно 50 мкм) диаметр сердечника, что облегчает их соединение друг с другом. Но поскольку групповая скорость света для каждой моды различна, то при передаче узкого светового импульса происходит его расширение (увеличение дисперсии). По сравнению с многомодовыми у одномодовых волокон преимущества и недостатки меняются местами: дисперсия уменьшается, но малый (5...10 мкм) диаметр сердечника значительно затрудняет соединение волокон этого типа и введение в них светового луча лазера.

Вследствие этого одномодовые оптические волокна нашли преимущественное применение в линиях связи, требующих высокой скорости передачи информации (линии верхнего ранга в иерархической структуре линий связи), а многомодовые чаще всего используются в линиях связи со сравнительно невысокой скоростью передачи информации. Имеются так называемые когерентные волоконно-оптические линии связи, где пригодны только одномодовые волокна. В многомодовом оптическом волокне

когерентность принимаемых световых волн падает, поэтому его использование в когерентных линиях связи непрактично, что и предопределило применение в подобных линиях только одномодовых оптических волокон. Многомодовые оптические волокна используются в сенсорной оптоэлектронике, за исключением датчиков-интерферометров. Это обстоятельство объясняется тем, что в датчиках длина используемых оптических волокон значительно меньше, чем в системах оптической связи.

Название одномодовое или многомодовое волокно произошло от количества мод или другими словами траекторий распространения светового импульса при прохождении его по оптоволокну.

В одномодовом оптоволокне образуется небольшое количество мод и условно считается, что свет в одномодовом оптоволокне распространяется по одной траектории, поэтому такие оптические волокна называют одномодовыми.

В многомодовом оптоволокне образуется большое число мод, поэтому такие волокна называют многомодовыми.

У одномодового оптоволокна СКС диаметр сердцевины составляет 8-10 мкм. Для идентификации оптического кабеля с одномодовыми оптоволокнунами на кабеле или в описании оптического кабеля можно встретить надписи 9/125 или 8-10/125.

При обозначении одномодового волокна используют две буквы SM (англ. акроним от слова SingleMode). У многомодовых оптоволокон внешний диаметр сердцевины может быть 50 мкм или 62.5 мкм. При описании оптического кабеля с многомодовыми волокнами можно встретить следующие обозначение 50/125, 62.5/125, где 50 и 62.5 это диаметр сердцевины волонка. Также можно встретить при обозначении многомодового волокна две буквы MM (англ. акроним от слова MultiMode).

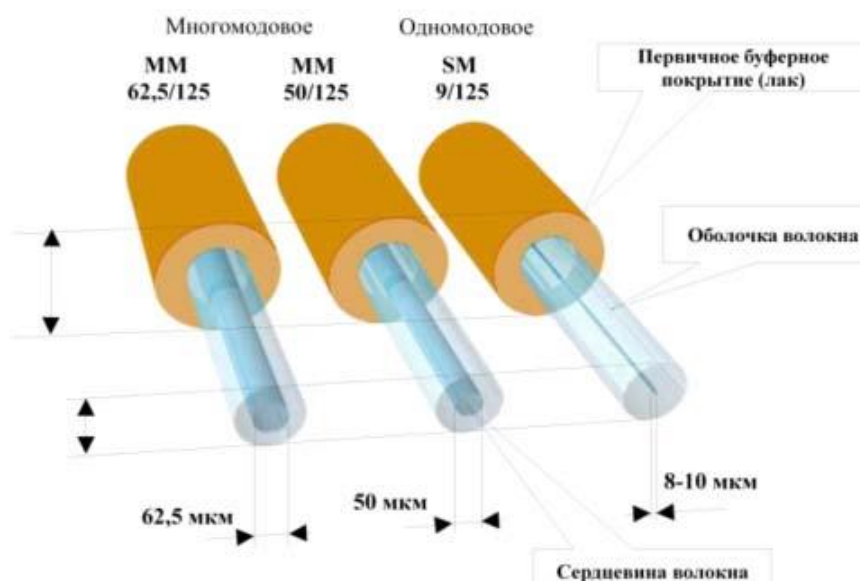


Рис. 25.

Для того, чтобы отличить многомодовое и одномодовое волокно необходимо использовать специальное оборудование, например микроскопы.

18. 3. Строительство ВОЛС.

Организация и особенности строительства ВОЛС. Строительство волоконно-оптических линий связи так же, как и электрических кабельных линий связи, осуществляется строительно-монтажными управлениями (СМУ), а также передвижными механизированными колоннами (ПМК), в системе которых организуются линейные или прорабские участки. Силами этих участков выполняются такие основные виды работ по строительству, как разбивка трассы линии и определение мест установки НРП на местности в соответствии с проектом на строительство, доставка кабеля, оборудования и других материалов на кабельную трассу, испытание, прокладка и монтаж кабеля и окончательных устройств, проведение приемосдаточных испытаний.

Строительство и реконструкция ВОЛС осуществляются по утвержденным техническим проектам. В процессе подготовки к строительству, как правило, выполняются следующие основные виды работ: изучается проектно-сметная документация; составляется проект производства работ (ППР); решаются организационные вопросы взаимодействия строительной организации с представителями заказчика; проводится входной контроль поставленного ОК; решаются задачи материально-технического обеспечения.

Прокладка ОК кабелеукладчиком. Строительство магистральных и внутризоновых ВОЛС характеризуется большой протяженностью, различными климатическими, почвенно-грунтовыми и топографическими условиями. Прокладку ОК осуществляют комплексные механизированные колонны, в состав которых входят строительные машины и механизмы общестроительного назначения (тракторы, бульдозеры, экскаваторы и др.), а также специальные машины и механизмы для прокладки кабеля (кабелеукладчики, тяговые лебедки, пропорщики грунта, машины для прокола грунта под препятствиями и др.).

Бестраншейный способ прокладки кабеля с помощью кабелеукладчика благодаря высокой производительности и эффективности является основным. Он широко применяется на трассах с различными рельефами местности и разными грунтами. Для прокладки используются кабелеукладчики с активными и пассивными рабочими органами. С помощью ножевого кабелеукладчика в грунте прорезается узкая щель, и кабель укладывается на её дно на заданную глубину залегания (0,9...1,2 м).

Монтаж ВОЛС. Важнейшей технологической операцией при монтаже ОК является сращивание ОВ, которое должно удовлетворять требованиям эксплуатации ВОЛС. Необходимо, чтобы эксплуатационная надежность стыков ОВ была не ниже, чем

самих ОВ, соответственно, соединение ОВ должно обладать достаточной механической прочностью, возможность возникновения дефектов в волокнах при подготовке концов ОВ к соединению при их сращивании должна быть сведена к минимуму.

Качество соединения ОВ определяется вносимым затуханием (потерями мощности оптического излучения). Известно, что величина потерь на месте стыка ОВ зависит от параметров соединяемых волокон и уровня технологии, выбранной для сращивания ОВ, в частности, потери определяются геометрическими размерами ОВ (диаметром сердцевины), числовой апертурой и их отклонениями, а также профилем показателя преломления. Кроме того, потери обусловлены наличием зазора между торцами соединяемых волокон, осевым и угловым смещениями осей сращиваемых ОВ, деформацией сердцевины при сварке, загрязнением сердцевины, образованием пузырьков газа, качеством подготовки торцов соединяемых ОВ. Места соединения ОВ защищают от воздействия внешней среды с помощью муфт. Как и для всех кабелей связи вообще, муфты ОК различают по назначению: для магистральных, внутризоновых и местных сетей связи; для кабелей, прокладываемых в канализации, в грунт и под водой; прямые и разветвительные муфты (перчатки). Конструкции муфт зависят от их назначения.

За рубежом наибольшее распространение для монтажа ОК находят различные варианты сборных муфт, которые могут использоваться многократно. Герметичность подобных муфт обеспечивается с помощью специальных прокладок, резьбовых и болтовых соединений.

Организация технической эксплуатации ВОЛС. Основной задачей технической эксплуатации ВОЛС является обеспечение качественной и бесперебойной их работы. Бесперебойная работа ВОЛС достигается постоянным техническим надзором за их состоянием, систематическим выполнением профилактических мероприятий по предупреждению повреждений и аварий, своевременным устранением возникающих неисправностей и проведением необходимых дополнительных работ.

Для повышения эффективности технической эксплуатации ВОЛС необходимо проводить систематический анализ состояния действующих оптических линейных трактов, своевременно выявлять причины и характер станционных и линейных повреждений, учитывать длительность перерывов связи, накапливать статистические данные о работе ВОЛС. С этой целью эксплуатационные предприятия должны вести производственную документацию.

Контрольные вопросы:

1. Что такое ВОЛС?
2. Назначение ВОЛС?
3. Виды оптических волокон?

Лекция №18.

Тема № 19. Радиолинии.

19. 1. Диапазоны частот и волн. Радиолинии.

В радиолиниях связи средой распространения электромагнитных волн в подавляющем большинстве случаев (за исключением случая связи между космическими аппаратами) является атмосфера Земли. На Рис. 26 приведено упрощенное строение атмосферы Земли.

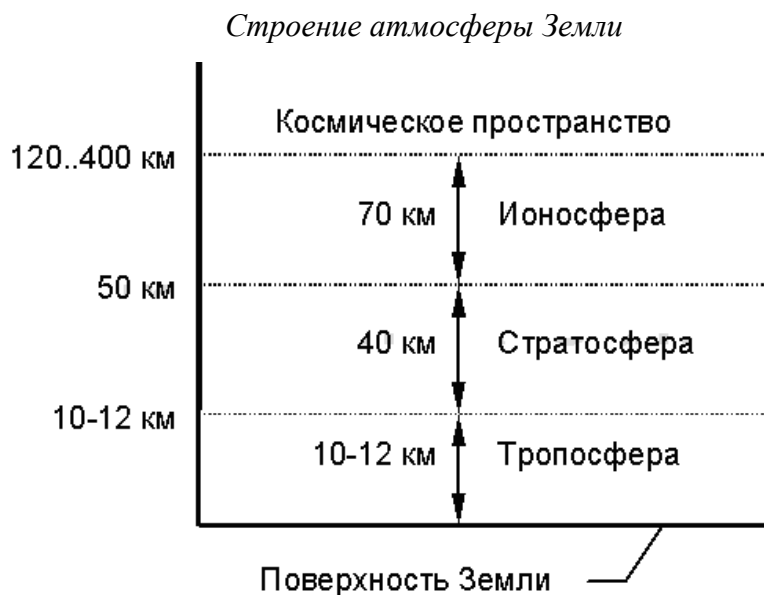


Рис.26

Реально строение атмосферы более сложно и приведенное деление на тропосферу, стратосферу и ионосферу достаточно условно. Высота слоев приведена приблизительно и различна для разных географических точек Земли. В тропосфере сосредоточено около 80% массы атмосферы и около 20% - в стратосфере. Плотность атмосферы в ионосфере крайне мала, граница между ионосферой и космическим пространством является условным понятием, так как следы атмосферы встречаются даже на высотах более 400 км. Считается, что плотные слои атмосферы заканчиваются на высоте около 120 км.

Типичный вид радиолинии показан на Рис. 5.12. Линия может состоять из двух конечных станций. Типичным примером таких радиолиний являются линии сетей передачи сообщений массового характера (сети телевизионного и радиовещания). Радиолиния может содержать несколько промежуточных переприемных станций. Так строятся линии радиорелейных систем передачи.

Типичный вид радиолинии

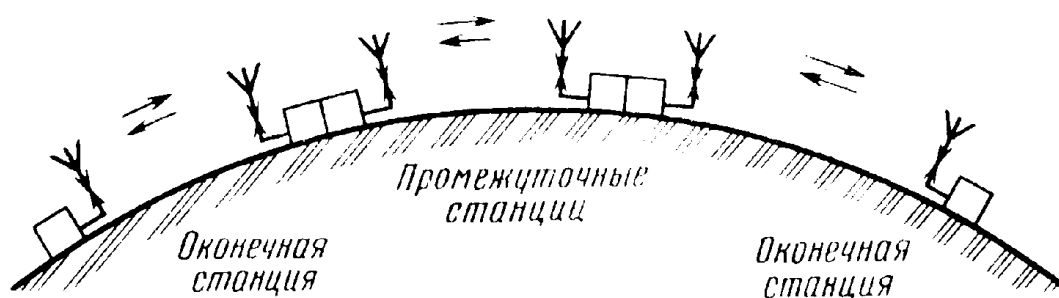


Рис.

Классификация и способы распространения радиоволн приведены в Табл. 1 и Табл.

2. Деление радиоволн на диапазоны установлено Международным регламентом радиосвязи МСЭ-Р.

Вид радиоволн	Тип радиоволн	Диапазон радиоволн (длина волны)	Номер диапазона	Диапазон частот	Вид радиочастот
Микрометровые	Сверхдлинные	10..100 км	4	3..30 кГц	Очень низкие (ОНЧ)
Километровые	Длинные	1..10 км	5	30..300 кГц	Низкие (НЧ)
Гектометровые	Средние	100..1000 м	6	300..3000 кГц	Средние (СЧ)
Декаметровые	Короткие	10..100 м	7	3..30 МГц	Высокие (ВЧ)
Метровые		1..10 м	8	30..300 МГц	Очень высокие (ОВЧ)
Дециметровые	Ультракороткие	10..100 см	9	300..3000 МГц	Ультравысокие (УВЧ)
Сантиметровые		1..10 см	10	3..30 ГГц	Сверхвысокие (СВЧ)
Миллиметровые		1..10 мм	11	30..300 ГГц	Крайневысокие (КВЧ)
Децимиллиметровые		0.1..1 мм	12	300..3000 ГГц	Гипервысокие (ГВЧ)

Табл.5.3

Вид радиоволн	Основные способы распространения радиоволн	Дальность связи
Микрометровые и километровые (сверхдлинные и длинные)	Дифракция	До тысячи км
	Отражение от Земли и ионосферы	Тысячи км
Гектометровые (средние)	Дифракция	Сотни км
	Преломление в ионосфере	Тысячи км
Декаметровые (короткие)	Преломление в ионосфере и отражение от Земли	Тысячи км
Метровые и более короткие	Свободное распространение и отражение от Земли	Десятки км
	Рассеяние в тропосфере	Сотни км

Радиоволны, излучаемые передающей антенной, прежде чем попасть в приемную антенну, проходят в общем случае сложный путь. На величину напряженности поля в точке приема оказывает влияние множество факторов. Основные из них:

- отражение электромагнитных волн от поверхности Земли;
- преломление (отражение) в ионизированных слоях атмосферы (ионосфере);

- рассеяние на диэлектрических неоднородностях нижних слоев атмосферы (тропосфере);
- дифракция на сферической выпуклости Земли;

Также напряженность поля в точке приема зависит от длины волны, освещенности земной атмосферы Солнцем и ряда других факторов.

Контрольные вопросы:

1. Виды радиоволн?
2. Типы радиоволн?
3. Виды радиочастот?

Тема № 20. Радиопередающие и

радиоприемные устройства.

Под радиопередающим устройством (РПДУ) понимают комплекс оборудования, предназначенный для формирования и излучения радиосигналов. Основными узлами РПДУ являются генератор несущей частоты и модулятор. В современных системах связи РПДУ содержит и другое оборудование, обеспечивающее совместную работу средств связи: источники питания, системы синхронизации, автоматического управления, контроля и сигнализации, защиты и т.д.

Обобщенная структурная схема радиопередающего устройства с амплитудной либо фазовой модуляцией сигналов приведена на рисунке 7.9.

Первичный сигнал, подлежащий передаче, поступает на входную цепь. Входная цепь обеспечивает согласование этого сигнала с РПДУ, в конечном итоге, это определяется параметрами модулированного радиосигнала, передаваемого в линию.

Генератор несущей частоты формирует колебания несущей частоты, которые и являются переносчиками сообщения. В современных системах связи генератор несущей частоты выполняют в виде синтезатора частот. Синтезатор частот - устройство, предназначенное для формирования в заданном диапазоне частот высоко стабильных колебаний, определяемых стабильностью параметров задающего генератора.

Модулятор - узел, в котором на параметры несущего колебания накладывается передаваемое сообщение. При формировании в РпДУ радиосигналов с амплитудной или фазовой модуляцией синтезатор частоты вырабатывает колебания с постоянной частотой. При дополнительном воздействии модулирующим сигналом на частоту выходного колебания синтезатора частот можно получить радиосигналы с частотной модуляцией.

Обобщенная структурная схема радиопередающего устройства



Рис.

Усилитель мощности предназначен для увеличения уровня радиосигнала до величины, определяемой мощностью излучаемого сигнала в системе связи. Необходимое согласование РПДУ с антенной обеспечивает выходная цепь.

Преимущества цифровых методов обработки информации (передача, хранение, преобразование) способствовали широкому распространению цифровых систем связи. Достоинством представления сигналов в цифровом виде является также ее универсальность, то есть независимость от природы передаваемых сообщений. Современные системы связи способны передавать не только дискретные сообщения, но и непрерывные (как по времени, так и по уровню). Для преобразования непрерывных сигналов в цифровые служат специальные устройства - аналого-цифровые преобразователи (АЦП).

В аналого-цифровом преобразователе из сигнала, непрерывного по времени, сначала выбирают значения сигнала в определенные моменты времени. Чаще всего такие отсчеты берут через одинаковые промежутки времени. Выбранные значения сигнала называют выборками, а операцию получения отсчетов называют дискретизацией по времени.

На следующем этапе обработки весь диапазон возможных значений сигнала разбивают на определенное количество интервалов и выясняют, к какому из этих интервалов относится значение текущей выборки. На этом этапе обработки за значение сигнала принимается не действительное значение выборки, а ближайшее к нему округленное значение сигнала. Это значение может соответствовать середине того интервала, в который попадает данный отсчет, либо другому значению из этого интервала (начало или конец этого интервала). Операция замены действительного значения сигнала ближайшим к нему округленным значением называется квантованием, а ширину этого интервала называют шагом квантования. Если все интервалы, на которые разбиваются возможные значения сигнала, одинаковые, то такое квантование называется равномерным. В некоторых случаях, например, при передаче речи, оказывается выгодным такие интервалы делать неодинаковыми. В таком случае говорят о неравномерном квантовании.

На последнем этапе аналого-цифровой преобразователь заменяет действительное значение выборки номером того интервала, в пределах которого находится значение данного отсчета. Операция замены значения отсчета номером (кодом) называется кодированием. Наибольшее распространение в современных системах получило представление отсчетов в виде двоичных кодов. Затем полученные коды передаются по системе связи.

Упрощенная структурная схема приемопередатчика цифровой системы связи приведена на рисунке. Рассмотрим работу этого устройства.

Приемопередатчик цифровой системы связи

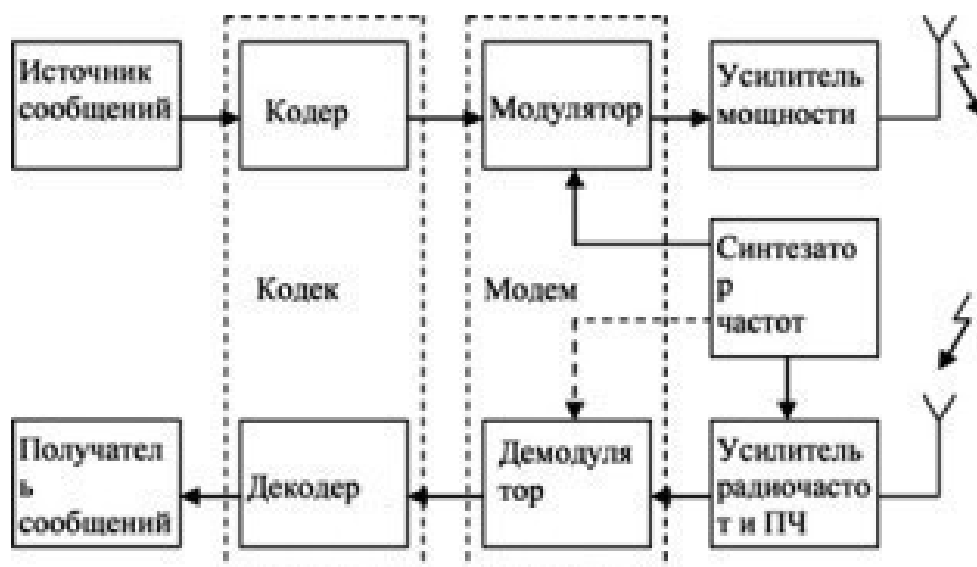


Рис.

Непрерывное сообщение от источника сообщений поступает на устройство, называемое кодером. Под кодированием в широком смысле понимают операцию преобразования отсчетов непрерывных сигналов в последовательность кодовых символов. В результате, на выходе кодера формируются электрические сигналы, соответствующие кодовой последовательности и определяемой передаваемым сообщением.

Кодовые сигналы в виде последовательности импульсов затем поступают на модулятор, на второй вход которого подается колебание несущей частоты с выхода синтезатора частоты. В модуляторе выполняется соответствующая модуляция (амплитудная, фазовая, частотная и т.д.) колебания несущей частоты в соответствии с поступающей кодовой последовательностью. Затем модулированные сигналы усиливаются до необходимого уровня с помощью усилителя мощности и излучаются передающей антенной.

Наведенные в приемной антенне электромагнитные излучения поступают на вход усилителя и преобразователя частоты, где выделяются и усиливаются колебания несущей частоты полезного сигнала. В демодуляторе выполняется демодуляция принимаемого сообщения, и на выходе демодулятора формируется последовательность импульсов, соответствующая последовательности импульсов передаваемого сообщения (на выходе кодера), которая поступает на декодер. В декодере выполняется операция, обратная кодированию, и восстановленное сообщение направляется получателю сообщений.

В одном приемопередающем устройстве кодер и декодер обычно объединяют в единый конструктивный узел (чаще - это одна микросхема) и объединенный блок кодер-декодер по первым буквам составляющих называют кодеком. Аналогично, объединенный блок модулятор-демодулятор называют модемом.

Радиопередающие устройства отличаются по назначению, условиям эксплуатации, виду модуляции радиосигналов и другим характеристикам.

К основным энергетическим показателям РПДУ относят величину мощности сигнала, подводимого к антенне, и коэффициент полезного действия. Различают пиковую мощность полезного сигнала РпДУ и усредненное значение мощности за определенный интервал времени. Коэффициент полезного действия - это отношение полезной мощности, подводимой к антенне, к мощности, потребляемой РпДУ от источника электропитания.

Под диапазоном частот, в котором работает данное РПДУ, понимают такую полосу частот, которая необходима для передачи полезных сигналов в системе связи и выделена данному РПДУ для формирования радиосигналов. К сожалению, кроме полезных сигналов, радиопередающие устройства излучают и побочные колебания.

Внеполосными излучениями называют такие сигналы, формируемые РПДУ, спектры которых расположены вне полосы, отведенной для данной системы связи. Внеполосные излучения являются источниками дополнительных помех для систем связи, работающих в других полосах частот.

Важной характеристикой систем связи является стабильность частоты излучаемых колебаний. Под нестабильностью частоты РПДУ понимают отклонение частоты излучаемых колебаний относительно номинального значения. Недостаточная стабильность частоты ухудшает качество связи и может являться причиной помех для радиотехнических устройств, работающих в смежных диапазонах частот.

По назначению радиопередающие устройства делят на связные и радиовещательные. По условиям эксплуатации РПДУ разделяют на стационарные и мобильные (устанавливаемые на подвижных объектах: самолетные, автомобильные, носимые и т.д.). РПДУ различаются также диапазоном рабочих частот, мощностью излучаемых колебаний и т.д.

Контрольные вопросы:

1. Что такое радиопередающее устройство?
2. Назначение модулятора в радиопередающем устройстве?
3. Назначение аналого-цифрового преобразователя?

Тема № 21. Принципы построения систем передачи с ЧРК.

Многоканальный системный передатчик (МСП)

МСП – совокупность технических устройств со средой распределения обеспечивающее образование линейного тракта первичной сети.

Классификация системы передач (КСП)

ЧРК – частотный разделитель каналов;

ВРК – временное разделение каналов.

Системы передач с частотным разделением каналов.

Модуляция – называется преобразование исходного сигнала на передаваемом конце путём наложения с низкочастотного на высокочастотные.

Демодуляция – называется преобразование высокочастотного сигнала на приёме сигнал путём удаления несущего сигнала с высокочастотного сигнала.

21. 1. Общие сведения о многоканальных системах передачи информации.

Дальность телеграфной и телефонной связи без применения промежуточных усилителей и трансляций сравнительно невелика.

Так как во многих случаях расстояния между пунктами управления довольно большие указанных в таблице, то необходимо иметь специальную аппаратуру для увеличения дальности телефонной и телеграфной связи.

Наряду с увеличением дальности связи возникает также задача наиболее эффективного использования проводных линий. Дело в том, что постройка (прокладка) и эксплуатация этих линий требуют затраты больших сил, средств и времени. Для уменьшения затрат целесообразно каждую цепь уплотнять несколькими, одновременно действующими телефонными и телеграфными каналами при помощи специальной аппаратуры.

Итак, средства дальней связи должны обеспечить решение двух задач.

1. Увеличение дальности телефонной и телеграфной связи по проводным линиям.

2. Уплотнение линий связи.

Развитие дальней связи в нашей стране началось в 1898 г., когда была открыта телефонная связь между Петербургом и Москвой. В 1915 г. В. И. Коваленков разработал

схему первого в мире двухстороннего телефонного усилителя. Такой усилитель был установлен в 1922 г. на линии Москва—Петроград. В дальнейшем промежуточные телефонные усилители низкой частоты получили довольно широкое применение как в народном хозяйстве, так и в армии. При помощи этих усилителей удалось увеличить дальность телефонной связи до 2000—3000 км по медным цепям и до нескольких сотен километров по стальным цепям. Однако качество связи из-за трудности настройки усилителей было невысоким. По этой причине двухсторонние телефонные усилители низкой частоты в последнее время не применяются.

Задачи увеличения дальности и уплотнения | линий связи лучше всего решаются при помощи аппаратуры высокочастотного (сокращенно ВЧ) телефонирования. В этой аппаратуре колебания звуковых частот, поступающие с телефонных аппаратов, преобразуются в колебания более высоких частот и затем передаются в линию. При этом каждый разговор занимает определенную полосу частот. На противоположной станции колебания различных высоких частот разделяются электрическими фильтрами по каналам, затем преобразуются в колебания звуковых частот и поступают на телефонные аппараты. Этим и достигается возможность осуществления нескольких одновременно действующих связей по одной цепи. Первые опыты ВЧ телефонирования были проведены в нашей стране в 1922 г. П. В. Шмаковым и Р. А. Куприяновым. В 1937 г. была построена самая длинная в мире постоянная воздушная линия связи Москва—Хабаровск протяженностью 8500 км. Цепи этой линии уплотнялись трехканальной аппаратурой ВЧ телефонирования, работающей в диапазоне 10—40 кгц. В 1941 г. на магистрали Москва—Ленинград была установлена двенадцати-канальная аппаратура ВЧ телефонирования, использующая диапазон частот 40—150 кгц.

После окончания Великой Отечественной войны в нашей стране развернулось строительство междугородных кабельных линий связи. Для их уплотнения создана специальная аппаратура ВЧ телефонирования на 12, 24 и 60 каналов (К-12, К-24 и К-60). В настоящее время применяются также междугородные коаксиальные кабели, уплотняемые аппаратурой ВЧ телефонирования К-1920. Эта аппаратура позволяет получить 1920 телефонных каналов в диапазоне частот до 8,5 Мгц.

Применение аппаратуры ВЧ телефонирования наряду с уплотнением цепей и повышением дальности телефонной связи решает также проблему получения большого числа телеграфных каналов с практически неограниченной дальностью действия. Для этой цели ВЧ телефонные каналы вторично уплотняются специальной аппаратурой тонального телеграфирования, позволяющей получить до 16 телеграфных каналов вместо одного телефонного. Разработана также аппаратура тонального телеграфирования, при помощи которой можно вторично уплотнять ВЧ канал, сохраняя по этому каналу

телефонную связь. В данной главе рассматриваются основные элементы и принципы работы аппаратуры дальней связи.

21. 2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МСПИ

Прежде чем перейти к изучению принципа ВЧ телефони-рования, необходимо познакомиться с основными элементами аппаратуры дальней связи: генераторами, усилителями, преобразователями и фильтрами.

Генераторы предназначены для создания незатухающих колебаний установленной частоты. Самовозбуждающийся генератор состоит из четырех элементов: колебательного контура, полупроводникового триода или электронной лампы, элемента обратной связи и источников питания.

Усилители предназначены для усиления колебаний различных частот. В зависимости от характера нагрузки различают резонансные усилители, нагрузкой которых являются одиночные колебательные контуры или система связанных контуров, и нерезонансные усилители, нагрузкой которых являются сопротивления или трансформаторы.

Преобразователи частоты предназначены для преобразования, т. е. для изменения частоты колебаний. Преобразователь должен обязательно содержать так называемые нелинейные элементы. В таких элементах нет прямой линейной зависимости между током и напряжением; форма тока, протекающего через нелинейный элемент, не повторяет форму приложенного напряжения. В качестве нелинейных элементов в современной аппаратуре дальней связи применяют полупро-водниковые диоды. Преобразователи частоты, включаемые в передающую часть аппаратуры, называют преобразователями передачи или модуляторами. Преобразователи частоты, включаемые в приемную часть аппаратуры, называют преобразователями приема или демодуляторами.

Электрические фильтры предназначены для разделения колебаний различных частот. Действие фильтров основано на зависимости величины реактивных (т. е. индуктивного и емкостного) сопротивлений от частоты. Как известно, индуктивное сопротивление прямо пропорционально частоте тока; емкостное же сопротивление обратно пропорционально частоте. С увеличением частоты индуктивное сопротивление возрастает, а емкостное умень-шается. Используя в различных сочетаниях реактивные со-противления, можно получить устройства, пропускающие токи каких-то одних частот и не пропускающие токи других частот.

В идеальных фильтрах затухание в полосе пропускания должно быть равно, нулю. Однако практически вследствие потерь в элементах фильтра и несогласованности с

сопротивлением нагрузки приходится считаться с наличием некоторого затухания и в полосе пропускания.

Фильтры нижних частот пропускают все частоты от 0 (т. е. начиная с постоянного тока) до граничной частоты. В последовательные плечи этих фильтров включают дроссели, а в параллельные — конденсаторы. Поэтому ФНЧ называют также дроссельными фильтрами и сокращенно обозначают буквой Д. Рядом с буквой ставится цифра, указывающая граничную частоту фильтра в кГц, например: Д-3,0, т. е. дроссельный фильтр, пропускающий все частоты до 3 кГц.

Для надежного разделения колебаний различных частот затухание фильтра в полосе задержания должно быть весьма большим. Для получения требуемого затухания фильтры составляют из нескольких звеньев

Фильтры верхних частот пропускают все частоты от граничной частоты f_0 до бесконечности. В последовательные плечи этих фильтров включают конденсаторы, а в параллельные — дроссели. Поэтому ФВЧ называют также конденсаторными фильтрами и сокращенно обозначают буквой К.

Полосовые фильтры пропускают определенную полосу частот от граничной частоты f_1 до граничной частоты f_2 . Полосовой фильтр можно получить последовательным соединением ФНЧ и ФВЧ. Так, например, если соединить последовательно фильтр Д-6,0 с фильтром К-3,0, то получится фильтр с полосой пропускания от 3 до 6 кГц.

Режекторные, или заградительные, фильтры пропускают все частоты, кроме какой-то одной частоты или узкой полосы частот, от граничной частоты f_1 до граничной частоты f_2 . Заградительный фильтр можно получить параллельным соединением ФНЧ и ФВЧ.

Понятие об уровнях передачи и остаточном затухании канала.

Уровнем передачи называют определенное соотношение между мощностью в рассматриваемой точке цепи и эталонным значением мощности. Аналогично определяются уровни передачи по напряжению и току.

Эталонными величинами в технике дальней связи принято считать: мощность 1 мВт, напряжение 0,775 в и ток 1,29 ма. Указанные значения мощности, напряжения и тока получаются при подключении так называемого нормального генератора, обладающего ЭДС 1,55 в и внутренним сопротивлением 600 ом, к согласованной нагрузке (600 ом).

Если в какой-либо точке цепи значения мощности, напряжения и тока равны эталонным величинам, то уровень передачи в этом месте цепи равен нулю. Следовательно, нулевому уровню передачи соответствует мощность сигнала, равная 1 мВт, напряжение 0,775 в и ток 1,29 ма.

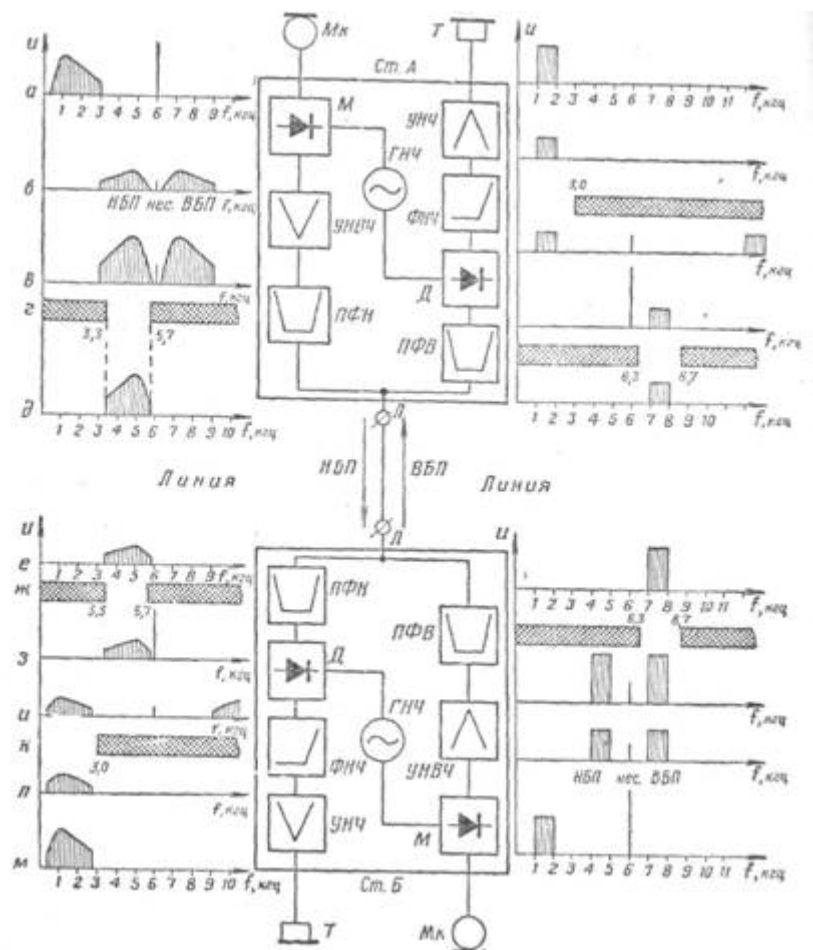
Очевидно, что если в какой-либо точке цепи значения мощности, напряжения и тока больше эталонных, то уровень передачи в этом месте цепи будет больше нуля, т. е. положительным. Аналогично при значениях мощности, напряжения и тока меньше эталонных уровень передачи является отрицательным.

Уровни передачи так же, как и затухание, измеряются в неперах. Если ток или напряжение возрастает в 2,72 раза, то уровень передачи увеличивается на 1 неп. Если ток или напряжение уменьшается в 2,72 раза, то уровень передачи уменьшается на 1 неп. Так, например, если ток в какой-либо точке цепи равен 3,5 ма (т. е. в 2,72 раза больше, чем 1,29 ма), то уровень передачи в этой точке равен + 1 неп (т. е. на 1 неп больше нулевого уровня). Если же в другой точке цепи ток равен 0,47 ма (т. е. в 2,72 раза меньше, чем 1,29 ма), то уровень передачи в этой точке равен —1 неп (т. е. на 1 неп меньше нулевого уровня).

При определении качества телефонных каналов дальней связи пользуются термином остаточное затухание канала. Остаточным затуханием называют алгебраическую сумму (т. е. сумму с учетом знаков) всех затуханий и усилений, действующих в канале. Так, например, если затухание цепи дальней связи составляет 4 неп, затухание всех элементов аппаратуры канала (фильтров, удлинителей, трансформаторов и др.) —2 неп, а усиление всех усилителей канала —5 неп, то остаточное затухание канала равно 1 неп ($4 + 2 - 5$).

Принцип построения многоканальных систем передачи с частотным разделением каналов.

На рис. изображены упрощенные блок-схемы двух установок ВЧ телефонирования: установки ст. А и установки ст. Б. Каждая установка состоит из тракта передачи, тракта приема и генератора несущей частоты.



В состав тракта передачи входят: преобразователь передачи (модулятор) М, усилитель напряжения высокой частоты УНВЧ и полосовой фильтр ПФН или ПФВ. К входу тракта передачи подключен микрофон.

В состав тракта приема входят: полосовой фильтр ПФВ или ПФН, - преобразователь приема (демодулятор) Д, фильтр нижних частот ФНЧ и усилитель низкой частоты УНЧ. К выходу тракта приема подключен телефон.

Общим элементом обоих трактов является генератор ГНЧ, вырабатывающий колебания несущей частоты 6 кгц.

Выход тракта передачи и вход тракта приема соединены с линейными зажимами, к которым подключается цепь дальней связи.

Схема рис. выполнена в однолинейном изображении: элементы аппаратуры соединены друг с другом однопроводными линиями. Такое изображение упрощает схему и облегчает усвоение принципа ее работы. В действительности для получения замкнутых электрических цепей соединения между элементами аппаратуры выполняются двухпроводными линиями; в некоторых случаях в качестве второго (обратного) провода используется корпус аппаратуры.

Рассмотрим принцип передачи разговорных сигналов в направлении от ст. А к ст. Б.

С микрофона на вход тракта передачи поступает разговорный сигнал /зв, в состав которого входят колебания различных частот и амплитуд. Предположим, что спектр частот сигнала находится в пределах 0,2—3,0 кгц (рис. 4.7, а). Одновременно к модулятору подводятся необходимые для преобразования колебания несущей частоты 6 кгц. В результате работы преобразователя на его выходе 'получаются модулированные колебания сложной формы (рис. 4.7,б). Эти колебания состоят в основном:

- из разностной, или нижней, боковой полосы частот, обозначаемой сокращенно НБП;

- из суммарной, или верхней, боковой полосы частот, обозначаемой сокращенно ВБП;

- из остатка несущей частоты.

НБП получается как разность между несущей частотой и звуковым сигналом: /нес — /зв = 6,0—(0,2-н 3,0) =3,0-ф-5,8 кгц. ВБП получается как сумма несущей частоты и звукового сигнала: /11ес+/3в=6,0 + (0,2-=-3,0) =6,2-9,0 кгц.

Колебания обеих боковых полос усиливаются в УНВЧ (рис) и поступают «а вход полосового фильтра ПФН, рассчитанного на пропускание НБП. Полоса пропускания этого фильтра, находящаяся в пределах 3,3—5,7 кгц, показана на рис. виде «ворот». Колебания ВБП и остаток несущей подавляются >в ПФН, а колебания НБП проходят через фильтр и поступают в линию (рис.). Необходимо отметить, что ширина боковой полосы частот, передаваемой в линию, ограничивается полосой пропускания фильтра. В рассматриваемом примере НБП на выходе модулятора занимала спектр частот 3,0—5,8 кгц, а на выходе ПФН -только 3,3—5,7 кгц.

Таким образом, колебания звуковой частоты преобразуются в тракте передачи установки ВЧ телефонирования в колебания более высокой частоты. Из всех продуктов преобразования в линию передается только одна из боковых полос частот. Вторая боковая полоса и несущая частота не передаются. Благодаря этому каждый ВЧ канал занимает в линии сравнительно узкую полосу частот, что позволяет получить в заданном спектре большее число каналов. Кроме того, отсутствие в линии несущей и второй боковой полосы частот уменьшает мешающее 'влияние на другие цепи и каналы.

Рассмотрим теперь принцип приема. Колебания НБП, претерпевшие в линии затухание, поступают на вход тракта приема установки ВЧ телефонирования ст. Б с уменьшенной амплитудой (рис.). Здесь они проходят через такой же ПФН, как в тракте передачи ст. А (рис.), и подаются на демодулятор. Сюда же поступает напряжение несущей частоты от ГНЧ установки ст. Б (рис). В результате работы преобразователя на

его выходе появятся колебания суммарной и разностной полос частот и остатка несущей частоты (рис. 4.7).

Суммарная полоса частот получается как сумма несущей и НБП: $D_{\text{с}} + 7_{\text{нбп}} = 6,0 + (3,3 - 5 - 5,7) = 9,3 - 11,7$ кГц.

Разностная полоса частот получается как разность несущей и НБП: $f_{\text{нес}} - f_{\text{нбп}} = 6,0 - (3,3 - 4 - 5,7) = 0,3 - 2,7$ кГц.

Так как на выходе демодулятора включен ФНЧ с частотой среза 3 кГц (рис.), то колебания полосы частот 9,3—11,7 кГц и остаток несущей частоты 6 кГц подавляются, а колебания звукового сигнала 0,3—2,7 кГц проходят через фильтр (рис), усиливаются в УНЧ и поступают в телефон (рис.). Таким образом, в конечном счете после всех преобразований телефон аппарата ст. Б принимает звуковой сигнал, переданный с микрофона ст. А. Правда, при этом полоса частот сигнала несколько сужается, что приводит к некоторому изменению тембра голоса абонента. Однако разборчивость передаваемого разговора ухудшается незначительно.

В обратную сторону, т. е. со ст. Б на ст. А, разговор передается по такому же принципу, но на другой боковой полосе частот. Если для передачи со ст. А на ст. Б использовалась НБП, то для передачи в обратном направлении используется ВБП. По графикам, расположенным в правой части рис, нетрудно проследить все преобразования при передаче сигнала, занимающего полосу частот 1—2 кГц, в направлении со ст. Б на ст. А.

Таков принцип ВЧ телефонирования. В чем же заключается его смысл? Зачем понадобилось колебания звуковой частоты преобразовывать «а одной станции в колебания высокой частоты, а на другой станции колебания высокой частоты снова преобразовывать в колебания звуковой частоты, когда можно без всяких преобразований передавать сигналы звуковой частоты по линии? Смысл ВЧ телефонирования заключается в возможности получения нескольких телефонных связей по одной цепи. Если включить на каждом конце цепи по одной установке, как показано на рис., то можно получить один дополнительный телефонный канал ВЧ, помимо обычного канала НЧ. Если же включить несколько установок с различными несущими частотами и полосовыми фильтрами, то можно получить несколько ВЧ каналов на одной цепи. Например, несущая частота установки первого ВЧ канала может составлять 6 кГц, второго ВЧ канала— 13 кГц и т. д. Таким образом, аппаратура ВЧ телефонирования позволяет осуществлять уплотнение цепей дальней связи.

Аппаратура ВЧ телефонирования разделяется на одноканальную и многоканальную. В одноканальной аппаратуре каждая установка •позволяет получить

один ВЧ канал. В мно-гоканальной аппаратуре в каждой установке размещено обо-рудование, позволяющее получить несколько ВЧ каналов.

Контрольные вопросы:

1. Назначение МСПИ?
2. Достоинство применения МСПИ?
3. Недостатки применения МСПИ?

Тема № 22. Принципы построения систем передачи с ВРК.

22. 1. Временное разделение каналов (ВРК), аналоговые методы передачи

Формирование сигнала линейного тракта систем передачи при ВРК и аналоговых методах передачи. При ВРК на передающей стороне непрерывные сигналы от абонентов передаются поочередно (рисунок)

Принцип временного разделения каналов

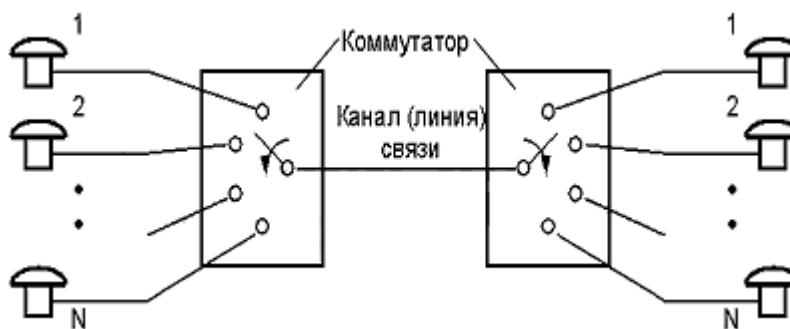


Рис.

Для этого эти сигналы преобразуются в ряд дискретных значений, периодически повторяющихся через определённые интервалы времени T_d , которые называются периодом дискретизации (смотри рисунок). Согласно теореме В.А. Котельникова период дискретизации непрерывного, ограниченного по спектру сигнала с верхней частотой F_v $\gg F_n$ должен быть равен

$$T_d = 1/F_d, F_d \geq 2F_v,$$

Преобразование сигналов при ВРК

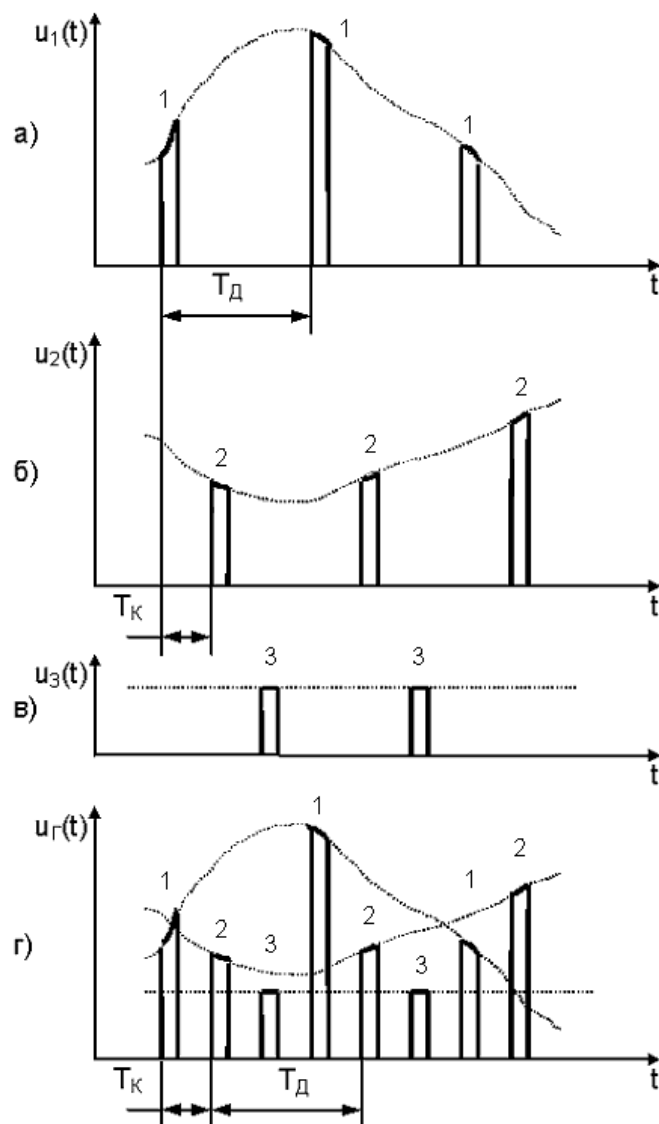


Рис.

Интервал времени между ближайшими импульсами группового сигнала T_k называется канальным интервалом или тайм-слотом (Time Slot).

Из принципа временного объединения сигналов следует, что передача в таких системах осуществляется циклами, то есть периодически в виде групп из $N_{гр} = N + n$ импульсов, где N – количество информационных сигналов, n – количество служебных сигналов (импульсов синхронизации – ИС, служебной связи, управления и вызовов). Тогда величина канального интервала $\Delta t_k = T_d / N_{гр}$.

Таким образом, при ВРК сообщения от N абонентов и дополнительных устройств передаются по общему каналу связи в виде последовательности импульсов, длительность каждого из которых $t_i < \Delta t_k$.

Групповой сигнал при ВРК с ФИМ

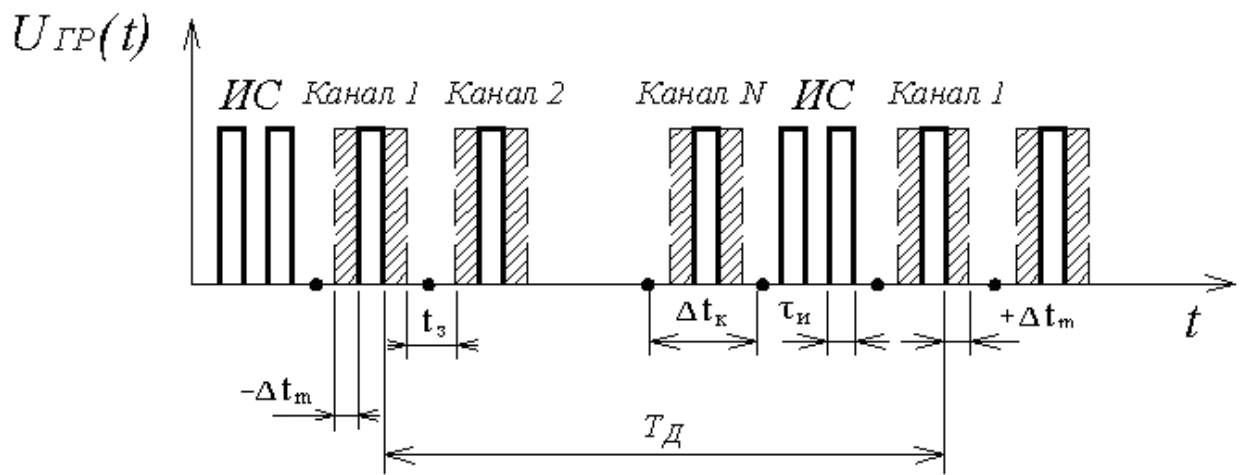
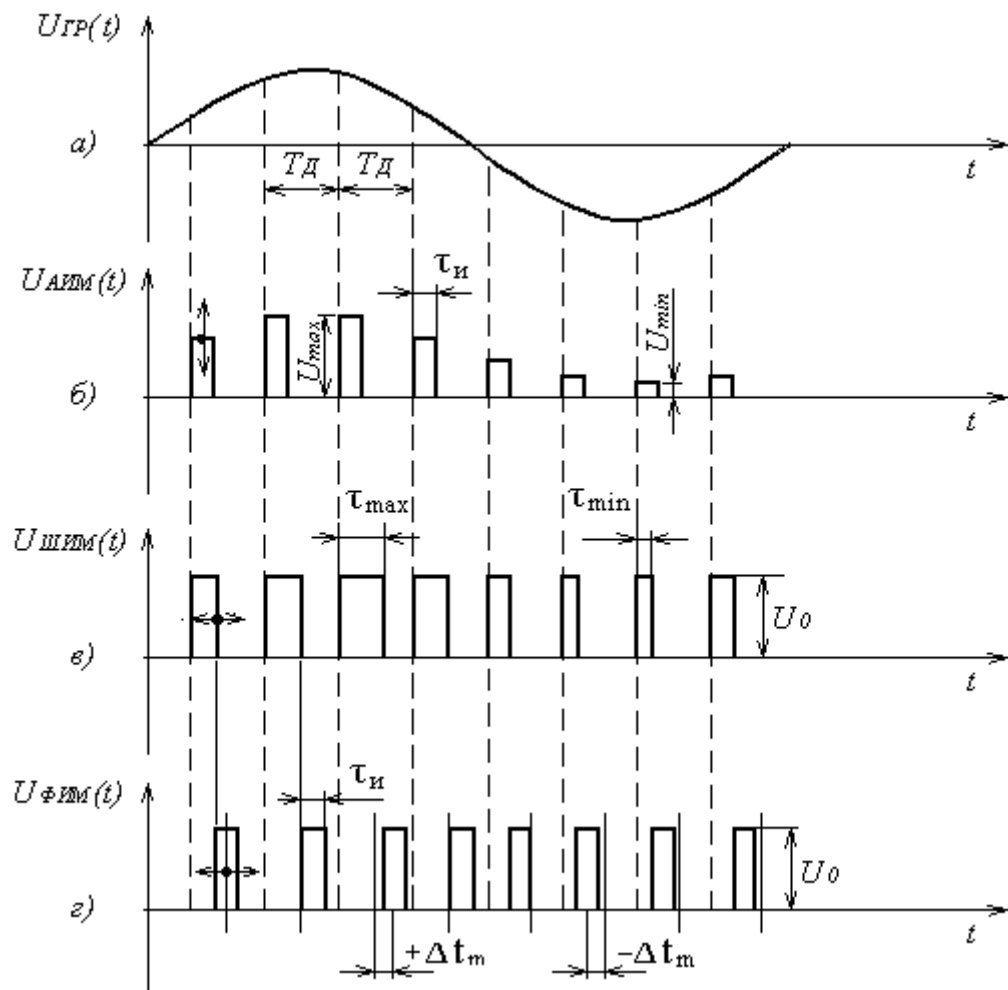


Рис.

При временном разделении каналов возможны следующие виды импульсной модуляции (рисунок): АИМ – амплитудно-импульсная модуляция; ШИМ – широтно-импульсная модуляция; ФИМ – фазоимпульсная модуляция.

Модуляция канальных импульсов при ВРК: а) непрерывное сообщение; б) АИМ; в) ШИМ; г) ФИМ



Каждый из перечисленных методов импульсной модуляции имеет свои достоинства и недостатки. АИМ – проста в реализации, но плохая помехоустойчивость. Используется как промежуточный вид модуляции при преобразовании аналогового сигнала в цифровой.

При ШИМ спектр сигнала меняется в зависимости от длительности импульса. Минимальному уровню сигнала соответствует минимальная длительность импульса и, соответственно, максимальный спектр сигнала. При ограниченной полосе канала такие импульсы сильно искажаются.

В аппаратуре с ВРК и аналоговыми методами модуляции наибольшее применение получила ФИМ, так как при её использовании можно уменьшить мешающее действие аддитивных шумов и помех путём двухстороннего ограничения импульсов по амплитуде, а также оптимальным образом согласовать неизменную длительность импульсов с полосой пропускания канала. Поэтому в системах передачи с ВРК используется, в основном, ФИМ.

Характерной особенностью спектров сигналов при импульсной модуляции является наличие составляющих с частотами $\Omega_n \dots \Omega_v$ передаваемого сообщения $u_k(t)$ (рисунок 4.3). Эта особенность спектра указывает на возможность демодуляции АИМ и ШИМ фильтром нижних частот (ФНЧ) с частотой среза, равной Ω_v . Демодуляция не будет сопровождаться искажениями, если в полосу пропускания ФНЧ не попадут составляющие нижней боковой полосы $(\omega_d - \Omega_v) \dots (\omega_d - \Omega_n)$, а это условие будет выполняться, если выбрать

$$F_d > 2F_v ,$$

что соответствует условию (4.11). Обычно принимают $\omega_d = (2.3 \dots 2.4)\Omega_v$ и при дискретизации телефонного сообщения с полосой частот $0.3 \dots 3.4$ кГц частоту дискретизации $F_d = \omega_d/2\pi$ выбирают равной 8 кГц, а период дискретизации $T_d = 1/F_d = 125$ мкс.

При ФИМ составляющие спектра модулирующего сообщения ($\Omega_n \dots \Omega_v$) зависят от его частоты и имеют малую амплитуду, поэтому демодуляция ФИМ производится только путём преобразования в АИМ или ШИМ с последующей фильтрацией в ФНЧ.

22. 2. Принципы построения аппаратуры с ВРК

На рисунке приведена упрощённая структурная схема оконечной станции многоканальной системы с ВРК. Непрерывное сообщение от каждого из абонентов $u_1(t) \dots u_N(t)$ через соответствующие дифференциальные системы ДС1 ... ДС_N подаются на

входы канальных модуляторов КМ1 ... КМN. В канальных модуляторах в соответствии с передаваемым сообщением производятся модуляции импульсов, следующих через период дискретизации T_d , по одному из параметров, например, ФИМ. В соответствии со значением передаваемого непрерывного сообщения (рисунок, а) в момент отсчёта при ФИМ происходит изменение положения импульса постоянной амплитуды и длительности относительно середины канального интервала от $+\Delta t_m$ до $-\Delta t_m$ (рисунок 4.12, г). Промодулированные импульсы с выхода КМ, импульсы синхронизации от генератора синхронизации (ГИС), а также импульсы датчика служебной связи (ДСС), датчика сигналов управления и вызовов (ДУВ) объединяются. В результате получается групповой сигнал $игр(t)$. Для обеспечения работы канальных модуляторов и дополнительных устройств последовательности импульсов с частотой дискретизации F_d , сдвинутые относительно первого канала на $i\Delta t_k$, где i – номер канала. Таким образом, моменты начала работы КМ определяются запускающими импульсами от РК, который определяет моменты подключения к общему широкополосному каналу соответствующего абонента или дополнительного устройства.

Полученный групповой сигнал $игр(t)$ подаётся на вход регенератора (Р), который придаёт дискретным сигналам различных каналов одинаковые характеристики, например одинаковую форму импульса. Все устройства, предназначенные для образования сигнала $игр(t)$: КМ1 ... КМN, РК, ГИС, ДУВ, ДСС, Р – входят в аппаратуру объединения сигналов (АО), которая осуществляет объединение во времени всех сигналов и формирует групповой сигнал. Далее сигнал может передаваться на следующую станцию по проводным соединительным линиям или с помощью радиосвязи.

Упрощённая структурная схема оконечной станции системы связи с ВРК

импульсов группового сигнала $u_{гр}(t)$. Наиболее целесообразным при ФИМ оказалось применение сдвоенных ИС, для передачи которых выделяют один из канальных интервалов Δt_k в каждом периоде дискретизации T_d (смотри рисунок).

Определим число каналов, которое можно получить в системе с ФИМ. На рисунке показана последовательность импульсов при многоканальной передаче с ФИМ. Из рисунка следует, что

$$T_d = (2\Delta\tau_{\max} + \tau_z)N_{гр},$$

где τ_z – защитный интервал; $\Delta\tau_{\max}$ – максимальное смещение (девиация) импульсов. При этом полагаем, что длительность импульсов мала по сравнению с τ_z и $\Delta\tau_{\max}$.

Из формулы получаем

$$N_{гр} = \frac{T_d}{2\Delta\tau_{\max} + \tau_z};$$

Максимальная девиация импульсов при заданном количестве каналов

$$\Delta\tau_{\max} = \frac{T_d}{2N_{гр}} - \frac{\tau_z}{2},$$

Принимаем, поэтому

$$\Delta\tau_{\max} = \frac{2}{7} \frac{T_d}{N_{гр}}.$$

Учитывая, что при телефонной передаче $T_d = 125$ мкс, получим при $N_{гр} = 6$ $\Delta\tau_{\max} = 8$ мкс, при $N_{гр} = 12$ $\Delta\tau_{\max} = 3$ мкс и при $N_{гр} = 24$ $\Delta\tau_{\max} = 1.5$ мкс. Помехоустойчивость системы с ФИМ тем выше, чем больше $\Delta\tau_{\max}$.

При передаче сигналов с ФИМ по радиоканалам на второй ступени (в радиопередатчике) может использоваться амплитудная (АМ) или частотная (ЧМ) модуляция. В системах с ФИМ – АМ обычно ограничиваются 24 каналами, а в более помехоустойчивой системе ФИМ – ЧМ – 48 каналами.

Контрольные вопросы:

1. Что включает в себя система многоканальной связи? Поясните её работу.
2. В чём состоит принцип частотного разделения каналов?
3. Дайте определение модулятору. Что является полезными продуктами модуляции?
4. Сколько составляет длительность цикла при передаче телефонных сообщений с ВРК, почему?
5. Для чего нужны амплитудные ограничители в системах передачи с ЧРК?
6. Для чего используются частотные фильтры в системах передачи с ВРК?

7. В чём состоит принцип временного разделения каналов?
8. Поясните назначение дифсистемы (упрощённая структурная схема оконечной станции системы связи с ВРК), каким требованиям должны удовлетворять такие устройства?
9. Какие виды импульсной модуляции возможны при временном разделении каналов?
10. Какой параметр сигнала является носителем информации в сигналах с АИМ, ФИМ, ШИМ?
11. Для чего передают импульсы синхронизации?
12. Перечислите виды синхронизаций по назначению.
13. Чем обусловлены взаимные помехи, возникающие при разделении каналов? Что делают для снижения уровня взаимных помех?

Лекция 22.

Тема № 23. Система передачи ИКМ-30.

Система передачи ИКМ-30 предназначена для организации пучков каналов ТЧ по соединительным линиям между городскими и пригородными АТС, а также АТС и АМТС по методу импульсно-кодовой модуляции с временным разделением каналов и скоростью передачи 2048 кбит/с.

Система передачи ИКМ-30 позволяет организовать 30 каналов ТЧ и рассчитана на работу по симметричным парам низкочастотных кабелей с бумажной изоляцией Т-0,5; Т-0,6; Т-0,7; ТПП-0,5; ТПП-0,7 по однокабельной и двухкабельной схемам. При организации системы по однокабельной схеме выбираются пары с наибольшей защищенностью. Кроме передачи телефонной информации в системе могут быть организованы один канал звукового вещания в полосе 50... 10 000 Гц (вместо 1-, 9-, 16- и 22-го каналов ТЧ), девять каналов для передачи дискретной информации со скоростью 8 кбит/с, два канала сигналов управления и взаимодействия на каждый канал ТЧ, а также каналы служебной связи и телеконтроля.

В системе передачи ИКМ-30 связь организуется на расстояние 50... 106 км с размещением на линии не менее одного обслуживаемого регенерационного пункта ОРП и необслуживаемых пунктов НРП, необходимых для восстановления цифрового линейного сигнала. Дальность связи зависит от типа кабеля и схемы организации связи. Через 1,5..2,7 км вдоль линии размещаются НРП, расстояние между которыми также определяется типом кабеля.

Сформированный групповой сигнал со скоростью 2048 кбит/с передается по линии трехуровневым (квазитроичным) кодом с высокой плотностью единиц ЧПИ. Основная энергия в таких кодах сосредоточена на полутактовой частоте, которая для системы передачи ИКМ-30 равна 1024 кГц. Сигнал на этой частоте ослабляется на длине регенерационного участка на 8...36 дБ (в зависимости от типа кабеля). Амплитуда импульса на выходе станции или регенератора ± 3 В $\pm 10\%$. Телефонные сигналы аналогового вида преобразуются в импульсно-кодовую последовательность с частотой дискретизации 8 кГц в восьмиразрядном двоичном коде. Кодирование осуществляется по закону $A-87,6/13$

Напомним, что в основе построения аналоговых систем передачи (с ЧРК) лежат принципы частотного группообразования, т. е. формирование (или выстраивание) каналов ТЧ и групповых трактов по частотному диапазону. Принципы построения цифровых систем передачи (с ВРК) основаны на разделении каналов и групповых трактов во

времени, г. е. каждому каналу отводится определенный интервал времени, или каналный интервал КИ, в течение которого передается сигнал этого канала. Для цифровых систем передачи процесс временного группообразования заключается в выстраивании КИ разделяемых каналов за определенный период времени или цикл.

В системе передачи ИКМ-30 цикл длительностью 125 мкс включает 32 каналных интервала по числу каналов в системе. Два КИ используются для передачи сигналов синхронизации, управления и взаимодействия с АТС. Длительность КИ составляет 3,91 мкс. В этом отрезке времени распределены восемь разрядов, длительность каждого из которых равна 488 нс (наносекунд). Шестнадцать циклов образуют сверхцикл. Сверхцикловая синхронизация передается символами 0000, а цикловая — 0011011.

Комплекс аппаратуры системы передачи ИКМ-30 состоит из стоек аналого-цифрового оборудования САЦО, оборудования линейного тракта СОЛТ и оконечного оборудования СОО (СОО-С).

Конструктивно стойки выполнены в виде каркаса с габаритными размерами 2600X600X225 мм с односторонним заполнением и врубными блоками. Необслуживаемый регенерационный пункт НРП К12 состоит из герметичного контейнера размером 480X380X310 мм, в котором размещаются до 12 блоков линейных регенераторов ЛР. Контейнеры НРП-К12, находящиеся под избыточным давлением, устанавливаются в смотровых колодцах ГТС, подъездах и нишах домов. В состав комплекса аппаратуры входят также специальные контрольно-измерительные приборы: пульт дистанционного контроля регенераторов ПДКР для определения номера неисправного регенератора; измеритель шумов квантования ИШК для измерения от ношения сигнал-шум, квантования; прибор для контроля верности ПКД для определения частоты ошибок и оценки амплитуды импульсов на выходе регенератора; пульт контроля согласующих устройств ПКСУ.

На коротких линиях используются комплекты дистанционного питания ДП с напряжением 16...48 В, которые обеспечивают электропитанием два НРП. На линиях свыше 10 км источники ДП с напряжением 35...245В обеспечивают электропитанием до восьми ЛР, установленных на линии. Устройства телеконтроля с помощью передачи контрольных частот обеспечивают определение неисправности линейного регенератора на секции до девяти НРП. К каждому блоку КР подключается до 12 регенераторов. Контроль осуществляется с пульта ПДКР, расположенного в ОП (ОРП), подачей тест сигналов и выработкой ответной информации с неисправного НРП. Телеконтроль обеспечивает также определение места понижения давления, участка обрыва цепи ДП, номера вскрытого НРП. Секции телеконтроля и ДП совпадают.

Сигнализация и индикация повреждений и аварий выведена на панель обслуживания стойки СОЛТ. Служебная связь организуется по одной или двум парам кабелей с подключением до десяти регенерационных пунктов. Каждому пункту присваивается своя вызывная частота. В пункте канал СС может разветвляться на три направления и работать по двух- или четырехпроводной схеме. Вызов пункта ОП (ОРП) из НРП осуществляется с помощью аппарата обходчика, который подключается без вскрытия крышки НРП. Ниже приводятся основные электрические параметры системы передачи ИКМ-30.

- Скорость передачи в линейном тракте, кбит/с ... $2048(1\pm 3)\times 10^{-5}$
- Тип линейного кода ... ЧПИ с поочередной инверсией единиц
- Среднее время восстановления циклового или сверхциклового синхронизма, мс ... 2
- Частота дискретизации сигналов в канале ТЧ, ... 8
- Число разрядов кода ... 8
- Псофометрическая мощность шума, дБ ... -65
- Защищенность от внятных переходных влияний между каналами одной системы, дБ ... 68
- Защищенность от внятных переходных влияний между каналами различных систем, дБ ... 74
- Максимальное затухание регенерационного участка, дБ ... 36
- Максимальная длина линейного тракта, км ... 50-106
- Напряжение ДП, В ... 16-245
- Максимальная длина секции дистанционного питания, км ... 30-54

Контрольные вопросы:

1. Назначение ИКМ 30?
2. Сколько каналов ТЧ может организовать ИКМ 30?
3. Какая скорость передач в ИКМ 30?

Лекция 23.

Тема № 24. Система передачи ИКМ-120.

Вторичная цифровая система передачи ИКМ-120 предназначена для организации пучков каналов ТЧ на местной и внутризонавой первичных сетях, обеспечивая передачу всех видов сигналов электросвязи, предусмотренных ВСС. В системе передачи используются высокочастотные симметричные кабели МКСА 1Х4Х1.2; ЗКЛШ 1Х4Х1.2; МКСАП 4Х4Х1.2; МКСБ 4Х4Х1.2; МКСБ 7Х4Х1.2. Работа системы организуется по двухкабельной четырехпроводной однополосной схеме, т.е. для образования линейного тракта прямого и обратного направлений используется одна симметричная пара в каждом кабеле.

По двум кабельным парам передаются сигналы 120 каналов 14 методом импульсно-кодовой модуляции с временным разделением каналов и скоростью передачи 8448 кбит/с с помощью посимвольного объединения. Аппаратура позволяет выполнять синхронное и асинхронное объединение (и разделение на приеме) четырех первичных цифровых потоков, передаваемых со скоростью 2048 кбит/с, во вторичный цифровой поток 8448 кбит/с.

Взаимодействие данной системы передачи с аналоговыми системами осуществляется как по каналам ТЧ, так и с организацией передачи вторичной группы 312...552 кГц в цифровой форме вместо трех первичных цифровых потоков (2048Х3 кбит/с). В этом случае аппаратура работает в синхронно-синфазном режиме. Кроме того, в системе могут быть организованы 40 цифровых каналов с пропускной способностью 8 кбит/с и канал звукового вещания второго класса (вместо четырех каналов ТЧ в каждом первичном цифровом тракте).

На местных первичных цифровых сетях ВСС вторичная цифровая система передачи ИКМ-120 (ВЦСП) используется на соединительных линиях между двумя АТС. Для стыка ВЦСП и АТС устанавливаются согласующие устройства СУ, обеспечивающие взаимодействие с различными типами АТС.

Максимальная протяженность связи, организованной с помощью ВЦСП на местных сетях составит около 100 км при питании с одного ОП и 200 км при питании с двух ОП. На внутризонавых первичных сетях максимальная дальность связи достигает 600 км при организации двух ОРИ. Сигнал в кабеле ослабляется при передаче на 55 ± 10 дБ на полутактовой частоте 4224 кГц. Для его восстановления, примерно через каждые 5 км устанавливаются регенераторы, что позволяет разместить до 39 НРП между двумя ОРП.

Линейный сигнал передается в квазитроичном коде КВП-3 или ЧПИ с высокой плотностью единиц, который не содержит более трех нулей подряд. В таком коде две трети энергии сигнала сосредоточено на полутактовой частоте 4224 кГц. на которой нормируются также параметры линейного тракта ВЦСП. Амплитуда положительных и отрицательных импульсов на выходе регенератора составляет $3 \pm 10\%$ В на нагрузке 150 ± 3 Ом при длительности импульса $59 \pm 10\%$ не на уровне половины амплитуды.

Допускается отклонение скорости передачи на +42 бит/с. Кодирование телефонных сигналов осуществляется в восьмиразрядном двоичном коде. Пропускная способность основного цифрового канала ТЧ составляет 64 кбит/с. Групповой телефонный сигнал в спектре 312...552 кГц кодируется 11-разрядным кодом с частотой дискретизации сигнала 512 кГц по закону компандирования А-5,4/5. Аналого-цифровое преобразование сигналом звукового вещания осуществляется на частоте дискретизации 32 кГц. На максимальной длине линейного тракта 600 км допускается частота ошибки не более 10^{-7} .

Временной спектр вторичного цифрового сигнала, или цикл, состоит из последовательно следующих друг за другом четырех субциклов СЦО, СЦ1, СЦ2 и СЦ3. Субцикл содержит 264 позиции, в каждой из которых размещается один символ информационного сигнала или сигналов управления и служебной связи. Продолжительность цикла составляет 125 мкс, субцикла 31,25 мкс, позиции (символа). 118,4 нс, канального интервала 0,95 мкс. Символы цикловой синхронизации имеют вид И 100110 и передаются на первых восьми позициях СЦО. Остальные 256 позиций СЦО используются для передачи информационных символов

При формировании вторичного временного сигнала используется двустороннее согласование скоростей и двухкомандное управление. Сигналы управления команды согласования скоростей передаются в СЦ1, СЦ2 на позициях 1—4, в СЦ3 — на позициях 1—6 и 9—12. В СЦ1 на позициях 5—8 передаются сигналы служебной связи, а в СЦ2 на позициях 5—8 — сигналы дискретной информации. Ниже приводятся основные электрические характеристики системы передачи ИКМ-120.

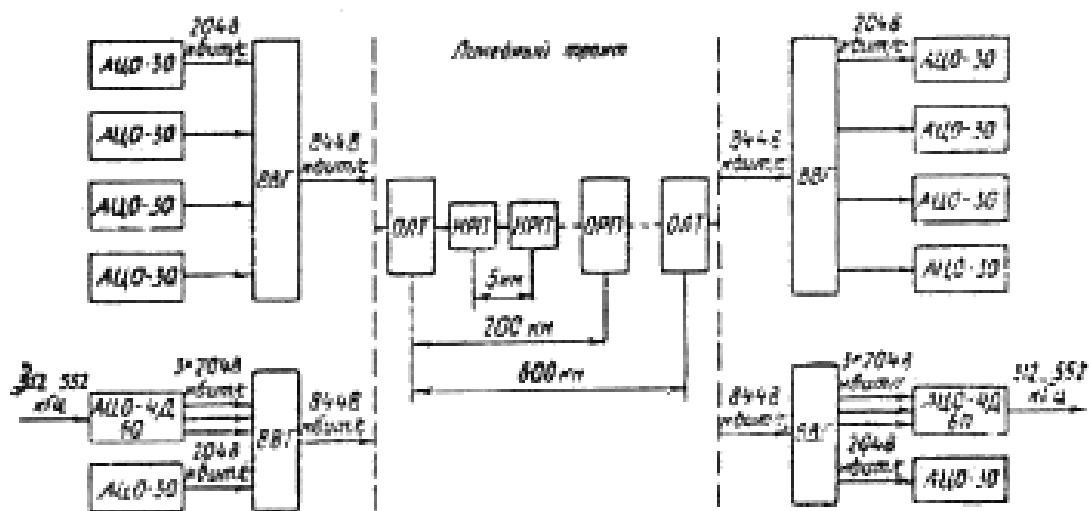
- Скорость передачи информации в линейном тракте, кбит/с ... $8448 (1 \pm 2) \cdot 10^{-5}$
- Тактовая частота, кГц ... 8448
- Частота следования циклов, кГц ... 8
- Номинальное усиление регенератора на полутактовой частоте 4224 кГц, дБ ... 55
- Пределы регулирования АРУ на полутактовой частоте, дБ ... +10 -15
- Среднее время восстановления циклового синхронизма, мс ... 0,75
- Среднее время восстановления циклового синхронизма АЦО-ЧРК-2, мс ... 0,1
- Максимальное напряжение ДП, В ... 980

В состав оборудования системы передачи ИКМ-120 входят: стойка линейного оборудования СЛО стойка вторичного временного группообразования СВВГ, стойка аналого-цифрового преобразования сигнала вторичной группы в спектре 312...552 кГц САЦО-ЧД, необслуживаемые регенерационные пункты грунтового типа НРП-Г8, колодезного НРП-К4 и устанавливаемые на опорах НРП-02. Первичный цифровой поток формируется с помощью каналообразующего оборудования стойки САЦО системы передачи ИКМ-30.

В состав комплекса аппаратуры ИКМ-120 входит также следующая контрольно-измерительная аппаратура: пульт для настройки и проверки регенераторов ПНПР; пульт для испытания линейных трактов и регенераторов ПИЛТ, который позволяет измерить коэффициент ошибок в линейном тракте как с перерывом, так и без перерыва связи; измеритель рабочего и переходного затухания кабельных линий ИЗКЛ.

Стойка линейного оборудования СЛО предназначена для организации линейных трактов со скоростью передачи 8448 кбит/с, включения в линию, подачи дистанционного питания на НРП, обеспечения телеконтроля и сигнализации о состоянии линейного тракта, согласования линейного тракта с оборудованием стойки СВВГ. На стойке размещаются блоки дистанционного питания ДП, комплекты линейного тракта КЛТ, панель обслуживания ПО-Л, устройства ввода УВ.

Стойка вторичного временного группообразования СВВГ предназначена для объединения и разделения четырех цифровых потоков со скоростью передачи 2048 кбит/с. непрерывного контроля комплектов вторичного времени группообразования ВВГ. введения и организации цифрового канала служебной связи, сигнализации и индикации о видах аварии. На стойке устанавливаются от одного до восьми комплектов ВВГ при напряжении питания -60 В и до четырех комплектов ВВГ при напряжении питания -24 В. При любой комплектации на стойке СВВГ устанавливается панель обслуживания ПО-В.





С 1989г. промышленность производит серийный выпуск комплекта аппаратуры ЦСП ИКМ-120У. Комплекс аппаратуры ИКМ-120У предназначен для организации методом импульсно-кодовой модуляции не менее 120 телефонных каналов по проводам симметричного кабеля. Комплекс аппаратуры ЦСП ИКМ-120У предназначен для развития внутризоновой связи при реконструкцией линий на 1-но четверочных и 4-х четверочных кабелях, оборудованными системами типа К-60П. Допускается сосуществование ИКМ-120У и К-60П в разных четверках одного кабеля. Аппаратура обеспечивает передачу всех видов информации, в дискретном виде предусмотренных в ВСС РФ, и основана на принципах временного группообразования, заключающегося в объединении на передаче и разделении на приеме 4 цифровых потоков со скоростью 2048кбит/с.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

ИКМ-120У представляет собой 2-кабельную 4-проводную однополосную систему уплотнения высокочастотных симметричных одно и много четверочных кабелей типа ЗКП, ЗКА, МКС. Аппаратура ИКМ-120У позволяет организовывать по вышеуказанным типам кабелей: до 120 цифровых каналов ТЧ или 60 аналоговых каналов ТЧ и 30 цифровых каналов ТЧ (при использовании аппаратуры САЦО-21) или 24 канала вещания высшего класса или 48 каналов вещания второго класса или 12 каналов стереовещания (при использовании аппаратуры цифрового звукового вещания ИКМ-6/12 "ЦКА").

По сравнению с системой К-60П, ИКМ-120У имеет следующие преимущества:

- Удвоение числа каналов.
- Высокую помехозащищенность цифрового сигнала практическое отсутствие накопления помех по длине магистрали.

- Отсутствие необходимости симметрирования кабеля при работе при работе нескольких цифровых трактов в одном кабеле.
- Возможность-100% загрузки каналов нетелефонными видами информации (вещание, передача данных и др.)
- Наличие каналов служебной связи в групповых трактах.
- Отсутствие необходимости регулировок при настройках работ.
- Возможность работы в одном кабеле одновременно с системой К-60П.

От ВЦСП ИКМ-120А аппаратура ИКМ-120У отличается меньшими габаритами и потреблением электропитания (в 2 раза по оборудованию устанавливаемому в ОП, и в 3 раза по оборудованию устанавливаемого в ОРП) за счет использования современной электронной базы и новых прогрессивных технологических и конструктивных средств, более высокой надежностью, а также более высокими эксплуатационными характеристиками сервисных систем.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ.

Скорость передачи основного линейного сигнала - 8448 Кбит/с. Длина переприемного участка по ТЧ - 600км.

Номинальная протяженность регенерационного участка (между двумя соседними НРП или ОП и ближайшим НРП) составляет 5км.

Номинальное затухание участка регенерации на полутактовой частоте 4224кГц составляет 55 db.

Пределы регулировки АРУ обеспечивают допустимый разброс затухания в диапазоне 20 - 65 db.

Допустимый разброс длины регенерационного участка с учетом всех дестабилизирующих факторов и различных марок кабеля, влияющих на затухание кабеля, составляет от 2.2 до 5.5 км. Число НРП между обслуживаемыми пунктами не превышает 48.

Оборудование оконечных станций ИКМ-120У рассчитано на питание от источника постоянного тока с заземлением $|+|$ напряжением 60В +/- 10% или 24В +/- 10%. Электропитание НРП производится от устройства дистанционного питания (УДП), устанавливаемого на СЛЮ-У, и осуществляется по схеме "Провод - Провод " по разделенным цепям рабочих пар кабеля стабилизированным током при последовательном включении дистанционного питания НРП.

ДП организовывается по полусекциям, в каждую можно включить до половины максимального количества НРП в секции, т.е. 24. Максимальное значение тока ДП-65mA. Максимальное выходное напряжение (для 24 НРП) -500В. Длина секции ОРП-ОРП -240км.

Система телеконтроля позволяет в автоматическом и ручном режиме контролировать до 50 пунктов (48 НРП и 2ОП) и получать информацию: О достоверности цифрового сигнала при значениях вероятности ошибки 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} в автоматическом режиме в любом требуемом значении в ручном; о давлении, открывании крышки, состояния датчика воды и автоматической установки содержания кабеля под избыточным давлением для НРП; о наличии приема и передаче цифрового сигнала в двух трактах для обслуживаемой станции.

В ВЦСП ИКМ-120У предусматривается организация двух видов служебной связи: цифровой служебной связи в групповом потоке для связи ОП и ОРП между собой, а также оборудование СВВГ-У, АЦО-21, СЛО-У в пределах одного ОП; низкочастотной по рабочим парам кабеля в тональном диапазоне частот для связи ОП-ОРП между собой и с НРП (типа ПСС-УСС), причем работа этого вида служебной связи сохраняется до обрыва кабеля, при использовании режима переполюсовки ДП для питания промежуточных усилителей.

СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ

Комплект аппаратуры ИКМ-120У включает: оборудование оконечной станции ИКМ-120У; оборудование промежуточной станции; контрольно измерительные приборы.

СВЛ обеспечивает ввод-вывод четырех симметричных кабелей ЗКА и защиту стационарного оборудования от влияния стационарных помех. СЛО - 1У(2У) обеспечивает стационарное питание НРП двух дуплексных линейных трактов. При этом устройства ДП поставляются вместе со стойкой. СЛО-У также содержит оборудование для организации канала служебной связи в каждом из двух дуплексных линейных трактов и оборудование непрерывного автоматического контроля за состоянием каждого тракта без перерыва связи. СВВГ-У обеспечивает объединение - разъединение 4-х 30-канальных цифровых потоков со скоростью 2048 кбит/с и содержит оборудование служебной связи. Блок АЦО-21 обеспечивает преобразование вторичной группы аналоговых систем (312-552кГц) в цифровой поток со скоростью 2048×3 кбит/с и дополнительный ввод 30-канальной цифровой группы, образуя на выходе поток 8448 кбит/с. САЦК-1 с комплектом АКУ-30 обеспечивает преобразование каналов тональной частоты в стандартный цифровой поток 2048 кбит/с. СВТ- предназначена для автоматического отключения при аварии, а также для ручного отключения питания любой из энергопотребляющих стоек, установленном в одном ряду, КВА-2-2, предназначены для установки в эту стойку, выпускаются напряжения 24В и поставляются по отдельному заказу. Схема организации связи сп ИКМ - 120У приведена на рис. .

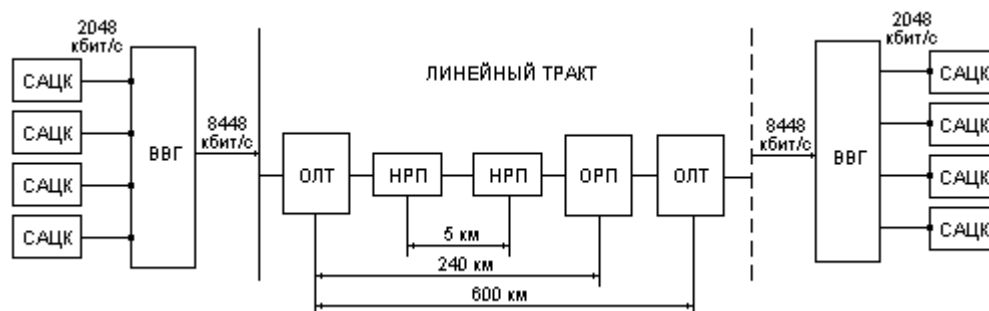


Рис.

АО предназначен для оперативной связи между бригадой, находящееся в НРП, и персоналом станции. Транспарант рядовой служит для указания ряда, в котором произошла авария системы, и характера самой аварии. Оконечное оборудование (кроме САЦО-21 и СВТ) конструктивно оформлено в виде стоек с габаритными размерами 120x2600x225. НРПК-2У предназначен для установки в смотровых колодцах городской сети и цистернах К-60П и обеспечивает организацию до двух дуплексных цифровых линейных трактов со скоростью 8448 кбит/с. Контейнер герметичен, находится под автономным избыточным давлением. НРПО-2У предназначен для установки на железобетонных опорах воздушных линий связи, обеспечивает организацию до 2-х дуплексных цифровых линейных трактов со скоростью 8448 кбит/с, используется на линиях одночетверочного кабеля. Контейнер влагозащищенный и содержится без избыточного давления. НРПГ-2У предназначен для установки в цистернах К-60П, а также в качестве НРП на станциях и обеспечивает организацию до 2-х дуплексных цифровых линейных трактов со скоростью 8448 кбит/с.

Контрольные вопросы:

4. Назначение ИКМ 120?
5. Сколько каналов ТЧ может организовать ИКМ 120?
6. Какая скорость передач в ИКМ 120?

Лекция 24.

Тема № 25. Коммутация.

Коммутация — процессы, происходящие в первый момент времени после переключения в электрических цепях при замыканиях и размыканиях различных участков цепи;

25. 1. Координаты коммутации

Согласно ГОСТ 22670-77, принятого еще в СССР, были введены понятия однокоординатной и многокоординатной коммутации цифрового сигнала. Однокоординатной называется коммутация, при которой соединительные пути в системе отделены друг от друга по одному разделительному признаку, где под разделительным признаком понимается параметр, по которому в системе происходит разделение соединительных путей между вводом и выводом. Например, в аналоговых системах наибольшее распространение получила однокоординатная коммутация с пространственным признаком разделения каналов.

Принцип построения коммутационных устройств и систем, в которых соединительные пути разделяются по различным признакам, можно пояснить, воспользовавшись геометрическим представлением. Для этой цели введем понятие пространства признаков, обозначив его через P . За координату этого пространства примем значения тех параметров, которые могут служить признаком для разделения каналов. В качестве таких признаков могут выступать такие параметры сигнала, как частотный, временной, амплитудный и т.д. Если все из перечисленных параметров у коммутируемых сигналов оказываются совпадающими, то разделение сигналов может осуществляться в физическом пространстве (т.е. для независимой передачи или коммутации сигналов требуются индивидуальные физические линии). Поэтому в пространстве признаков P одной из координат может быть и «пространственный» признак, указывающий на принадлежность к определенной физической линии. Таким образом, каждый канал можно представить в виде некоторого объема в пространстве признаков P , координатами которого являются указанные выше признаки.

Передача сигналов по линии без перекрестного влияния одного канала на другой требует, чтобы объемы отдельных каналов не пересекались. Размеры сечения канала по каждой координате не должны быть больше динамического диапазона изменения этого параметра.

Примем за достаточный признак отсутствия взаимного влияния каналов непересечения их объемов в пространстве P . Будем считать, что пространство P имеет k измерений, а каждая i -я координата ($i = 1, 2, \dots, k$) имеет s_i дискретных значений ($j=1, 2, \dots, s_i$). Эти дискретные значения соответствуют центрам полосы, занимаемой каждым каналом (из возможных в данном пространстве) по этой координате.

При указанных ограничениях положение канала в пространстве признаков можно однозначно охарактеризовать вектором, исходящим из начала координат и оканчивающимся в точке, соответствующей «центру тяжести» объема пространства P , занимаемого данным каналом.

Приведем несколько примеров.

1. Передача сигналов по индивидуальным физическим линиям. В этом случае разделительным признаком будет пространственный признак S . Каждая индивидуальная соединительная линия характеризуется своим параметром — условным номером этой линии i . Векторная диаграмма сигналов, передаваемых по индивидуальным физическим линиям, показана на рис.1, а. Однокоординатная коммутация в этом случае означает преобразование, например, A_1 в A_i (т.е. передачу сигнала из первой линии в i -ю).

2. Линия с частотным разделением каналов (ЧРК). В этом случае для представления необходимо иметь два признака: пространственный S и частотный F . Пространственный параметр S указывает условный номер линии с ЧРК. Частотные параметры f_i ($i = 1, 2, \dots, k$) означают центры полос пропускания каждого из n каналов, передаваемых по линии S . На рис.1, б приведено векторное представление каналов в линии с ЧРК, при этом запись F_{1k} означает k -й канал линии 1.

Наличие двух признаков (S и F) позволяет говорить о двухкоординатной коммутации сигналов, передаваемых по каналам в линии с ЧРК. Например, сигнал i -го канала можно перевести из линии S_1 в тот же канал линии S_2 или из одного канала перевести сигнал в другой канал той же линии, или и то и другое вместе.

В 60-х гг. предпринимались попытки создания коммутационных устройств, осуществляющих коммутацию по двум координатам — S и F . Однако вследствие технических трудностей создания таких коммутационных устройств, с одной стороны, и осознанной уже в то время неперспективности таких устройств и систем, с другой стороны, работа эта была остановлена. АТС, работающие по этим координатам, построены не были.

3. Линия с временным разделением каналов (ВРК). Сигналы в такой линии можно представить в координатах признаков S (пространство) и T (время). Координатами канального интервала будут условный номер линии с ВРК S и номер канального

интервала k ($k = 1, 2, \dots, n$) в структуре цикла (рис.1, в). Здесь \vec{T}_i^k — вектор сигнала, передаваемого по линии $S1$ в течение канального интервала k .

Возможна коммутация сигналов по признакам, число которых более двух, например, в оптической коммутации (рис1, г), однако такие коммутационные устройства

являются в настоящее время экспериментальными или проходят опытную эксплуатацию.

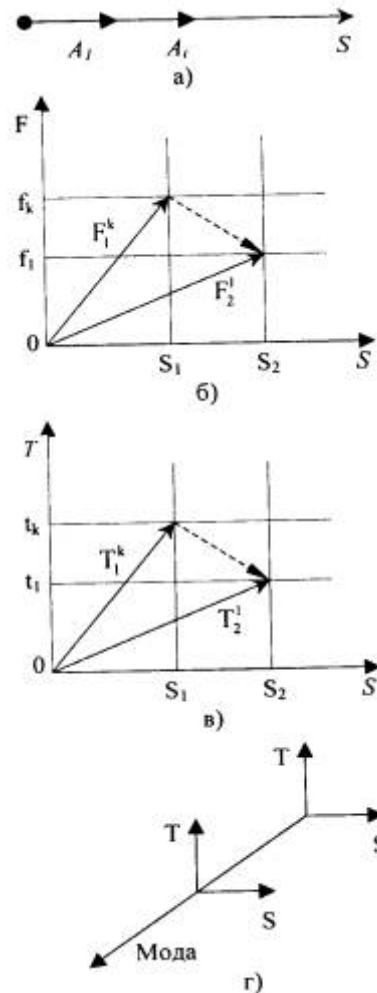


Рис.1. Векторное представление сигналов и их коммутации.

Возможна коммутация сигналов по признакам, число которых более двух, например, в оптической коммутации (рис 1, г), однако такие коммутационные устройства являются в настоящее время экспериментальными или проходят опытную эксплуатацию.

Синхронная цифровая коммутация времяуплотненных ИКМ сигналов, которая рассматривается в этой книге, является

двухкоординатной коммутацией по признакам S (пространство) и T (время) а используемые цифровые коммутационные устройства ИКМ сигналов имеют, в связи с этим, следующие особенности:

- 1) относятся к классу синхронных, т.е. все процессы на входах, выходах и внутри их согласованы по частоте и по времени;
- 2) являются четырехпроводными в силу особенностей передачи сигналов по ЦСП.

Степень временной коммутации

Блок или модуль, осуществляющий функцию временной коммутации цифрового сигнала(преобразование его временной координаты), называется временной ступенью коммутации или T -ступенью (от time — время).

Пусть на вход коммутационного модуля с ИКМ линии поступают, а с выхода модуля уходят в ИКМ линию времяуплотненные ИКМ сигналы (рис.2). За каждым канальным интервалом закреплён строго определённый ИКМ сигнал (речевой сигнал абонента). Например, абонент А закреплён за канальным интервалом 1 входящей ИКМ линии, а абонент В за канальным интервалом 15 исходящей. Информация об этом передается в сигнальном временном канальном интервале. Изменение порядка следования одного канального интервала исходящей ИКМ линии по сравнению с входящей означает передачу речевой информации от одного абонента к другому. В этом и заключается принцип временной коммутации (иногда говорят о перестановке канальных интервалов или перемещении информации из канала в канал). Принцип временной коммутации иллюстрирует рис. 2, где показан один двухпроводный тракт (например, на передачу). Для осуществления разговора абонентов необходимо организовать такой же тракт на прием, т.е. разговорный тракт должен быть четырехпроводным. Тема № 25. Коммутационные схемы координатных АТС

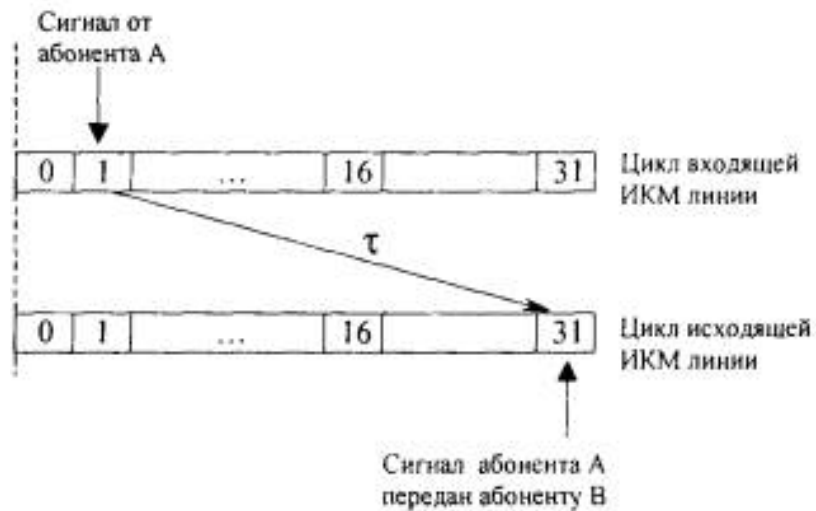


Рис.2. Иллюстрация принципа временной коммутации

Использование векторного представления цифровой коммутации (рис. 3) в координатах пространство-время позволяет несколько по-иному описать принцип временной коммутации. Если предположить ортогональность преобразований временной и пространственной координат цифрового сигнала, то получим выражение:

$$Y(S,T)=Y(S)+Y(T)$$

Для временной коммутации $Y(S)=0$. Операция $Y(T)$ является просто операцией задержки определенного кодового слова на заданное время.

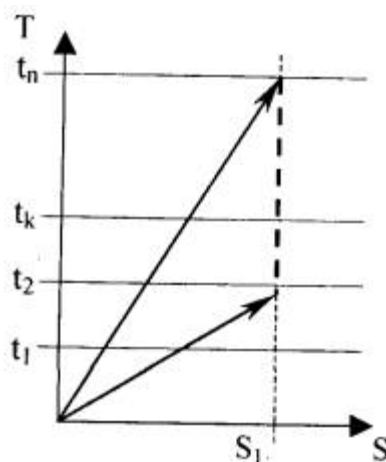


Рис.3. Векторное представление временной коммутации

Структурно Т-ступень характеризуется емкостью Т: $N \times M$, К, где N — число входящих временных канальных интервалов в ИКМ линии; М — число канальных интервалов исходящей ИКМ линии; К — число бит в одном кодовом слове (иногда, это если значение известно заранее, записывают Т: $N \times M$). Т-ступени могут быть реализованы двумя способами: с помощью управляемых переменных линий задержки или с использованием цифровых запоминающих устройств (ЗУ). Схемы с использованием линий задержки отличаются простотой исполнения, но имеют существенный недостаток — последовательную передачу кодовых слов. Для организации параллельной передачи количество схем увеличивается в число раз, соответствующее числу разрядов в кодовом слове. Поэтому в настоящее время Т-ступени цифровых коммутационных полей строятся только на ЗУ вследствие простоты и низкой стоимости реализации.

В самом общем виде Т-ступень содержит два ЗУ — речевое и управляющее (рис.4). Речевое ЗУ предназначено для записи/считывания кодовых слов коммутируемых канальных интервалов, а управляющее содержит адреса записи/считывания для ячеек речевого ЗУ. Эти адреса записываются в управляющие ЗУ из управляющих устройств системы коммутации.



Рис.4. Общая схема реализации Т-ступени

ЗУ Т-ступени могут работать в двух эквивалентных по результату коммутационных режимах: «последовательная запись/произвольное считывание» и «произвольная запись!последовательное считывание».

1) В режиме последовательной записи/произвольного считывания (рис.5) происходит последовательная запись кодовых слов в речевое ЗУ по сигналам специально организованного счетчика номеров ячеек ЗУ и произвольное считывание из речевого ЗУ по адресам, получаемым либо из управляющего ЗУ, либо из управляющего устройства. В этом случае определенные ячейки памяти закрепляются за соответствующими каналами входящей ИКМ линии. Информация каждого входящего временного интервала запоминается в последовательных ячейках памяти, что обеспечивается увеличением на единицу содержимого счетчика на каждом временном интервале. Пусть информация из канального интервала 2 должна быть передана в канальный интервал 3. По синхронизирующему сигналу станции, совпадающему с началом канального интервала 0, счетчик речевого ЗУ обнуляется. (Здесь предполагается, что структура цикла времяуплотненного группового сигнала внутри Т-ступени остается такой же, как и в ЦСП. В реальных системах коммутации такого ограничения может не быть. Кроме того, канальные интервалы 0 и 16 внутри коммутационного поля могут использоваться для целей передачи внутривысостанционных сигналов и являться обычными коммутируемыми каналами). С помощью последовательного увеличения значения счетчика, формирующего адреса речевого ЗУ, кодированные отсчеты всех каналов цикла записываются в это ЗУ. Тем самым реализуется режим последовательной записи в речевом ЗУ.

В следующем цикле осуществляется режим произвольного считывания. Для этой цели организуется счетчик адресов управляющего ЗУ. Данные адреса записываются в управляющее ЗУ центральным управляющим устройством АТС и определяют адрес считывания для речевого ЗУ. Для рассматриваемого примера при $S_{ч} = 3$ будет считан адрес 2, сигнал считывания подан по адресу 2 в речевое ЗУ, и информация канала 2 попадет в канальный интервал 3. Тем самым будет реализован режим произвольного считывания речевого ЗУ.

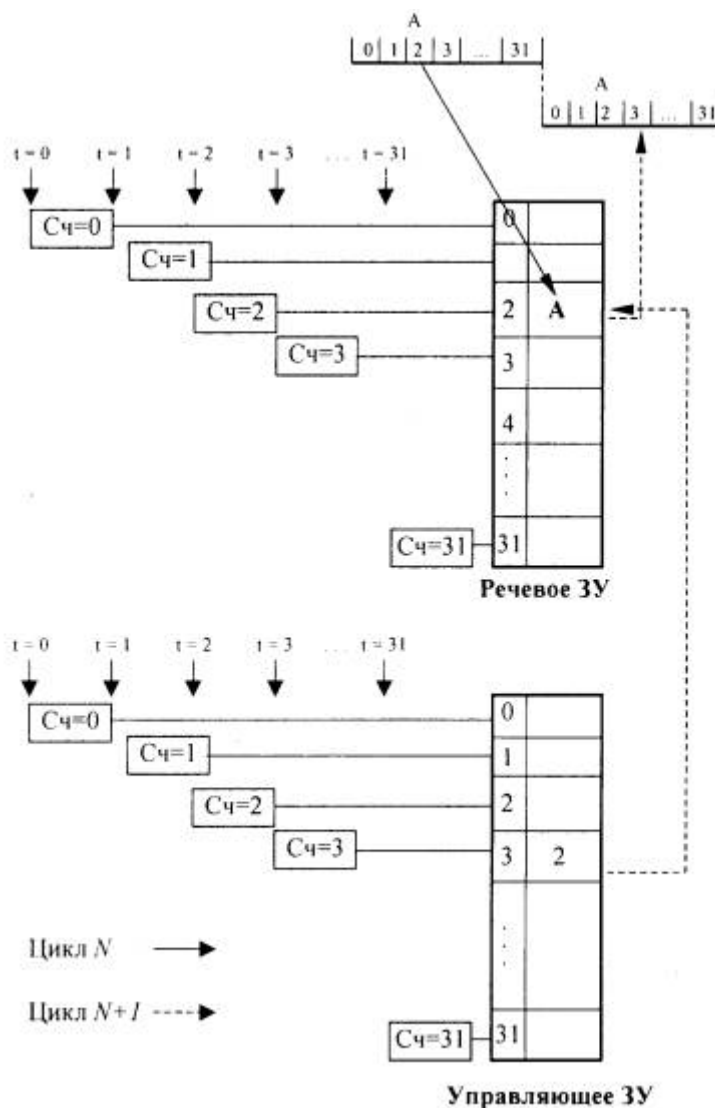


Рис.5. Иллюстрация работы Т-ступени. Режим «последовательная запись/произвольное считывание»

2) В режиме «произвольной записи/последовательного считывания» (рис. 6) происходит произвольная запись в речевое ЗУ кодовых слов по адресам, вырабатываемым управляющим ЗУ или управляющим устройством системы, и последовательное считывание по сигналам счетчика. В этом случае поступающая на вход информация записывается в ячейки речевого ЗУ в соответствии с адресом, хранящимся в управляющей памяти, а считывание информации производится последовательно — ячейка за ячейкой под управлением счетчика исходящих временных интервалов. В нашем примере информация, принятая в течение временного интервала 2, записывается непосредственно в речевое ЗУ по адресу 3, откуда автоматически считывается в исходящий канал с номером 3 исходящей ИКМ линии.

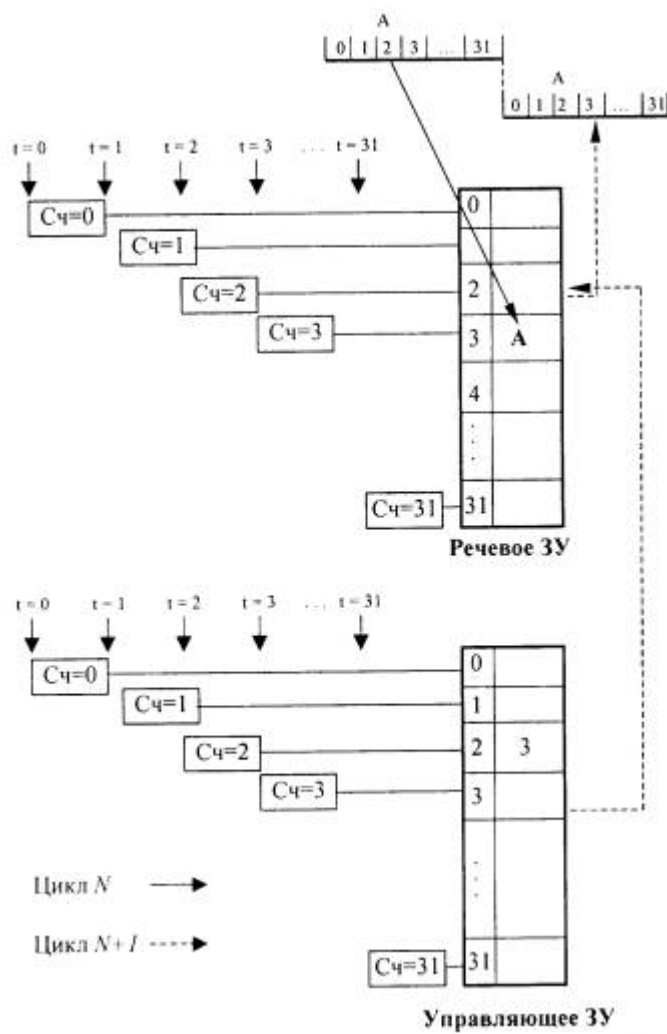


Рис.6. Иллюстрация работы Т-ступени. Режим «произвольная запись/последовательное считывание»

Выбор режима работы Т-ступени зависит от конкретной реализации коммутационного поля.

Пусть Т-ступень имеет параметры Т: $N \times N$, К. Здесь К — длина кодового слова. Тогда количество канальных интервалов, которое может быть скоммутировано Т-ступенью, рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{PT_{\text{л}}}{At_{\text{ц}}},$$

где $T_{\text{ц}}$ - время цикла ИКМ линии (мкс); Р — число параллельно записываемых (считываемых) в ЗУ бит; ($t_{\text{ц}}$ — время цикла ЗУ (мкс); А — число, характеризующее организацию доступа к речевому ЗУ.

Анализ этой формулы показывает, что емкость Т-ступени можно увеличить тремя способами:

- 1) параллельной обработкой кодового слова канального интервала ($P = 8$ для стандартного ИКМ преобразования, хотя в ряде цифровых коммутационных полей длина кодового слова может быть увеличена);
- 2) сокращением времени цикла ЗУ;
- 3) уменьшением значения параметра A .

Применение параллельной коммутации кодовых слов позволяет в общем случае в K раз увеличить емкость Т-ступени при всех прочих равных условиях.

Оценим возможность увеличения емкости Т-ступени путем уменьшения времени $t_{ц}$. Пусть ЗУ имеет $t_{ц} = 1 \text{ нс}$ (отметим, что такое ЗУ является сверхскоростным). При параллельной обработке кодовых слов максимальная емкость Т-ступени с таким ЗУ составляет свыше 62 000 канальных интервалов, что соответствует станциям большой и средней емкости. Однако стоимость таких сверхбыстродействующих ЗУ чрезвычайно велика, поэтому реально используемая емкость Т-ступени равна обычно 128×128 , 512×512 или 1024×1024 канальных интервалов. Для реализации цифровых коммутационных полей большой емкости используют многозвенный метод соединения Т-ступеней.

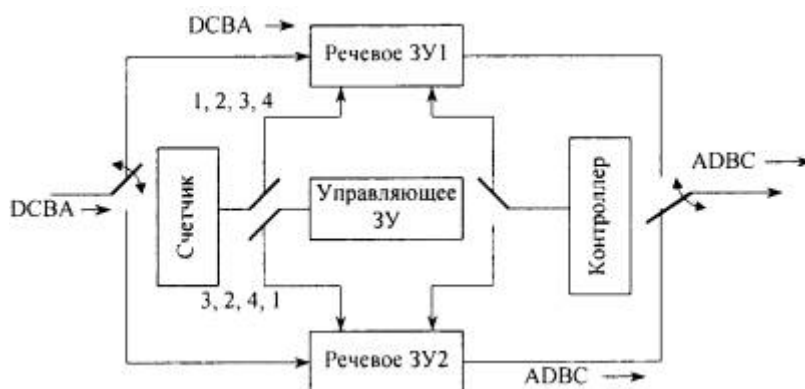


Рис.7. Режим раздельной записи/считывания

И, наконец, рассмотрим третий фактор возможного увеличения емкости Т-ступени: различные способы организации доступа к ЗУ. Параметр A учитывает увеличение быстродействия ЗУ за счет изменения организации доступа к нему по сравнению с основной схемой (рис.4).

Основная схема Т-ступени характеризуется тем, что в ней поле ячеек речевого ЗУ является общим для всех канальных интервалов входящей ИКМ линии и, кроме того, это речевое ЗУ последовательно работает на запись и на считывание. Для такой схемы $A = 4$.

В Т-ступенях цифровых телефонных систем наибольшее применение нашла другая схема, работающая в режиме разделения записи и считывания (рис. 7).

Для реализации этого режима требуются два речевых ЗУ, в одно из которых записываются кодовые слова, а из другого считываются, после чего в этих ЗУ изменяются

режимы. На рисунке условно показаны ключи, которые попеременно подсоединяют к входящей ИКМ линии, исходящей ИКМ линии, к управляющей памяти, счетчику и контроллеру разрешения записи оба речевых ЗУ.

На рис.8 показаны временные диаграммы работы рассматриваемой Т-ступени. Вовремя первого (T_0) цикла, входные речевые кодовые слова в параллельной форме записываются в речевое ЗУ1, а исходящие речевые слова считываются из речевого ЗУ2. Входные речевые кодовые слова ($A_0 B_0 C_0 D_0 \dots$) последовательно записываются в ячейки речевого ЗУ1 согласно последовательным, адресам (1, 2, 3, 4, ...), задаваемым счетчиком. Запись производится по сигналам, формируемым контроллером разрешения записи. Исходящие речевые кодовые слова ($C_{-1} B_{-1} D_{-1} A_{-1} \dots$) считываются из речевого ЗУ2 с использованием адресов коммутации, получаемых из управляющего ЗУ (на рис.7 эти адреса помечены цифрами 3, 2, 4, 1, ...). В следующий (T_1) цикл, входные кодовые слова будут записываться в речевое ЗУ2, а считываться из речевого ЗУ1.

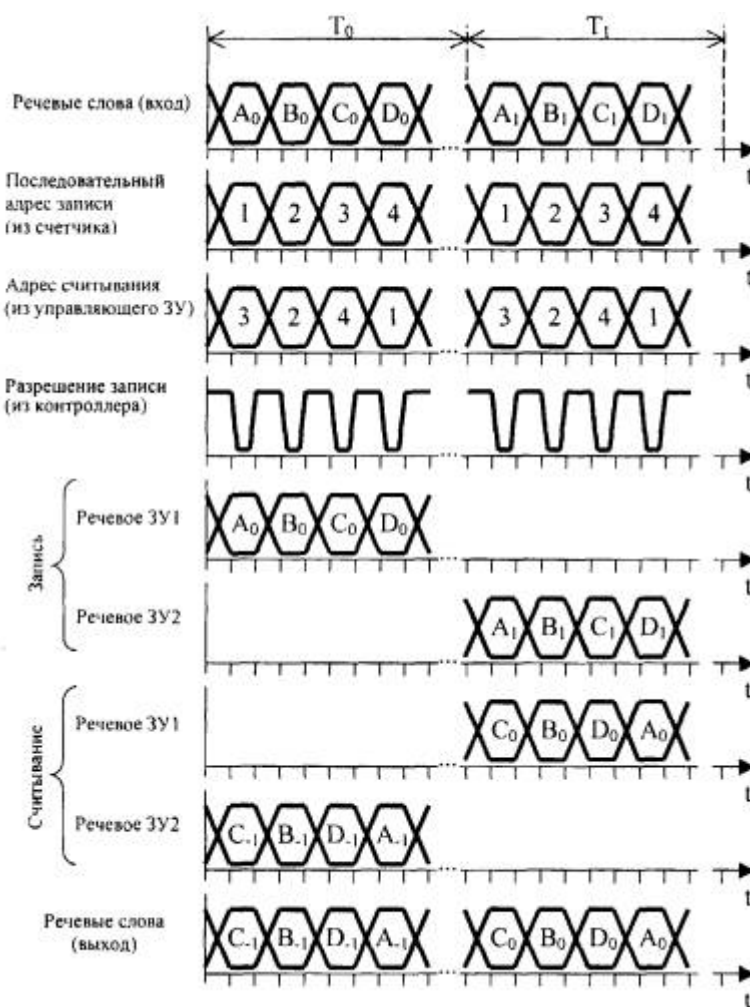


Рис.8. Временные диаграммы работы Т-ступени, реализующей принцип разделения записи/считывания

Для Т-ступеней, реализующих режим разделения записи и считывания, число А равно 2, т.е. благодаря этому режиму удастся в два раза увеличить емкость Т-ступени по сравнению с основной схемой фактически за счет удвоения емкости речевого ЗУ.

Быстродействие Т-ступени с отдельными записью/считыванием ограничивается скоростью записи в ЗУ, так как для записи требуются три сигнала (входные речевые кодовые сигналы, последовательный адрес записи и сигнал разрешения записи), а для считывания - два сигнала (исходящие речевые кодовые сигналы, адрес коммутации). В связи с тем, что режим «раздельная запись/раздельное считывание» реализуется так, что общее время записи равно времени считывания, быстродействие Т-ступени определяется временем процедуры записи. Однако возможен иной режим работы Т-ступени, который получил название «медленная запись/быстрое чтение», и позволяющий значительно увеличить ее быстродействие. При этом, как правило, требуется уже три речевых ЗУ, работа которых может быть построена по принципу, например, парной записи, т.е. в первом цикле Т₀ происходит разделение входных кодовых слов и запись их одновременно в ЗУ₁ и ЗУ₂ (например, слов А₀, С₀ — в ЗУ₁, а В₀ и D₀ в ЗУ₂), Аналогично в цикле Т, осуществляется запись в ЗУ₂ и ЗУ₃, в цикле Т₂ — в ЗУ₁ и ЗУ₃.

В Т₀ цикле из речевого ЗУ₃ производится считывание кодовых слов согласно адресам управляющего ЗУ. Эти кодовые слова были записаны в двух предыдущих циклах Т-1 и Т-2 (это могут быть слова А-1, В-2, С-1, D-2), В Т₁ цикле считывание осуществляется из речевого ЗУ₁, а в Т₂ цикле — из ЗУ₂. Быстродействие такой Т-ступени определяется временем считывания из речевого ЗУ, которое значительно меньше времени записи в ЗУ.

Из всех рассмотренных схем Т-ступени минимальный объем речевого ЗУ имеет основная схема. Увеличение быстродействия Т-ступени путем изменения режима доступа приводит к увеличению объема речевого ЗУ. Так, для реализации режима «медленная запись/быстрое чтение» требуются уже три речевых ЗУ. Однако, быстрое снижение стоимости ЗУ в последние годы делают экономически обоснованным применение таких Т-ступеней.

Недостатком модуля временной коммутации является то, что он способен коммутировать каналы только одной цифровой линии. Поэтому для коммутации N ИКМ линий необходимо N модулей, А для организации соединения между собой разных ИКМ линий последовательно с ним необходимо включение дополнительного оборудования — блоков пространственной или пространственно-временной коммутации.

25. 2. Ступень пространственной коммутации

Блок или модуль цифрового коммутационного поля, осуществляющий пространственную коммутацию цифрового сигнала (преобразование его пространственной координаты), называется пространственной ступенью коммутации или S-ступенью (от space — пространство).

Суть преобразования пространственной координаты цифровых сигналов состоит в том, чтобы переместить данное кодовое слово из одной ИКМ линии в другую с сохранением порядка следования кодового слова в структурах циклов обеих линий (рис.9).

Векторное представление такого преобразования показано на рис.10. В этом случае вновь предполагается ортогональность преобразований временной и пространственной координат цифрового сигнала:

$$\Psi(S, T) = \Psi(S) + \Psi(T) = \Psi(S), \text{ где } \Psi(T) = 0.$$

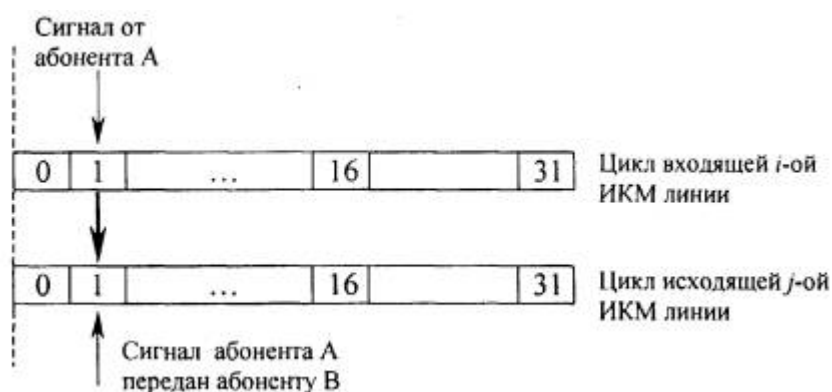


Рис.9. Иллюстрация принципа пространственной коммутации

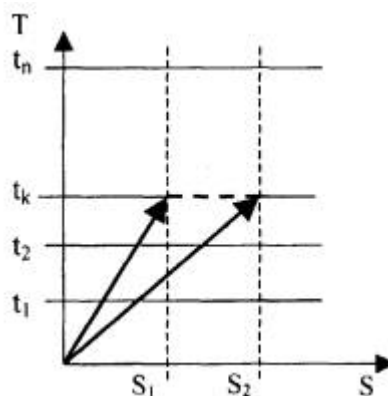


Рис.10. Векторное представление пространственной коммутации

Структурно S-ступень описывается с помощью трех чисел: $N \times M, K$ где N, M — количество входящих и исходящих ИКМ линий; K — число канальных интервалов в каждой из ИКМ линий. Если известна величина K (например, ИКМ-30), то структурно S-ступень характеризуется двумя числами: $N \times M$

Поясним принцип преобразования пространственной координаты цифрового сигнала, используя для этого условную коммутационную матрицу (рис.11). Матрица состоит из вертикальных и горизонтальных шин и элементов «И» (электронные ключи).

Пусть в некоторые каналные интервалы (например, КИ1 и КИ2) необходимо передавать кодовые слова из первой входящей ИКМ линии, которая включена в первую горизонтальную шину, во вторую и в N-ую исходящие ИКМ линии, которые включены во вторую и в N-ую вертикальные шины соответственно. В заданное время управляющее устройство (на рис.11 не показано) включает соответствующие ключи, посылая сигналы управления y_{12} и y_{1n} и кодовое слово во время КИ1 из первой входящей ИКМ линии попадает во вторую исходящую ИКМ линию, а во время КИ2 — в N-ую исходящую ИКМ линию. Каждый ключ остается открытым только на время длительности одного канального интервала. Понятно, что для обеспечения нормальной работы такой матрицы необходимо, чтобы в каждый момент времени работал только один ключ на каждой вертикали.

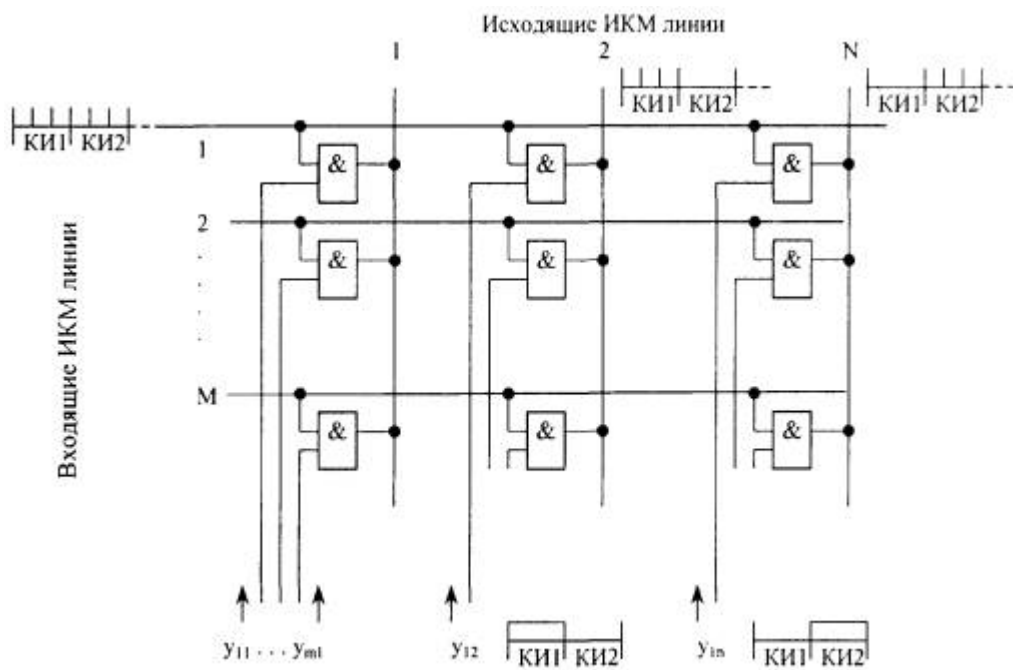


Рис.11. Пример работы пространственной коммутационной матрицы

Если пространственная коммутационная матрица строится для параллельной передачи 8-битового кодового слова, то понадобятся 8 горизонталей и 8 вертикалей для одного кодового слова.

Подчеркнем, что переключение ключевых элементов в матрице производится в темп поступления кодовых слов.

Анализ работы пространственной коммутационной матрицы показывает, что сигнал на выходе этой матрицы в каждый момент времени определяется только значением

входного сигнала и управляющего сигнала и не зависит от того, что было на этих входах в предыдущий момент. Следовательно, матрица представляет собой комбинационный автомат (рис.12) с N информационными входами, M информационными выходами и $N \times M$ точками коммутации, работа которых определяется управляющей частью. Комбинационная часть S -ступени может быть реализована различными способами: на электронных ключах (рис.13, а), на интегральных схемах средней степени интеграции мультиплексорах и демультиплексорах (рис.13, б и в), или на БИС матричной структуры — программируемых логических матрицах (ПЛИМ) (рис.13, г).

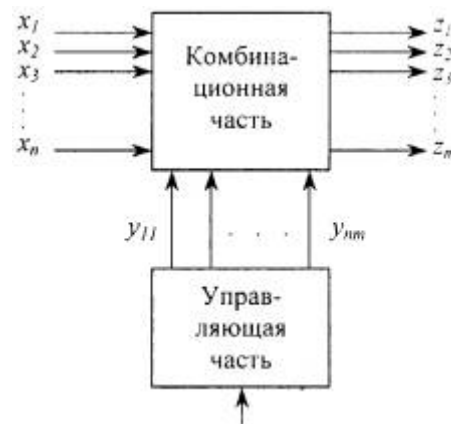


Рис.12. Представление S -ступени в виде комбинационного автомата

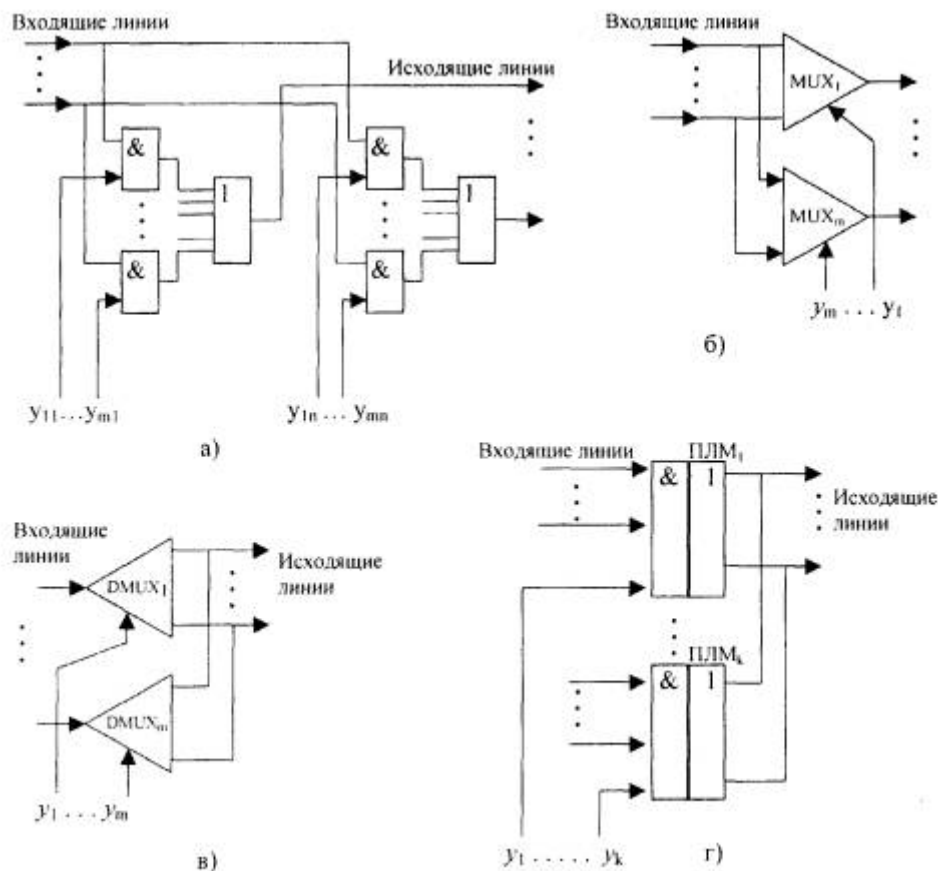


Рис.13. Примеры исполнения комбинационной части S -ступени

Управляющая часть S-ступени (иногда ее называют блоком адресной информации) предназначена для выработки адресов входа и выхода, которые должны быть скоммутированы (точнее, адресов коммутационных элементов коммутационной матрицы). Эти адреса должны заноситься в блок адресной информации и храниться в нем до окончания соединения. Поэтому управляющая часть S-ступени строится на базе ЗУ (будем называть его управляющим ЗУ), в которое из управляющих устройств системы поступают сигналы управления. Объем памяти и структура управляющего ЗУ (УЗУ) определяется построением коммутационной матрицы и параметрами N и M . При реализации коммутационной матрицы на электронных ключах каждой точке коммутации необходим свой управляющий вход, и их количество будет равно произведению $N \times M$. При реализации коммутационной матрицы на мультиплексорах/демультиплексорах число управляющих входов уменьшается, поскольку управляющие сигналы передаются в кодированном виде. И, наконец, построение коммутационной части на ПЛМ позволяет еще более сократить число управляющих входов.

Управление процессом коммутации может быть организовано по принципу «управление по выходам» или «управление по входам». В первом случае в ячейки памяти УЗУ заносятся адреса исходящих цифровых линий, которые должны быть скоммутированы с конкретной входящей линией (для коммутационной матрицы, изображенной на рис.11 — управление по строкам). Во втором случае в ячейки памяти УЗУ заносятся адреса входящих цифровых линий, которые должны быть скоммутированы с конкретной исходящей линией (для коммутационной матрицы, изображенной на рис.11 — управление по столбцам).

Цифровые КП, построенные на модулях пространственной коммутации, очень широко использовались на первых этапах создания цифровых АТС, ввиду простоты исполнения и недорогой реализации. Однако недостаток пространственного коммутатора, в котором коммутируется только один одноименный канал всех входящих и исходящих ИКМ линий (что означает блокировки при соединении разноименных каналов), привел к тому, что в настоящее время эти модули используются только в сочетании с коммутационными модулями других типов.

25. 3. Ступень пространственно-временной коммутации

Блок, или модуль (иногда его называют матрицей), реализующий пространственновременное преобразование координат цифрового сигнала, называется S/T-ступенью. Пусть на блок, реализующий пространственно-временную коммутацию, поступают цифровые потоки от двух ИКМ линий (для определенности примем, что по

каждой линии передаются цифровые сигналы, имеющие структуру цикла ИКМ-30) (см. рис.14).

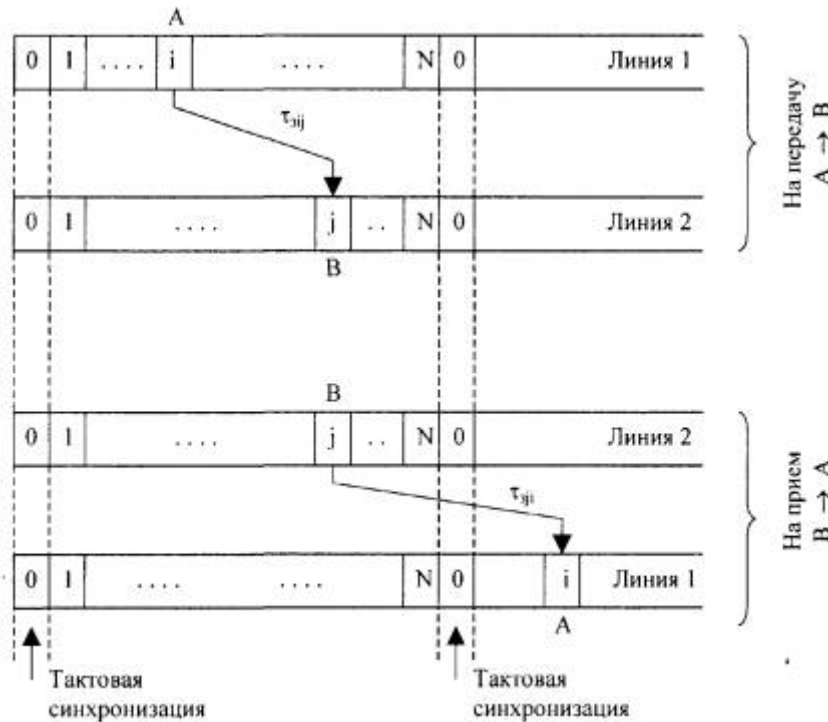


Рис.14. Иллюстрация принципа пространственно-временной коммутации

Все сигналы ИКМ линий синхронизированы по циклам. Согласно адресной информации, поступающей в управляющее устройство блока в 16-м канальном интервале, необходимо установить соединение абонента А с абонентом В. В адресе указано, что речевая информация от абонента А передается в i -м канальном интервале ИКМ линии 1, а абоненту В предоставлен j -й канальный интервал ИКМ линии 2. Принцип пространственно-временной коммутации канальных интервалов i и j в прямом и обратном направлениях иллюстрирует рис.14. Как видно из рисунка, для передачи речевой информации из i -го канального интервала ИКМ линии 1 в j -й канальный интервал ИКМ линии 2 (от абонента А к абоненту В) необходимо задержать эту информацию на время $t_{z1} = t_{zij}$. В то же время сигнал, передаваемый в j -м канальном интервале линии 2, должен быть задержан на время $t_{z2} = t_{zji}$ и передан в i -м канальном интервале следующего цикла линии 1. Таким образом, передача речевой информации в прямом и обратном направлениях должна происходить в разных циклах.

Векторное представление пространственно-временной коммутации показано на рис.15. В данном случае преобразование $Y(S, T)$ нельзя представить суммой ортогональных преобразований $Y(T)$ и $Y(S)$.

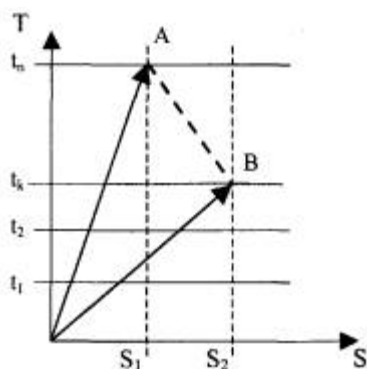


Рис.15. Векторное представление пространственно-временной коммутации

Структурными параметрами S/T-ступени являются число N входящих цифровых линий с $C1$ временными канальными интервалами каждая, а также число M исходящих цифровых линий с $C2$ временными канальными интервалами каждая — S/T: $(N/C1) \times (M/C2)$.

Возможны несколько способов построения S/T-ступеней. Наиболее часто применяются три основных: координатный способ построения; использование мультиплексоров и демультиплексоров; использование кольцевых соединителей.

1. Координатный способ построения

Суть метода иллюстрирует рис.16. Схемы речевых ЗУ образуют условную матрицу, разделенную на строки и столбцы, Запись кодовых слов производится одновременно в речевые ЗУ вертикали (или горизонтали) матрицы, отвечающие за входящие цифровые линии. Считывание осуществляется по горизонтали (или вертикали) матрицы в ту исходящую цифровую линию, с которой необходимо осуществить коммутацию.

В качестве примера реализации S/T-ступени по координатному принципу рассмотрим блок пространственно-временной коммутации цифровой ЭАТС 200 (в технической документации ступень названа блоком временной коммутации).

Структурные параметры блока — S/T: $(32/32) \times (32/32)$. Структурная схема модуля представлена на рис.17, где SWM — модуль коммутации; s/p, p/s — преобразователи последовательного кода в параллельный и обратно, MPTL — блок формирователя синхроимпульсов, SWCM — блок управляющего ЗУ, SWCL — блок тактирования.

Преобразователи s/p, p/s кроме преобразования кодов выполняют функции соответственно модулей приема и передачи. Блок коммутации может состоять из нескольких модулей пространственно-временной коммутации SWM, которые располагаются в виде условной матрицы. При этом блок управления также будет состоять

из нескольких модулей управляющих ЗУ SWCM, управляющих группой модулей SWM (как правило, условной горизонталью).



Рис.16. Координатный способ построения S/T-ступени

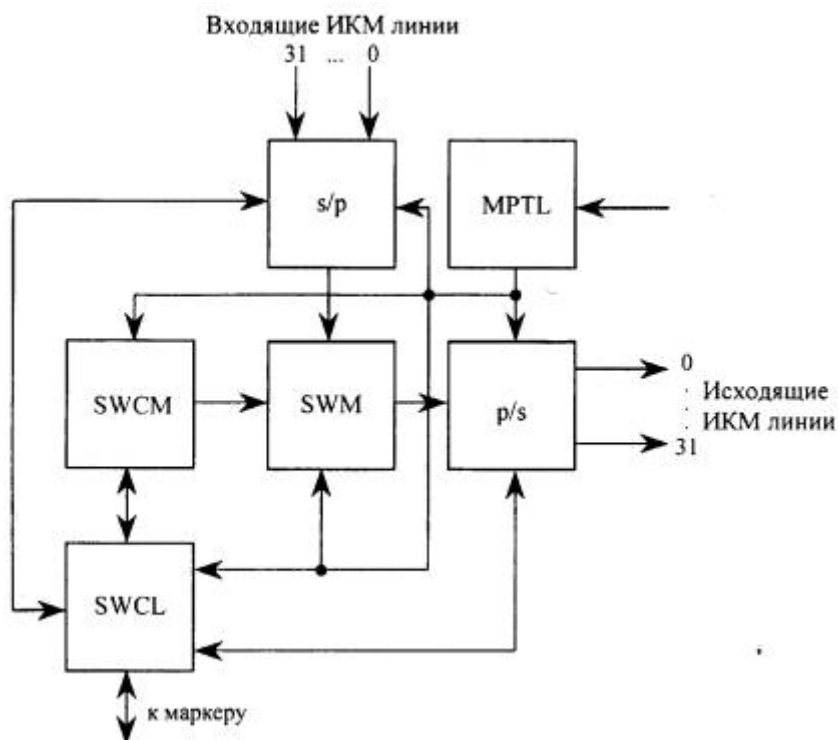


Рис.17. Структурная схема блока пространственно-временной коммутации ЭАТС 200

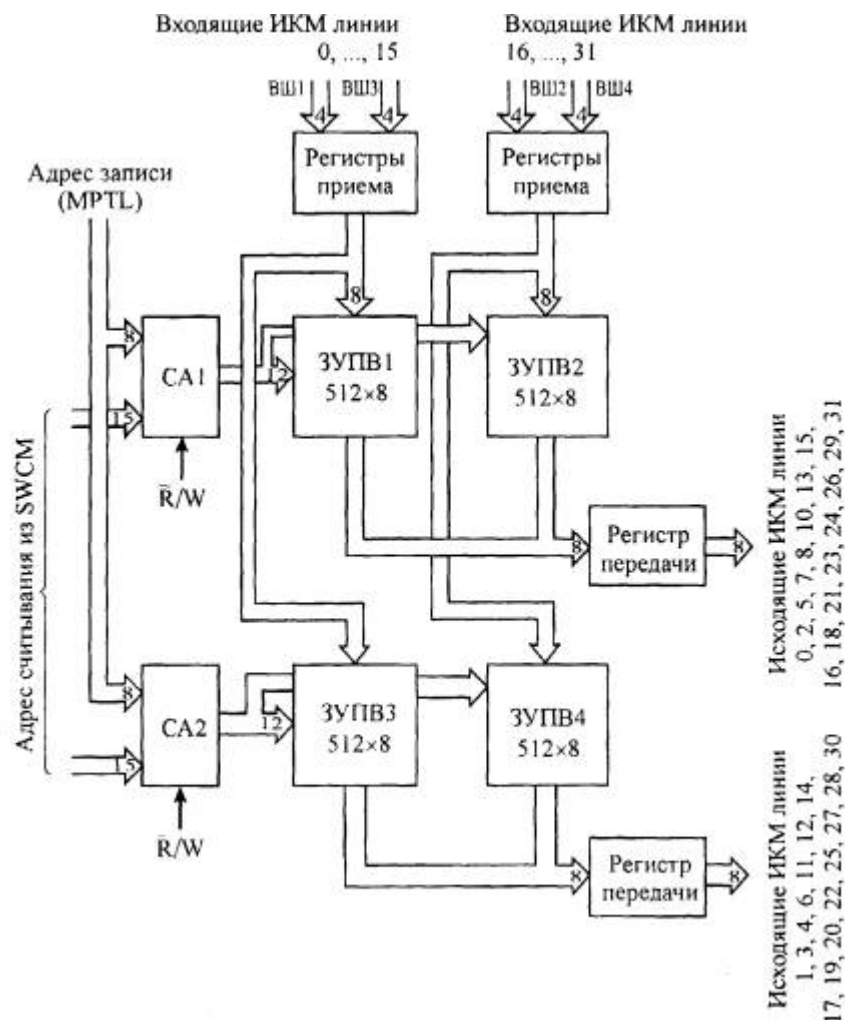


Рис.18. Структурная схема платы SWM

ЗУПВ 512x8 — ЗУ с произвольной выборкой 512x8 бит; R/W — сигнал записи в ЗУ временной коммутации (SWM); ВШ1, ..., ВШ4 — входные шины; CA1, CA2 — селекторы адреса

Структурная схема модуля коммутации SWM представлена на рис.18. Как видно из рисунка, входящие ИКМ линии разбиты на две группы (по 16 линий в каждой). На две группы разбиты и исходящие ИКМ линии. Такое разбиение позволило в два раза снизить скорость записи/считывания ЗУ с произвольной выборкой (ЗУПВ). Однако это привело к тому, что для передачи кодового слова из любой входящей в любую исходящую ИКМ линию требуется записать это слово в два ЗУПВ (например, в ЗУПВ1 и ЗУПВ3 для первой группы входящих ИКМ линий).

Емкость каждого ЗУПВ равна $16 \times 32 = 512$ кодовых слов (при 8-битовом кодовом слове), т.е. емкость ЗУПВ позволяет записать все кодовые слова цикла всех 16 входящих ИКМ линий.

Рис.19 иллюстрирует процесс считывания адреса коммутации из ЗУ, который управляет считыванием информации из речевых ЗУПВ. Этот адрес вырабатывается управляющими устройствами АТС по полученному номеру вызывающего и номеру вызываемого абонентов.

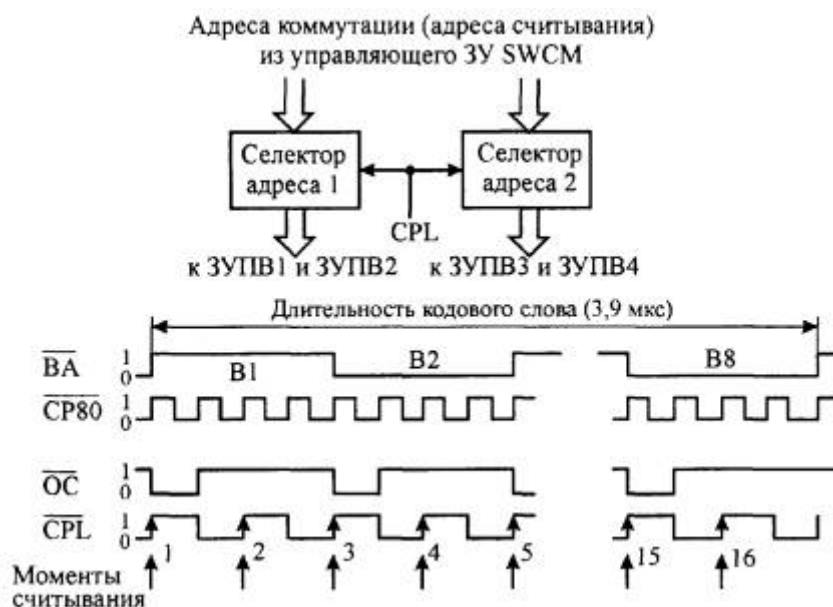


Рис.19. Считывание адреса коммутации

BA — адрес записи/считывания, CP80 — тактовый сигнал 8,192 МГц, OC — выбор адреса записи/считывания, CPL — разрешение считывания адреса

В табл.3 указан порядок считывания адресов коммутации. Например, если необходимо установить соединение, при котором данное кодовое слово должно быть передано в заданном временном канальном интервале в четвертую исходящую ИКМ линию, то считывание будет производиться в момент $t = 16$ согласно адресу коммутации, содержащемуся в селекторе адреса 2 (этот адрес указывает, в какой ячейке ЗУПВ записаны 8 бит кодового слова заданной входящей ИКМ линии).

Таблица3. Порядок считывания адресов коммутации

Момент времени	Адрес селектора		Момент времени	Адрес селектора	
	первого	второго		первого	второго
1	2	3	9	18	19
2	7	6	10	23	22
3	8	9	11	24	25
4	13	12	12	29	28
5	10	11	13	26	27
6	15	14	14	31	30
7	16	17	15	0	1
8	21	20	16	5	4

Считанные из ЗУПВ кодовые слова подаются в регистры передачи (рис.20), а затем в преобразователи p/s. Запись и считывание в регистры приема, ЗУПВ и в регистры передачи, как правило, разнесены во времени таким образом, чтобы не возникало блокировок при записи/считывании (см. табл. 2-4).

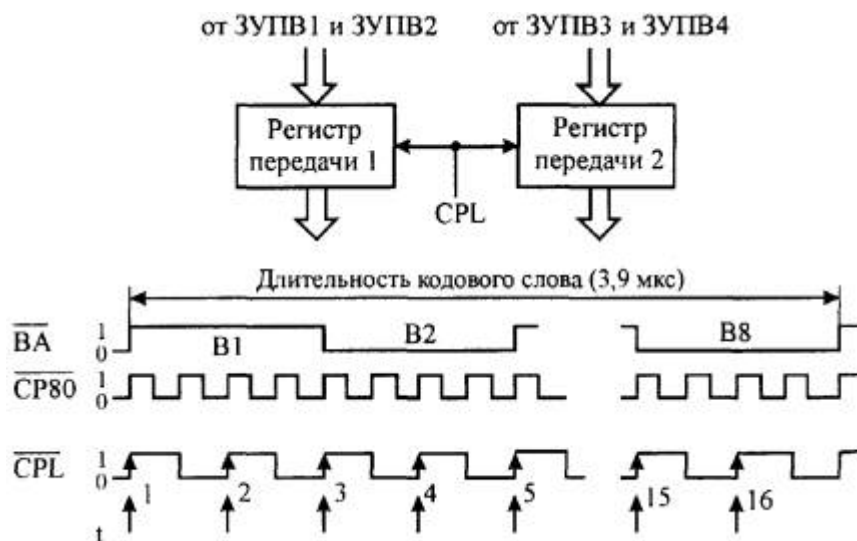


Рис.20. Порядок передачи ИКМ слов в преобразователь p/s

Таблица 4. Порядок передачи адресов коммутации

Момент времени	Адрес селектора		Момент времени	Адрес селектора	
	первого	второго		первого	второго
1	5	4	9	21	20
2	2	3	10	18	19
3	7	6	11	23	22
4	8	9	12	24	25
5	13	12	13	29	28
6	10	11	14	26	27
7	15	14	15	31	30
8	16	17	16	0	1

2. Использование мультиплексоров и демультиплексоров

Примером такого подхода в построении S/T-ступени является БИС, разработанная итальянскими специалистами для цифровой системы PROTEL UT и получившая название интегрального коммутационного элемента (ECI).

ECI является S/T-ступенью с параметрами S/T: (8132)х(8132). Микросхема ECI может прямо подключаться к шине 8-битового процессора и является для него стандартным периферийным устройством. На рис.21 показана ее структурная схема.

В схеме ECI можно выделить следующие функциональные блоки: синхронизирующее устройство (ТВ); преобразователи последовательного кода ИКМ кодового слова в параллельный и наоборот (s/p и p/s); речевое ЗУ (SM); управляющее ЗУ (CM); логический интерфейс микропроцессора (mPLI); мультиплексоры (мультиплексор адреса Управляющей памяти — MUX SM ADDR, мультиплексор внутренней ИКМ шины — MUX IB, мультиплексор адреса речевой памяти — MUX CM ADDR).

Синхронизирующее устройство ТВ генерирует и формирует все необходимые синхронизирующие сигналы, используя два внешних сигнала — 4 кГц и 4,096 МГц. В частности, устройство задает два счетчика (входной и выходной) для преобразователей s/p и p/s. Кроме того, из синхросигнала 4 кГц схема ТВ задает три счетчика: СТ1, СТ2 и СТ3.

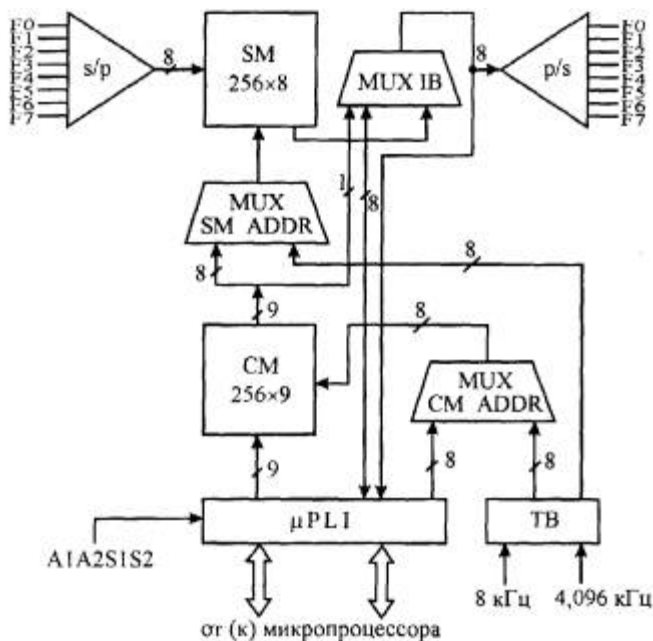


Рис. 21. Структурная схема ECI

Первый счетчик (СТ1) формирует отсчет длительности одного канального интервала (примерно 4 мкс). Второй и третий счетчики (СТ2 и СТ3) работают синхронно со счетчиком СТ1 и вырабатывают последовательные каналные адреса для чтения из управляющего ЗУ и записи в речевое ЗУ соответственно.

Речевое ЗУ организовано в виде 8 полей по 32 строки и 8 столбцов. Каждое поле соответствует номеру бита в кодовом слове, каждая строка — номеру канального интервала в структуре цикла ИКМ-30, а каждый столбец — номеру входящей ИКМ линии. Рабочий цикл ЗУ (около 4 мкс) — разделен на два подинтервала по 2 мкс каждый.

Первый подинтервал содержит восемь циклов длительностью 250 нс каждый. В первом цикле в речевое ЗУ записываются по соответствующим адресам 8 бит из каждой линии ИКМ-30. Остальные циклы используются для связи с логическим интерфейсом микропроцессора и приема адреса считывания из управляющего ЗУ. Во втором подинтервале осуществляется считывание 8 бит кодовых слов согласно адресам, полученным из управляющего ЗУ.

Управляющее ЗУ имеет 9 полей по 32 строки и 8 столбцов. Каждое поле соответствует номеру канального интервала в структуре цикла ИКМ-30 (одно поле для проверочных бит). Адреса записаны в управляющем ЗУ так же, как и в речевом. Рабочий

цикл управляющего ЗУ организован аналогично рабочему циклу речевого ЗУ. Во время первого подинтервала ЗУ связано с микропроцессором для получения управляющих сигналов. Во втором подинтервале по сигналам счетчиков СТ1 и СТ2 восемь раз производится считывание адресов для управления речевым ЗУ, которые состоят из адресов считывания в речевом ЗУ ((1...8)-й биты) и одного проверочного бита для управления работой внутренней ИКМ линии.

Логический интерфейс микропроцессора обеспечивает связь ЕСІ с микропроцессором типа Z-80, из которого приходят сигналы для записи и считывания информации в ЕСІ.

Входы A1, S1, A2, S2 (рис.21) позволяют включить в единую коммутационную схему несколько ЕСІ. Например, для получения емкости ступени 1024x1024 канальных интервалов необходимо объединить восемь ЕСІ.

Следует отметить, что в последнее время несколько фирм объявили о создании специализированных БИС для ступеней коммутации, что объясняется возможностью построения коммутационного поля с меньшими значениями величины блокировок, чем при реализации на интегральных схемах (ИС) общего пользования, а также повышением надежности благодаря реализации оборудования коммутационного поля с помощью меньшего числа элементов и их взаимных связей, и дальнейшим снижением стоимости оборудования коммутационного поля, обусловленным большими объемами выпуска специализированных БИС ограниченного числа типов.

Использование для построения 5/Т-ступени кольцевых соединителей основано на нескольких иных принципах, поэтому такие решения рассмотрим отдельно.

Тема № 26. Аналоговые АТС. АТСК 100/2000.

26. 1. Характеристика АТСК 100/2000

Структурная схема АТСК 100/2000 с одной ступенью ГИ

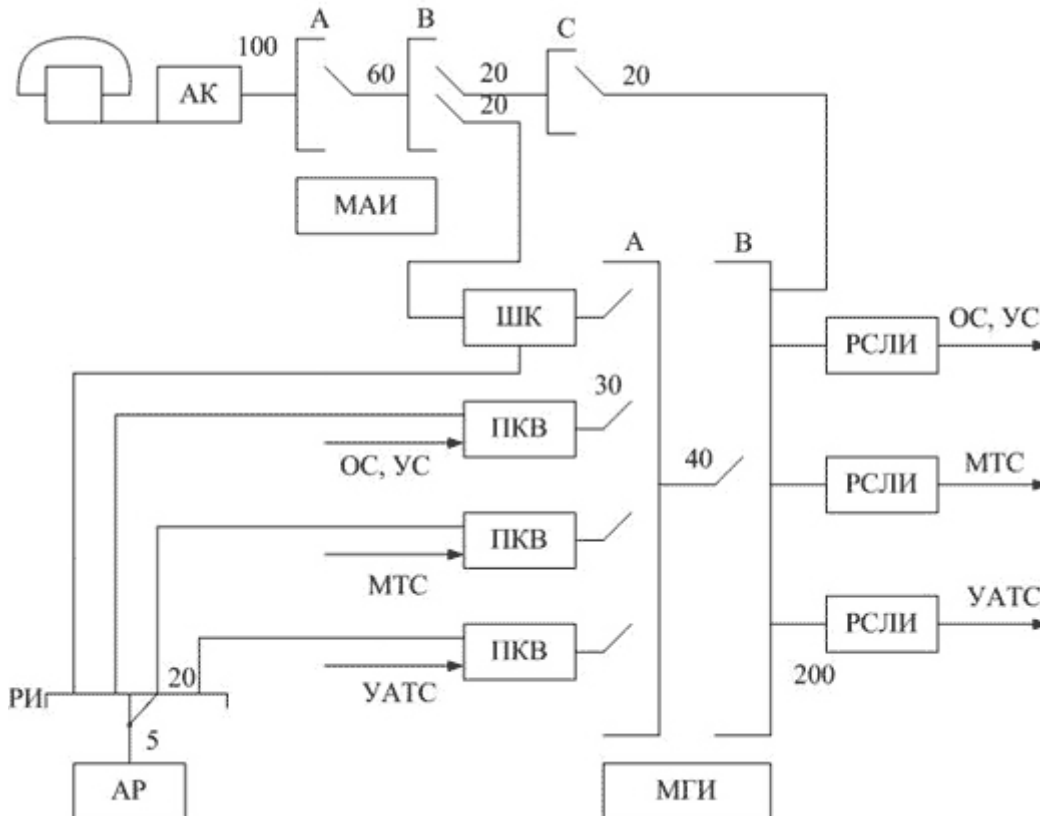


Рис.

Особенности построения функциональной схемы

Минимальная емкость АТС – 100 номеров

Максимальная емкость АТС – 2000 номеров

Используется в основном на СТС и как учрежденческая с правом выхода на ГТС.

На СТС применяется как ЦС, УС, ОС.

Развитие станций предусматривается 100-номерными группами – до 20 КБ АИ.

На ступени АИ – 3-х звенный КБ А В С. На ступени ГИ - 30'40' 200, РИ - 20'5 (подробно блоки рассматриваются в лаборатории).

АР – 5-ти значный, принимает все знаки набираемого номера батарейными импульсами, а выдает в маркеры – быстродействующим полярно-числовым кодом. Маркеры распределены по ступеням искания. (Среднее время работы маркера при установлении соединения $h = 0,6$ сек.)

К - 100/2000 может работать совместно с одноступенными ЦСК, АТСКЭ, ДШ АТС, обязательно имеет выход на МТС и на ней возможно установить аппаратуру АОН.

Станция рассчитана на работу без постоянного присутствия техперсонала на ней и даже есть специальная аппаратура для дистанционных проверок оборудования и передачи сигналов о повреждениях на выше стоящую АТС.

Электропитание обеспечивает const ток с $U=60\text{В}$.

На станции возможно установить внутристанционные, исходящие, входящие и транзитные соединения.

Если емкость АТС >500 номеров, то возникает необходимость установить 2 ступени ГИ для установления внутристанционного соединения.

Вся информация о способе построения ступеней, параметрах КБ, типах МКС, на которых они построены, числе направлений и доступности известна ранее.

Краткое описание процесса и установления соединения на АТСК 100/2000

26. 2. Внутристанционное соединение.

Вызывающий абонент снял трубку и МАИ определяет N вызывающей АЛ, затем в блоке АИ устанавливается соединение АЛ с ШК, работая в режиме СИ.

МРИ определяет поступление сигнала занятия на ШК, выбирает в процессе свободного искания регистр и через блок РИ осуществляется коммутация ШК с АР.

В этот момент из АР через блоки РИ и АИ вызывающий абонент получает тональный сигнал, “ответ станции” ($f=425$ Гц) и начинается набор номера.

Все цифры абонентского номера принимаются и запоминаются в АР.

Завершив прием всех цифр, АР отмечает положительным потенциалом вход блока ГИ, соединенный с занятым ШК. К этому входу подключается МГИ и посылает в регистр кодированный сигнал запроса первой цифры номера.

Выбор направления МГИ может осуществляется по одной, двум, трем цифрам абонентского номера в зависимости от направления. Обмен информацией между М и Р осуществляется методом челнока полярно-числовым кодом. На основе полученной информации МГИ выбирает направление к нужному сотенному блоку АИ, потом свободную линию в этом направлении доступную входу через свободную ПЛ. После этого осуществляется коммутация в блоке ГИ и МГИ освобождается.

Затем из АР отмечается потенциалом занятый вход в блок АИ. Номер этого входа определяется МАИ. По запросам МАИ АР последовательно выдает информацию о 2-х последних цифрах номера. МАИ выбирает свободные и доступные ПЛ и проверяет на занятость вызываемую АЛ.

Если она свободна, то на ступени АИ осуществляется коммутация и вход блока АИ подключается к вызываемой АЛ.

Одновременно МАИ посылает в АР кодированный сигнал окончания соединения и затем АР и МАИ освобождаются.

Посылка сигнала вызова ($f = 25\text{Гц}$) и тонального сигнала КПВ ($f = 425\text{Гц}$) осуществляется из ШК. Так же ШК производит питание микрофонов ТА обоих абонентов и обеспечивает цепи удержания электромагнитов МКС в КБ АИ и ГИ.

Лекция № 26.

Тема № 27. Построение ступеней искания АТСК 100/2000.

27. 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СТУПЕНЕЙ ИСКАНИЯ И КОММУТАЦИОННЫХ БЛОКОВ

Соединения между окончными терминалами осуществляются посредством сетей телекоммуникации и систем коммутации, количество которых в тракте определяется назначением телекоммуникационного тракта. Любая система коммутации, независимо от назначения, имеет следующую обобщенную упрощенную структуру (рис.1).



Рис.1. Обобщённая структура системы коммутации.

Коммутационное поле системы коммутации представляет собой многополюсник с N входами и M выходами и может состоять из одной общей или нескольких частей. Каждая часть представляет собой ступень искания, выполненную на основе одного или нескольких однотипных коммутационных блоков (КБ), имеющих индивидуальные или общие выходы (Рис.2).



Рис.2. Обобщённая структура коммутационного поля системы коммутации.

Все N входов включаются в коммутационную систему через КБ первой ступени искания, число которых равно:

$$n_{\text{КБ}} = N / N_{\text{КБ}}, \text{ где } N_{\text{КБ}} - \text{число входов в один КБ.}$$

Аналогично определяется число КБ на любой другой ступени искания.

В каждом КБ соединение входа с выходом может осуществляться через одну или несколько коммутационных точек. Если для коммутации входа с выходом в КБ используется одна точка коммутации, то такой КБ называется **однозвенным**. Однозвенные КБ с параметрами N входов и M выходов требуют согласования для реализации T_1 коммутационных точек как, например, в схеме на рис.3.

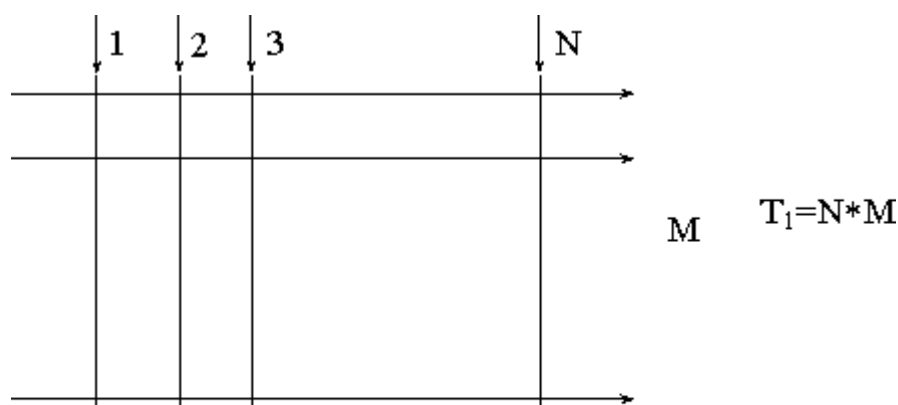


Рис.3. Схема однозвенного КБ.

Удельное количество точек коммутации для такой схемы определяется:

$$C1' = T_1 / N = M$$

Значение $C1'$ при однозвенной реализации КБ показывает, что каждому входу из N должно быть доступно M или часть из M выходов, то есть такие схемы характеризуются низким использованием точек коммутации.

27. 2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ОДНОЗВЕННЫХ СТУПЕНЕЙ ИСКАНИЯ В ДЕКАДНО-ШАГОВЫХ СИСТЕМАХ КОММУТАЦИИ

В декадно-шаговых системах коммутации (системы первого поколения) коммутационное поле имеет ступенчатое построение. Количество ступеней искания

определяется емкостью коммутационной системы и структурой телекоммуникационной сети. Все ступени однозвенные, реализованы на приборах типа «искатель».

На рис.4 представлена функциональная схема АТС-ДШ с двумя ступенями ГИ.

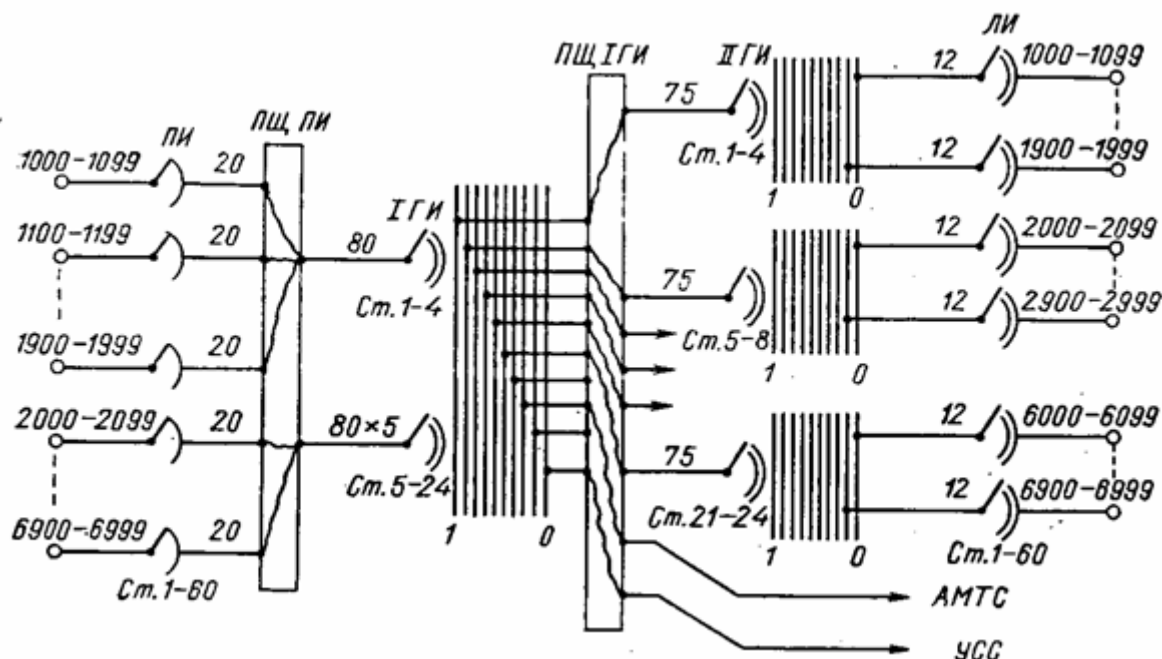


Рис.4. Функциональная схема АТС-ДШ емкостью 6 тыс. номеров с двумя ступенями ГИ.

Схема системы содержит четыре однозвенные ступени искания, укомплектованных разным количеством стативов (КБ). Так ступень предварительного искания (ПИ) укомплектована 60-ю стативами ПИ, т.к. емкость АТС равна 6000 номеров, а емкость одного статива ПИ (КБ) равна 100 номерам.

На ступени первого ГИ использовано 24 однозвенных статива ГИ (количество стативов ГИ может быть и другим, т.к. их количество зависит не только от емкости АТС, но и от интенсивности телефонного сообщения от абонентских терминалов).

Ступень второго ГИ также реализована однозвенными стативами. Число стативов равно 24, что также определяется интенсивностью телефонного сообщения.

Ступень ЛИ реализована однозвенными стативами, количество которых равно 60, что определяется количеством сотенных абонентских групп на АТС.

В системе использовано непосредственное управление и прямой способ установления соединения. Непосредственное управление – это такое управление, при котором импульсы набираемого номера от оконечного терминала поступают непосредственно в управляющие устройства соответствующих приборов коммутации. Прямой способ установления соединения – это такой способ, при котором установление соединения через коммутационную систему происходит одновременно с выбором

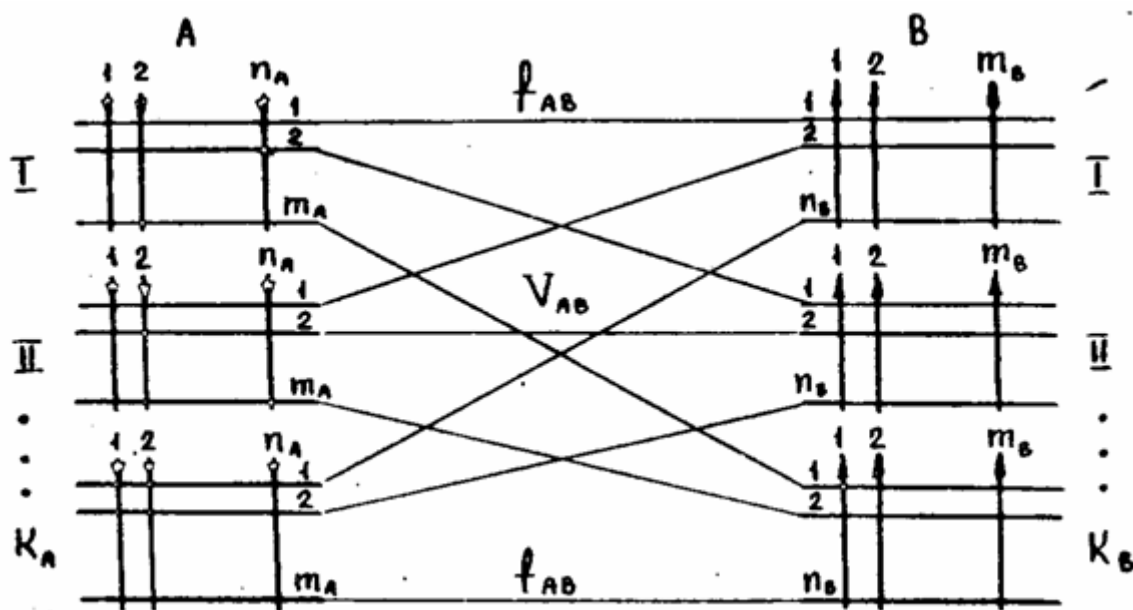
соединительного пути, т.к. коммутационный прибор на ступени искания, обеспечивающий соединение входа с требуемым выходом, одновременно выполняет и функции выбора этого выхода.

МНОГОЗВЕННЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ СТУПЕНИ И БЛОКИ

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОЗВЕННЫХ КБ

В тех системах коммутации, в которых к качеству разговорного тракта предъявляются высокие требования (координатные, квазиэлектронные, электронные), стоимость образующих коммутационную систему элементов значительно повышается, т.е. увеличивается стоимость коммутационного оборудования. Поэтому необходимо найти такие способы построения коммутационной системы, которые позволили бы уменьшить число точек коммутации, а, следовательно, и стоимость коммутационной системы в целом.

Поставленная задача решается применением так называемых звеньевых включений. Если для коммутации одного из N входов с одним из M выходов используются две и более коммутационных точки (два и более звена), то такой КБ называется **многозвенным**. Многозвенный КБ характеризуется входящими N , промежуточными V и исходящими M линиями.



На рис.5 представлена общая структура двухзвенной схемы, звенья которой обозначены A и B.

Такая двухзвенная схема характеризуется следующими структурными параметрами:

n_A - число входов в один коммутатор звена A;

m_A - число выходов из одного коммутатора звена A;

k_A - число коммутаторов на звене A;

n_B - число входов в один коммутатор звена B;

m_B - число выходов из одного коммутатора звена B;

k_B - число коммутаторов на звене B.

При этом имеет место следующие простые соотношения

$N = n_A \cdot k_A$ - число входов в КБ;

$M = m_B \cdot k_B$ - число выходов из КБ;

$V_{AB} = m_A \cdot k_A = n_B \cdot k_B$ - общее число промежуточных линий

Двухзвенная схема характеризуется также параметром

$f_{AB} = m_A / k_B$ - связностью, то есть количеством промежуточных линий, связывающих каждый коммутатор звена A с каждым коммутатором звена B. В односвязной схеме коммутационного блока $f_{AB}=1$ и тогда справедливо соотношение $m_A = k_B$ и $n_B = k_A$.

Многозвенные схемы характеризуются также параметром d - коэффициентом сжатия или расширения (блока звена)

$$\delta = \frac{M}{N} \quad ; \quad \delta_A = \frac{m_A}{n_A} \quad ; \quad \delta_B = \frac{m_B}{n_B} .$$

Если $d > 1$, то на звене или в КБ имеет место расширение, если $d < 1$ – имеет место сжатие. При $d = 1$ - схема без сжатия и расширения. Значение d определяется назначением ступени искания, в которой работает КБ.

В двухзвенной схеме без сжатия и расширения коэффициент d равен 1 и тогда справедливо соотношение

$$n_A = m_A = n_B = m_B = m.$$

В режиме подключения любого входа к любому выходу (режим свободного искания) такая двухзвенная схема равноценна однозвенной и не будет иметь потерь. В этом случае коммутационные схемы рис.3 и рис.5 могут сравниваться по числу точек коммутации.

Общее число точек коммутации в рассматриваемой двухзвенной схеме будет равно:

$$T2 = TA + TB = nA \cdot mA \cdot \kappa A + nB \cdot mB \cdot \kappa B = 2 m3.$$

Так как $nA \cdot \kappa A = N = m2$, то $m =$.

В этом случае общее количество точек коммутации двухзвенной схемы будет определено $T2 = 2 ()3 = 2N \cdot$.

Удельное количество точек коммутации составит:

$C1'' = T2 / N = 2$, то есть уже при N больше 4 двухзвенная схема будет иметь меньше точек коммутации по сравнению с однозвенной.

Однако многозвенные схемы обладают недостатком, называемым явление внутренних блокировок (ЯВБ). ЯВБ – это такое состояние схемы, когда входящая линия не может быть подключена к свободной исходящей линии из-за отсутствия свободной доступной промежуточной линии из V .

Поэтому в зависимости от параметров, назначения и режима искания КБ строится на разном числе звеньев.

При свободном режиме коммутации, когда входу может быть подключена любая свободная исходящая линия, достаточно двух звеньев коммутации.

Аналогично и в режиме группового искания, схема КБ содержит два звена коммутации, т.к. и в этом режиме входящей линии должна быть подключена одна линия из множества (группы) на выходе, организуемого всеми коммутаторами звена В.

Однако в режиме линейного (абонентского) искания к входящей линии требуется подключить одну единственную, конкретную абонентскую линию и двух звеньев в этом случае недостаточно. Поэтому в АИ-100 и АИ-1000 при входящей связи используются соответственно трех- и четырехзвенные схемы (см.рис.7).

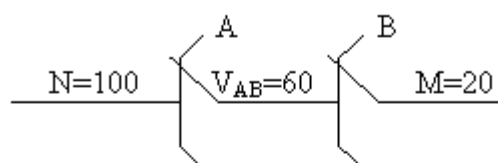
Многозвенные схемы могут быть трех- и четырехзвенными в зависимости от параметров N , VAB , M , а также от режима искания. Так на ступени абонентского искания в режиме коммутации входа к конкретной абонентской линии из множества линий используются трех- (рис.7а) и четырехзвенные схемы (рис.7б).

В технике автоматической коммутации большое распространение получили звеньевые включения, построенные на многократных координатных соединителях – МКС (АТС-К).

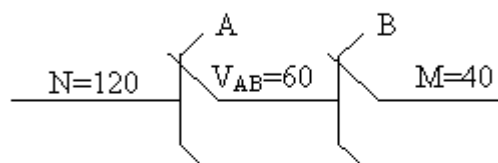
Входы и выходы КБ могут включаться как в поле Π (подвижные пружины), так и в вертикали B (струны) МКС. Комбинируя различные варианты включения входов и выходов в звеньях A и B , а также используя разное число звеньев коммутации, можно

получить звеньевые схемы разных типов коммутационных блоков, представленных на рис.6.

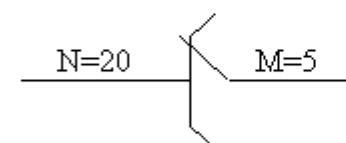
а) схемы типа ПВПВ



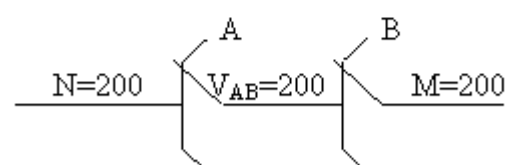
(блок АИ исх. св. АТСК, АТСКУ, АТСК100/2000)



(блок РИА АТСКУ)

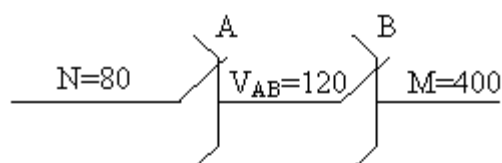


(блок РИА АТСК100/2000)

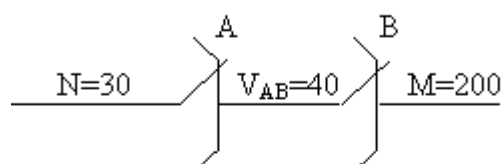


(блоки ВВ и ИВ АРМ-20)

б) схемы типа ВПВП

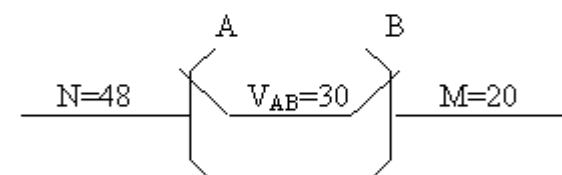


(блок ГИ АТСКУ)

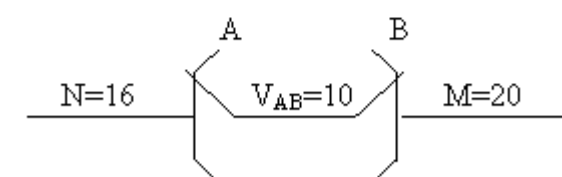


(блок ГИ АТСК 100/2000)

в) схемы типа ПВВП



(блок РИВ АТСКУ)



(блок РИ АРМ-20)

Рис.6. Типы коммутационных блоков.

27. 3. КОММУТАЦИОННЫЕ БЛОКИ НА СТУПЕНЯХ АБОНЕНТСКОГО ИСКАНИЯ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Принципы построения коммутационных блоков с многозвенной структурой рассмотрим на примере организации исходящей связи на ступенях абонентского искания (АИ).

В системах АТС при исходящем сообщении от абонента вызывающий абонентский терминал подключается посредством абонентской линии к общестанционным приборам с помощью ступени предварительного (свободного) искания. В режиме свободного искания абонентский терминал должен быть подключен к любой исходящей линии блока через доступные промежуточные линии. В системе АТСК абонентские терминалы подключаются к общестанционным приборам через коммутационные блоки АИ-100 и АИ-1000, структурные схемы которых приведены на рис.7.

При входящем сообщении линия вызываемого абонента подключается к общестанционным приборам с помощью ступени линейного искания, роль которой выполняют те же блоки АИ (см. рис.7).

В АТСК функции свободного и линейного искания совмещены в ступени абонентского искания. При исходящем сообщении блок строится со сжатием, т.к. число конечных терминалов больше числа общестанционных коммутационных приборов. При входящем сообщении на ступени АИ используются коммутационные блоки с расширением.

Рассмотрим схему группообразования блока АК-АВ при исходящей связи (системы АТСК, АТСК-У). Число звеньев коммутации равно двум (см. рис.7б). Блок имеет параметры $N = 100$, $V_{AB} = 60$, $M_{исх} = 20$ ($100 \times 60 \times 20$). Блок реализован на МКС типа $20 \times 10 \times 6$, схема типа ПВПВ.

Рассчитаем коммутационные параметры:

$$n_A = 10 \text{ (емкость вертикали);}$$

$$k_A = N : n_A = 100 : 10 = 10;$$

$$m_A = V_{AB} : k_A = 60 : 10 = 6;$$

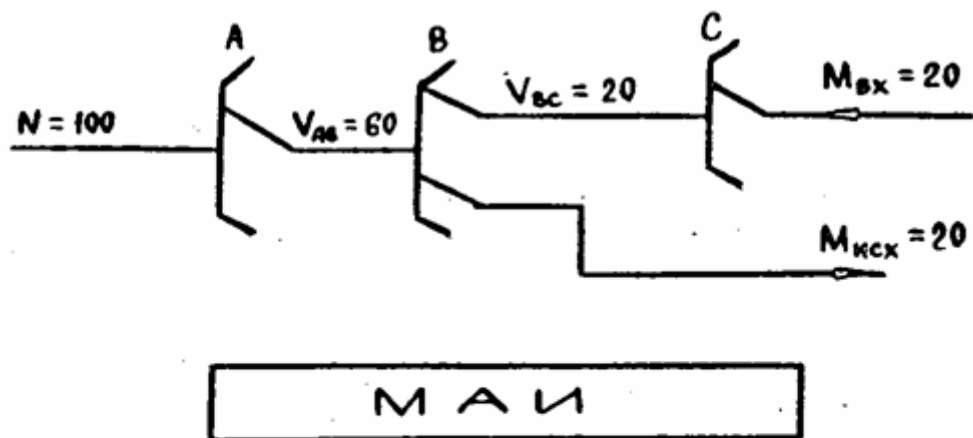
$$n_B = k_A = 10 \text{ (при } f_{AB}=1);$$

$$k_B = m_A = 6 \text{ (при } f_{AB}=1);$$

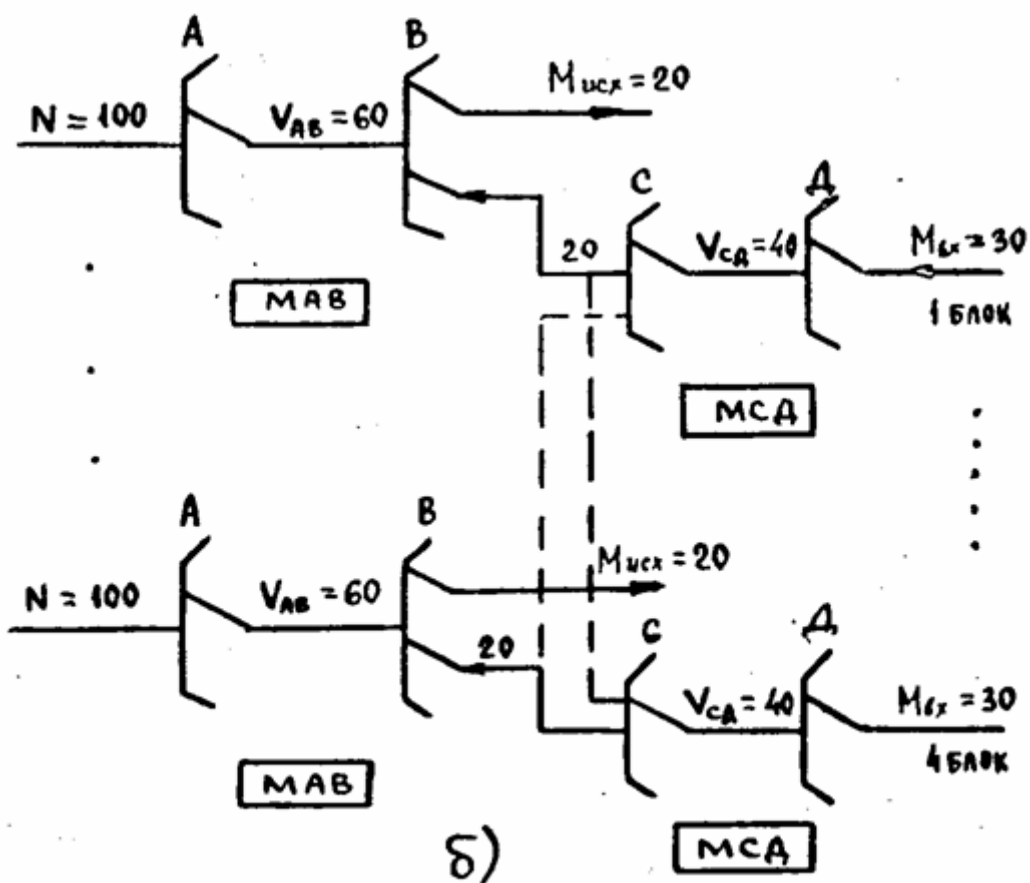
$$m_B = M_{исх} : k_B = 20 : 6 = 3,33.$$

Построим схему группообразования блока АК-АВ в соответствии с рассчитанными параметрами. Схема представлена в двух изображениях – крестошинном и

символическом (элементы МКС в крестошинном и символическом виде имеют следующие изображения соответственно).



а)



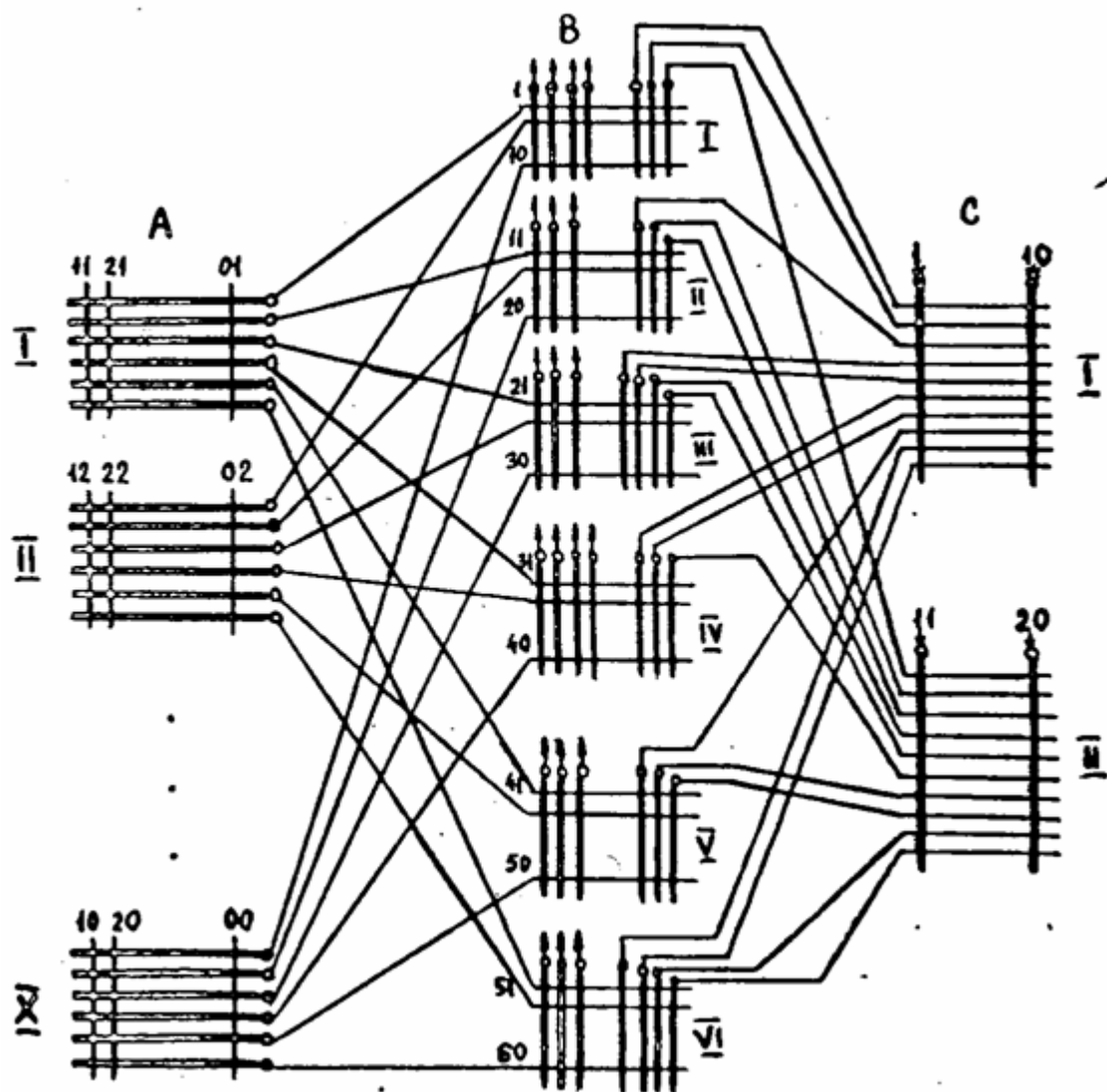
б)

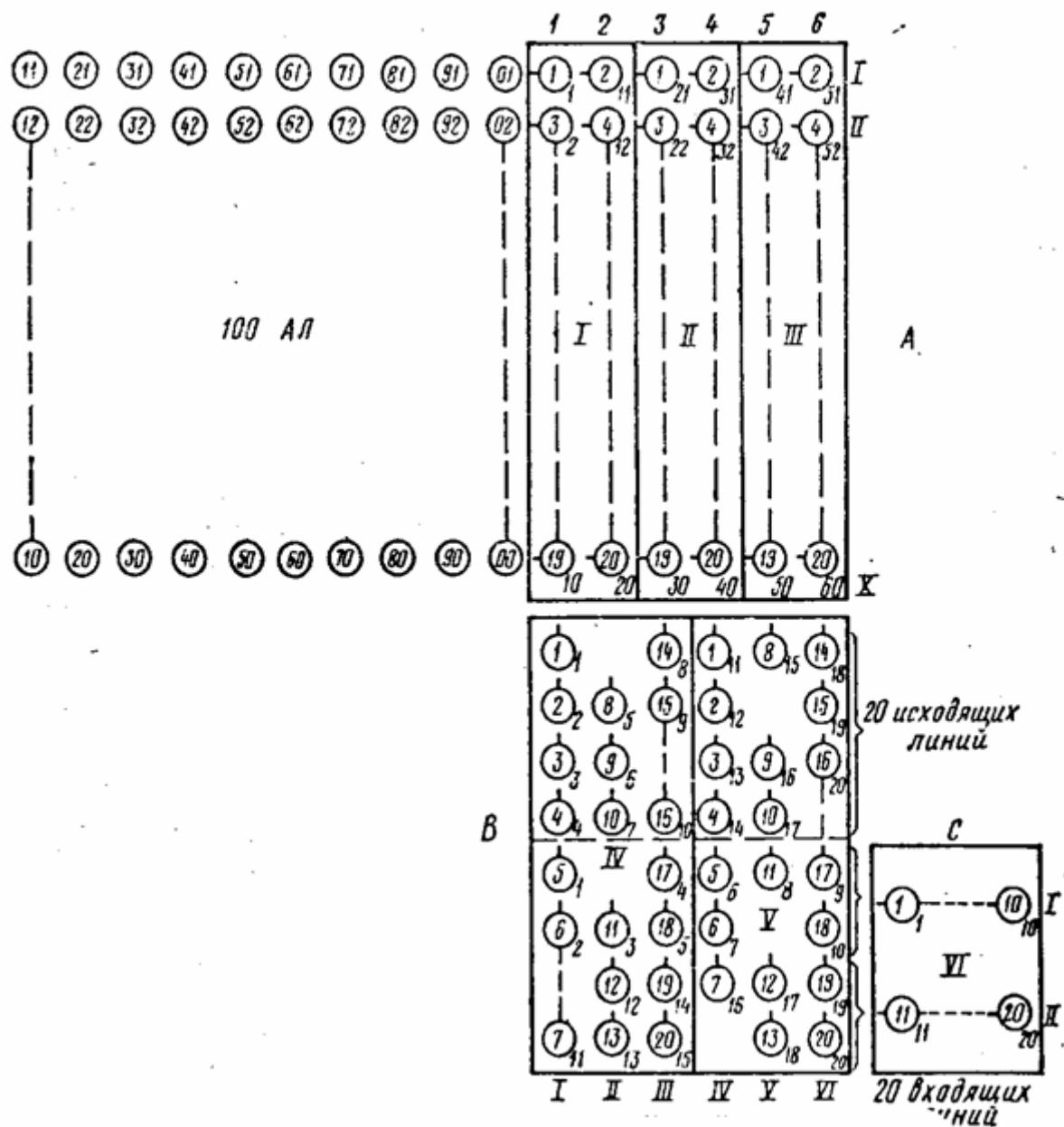
Рис.7. Структурные схемы блоков АИ.

а) АИ 100 (Система АТСК 100/2000).

б) АИ 1000 (Система АТСК, АТСКУ)

Схемы группообразования приведены на рис.8 и рис.9.





Тема № 28. Квазиэлектронная АТСКЭ типа «Квант».

28. 1. Техническая характеристика станции.

В курсовом проекте применяется аппаратура УП АТС КЭ "Квант". В ней используется централизованный способ управления на основе записанной программы, то есть когда работа управляющего устройства определяется программой, записанной в его памяти.

Оборудование АТС "Квант" позволяет использовать ее в качестве оконечной (ОС), узловой (УС) или центральной (ЦС)станции, а также в качестве узла автоматической коммутации (УАК). Центральные и узловые АТС имеют емкость от 64 до 2048 номеров, оконечные - от 32 до 256 (малой емкости) и от 256 до 2048 (средней емкости) номеров. В оконечные и узловые АТС можно включить от 8 до 384 односторонних соединительных линии, а в УАК - до 572 линий. При использовании двусторонних СЛ их число уменьшается вдвое. Количество направлений связи - до 32 с любым числом СЛ в каждом направлении .

Станции различного направления различаются количеством и типами коммутационных блоков, объемом блока памяти управляющего устройства, структурой коммутационной системы, количеством шнуровых и соединительных комплектов и другими параметрами.

В абонентские линии можно включать индивидуальные и спаренные с взаимной связью телефонные аппараты с дисковым и кнопочным (тастатурным) номеронабирателем.

В записанной программе управляющего устройства станции предусматривается возможность оборудования до 10 абонентских категорий, которые используются для определения приоритета при установлении исходящей междугородной связи. Абонентам предоставляются несколько дополнительных видов связи (ДВС) и 25 дополнительных видов обслуживания (ДВО): регистрация входящих вызовов и междугородных переговоров, сокращенный набор номера, наведение справки во время разговора, временное ограничение входящей связи, напоминание, конференц-связь и другие.

Взаимодействие с другими станциями обеспечивается по двухпроводным, трехпроводным и четырехпроводным физическим линиям и каналам ТЧ, образованным аппаратурой ВЧ и ИКМ.

28. 2. Состав оборудования АТС КЭ.

Оборудование АТС КЭ состоит из трех основных частей: коммутационной системы (КС), управляющего устройства, оконечных устройств (абонентских, шнуровых и других комплектов).

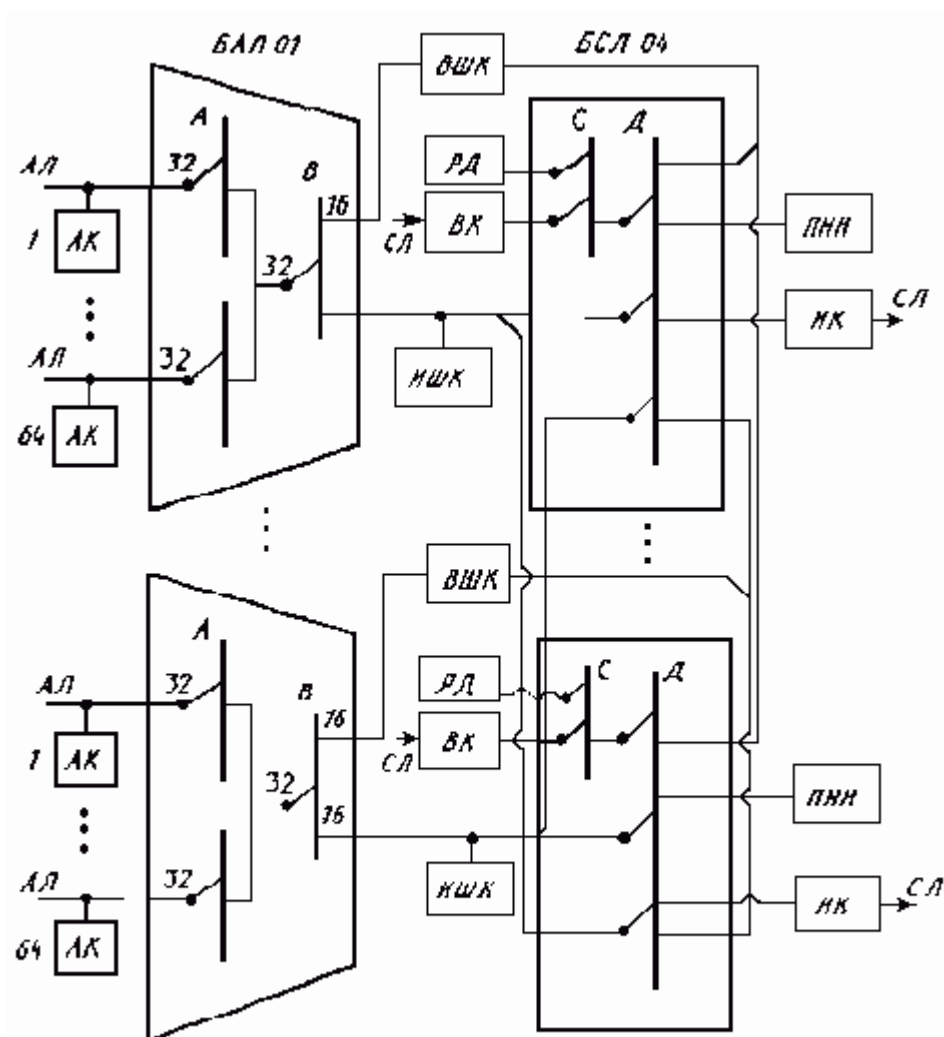
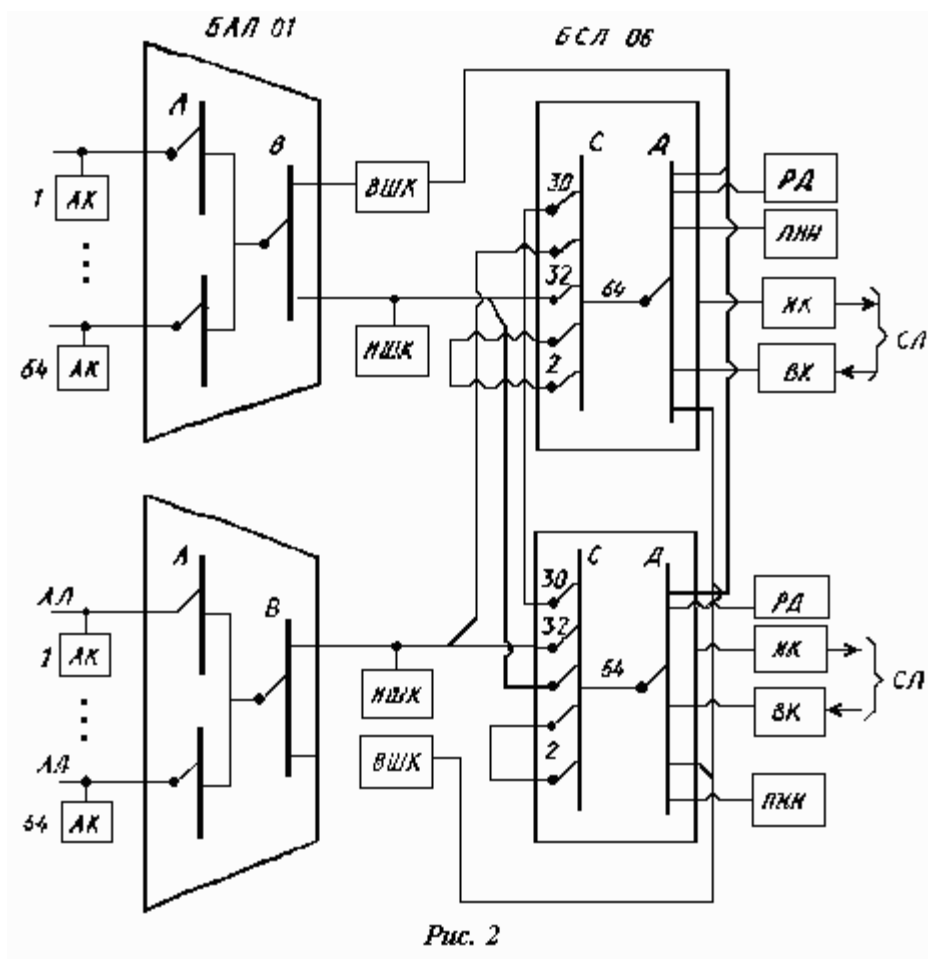


Рис. 1

КС в зависимости от назначения станции строится либо из двух ступеней коммутации, либо из тр.х. КС оконечных станций любой емкости состоит из двух ступеней коммутации: ступени коммутации абонентских линий и ступени коммутации соединительных линий. При емкости оконечной АТС КЭ до 256 номеров КС строится в соответствии с рисунком 1, а при емкости от 256 до 2048 номеров - рис. 2. КС центральных и узловых станций любой емкости строится из тр.х ступеней коммутации: ступени коммутации абонентских линий, ступени коммутации исходящих линий и ступени коммутации входящих линий (рис.3).



Ступени коммутации абонентских, соединительных, исходящих и входящих линий комплектуются соответственно блоками абонентских линий (БАЛ), блоками соединительных линий (БСЛ), блоками исходящих линий (БИЛ) и блоками входящих линий (БВЛ).

ПУУ с помощью сканирования (опроса) определяет состояние объектов управления и передает эту информацию в ЦУУ. Период обращения к точкам сканирования абонентских и цифровых комплектов составляет 128 мс (медленное сканирование), а к остальным приборам (приемникам и датчикам сигналов управления, комплектам соединительных линий, приборам дополнительных видов связи и др.) - с периодом 8 мс (быстрое сканирование).

28. 3. Шнуровые комплекты разделяются на исходящие (ИШК) и входящие (ВШК).

Приемник и датчики сигналов управления (ПДСУ) предназначены для приема и выдачи сигналов управления батарейным, шлейфным и многочастотным способами. Прием сигналов осуществляется с помощью приемников набора номеров (ПНН), и выдача - с помощью регистровых датчиков (РД), которые подключаются к КС и размещаются в управляющем устройстве. Поступающие из АЛ и СЛ сигналы принимаются ПНН с помощью программы регулярного сканирования ПНН и передаются в ЦУУ для анализа и запоминания.

В состав ПНН входят приемники : батарейный (ПБ), многочастотный (ПМ), двухчастотный (П2). Батарейный приемник служит для приема сигналов управления от дискового или кнопочного номеронабирателя телефонного аппарата вызывающего абонента по шлейфу. Из ПБ выдается акустический сигнал ответа станции 425 Гц. Многочастотный приемник подключается к разговорному тракту для приема номерной информации, передаваемой по линиям частотами 700,900,1100,1300, 1500, и 1700Гц кодом "2 из 6".

По команде из ЦУУ при междугородном или входящем соединении ПНН может выдавать в АЛ и СЛ сигналы ответа станции запроса АОН. Для приема второго сигнала ответа станции частотой 425 Гц и сигнала запроса АОН частотой 500 Гц используется двухчастотный приемник П2. Выдачу сигналов управления многочастотным способом и запроса АОН осуществляют регистровые датчики.

Абонентские (АК) и шнуровые комплекты относятся к внутристанционным комплектам. АК предназначены для определения состояния шлейфа абонентских линий и подачи в телефонный аппарат (ТА) сигнала занятости. ИШК и ВШК обеспечивают электропитание микрофонов ТА, принимают и передают в ЦУУ сигнал отбоя вызывающего и вызываемого абонентов соответственно, по команде из ЦУУ выдают тональные сигналы, а ВШК, кроме того, выдает сигнал послышки вызова (ПВ) в ТА вызываемого абонента.

Комплекты соединительных линий (КСЛ) предназначены для взаимодействия КЭ АТС со всеми типами декадно-шаговых и координатных АТС, а также международных телефонных станций (МТС). КСЛ бывают одностороннего и двустороннего действия. В зависимости от способа передачи линейных сигналов КСЛ делятся индуктивные, батарейные и шлейфные, применяемые на физических линиях; частотные и ИКМ, применяемые на линиях, оборудованных аппаратурой частотного и временного деления каналов.

К комплектам одностороннего действия для работы по физическим линиям и каналам ТЧ относятся: исходящие и входящие КСЛ с батарейным и шлейфным способом передачи сигналов для работы по абонентским линиям (ИКБ2, ВКБ2, ИКШ2, ВКШ2); исходящие и входящие тр.хпроводные батарейные КСЛ для работы по абонентской и междугородной линии (ИКБ3, ВКБ3); исходящие и входящие КСЛ для работы по каналам ТЧ с выделенным сигнальным каналом, обеспечивающие четырёхпроводный транзит (ИКВСК, ВКВСК); исходящие и входящие КСЛ для работы по каналам ИКМ с двумя выделенными сигнальными каналами по абонентской или междугородной линии, обеспечивающие четырёхпроводный транзит (ИК ИКМ, ВК ВКМ); исходящие и входящие КСЛ для связи с узлами автоматической коммутации (УАК) по каналам ТЧ без выделенного канала с использованием частоты 2600 Гц (ИК 3ВК, ВКМВК); исходящие и входящие КСЛ для связи с УАК по четырёхпроводным физическим СЛ (ИКЗШ4, ВКМШ4); исходящий комплект для связи со справочно-информационными службами по физическим двухпроводным и четырёхпроводным СЛ (ИКС); тр.хпроводный входящий комплект для связи по физическим тр.хпроводным СЛ от МТС при ручном способе установления соединений (ВКМР).

К комплектам двустороннего действия относятся: универсальный двухпроводный комплект с индуктивным способом передачи сигналов (ДКИ) по абонентским и междугородным линиям для связи по физическим двухпроводным соединительным линиям и каналам ТЧ, образованным аппаратурой ВЧ систем передачи; универсальный двусторонний комплект для связи по каналам аппаратуры ВЧ систем передачи с использованием двухчастотного (2600 и 3825 Гц) сигнального кода и работы по абонентской или междугородной линии (ДКЧ), двусторонний комплект для связи по каналам аппаратуры ВЧ систем передачи без выделенного сигнального канала с использованием частот 2600 и 2100 Гц или частот 600 и 750 Гц (ДК БК); двусторонний комплект для связи по каналам ТЧ аппаратуры без выделенного сигнального канала с использованием частот 1200 и 1600 Гц (ДК БКЭ); универсальный двусторонний комплект для работы по абонентской или междугородной линии с использованием канала ТЧ, образованного аппаратурой ИКМ (ДК ИКМ).

Контрольные устройства периферии (КУП) предназначены для оперативного и периодического контроля исправности разговорного тракта, шнуровых комплектов ПДСУ, КСЛ, соединительных и абонентских линий. Контроль и проверка исправности производятся сканированием контрольных точек в соответствующих приборах. КУП позволяют производить проверку разговорного тракта и комплектов как при установлении каждого соединения, так и периодически с заранее установленным интервалом времени.

Приборы дополнительных видов связи (ПВДС) позволяют абонентам АТС КЭ предоставить следующие дополнительные возможности: выхода к диктофону с помощью комплекта и приставки к диктофону (КДФ и ПДФ), организации односторонней исходящей громкоговорящей связи при помощи комплекта и приставки громкоговорящей связи (КГС и ПГС), организация радиосвязи с помощью комплекта и приставки радиосвязи (КРС и ПРС), организация поисковой связи с помощью комплекта поисковой связи (КПС).

Лекция №28

Тема № 29. Электронные АТС. Структурная схема «АХЕ-10».

29. 1. Назначение и характеристики системы

Многофункциональная коммутационная система АХЕ-10 разработана фирмой Ericsson (Швеция), оборудование поставляется также фирмой Nikola Tesla (Хорватия). Впервые АХЕ-10 была введена в эксплуатацию в 1972 г. в квазиэлектронном варианте, в 1977 г. АХЕ-10 была представлена на рынке в цифровом варианте и могла использоваться только на телефонных сетях. Последняя версия оборудования АХЕ-10 — ВУВ 501-1,3/1,4 является новейшей разработкой в технологии коммутации.

В настоящее время система АХЕ-10 используется как на телефонных, так и на ЦСИС, интеллектуальных сетях (ИС), а также СПС. Интеллектуальные сетевые средства могут реализоваться на различных сетевых уровнях в соответствии с существующими нуждами и потребностями. Это достигается благодаря модульной структуре: из различных подсистем, входящих в состав АХЕ-10, отбираются необходимые для конкретного применения. Гибкость построения сети позволяет использовать станцию в различных конфигурациях и с различными емкостями — от небольших выносов на несколько сотен абонентов до глобальных телефонных систем крупных мегаполисов.

Система АХЕ-10 применяется в более чем 113 странах мира, количество задействованных телефонных линий превышает 96 млн. Эта система хорошо известна в России и устанавливается на территории бывшего СССР уже более 20 лет. В России более 1 млн линий АХЕ-10 находятся в эксплуатации. На отечественных сетях система АХЕ-10 используется в качестве МЦК, УАК, АМТС, АМТС/АТС, на ГТС (как ОПС, ОПТС, ТС), на сетях подвижной связи СПС (в качестве MSC, BSC).

АХЕ — система с иерархическим управлением; имеет модульную структуру построения. Система АХЕ наращивается модулями коммутационной системы АРТ вместе с модулями системы управления АРЗ. Модульная архитектура позволяет вводить изменения, добавления и отмены без влияния на работу системы в эксплуатации.

Емкость системы АХЕ определяется структурой, назначением, а также требуемым соотношением между числом абонентских и соединительных линий. Минимальная емкость системы составляет 16 384 портов (16К), максимальная емкость 131 072 (128К) портов. Наращивание системы происходит с шагом 16К. Система обеспечивает включение до 250 тыс. абонентских и 128 тыс. соединительных линий.

В качестве центрального процессора используется процессор APZ 212, имеющий различные модификации (APZ 212.20, APZ 212.25, APZ 212.30, APZ 212.33). Производительность центрального процессора от 800 тыс. до 2 млн вызовов в ЧНН.

В АХЕ-10 принята двухуровневая система управления: центральная и периферийная. Уровень центральной обработки состоит из одной-восьми пар центральных процессоров (СР), работающих в параллельно-синхронном режиме. На периферийном уровне используются региональные дублированные процессоры (РР), работающие в режиме распределения нагрузки. Каждая пара РР управляется одним спаренным центральным процессором. Один спаренный центральный процессор может управлять максимально 512 региональными процессорами.

Система АХЕ-10 позволяет включать аналоговые абонентские линии с удельной нагрузкой до 0,45 Эрл, цифровые абонентские линии — до 0,4 Эрл на 5-канал в случае базового доступа 2В+D и до 0,8 Эрл на В-канал в случае первичного доступа 30В+D.

АХЕ-10 поддерживает различные системы сигнализаций для связи с декадно-шаговыми, координатными, квазиэлектронными и электронными станциями, работающими на отечественных сетях. Из международно-согласованных стандартных систем сигнализации предусмотрены R1, R2, № 5, ОКС № 7, а также национальная система сигнализации R 1,5.

Взаиморасчеты могут осуществляться в АХЕ-10 на национальной или международной основе. Система поддерживает международную систему взаиморасчетов, базирующуюся на единицах трафика, а также национальную систему, ориентированную на единицы трафика и/или накопленное число измерительных импульсов. В АХЕ-10 используется несколько внутренних счетчиков: один учитывает продолжительность разговора, другой — число вызовов. Счетчики подразделяются по типам дней, периодам времени и классам отчетности.

Синхронизация станции реализуется посредством алгоритма программного обеспечения, который включает множество методов синхронизации, позволяя администрации сети выбирать методы, наиболее подходящие для различных участков сети. Если телефонная станция обслуживает главный центр коммутации в сети синхронизации, то применяются специальные цезиевые генераторы, обладающие высокой точностью.

Система АХЕ-10 сконструирована таким образом, чтобы получать питание постоянным напряжением -48 В (положительный полюс соединен с землей) от стандартного источника питания телефонной станции. Постоянное напряжение -48 В может подаваться от имеющихся на месте энергетических установок или через систему

питания, поставляемую компанией Ericsson и монтируемую дополнительно. Источники питания компании Ericsson могут компоноваться в таких же аппаратных шкафах, что и остальное оборудование станции. И источники питания, и оборудование станции могут располагаться в одном помещении. В среднем потребление электроэнергии на один номер до 2 Вт.

Постоянный режим работы системы предусматривает условия эксплуатации при температуре в помещении от +4° до +35° С и относительной влажности от 20 до 80%.

Оборудование системы AXE-10 размещается в шкафах (кабинетах). В них устанавливаются магазины, содержащие печатные платы, и кабельная секция для взаимодействия магазинов. Механическая конструкция, применяемая для AXE-10, не задает никаких ограничений, касающихся взаимного размещения шкафов и магазинов.

Все аппаратные шкафы обеспечиваются системой охлаждения методом естественной конвекции, исключение составляют аппаратные шкафы центрального процессора APZ 212 и вспомогательных процессоров. В этих аппаратных шкафах используется принудительное воздушное охлаждение, обеспечиваемое вентиляторами, расположенными на верхних полках каждого аппаратного шкафа.

Модульное устройство системы AXE-10 подразумевает простоту обращения. Функции и функциональные возможности могут добавляться, модифицироваться и устраняться без нарушений в работе других частей телефонной станции и без прерывания осуществляемой системой обработки. Например, системы, которые поначалу монтируются с центральным процессором APZ 212 25, могут при необходимости модифицироваться, приобретая большую емкость, с использованием APZ 212 20 или APZ 212 30. Существует даже возможность замены центрального процессора в продолжающей обработку системе.

Для эксплуатации и технического обслуживания имеется современный, удобный в обращении интерфейс к средствам связи AXE-10, может быть поставлена работающая на персональном компьютере программа связи, называемая WinFIOL (человеко-машинный интерфейс). Программа предоставляет все функциональные средства, необходимые для ввода и редактирования команд, а также всестороннюю функцию сценария команд.

29. 2. Структура системы

Система AXE-10, как единое целое, представляет собой набор специфических функций, реализованных на пяти различных иерархических уровнях (рис.).

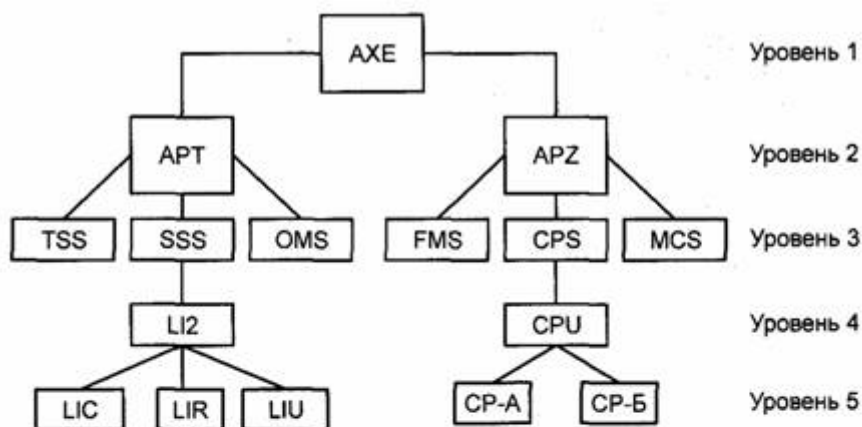


Рис. 5.1. Иерархическая структура станции AXE-10:

APT — модуль коммутационной системы;
 APZ — модуль системы управления;
 TSS — подсистема СЛ и сигнализации;
 SSS — подсистема коммутации абонентов;
 OMS — подсистема эксплуатации и технического обслуживания;
 MCS — подсистема «человек-машина»;
 CPS — подсистема центрального процессора;
 FMS — подсистема управления файлами;
 CPU — центральное процессорное устройство;
 CP — центральный процессор;
 LIC — плата линейного интерфейса;
 LIR — микропрограмма;
 LIU — блок линейного интерфейса

Системный уровень AXE-10 (уровень 1). AXE-10 образует наивысший уровень системы.

Системный уровень 2 (уровень 2). Коммутационная система APT выполняет функции по коммутации любых каналов связи. Система управления APZ реализует программное обеспечение, контролирующее коммутационную часть. Функции разрабатываются и модифицируются в системе APT независимо от системы APZ, и наоборот, т.е. системы APT и APZ независимы друг от друга.

Уровень подсистем (уровень 3). Системы APT и APZ разделены на подсистемы. Все подсистемы работают автономно и взаимодействуют между собой через интерфейсы.

Уровень функциональных блоков (уровень 4). Каждая подсистема разделена на отдельные функциональные блоки. Каждый функциональный блок образует строго определенный объект со своими собственными данными и стандартизованной сетью сигнализации. Функциональные блоки являются основными строительными блоками AXE-10. Функциональный блок может состоять либо из аппаратных и программных средств, либо только из программных.

Уровень функциональных модулей (уровень 5). Каждый функциональный блок образуется из функциональных модулей. Модуль может быть как аппаратным, так и программным. В каждом программном модуле содержатся данные и программы.

Программные модули могут быть:

- модулем регионального программного обеспечения, выполняющего такие рутинные операции, как сканирование устройств аппаратного обеспечения;
- модулем вспомогательного программного обеспечения, управляющего, например, сохранением и передачей данных;
- модулем центрального программного обеспечения, который отвечает за более сложные функции анализа, необходимые при обработке вызовов в системе.

Иными словами, архитектура системы управления — централизованная и распределенная — отражается в каждом функциональном блоке.

29. 3. Коммутационная система АРТ

Система коммутации АРТ содержит стандартизованные аппаратные интерфейсы к абонентским линиям, соединительным линиям и линиям сигнализации, а также интерфейс к системе управления APZ. Коммутационное оборудование АРТ группируется в модули расширения (ЕМ). Каждый модуль содержит некоторое количество одинаковых устройств или коммутаторов. ЕМ является наиболее крупной единицей аппаратного обеспечения (АО), на которую может повлиять единичная неисправность.

Резервирование поддерживается для всех единиц АО, являющихся общими для более чем 128 аналоговых абонентов, 64 абонентов ISDN с базовым доступом или 4 абонентов ISDN с первичным доступом.

Надежность АО обеспечивается стратегией резервирования, основанной на дублировании и секционировании. Жизненно важные части системы АРТ обеспечиваются двойным и даже тройным резервированием.

29. 4. Подсистемы АРТ

Коммутационная система АРТ состоит из следующих подсистем (см. рис. 5.2):

- 1) SSS — подсистема коммутации абонентов реализована в АО и в программном обеспечении (ПО); содержит цифровой абонентский коммутатор для аналогового и цифрового доступа;
- 2) GSS — подсистема групповой коммутации реализована в АО и в ПО; содержит продублированный цифровой групповой коммутатор и генераторы тактовых сигналов, необходимых для синхронизации сети;
- 3) TSS — подсистема соединительных линий и сигнализации реализована в АО и в ПО; содержит схемы подключения соединительных линий и устройств сигнализации к групповому коммутатору. Поддерживаются как сигнализация по общему каналу ОКС № 7, включая различные пользовательские части, так и сигнализация по выделенным сигнальным каналам 2ВСК;

4) CCS —подсистема сигнализации по общему каналу реализована в АО и в ПО; содержит терминалы сигнализации (ST) и подсистему передачи сообщений (МТР) для сигнализации ОКС № 7;

5) OMS — подсистема эксплуатации и технического обслуживания реализована в ПО; позволяет наблюдать за трафиком и управлять им; проводить тестирование доступности передающей системы и качества работы телефонной сети; диагностику и локализацию неисправностей устройств или соединительных линий. Эти функции могут активизироваться как из местных, так и из удаленных центров технического обслуживания;

6) STS — подсистема статистической обработки и измерения трафика реализована в АО и в ПО; осуществляет служебные измерения, например, измерение статистических данных и трафика и обрабатывает выходные данные;

7) TCS — подсистема управления трафиком полностью реализована в ПО; обеспечивает обработку и контроль трафика телефонной станции;

8) CHS — подсистема тарификации полностью реализована в ПО; используется во всех телефонных станциях, работающих в сети как пункты тарификации;

9) SCS — подсистема управления абонентской линией полностью реализована в центральном ПО; обеспечивает управление трафика и предоставление дополнительных услуг абонентам, подключенным к цифровому абонентскому коммутатору;

10) ESS —подсистема расширенной коммутации используется для трансляции предварительно записанных сообщений и для одновременной коммутации более чем двух абонентов;

11) SUS — подсистема абонентских услуг полностью реализована в ПО; содержит функции, обеспечивающие предоставления дополнительных услуг;

12) BGS —подсистема бизнес-группы реализована в ПО или в АО и в ПО; содержит функции обработки трафика и предоставления услуг для бизнес-связи;

13) IAS —подсистема интегрированного доступа обеспечивает подключение абонентов к Интернету;

14) SES —подсистема предоставления услуг позволяет осуществлять реализацию услуг интеллектуальной сети; содержит узлы коммутации услуг SSP и управления услуг SCP;

15) NMS — подсистема управления сетью реализована в ПО; поддерживает общее управление сетью;

16) RMS —подсистема дистанционных измерений проводит измерения как смешанных, так и цифровых цепей;

17) OPS —подсистема телефониста, реализована только в ПО; не содержит собственного АО, а использует АО других частей AXE-10; содержит функции ручной и полуавтоматической обработки трафика, осуществляемого при поддержке телефониста.

Кроме этих подсистем, система АРТ содержит подсистемы, предназначенные для работы в сетях подвижной связи стандарта GSM: MTS (подсистема мобильной телефонной связи), HRS (подсистема регистра местоположения), RCS (подсистема контроля), TAS (подсистема организации приемопередачи), LHS (подсистема управления линией), ROS (подсистема эксплуатации радиоканалов), TRS (подсистема приемопередачи).

Тема № 30. Построение коммутационной системы

«C&C-08»

30. 1. C&C08.Техническая характеристика.

C&C08 можно использовать в качестве оконечной станции, транзитной станции, междугородной станции и международного шлюза. C&C08 поддерживает современные принципы построения сетей, обеспечивая в будущем плавный переход к сетям следующего поколения. 212g62jc

Архитектура системы Цифровая коммутационная система C&C08 состоит из модуля управления и связи (AM/CM) и коммутационных модулей (SM), число которых зависит от емкости станции. Емкость коммутационной системы может быть плавно расширена до 800 000 абонентских линий (ASL) или до 180 000 цифровых соединительных линий (DT).

Модуль AM/CM осуществляет функции связи между модулями SM, а также обеспечивает управление системой в целом. В состав AM/CM входят центральное коммутационное поле и сигнальное коммутационное поле. Емкость центрального коммутационного поля может гибко конфигурироваться от 16 384x16 384 (16k *16k) до 131072x131072 (128k*128k) временных интервалов. При этом обеспечивается неblo-кирующая коммутация с временным разделением каналов.

AM/CM состоит из PAM (основной модуль управления), CM (модуль связи) и BAM (вспомогательной модуль управления). Модуль PAM осуществляет контроль и управление всей системы в целом, а также обеспечивает интерфейс между главным процессором и терминалом техобслуживания. Модуль CM обеспечивает каналы передачи речи и сигнализации между модулями SM, для чего предоставляет два типа интерфейсов: оптический (OFL) и электрический интерфейс E1/T1.

Основная функция коммутационного модуля SM - предоставлений абонентских и сетевых услуг и интерфейсов SM имеет функцию независимой коммутации. Коммутационное поле с временным разделением модуля SM имеет емкость 4096x4096 временных интервалов и осуществляет] коммутацию в пределах модуля, а также обеспечивает взаимодействует с центральным коммутационным полем модуля AM/CM для осуществления межмодульных соединений между SM.

Коммутационная система C&C08 поддерживает три типа удаленных модулей: RSM (удаленный коммутационный модуль); RSA (удаленный модуль абонентского доступа) и RIM (удаленный интегрированный модуль).

Система C&C08 позволяет формировать наиболее экономичные и высоконадежные сетевые топологии (кольцевые, древовидные, линейные).

Система сигнализации. В соответствии с рекомендациями ITU-T и другими техническими стандартами, система сигнализации коммутационной системы C&C08 поддерживает такие виды сигнализации, как OKC7 (MTP, TUP, ISUP, TCAP, SCCP, OMAP, INAP), V5, DSS1, линейные BCK1/BCK2 и регистровые многочастотный челнок/пакет/безынтервальный пакет (АОН)/декадный код.

Лекция № 30.

Тема № 31. Общие сведения о сети сотовой подвижной связи.

31. 1. Общие сведения о сети сотовой подвижной связи.

История GSM

В начале 1980-х в Европе, особенно в Скандинавии и Великобритании, а также и во Франции и Германии наблюдался быстрый рост мобильной телефонной связи. Каждая страна разработала свою собственную систему, которая была несовместима со всеми другими в части оборудования и функционирования. Такая ситуация была нежелательна, потому что подвижная аппаратура не только была ограничена функционированием в пределах национальных границ, которых в объединенной Европе было все больше и больше, но очень ограничивало рынок для каждого типа оборудования. Страдали и сбыт, и окупаемость расходов на мобильную связь.

В 1982 г. Конференция европейских почт и телекоммуникаций (CEPT — Conference of European Post and Telecommunication) сформировала группу GSM (Group Special Mobile) для изучения и разработки европейской мобильной наземной системы. Предложенная система должна была соответствовать некоторым критериям:

- хорошее субъективное качество речи;
- низкая стоимость окончечных устройств и обслуживания;
- поддержка международной подвижной связи;
- способность обслуживать малогабаритные терминалы;
- обеспечение диапазона новых услуг и средств;
- эффективное использование радиодиапазона;
- совместимость с ISDN.

В 1989 г. ответственность за разработку GSM была передана Европейскому институту стандартов в области телекоммуникаций (ETSI — European Telecommunication Standards Institute). Первые спецификации GSM были изданы в 1990 г. Коммерческая эксплуатация была начата в середине 1991 г., и к 1993 г. существовало 36 сетей GSM в 22 странах.

Хотя GSM стандартизировано в Европе, это не только европейский стандарт. Сегодня работают более чем 200 сетей GSM (включая DCS-1800 и PCS-1900) в 110 странах во всем мире. В начале 1994 г. во всем мире было 1,3 миллиона абонентов.

Сегодня эта цифра выросла до 70 миллионов. Северная Америка имеет разновидность GSM, названную PCS-1900.

Системы GSM существуют теперь на каждом континенте, и сокращение "GSM" (Global System for Mobile Communications) теперь обозначает "Глобальная система для мобильной связи".

Создатели GSM выбрали не опробованную (в то время) цифровую систему, в противоположность применявшимся тогда аналоговым сотовым системам, подобным усовершенствованной системе мобильной связи в Соединенных Штатах (AMPS — Advances Mobile Phone System) и системе с полным доступом (TACS — Total Access Communications System) в Великобритании. Разработчики верили, что усовершенствованные алгоритмы сжатия информации и применение цифровых сигнальных процессоров позволят выполнить поставленные выше задачи и непрерывно совершенствовать систему в смысле качества и стоимости. Более чем 8000 страниц рекомендаций GSM дали возможность построить гибкую и конкурентоспособную систему и обеспечить достаточную стандартизацию, чтобы гарантировать надлежащее межсетевое взаимодействие между компонентами системы, — для этого были созданы описания интерфейсов каждого из функциональных объектов, определенных в системе.

31. 2. Функциональная схема

Система сотовой связи строится в виде совокупности ячеек (сот), покрывающих обслуживаемую территорию. Ячейки обычно схематически изображают в виде правильных шестиугольников. В центре каждой ячейки находится базовая станция (БС), обслуживающая все подвижные станции (ПС) в пределах своей ячейки. При перемещении абонента из одной ячейки в другую происходит передача его обслуживания от одной БС к другой. Все БС соединены с центром коммутации (ЦК) подвижной связи по выделенным проводным или радиорелейным каналам связи. С центра коммутации имеется выход на ТфОП. На рисунке 1 приведена упрощенная функциональная схема, соответствующая описанной структуре системы.

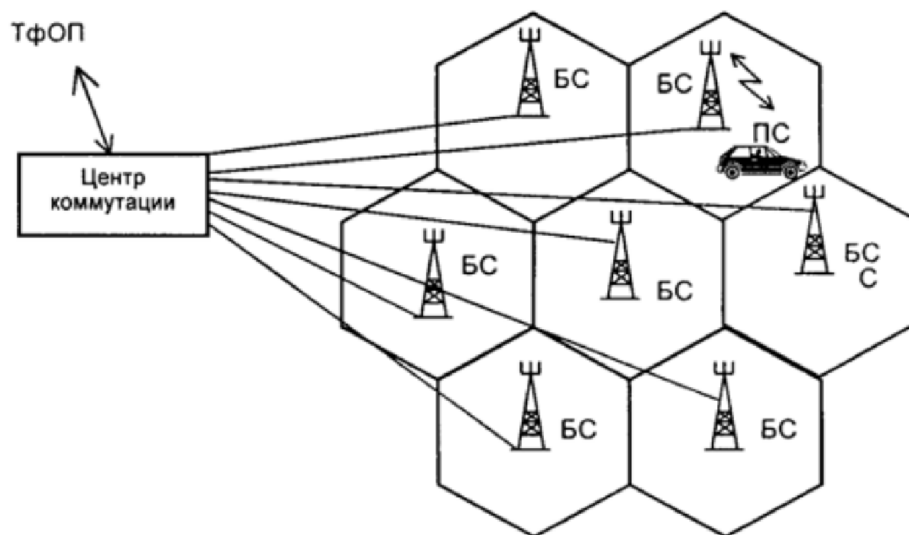


Рис. 1. Состав сети сотовой подвижной связи

Система сотовой связи может включать более одного ЦК, что может быть обусловлено эволюцией развития сети или ограниченностью емкости коммутационной системы. Например, возможна структура системы с несколькими ЦК (рис. 2), один из которых условно можно назвать головным, шлюзовым или транзитным.

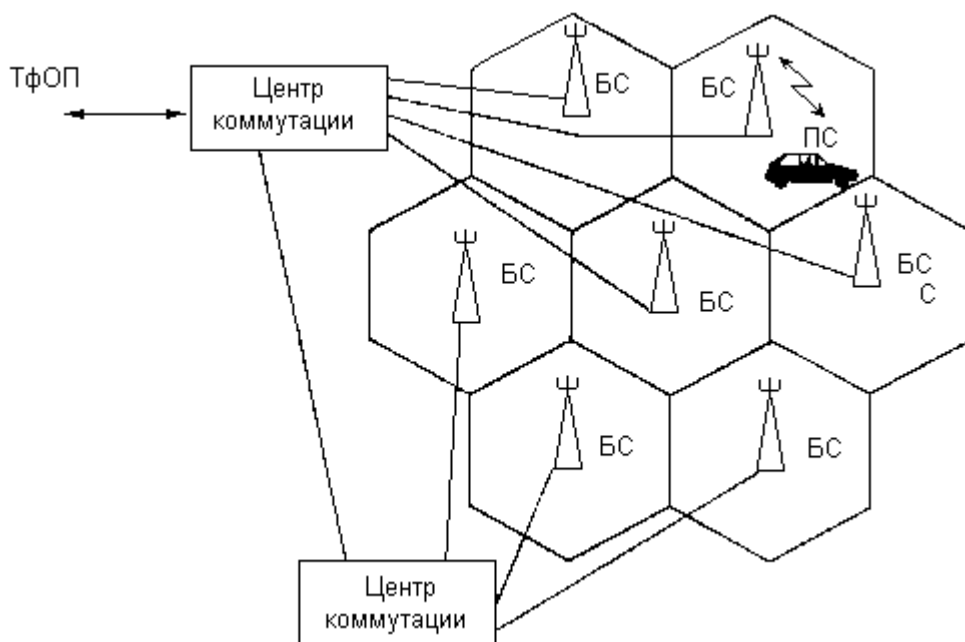


Рис. 2. Сеть сотовой связи с двумя центрами коммутации

В простейшей ситуации система содержит один ЦК (рис. 1), при котором имеется домашний регистр, и она обслуживает относительно небольшую замкнутую территорию, с которой не граничат территории, обслуживаемые другими системами. Если система обслуживает большую территорию, то она может содержать два или более ЦК (рис. 2), из которых только при «головном» имеется домашний регистр, но обслуживаемая системой

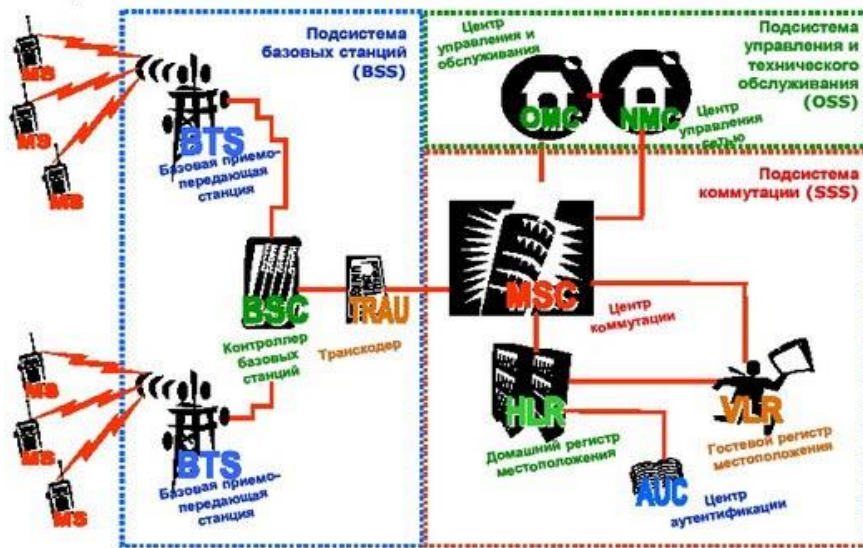
территория по-прежнему не граничит с территориями других систем. В обоих этих случаях при перемещении абонента между ячейками одной системы происходит передача обслуживания, а при перемещении на территорию другой системы - роуминг. Если система граничит с другой CCC, то при перемещении абонента из одной системы в другую имеет место межсистемная передача обслуживания.

31. 2. Структура сети GSM включает в себя:

BSS (Base Station Subsystem) - подсистема базовых станций.

SSS (Switching Subsystem) - подсистема коммутации

OSS (Operation Subsystem) - подсистема эксплуатации и технического обслуживания.



Итак, схема логически разбивается на три квадрата. Каждый из них представляет собой замкнутую систему, которая выполняет определенную, отведенную для нее роль. Опыт показал, что такое разделение целесообразно, с точки зрения контроля, отслеживания ошибок и сбоев, и строительства сети.

Лекция № 31.

Тема № 32. BSS: базовая станция (BTS);

Контролер базовых станций (BSC).

Подсистему базовых станций BSS (Base Station Subsystem). Она состоит из:

BTS (Base Transceiver Station) - базовые приемо-передающие станции;

BSC (Base Station Controller) - контроллер базовых станций;

TRAU (Transcoding Rate Adapter Unit) - транскодер.

Перед нами практически интерфейс, с которым говорит ваш сотовый телефон. Он помогает «вести» ваш мобильный аппарат на территории каждой базовой станции.

Каждая **BTS** (Base Transceiver Station) – (базовая приемо-передающая станция) обеспечивает для работы сети следующие функции:

- радиопокрытие;
- получение и передачу данных и служебной информации от/к мобильной станции;
- управление мощностью мобильной станции;
- контроль качества передачи информации и т.д.

Базовые приемо-передающие станции бывают разных видов. Прежде всего, их можно разделять по принципу локации: стационарная и передвижная. В нашей стране практикуется установка только стационарных БС. С одной стороны, это простой способ, с точки зрения планирования сот и инфраструктуры (подвод электричества). С другой стороны, перегрузки сети часто связывают с тем, что в одно время на одной соте находятся и одновременно говорят очень много абонентов. Например, всевозможные городские праздники давно стали головной болью для сотовых операторов. Разумно было подвести одну или две передвижных базовых станций, развернуть генераторы и дать народу связь. Однако не все так просто. Вернее, с технической стороны тут нет непреодолимых проблем, а с юридической - полный казус. Насколько известно, сейчас в нашей стране нет ни одного правового документа, который регламентирует развертывание и эксплуатацию передвижных базовых станций. Возможно, в будущем эта проблема будет решена.

Сотовые операторы любят говорить о количестве своих базовых станций. Однако не стоит считать, что чем больше у компании БС, тем больше территория покрытия. Это утверждение верно лишь частично.

Как мы уже писали выше, основу базовой станции GSM составляют приемопередатчики. Они позволяют оператору использовать до восьми каналов. Стандарт GSM говорит, что для управления и обмена информацией необходимы два канала. Количество передатчиков на каждой базовой станции может достигать 24 штук. Это зависит от типа базовой станции и ее назначения. Отметим, что одна базовая станция может конфигурировать до четырех сот. Эксперименты по интерференции волн и создании удаленных сот полностью провалены. О конфигурировании сотовых станций мы поговорим в следующем материале, когда будем рассматривать интерфейсы и принципы GSM-связи.

Установка базовых станций и расчет количества передатчиков на них - это отдельное искусство. Прежде всего, надо провести радиоразведку территории. Например, недопустим случай, когда вы высоко подняли одну из базовых станций и обеспечили хорошую связь с нее на большие расстояния, где уже действуют другие соты. Мобильники повально будут вешаться на соту с хорошим сигналом и «испортят» ее нормальную работу.

Очень важным надо считать количество передатчиков на одной БС. Если соотношение БС/передатчик окажется меньше 1:5, то очень часто сеть будет выдавать сигнал «перегрузки».

Любая базовая станция оборудована дополнительной радиорелейной связью. Это сделано для приложения дополнительных коммуникационных мостов внутри сети. Частотный диапазон для этой связи составляет 3-40 ГГц. Мощность передатчиков может составлять десятки Вт и регламентируется специальными документами. Для связи с мобильным телефоном передатчик базовой станции излучает мощность от пяти до десяти Вт.

Все вы, наверное, обращали внимание на антенны передатчиков базовых станций. Их хорошо видно на вышках. В нашей стране мы встречали только два типа антенн:

- слабонаправленные с круговой диаграммой направленности (ДН) в горизонтальной плоскости (тип "Omni")
- направленные (секторные) с углом раствора (шириной) основного лепестка ДН в горизонтальной плоскости обычно 60 или 120 градусов

Настал момент перейти к другому важному элементу нашей схемы - **BSC (Base Station Controller)** — контроллер базовых станций. Это мощный компьютер, обеспечивающий управление работой базовых станций (BTS) и осуществляющий контроль работоспособности всех блоков базовой станции (BTS), а также отвечающий за процедуру handover (передача обслуживания мобильной станции от одной базовой станции к другой в режиме разговора). Контроллер базовых станций управляет одновременно несколькими базовыми станциями (BTS). Их количество определяется, главным образом, объемами потоков вызовов, то есть телефонной нагрузкой. Например, в густонаселенной территории может располагаться большое количество BTS, подключенных к нескольким BSC.

Последним элементом первой подсистемы является TRAU (Transcoding Rate Adapter Unit) — транскодер. Он отвечает за преобразование скорости передачи данных между BSS и SSS. Скорость передачи информации в подсистеме базовых станций (BSS) равна 16 кбит/с, а в подсистеме коммутации – 64 кбит/с. Таким образом, основная задача транскодера преобразовывать скорость из 16 кбит/с в 64 кбит/с, и наоборот.

Тема № 36. SSS: центр мобильной коммутации (MSC);

Центр эксплуатации и тех.обслуживания (OSS)

Если проводить аналогии между сотовой сетью и человеческим организмом, то, безусловно, подсистема коммутации (SSS) служит телом. Сюда стекаются сигналы из «головы», «ног» и «рук». Существует ошибочное представление, что подсистема коммуникации должна находиться в середине зоны покрытия. Это так же верно, как то, что рабочая столовая должна быть в сердце завода. Давайте рассмотрим структуру **SSS (Switching Subsystem)** — подсистемы коммутации. Она состоит из:

MSC (Mobile Switching Center) – центра коммутации;
HLR (Home Location Register) – домашнего регистра местоположения;
VLR (Visitor Location Register) – гостевого регистра местоположения;
AuC (Authentication Center) – центра аутентификации.

MSC (Mobile Switching Center) — центр коммутации. Это мозговой центр и одновременно диспетчерский пункт системы сотовой связи, где замыкаются потоки информации о вызовах абонентов, где осуществляется выход на другие сети. Основные назначения MSC:

- маршрутизация (направление) сигнала, то есть анализ номера для исходящих и входящих вызовов;
- установление, контроль и разъединение соединений.

Также в центре коммутации формируются CDR-файлы (Call Data Recorder) для предоставления в биллинговую систему. Они содержат информацию о месте и времени начала и завершения звонка. Как правило, при организации сети стандарта GSM один или два MSC используются на территории, где проживает до одного миллиона пользователей (включая потенциальных). MSC осуществляет «мониторинг» мобильных станций (мобильных телефонов), используя регистры:

HLR (Home Location Register) — домашний регистр местоположения
VLR (Visitor Location Register) — гостевой регистр местоположения.

HLR (Home Location Register) — домашний регистр местоположения представляет собой компьютерную базу данных о домашних абонентах – пользователях мобильной связи, вне зависимости от состояния мобильного телефона (вкл. или выкл.). В ней содержатся опознавательные номера и адреса, а также параметры подлинности абонентов, список услуг связи. Записанные данные позволяют абоненту использовать определенные основные и дополнительные услуги, обеспечиваемые системой. В HLR также хранится та часть информации о местоположении мобильной станции, которая позволяет центру коммутации (MSC) доставить вызов этой станции.

Домашний регистр местоположения (HLR) содержит международный идентификационный номер подвижного абонента (IMSI-International Mobile Subscriber Identity). Он используется для опознавания мобильной станции в центре аутентификации (AuC). К данным, содержащимся в HLR, дистанционный доступ имеют все MSC и VLR. Если в сети имеются несколько HLR, то каждый HLR представляет определенную часть общей базы данных сети об абонентах.

VLR (Visitor Location Register) — гостевой регистр местоположения содержит примерно такие же данные, как и HLR, но только об активных абонентах, то есть о тех, кто в данный момент находится в зоне действия коммутатора (MSC), к которому принадлежит VLR. Количество гостевых регистров местоположения (VLR) равно количеству коммутаторов (MSC). Каждый гостевой регистр местоположения приписан к определенному коммутатору. VLR содержит базу данных о роумерах (роумеры- абоненты другой системы GSM, временно использующие услуги данной системы в рамках процедуры «роуминга»), находящихся в зоне VLR.

Итак, подсистема коммуникации берет на себя очень много функций. Центр коммутации GSM-связи напрямую обслуживает группу сот и обеспечивает все виды соединений (голосовые, передача сообщений и передача данных). Теоретически MSC повторяет работу коммутационной станции ISDN. Он представляет собой интерфейс между фиксированными сетями и сетью подвижной связи. Конечно, вам не удастся работать по принципу «Барышня? Соедините...». Однако технически этот шлюз не многим сложнее современных коммутаторов, которые устанавливаются для стационарных сетей. Он обеспечивает маршрутизацию вызовов и функции управления вызовами. Однако его важное отличие в том, что при этом ему приходится решать проблемы коммутации радиоканалов. Из-за этого достигается непрерывность связи при перемещении подвижной станции из соты в соту. Кроме этого, центр коммуникации решает о переключении рабочих каналов в соте при появлении помех или неисправностях.

Огромные кипы служебной информации непрерывным потоком стекают с него в центр управления и обслуживания. Это статистические данные, необходимые для контроля работы и оптимизации сети. Помимо этого, MSC поддерживает процедуры безопасности, применяемые для управления доступами к радиоканалам.

Вы слышали о роуминге? Думаем, что да. Когда два оператора договариваются о роуминге своих абонентов, то это значит, что они могут *пользоваться HLR (Home Location Register) и VLR (Visitor Location Register)* совместно. Вернее, каждый из них получает доступ к гостевому регистру друг друга. С домашним регистром все немного сложнее. Более детально мы поговорим об этом в следующих главах.

Небольшим квадратом на схеме к домашнему регистру местоположения примостился центр аутентификации (AuC). **AuC (Authentication Center)** — центр аутентификации формирует параметры для процедуры аутентификации и определяет ключи шифрования мобильных станций абонентов. Процедура аутентификации – процедура подтверждения подлинности абонента (действительности, законности, наличия прав на пользование услугами сотовой связи) сети GSM. Выполнение данной процедуры исключает наличие несанкционированных пользователей («сотовых двойников») услугами GSM. На данный момент работа этого блока в сетях GSM доведена до фантастического уровня. Разумеется, это только машина, управляемая программой, которую писал человек. Однако годы работы не прошли бесследно. Центр аутентификации обмануть извне системы практически невозможно. Попытки клонировать GSM-аппараты практически повсеместно потерпели крах. Теоретическая возможность осталась. Однако экономически такой двойник абсолютно не обоснован.

Тема № 37. Основные стандарты сотовой связи и их характеристики.

Поколения сотовой связи

В развитии ССС можно выделить три поколения: аналоговые системы; цифровые системы; универсальные системы мобильной связи. К аналоговыми ССС относятся следующие стандарты:

AMPS (усовершенствованная мобильная телефонная служба, диапазон 800 МГц) – широко используется в США, Канаде, Центральной и Южной Америке, Австралии; это наиболее распространенный стандарт в мире; используется в России в качестве регионального стандарта;

TACS (общедоступная система связи, диапазон 900 МГц) – используется в Англии, Италии, Испании, Австрии, Ирландии, с модификациями ETACS (Англия) и JTACS/NTACS (Япония); это второй по распространенности стандарт среди аналоговых;

NMT-450 и NMT-900 (мобильный телефон северных стран, диапазоны 450 и 900 МГц соответственно) - используется в Скандинавии и во многих других странах; третий по распространенности среди аналоговых стандартов мира; стандарт NMT-450 является одним из двух стандартов сотовой связи, принятых в России в качестве федеральных;

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) - используется в Японии.

Характеристики ССС основных аналоговых стандартов представлены в таблице 1.

Характеристика	AMPS	TACS (ETACS)	NMT-450	NMT-900	Radlocom-2000	NTT
Диапазон частот, МГц	825-845 870-890	935-950 (917-933) 890-905 (872-888)	453-457.5 463-467.5	935-960 890-915	424.8-427.9 418.8-421.9	925-940 870-885
Радиус ячейки	2-20	2-20	2-45	0.5-20.0	5-20	5-10
Число каналов подвижной станции	666	600(640)	180	1000/1999	256	до 1000
Число каналов базовой станции	96	144	30	30	-	120
Мощность передатчика базовой станции, Вт	45	50	0	-	-	25
Ширина полосы частот канала, кГц	30(12.5)	25	25	25.0/12.5	12.5	25
Время переключения канала на границе ячейки, мс	250	290	1250	270	-	800
Максимальная девиация частоты в канале управления, кГц	8	6.4	3.5	3.5	-	4.5
Максимальная девиация частоты в речевом канале, кГц	12	9.5	5	5	2.5	5
Минимальное отношение сигнал/шум, дБ	10(6.5)	10	15	15	-	15

Во всех аналоговых стандартах применяется частотная (ЧМ) или фазовая (ФМ) модуляция для передачи речи и частотная манипуляция для передачи информации

управления. Этот способ имеет ряд существенных недостатков: возможность прослушивания разговоров другими абонентами, отсутствие эффективных методов борьбы с замираниями сигналов под влиянием окружающего ландшафта и зданий или вследствие передвижения абонентов. 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 емкость, являющаяся следствием недостаточно рационального использования выделенной полосы частот при частотном разделении каналов.

Перечисленные недостатки обусловили появление цифровых ССС. Переход к цифровым системам также стимулировался широким внедрением цифровой техники в отрасль связи и в значительной степени был обеспечен разработкой низкоскоростных методов.

Переход к цифровым системам натолкнулся на некоторые трудности. В США аналоговый стандарт AMPS получил столь широкое распространение, что прямая замена его цифровым стандартом оказалась практически невозможной. Выход был найден в разработке двухрежимной аналого-цифровой системы, позволяющей совмещать работу аналоговой цифровой систем в одном и том же диапазоне. Разработанный стандарт получил наименование D-AMPS, или IS-54 (IS - сокращение от Interim Standard, т.е. «промежуточный стандарт»). В Европе ситуация осложнялась наличием множества несовместимых аналоговых систем. Здесь выходом оказалась разработка единого общеевропейского стандарта GSP\ (GSM-900 — диапазон 900 МГц). Цифровой стандарт, по техническим характеристикам схожий с D-AMPS, был разработан в Японии; первоначально он назывался JDC, а с 1994 г. PDC (Personal Digital Cellular - «персональная цифровая сотовая связь»).

Стандарт D-AMPS дополнительно усовершенствовался за счет введения нового типа каналов управления (КУ). Цифровая версия IS-54 сохранила структуру КУ аналоговой AMPS, что ограничивало возможности системы. Новые чисто цифровые КУ были введены в версии IS-136. При этом была сохранена совместимость с AMPS и IS-54, но повышена емкость КУ и расширены функциональные возможности системы. Позже было принято решение обозначать этот стандарт GSM-1800. В США диапазон 1800 МГц оказался занят другими пользователями, но была найдена возможность выделить полосу

частот в диапазоне 1900 МГц, которая получила в Америке название диапазона систем персональной связи (PCS – Personal Communications Systems), в отличие от диапазона 800 МГц, за которым сохранено название сотового (cellular). Освоение диапазона 1900 МГц началось с конца 1995 г.; работа в этом диапазоне предусмотрена стандартом D-AMPS и разработана соответствующая версия стандарта GSM («американский» GSM-1900 - стандарт IS-661).

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 CCC 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, а в США начала использоваться и версия этого стандарта для диапазона 1900 МГц.

Основные цифровые стандарты CCC:

- 1) D-AMPS (Digital AMPS - цифровой AMPS; диапазоны 800 МГц и 1900 МГц);
- 2) GSM (Global System for Mobile communications - глобальная система мобильной связи, диапазоны 900, 1800 и 1900 МГц) - это второй по распространенности стандарт мира;
- 3) CDMA (диапазоны 800 и 1900 МГц);
- 4) JDC (Japanese Digital Cellular - японский стандарт цифровой сотовой связи).

Цифровые ССПС по сравнению с аналоговыми системами предоставляют абонентам больший набор услуг и обеспечивают повышенное качество связи, а также взаимодействие с цифровыми сетями ISDN и пакетной передачи данных (PDN).

Характеристики цифровых стандартов представлены в табл. 2.

Дальнейшее развитие ССПС осуществляется в рамках создания проектов систем третьего поколения (3G), которые будут отличаться унифицированной системой радиодоступа.

Программа IMT-2000 (International Mobil Telecommunications-2000) по созданию нового семейства систем подвижной связи третьего поколения, охватывает технологии, наземной сотовой, спутниковой связи и беспроводного доступа.

Суть новой концепции состоит в совмещении существующих сетей с системами, базирующимся на новом семействе стандартов 3-го поколения, которое получило обозначение IFS (IMT-2000 Family of Systems).

Таблица 2. Сравнительные характеристики цифровых стандартов

Характеристика	GSM (DCS 1800)	D-AMPS (ADC)	JDC	CDMA
Метод доступа	TDMA	TDMA	TDMA	CDMA
Число речевых каналов на несущую	8(16)	3	3	32
Рабочий диапазон частот, МГц	935-960 890-915 (1710-1785) (1805-1880)	824-840 869-894	810-826 940-956 1429-1441 1447-1489 1501-1513	824-840 869-894
Разнос каналов, кГц	200	30	25	1250
Эквивалентная полоса частот на один разговорный канал, кГц	25(12.5)	10	8.3	-
Вид модуляции	0.3 GMSK	$\pi/4$ DQPSK	$\pi/4$ DQPSK	QPSK
Скорость передачи информации, кбит/с	270	48	42	57.6
Скорость преобразования речи, кбит/с	13(6.5)	8	11.2(5.6)	9.6
Алгоритм преобразования речи	RPE-LTR	VSELP	VSELP	-
Радиус соты, км	0.5-35.0	0.5-20.0	0.5-20.0	0.5-25.0

Сегодня наиболее вероятно, что в странах с развитой телекоммуникационной инфраструктурой переход к 3-му поколению будет происходить путем совершенствования существующих аналоговых и цифровых сетей и создания условий для предоставления новых услуг мультимедиа, включая высокоскоростную симметричную и асимметричную передачу информации с высоким качеством связи, факсимильных сообщений и данных, любому абоненту с помощью мобильного терминала, имеющего единый номер. Набор услуг должен приближаться к перечню, предоставляемому в сетях ISDN (видеоконференц-связь, работа в режиме коммутации каналов и коммутации пакетов, взаимодействие с приложениями Internet, IN). Транспортная сеть должна обеспечить межсетевое взаимодействие и прозрачность доступа к услугам независимо от местонахождения абонентов.

Параллельно будут создаваться маленькие «островки» 3G-технологий (WCDMA и др.), которые станут расширяться с ростом числа абонентов. Этап внедрения новых технологий продлится не менее четырех лет (2002-2005 гг.), а совместное существование систем 2-го и 3-го поколений - примерно до 2010 г.

Такая стратегия обеспечивает последовательную модификацию составных элементов сетей, причем абонентская часть (терминалы), должна будет удовлетворять требованиям многих стандартов.

В настоящее время необходимо дать возможность всем операторам действующих сетей использовать существующую инфраструктуру при реализации набора новых услуг IMT-2000. В связи с этим, в Международном союзе электросвязи (МСЭ) завершается процесс стандартизации новых технологий и рабочие группы осуществляют разработку детальных спецификаций.

Программа IMT-2000 базируется на ряде принципиальных положений, определяющих принципы построения систем.

Архитектура систем будущего должна включать в себя два основных элемента: сетевую инфраструктуру (Access Network) и магистральные базовые сети (Core Network). Она должна обеспечивать определенные значения скорости передачи для различных степеней мобильности абонента (т. е. разных скоростей его движения) в зависимости от величины зоны покрытия:

- 1) до 2,048 Мбит/с при низкой мобильности (скорость менее 3 км/ч) и локальной зоне покрытия;
- 2) до 144 кбит/с при высокой мобильности (до 120 км/ч) и широкой зоне покрытия;
- 3) до 64 (144) кбит/с при глобальном покрытии (спутниковая связь).

Для разработки принципиально новых подходов к построению радиоинтерфейса было образовано два объединения: 3GPP и 3GPP2.

В первое объединение (3GPP) входят ETSI (Европа), ARIB (Япония), Комитет T1 (США), а также три региональных органа стандартизации от Азиатско-Тихоокеанского региона - CWTS (Китай), TTA (Корея) и TTC (Япония).

3GPP предложило объединить пять проектов: UTRA FDD (ETSI), WCDMA (ARIB), WCDMA NA (T1P1, США), WIMS (TR-46.1, США) и CDMA II (TTA). В качестве перспективных рассматриваются два варианта радиоинтерфейса.

Первый вариант - IMT-DS (IMT-2000 Direct Spread) - построен на базе проектов WCDMA (UTRA FDD) с прямым расширением спектра (DSSSS) и частотным дуплексным разнесом (FDD), ориентированным на использование в парных полосах частот.

Другой тип радиоинтерфейса - IMT-TC (IMT-2000 Time-Code), основан на кодово-временном разделении каналов TDMA/CDMA с временным дуплексным разнесом (TDD) и предназначен для организации связи в непарных полосах частот.

В Европе выработали единую политику перехода к 3-му поколению, в результате чего количество ее проектов ограничилось двумя: UTRA и DECT EP.

Аббревиатура IMT-FT (IMT-2000 Frequency Time) присвоена проекту DECT EP, который поступил от ETSI. Новый стандарт на микросотовую систему DECT предполагает применение комбинированного частотно-временного дуплексного разнеса и предназначен для работы как в парных, так и в непарных полосах частот. В IMT-FT определены три значения скоростей передачи: 1,152; 2,304 и 3,456 Мбит/с, реализовать

которые можно за счет введения новых методов модуляции $\pi/2$ DPSK, $-\pi/4$ DQPSK и $\pi/8$ D8PSK соответственно.

Во второе объединение (3GPP2) входят Ассоциация промышленности связи TTA и ряд азиатских региональных организаций: ARIB, CWTS, TTA и TTC.

Предложения от 3GPP2 представлены двумя вариантами радиointерфейсов, получившими обозначение IMT-MC (IMT-2000 Multi Carrier) и IMT-SC (IMT-2000 Single Carrier).

Первый из них - IMT-MC - по сути представляет собой модификацию многочастотной системы cdma2000, в которой обеспечивается обратная совместимость с оборудованием стандарта cdmaOne (IS-95) (cdmaOne - коммерческое название системы, разработанной по спецификациям стандарта IS-95). Увеличение пропускной способности реализуется за счет одновременной передачи сигналов на нескольких несущих с частотным дуплексным разносом, предполагается работа в непарных полосах частот.

Радиointерфейс IMT-SC базируется на спецификациях проекта стандарта UWC-136. В нем определено поэтапное расширение возможностей существующей системы TDMA при условии работы системы в парных полосах частот.

В соответствии с концепцией IMT-2000 в системах 3-го поколения предполагается создание единого частотного пространства шириной 230 МГц с разными сценариями использования.

Основа этих сценариев – режимы FDD (Frequency Division Duplex) и TDD (Time Division Duplex). Новизна технологии IMT-2000 связана прежде всего с выделением парных полос частот для систем, работающих с частотным дуплексным разносом (FDD), и непарных – для систем с временным дуплексным разносом (TDD).

Комбинированное использование этих двух режимов делает систему гибкой, позволяя изменять пропускную способность и способы организации связи. Режим FDD более эффективен при больших размерах сот и высокой скорости передвижения абонентов, а TDD, напротив, предназначен для работы в пико и микросотах, т. е. там, где абонент передвигается с невысокой скоростью.

Тема № 38. Пути повышения емкости сетей сотовой связи.

Способы повышения емкости в системах сотовой связи можно разделить на четыре группы:

1. Совершенствование методов обработки сигналов (в частности, переход от аналоговой обработки к цифровому), сопровождаемый переходом к более эффективным методам множественного доступа – от FDMA до TDMA и к CDMA, а в пределах TDMA – переход от полноскоростного кодирования речи к полускоростному.

2. Дробление сот, т.е. переход к меньшим ячейкам в районах с интенсивным трафиком при том же коэффициенте повторного использования частот. Число базовых станций (БС) при этом соответственно увеличивается, а мощность излучения (как для БС, так и для подвижных) снижается. Тот же эффект достигается при использовании на БС секторных антенн, например, с делением соты на три сектора (при 120-градусных секторах) и использованием в каждом из секторов своей полосы частот. Практически соты с радиусом меньше 300...500м неудобны, так как чрезмерно возрастает поток передач обслуживания. Выход может быть найден в использовании многоуровневых (иерархических) схем построения сотовой сети с обслуживанием в больших ячейках (макросотах) абонентов, которые быстро перемещаются (автомобилистов), а в более мелких (микросоты, пикосоты) – малоподвижных абонентов, например, покупателей в пределах торгового центра.

В некоторых случаях может оказаться необходимым не дробить, а укреплять соты, если трафик настолько малый, что не обеспечивает достаточной загрузки БС. Если при этом радиус сота превышает номинальную дальность действия передатчика БС и/или МС, то для обеспечения связи в изъятых частях ячейки приходится использовать повторители, которые выполняют роль ретранслятора.

Принцип повторного использования частот.

Основным принципом сотовой связи является повторное использование частот в неопределяемых сотах, идея которого заключается в том, что в соседних ячейках системы используются разные полосы частот, а через несколько ячеек эти полосы повторяются. Это разрешает при ограниченной общей полосе частот охватить системой как можно большую зону обслуживания и существенным образом повысить емкость системы. Первыми моделями систем с повторным использованием частот были аналоговые системы сотовой связи, в которых антенны БС имели круговую диаграмму

направленности и размещались в центре соты. Группа сот с разными наборами частот называется кластером. Определяющим его параметром является количество частот, которые используются в соседних сотах. При 3-элементном кластере соты с одинаковыми полосами частот повторяются очень часто, это плохо, учитывая уровни соканальных препятствий, т.е. препятствий от станций системы, которые работают на тех же частотных каналах, но в других сотах. В этом отношении более удобны кластеры с большим числом элементов (например, на рис. 1 изображенная схема с семиэлементным кластером). На практике это число может достигать пятнадцати.

Основным принципом сотовой связи является повторное использование частот в неопределяемых сотах, идея которого заключается в том, что в соседних ячейках системы используются разные полосы частот, а через несколько ячеек эти полосы повторяются. Это позволяет при ограниченной общей полосе частот охватить системой как можно большую зону обслуживания и существенно образом повысить емкость системы. Первыми моделями систем с повторным использованием частот были аналоговые системы сотовой связи, в которых антенны БС имели круговую диаграмму направленности и размещались в центре соты. Группа сот с разными наборами частот называется кластером. Определяющим его параметром является количество частот, которые используются в соседних сотах. При 3-элементном кластере соты с одинаковыми полосами частот повторяются очень часто, это плохо, учитывая уровни соканальных препятствий, т.е. препятствий от станций системы, которые работают на тех же частотных каналах, но в других сотах. В этом отношении более удобны кластеры с большим числом элементов (например, на рис. 1 изображенная схема с семиэлементным кластером). На практике это число может достигать пятнадцати.

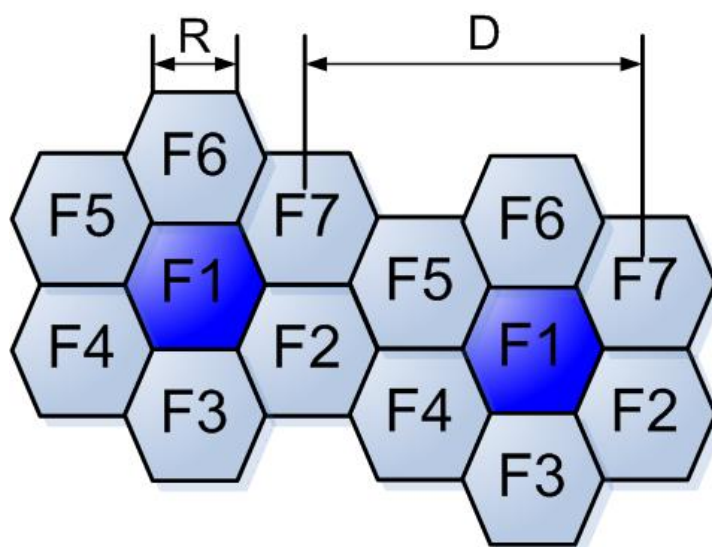


Рис. 1. Схема с семиэлементным кластером

Увеличение числа элементов в кластере, что удобно в отношении снижения уровня соканальных препятствий, приводит к пропорциональному уменьшению полосы

частот, которая может быть использована в одной соте. Поэтому практически число элементов в кластере должно выбираться минимально возможным, что обеспечивает допустимое отношение сигнал/шум. Напомню, что вид модуляции, способы кодирования и формирование сигналов в каналах связи, принятые в GSM, обеспечивают прием сигналов с отношением сигнал/шум $C/I = 9$ дБ, в то время как в аналоговых системах тот же показатель равняется 17...18 дБ. Смежные БС, которые используют разные наборы частотных каналов, образуют группу из C станций (число сот в кластере). Если каждой БС выделяется набор из N каналов с шириной полосы каждого F_k , то общая ширина полосы, которую занимает система сотовой связи, составит $F_c = F_k * N * C$. Отсюда число каналов связи в соте определяется выражением: $N = \frac{F_c}{F_k * C}$, где F_c – ширина полосы системы. Таким образом, величина C определяет минимально возможное число каналов в системе, поэтому ее часто называют частотным параметром системы, или коэффициентом повторного использования частот. Важным вопросом является определение отдаленности (защитного интервала) двух сот, которые используют одинаковые частоты, для избежания интерференции. В шестиугольной (гексагональной) схеме возможны только следующие значения C – числа сот в минимальном фрагменте (кластере):

$$C = I^2 + J^2 + (I \times J),$$

где $I, J = 0, 1, 2, 3$. Итак, число C может быть равным: 1, 3, 4, 7, 9, 12, 13, 16, 19, 21 ... Это число называют еще кратностью использования частот. Базовые станции, на которых допускается повторное использование выделенного набора частот, должны быть отдалены одна от другой на расстояние D , которое называется “защитным интервалом” (рис. 1), связанное с числом сот в кластере C и должно принимать значение не меньше следующего выражения:

$$D = R\sqrt{3C}$$

где R – радиус соты (радиус окружности, описанной возле правильного шестиугольника). Коэффициент C не зависит от числа каналов в наборе и увеличивается по мере уменьшения радиуса соты. Таким образом, при использовании сот меньших радиусов имеется возможность увеличения повторяемости частот.

Применение шестиугольной формы сот: – разрешает минимизировать необходимый частотный диапазон, поскольку обеспечивает оптимальное соотношение между величиной C и защитным интервалом D ; – кроме того, шестиугольная форма наилучшим образом вписывается в круговую диаграмму направленности БС, установленной в центре соты. Параметр называется коэффициентом уменьшения соканальных препятствий или коэффициентом соканального повторения. Размеры соты (радиус R) определяют защитный интервал D между сотами, в которых те же самые частоты могут быть использованы повторно. Величина защитного интервала D , кроме уже

перечисленных факторов, зависит также от допустимого уровня препятствий и условий распространения радиоволн. В предположении, что интенсивность вызовов в пределах всей зоны одинаковая, соты выбираются одного размера. Размер зоны обслуживания БС, которое выражается через радиус соты R , определяет также число абонентов N , способных одновременно вести переговоры на всей территории обслуживания. Итак, уменьшение радиуса соты разрешает не только повысить эффективность использования выделенной полосы частот и увеличить абонентскую емкость системы, но и уменьшить мощность передатчиков и чувствительность приемников БС и ПС. Это, в свою очередь, улучшает условия ЭМС средств сотовой связи с другими радиоэлектронными средствами и системами. С другой стороны, чрезмерное уменьшение радиуса ячеек приводит к значительному увеличению числа пересечений мобильными абонентами границ сот, которое может вызвать перегрузку устройств управления и коммутации системы. Кроме того, возможное увеличение числа случаев возникновения взаимных препятствий. И, в конце концов. При малых значениях R в реальных условиях даже незначительное отклонение положения антенны относительно геометрического центра соты может вызвать ощутимое уменьшение отношения сигнал/шум в системе. В связи с этим в реальных условиях при выборе величины R приходится учитывать все вышеперечисленные обстоятельства и находить компромиссное решение. Способ организации повторного использования частот с применением антенн БС с круговыми диаграммами направленности допускает передачу сигнала одинаковой мощности по всем направлениям, которые для абонентской станции эквивалентно приема препятствий от всех БС из всех направлений.

Эффективным способом снижения уровня препятствий может быть использования направленных секторных антенн с узкими диаграммами направленности. В секторе такой направленной антенны сигнал излучается преимущественно в одну сторону, а уровень излучения в противоположном направлении сокращается к минимуму. Распределение сот на секторы разрешает чаще применять частоты в сотах повторно. При использовании направленных (в горизонтальной плоскости) антенн с шириной диаграммы направленности 120° или 60° шестиугольный сот разбивается на 3 или 6 секторов, в каждом из которых используется своя полоса частот (рис. 2). Возможны и другие варианты дробления ячеек, причем этот прием широко используется для участков сети с напряженным трафиком в интересах обеспечения необходимой емкости системы. Высочайшую эффективность использования полосы частот и, итак, наибольшее число абонентов сети, которые работают в этой полосе, обеспечивает разработанный фирмой Motorola способ повторного использования частот, при котором задействуются две БС. При реализации этого способа (рис. 3) каждая частота используется дважды в пределах

кластера, который состоит из 4 сот. БС каждой из них может работать на 12 частотах, используя антенны с диаграммой направленности шириной 600.

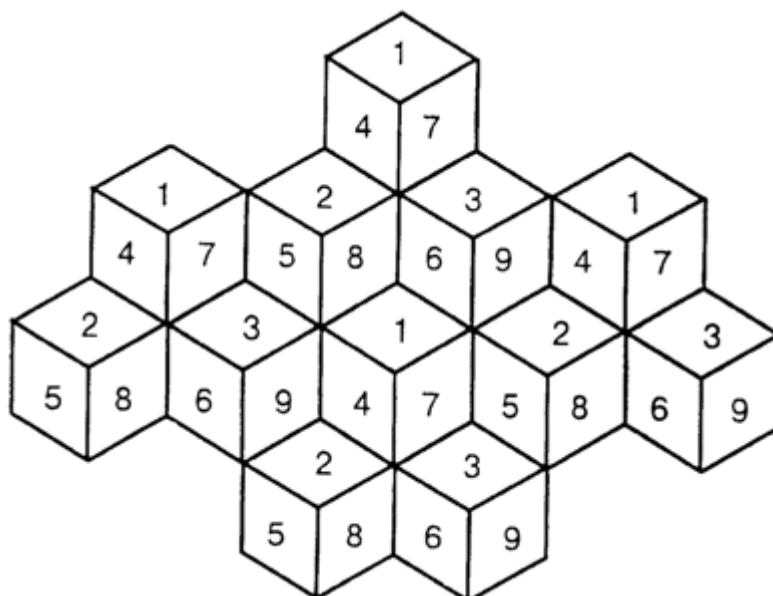


Рис. 2. Модель повторного использования частот в трехсекторных сотах

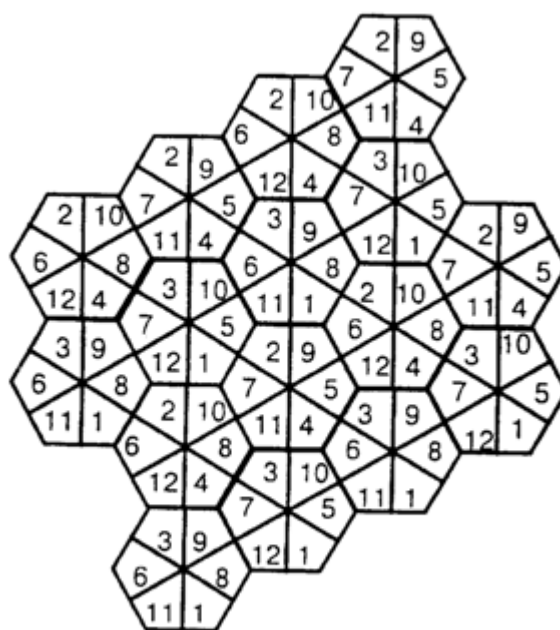


Рис. 3. Модель повторного использования частот в шестисекторных сотах

Разделить территорию, которая обслуживается, на соты можно двумя способами: – основанным на измерении статистических характеристик распространения сигналов в системах связи; – основанным на измерении или расчете параметров распространения сигнала для конкретного района. При реализации первого способа вся территория, которая обслуживается, разделяется на одинаковые по форме зоны и с помощью закона статистической радиофизики определяются их допустимые размеры и расстояния к другим зонам, в пределах которых выполняются условия допустимого взаимного влияния. Для оптимального, т.е. без перекрытия или пропусков участков, деление территории на

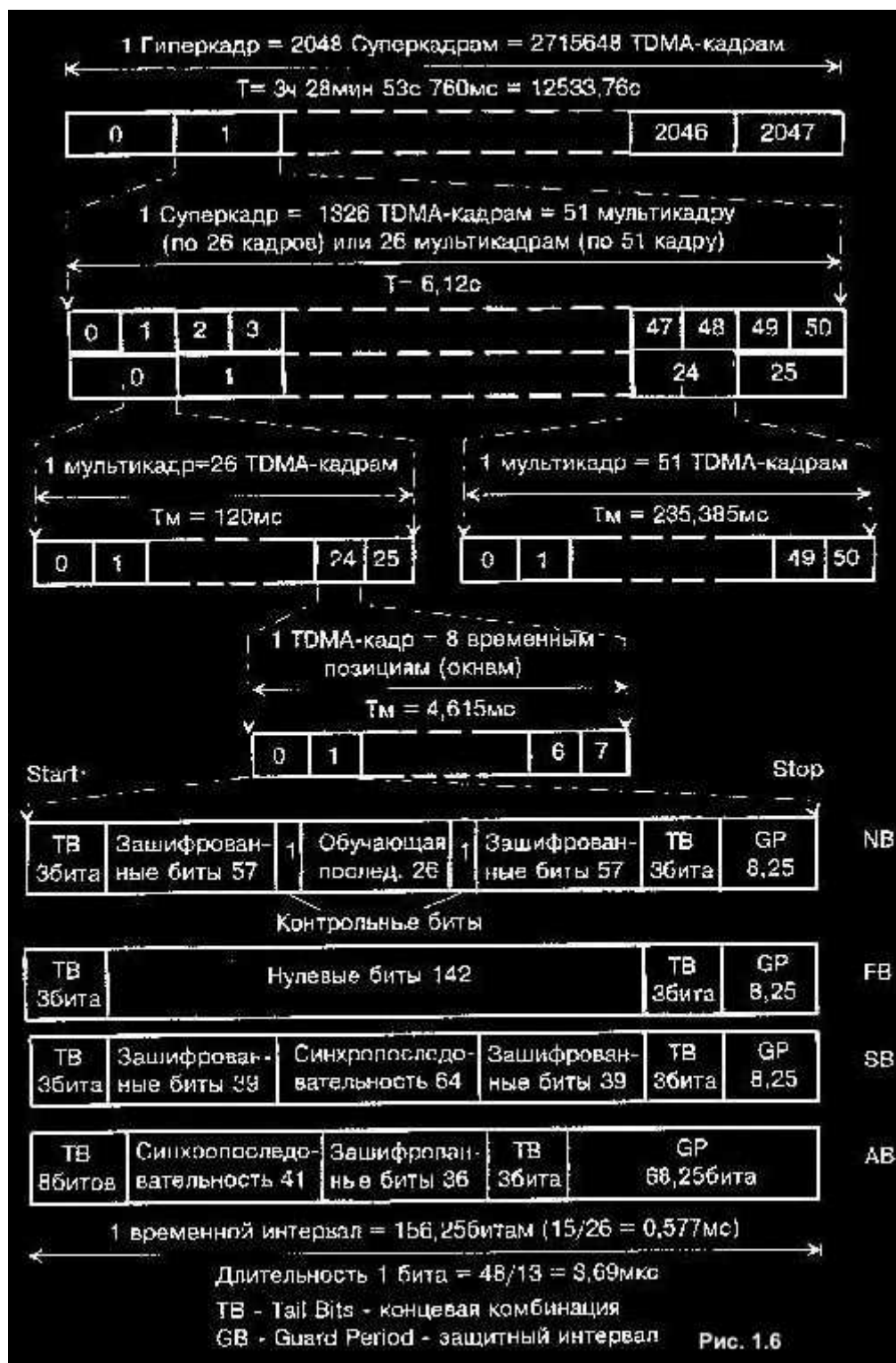
соты могут быть использованы только три геометрические фигуры: треугольник, квадрат и шестиугольник. Наиболее пригодной фигурой является шестиугольник, так как шестиугольная форма наилучшим образом вписывается в круговую диаграмму направленности БС, установленной в центре ячейки. При первом способе интервал между зонами, в которых используются одинаковые рабочие каналы, обычно выходит больше необходимого для поддержки взаимных препятствий на допустимом уровне. Более приемлемый второй способ деления на зоны. В этом случае тщательно измеряют или рассчитывают параметры системы для определения минимального числа БС, которые обеспечивают удовлетворительное обслуживание абонентов по всей территории, определяют оптимальное местоположение БС с учетом рельефа местности, рассматривают возможность использования направленных антенн, пассивных ретрансляторов и сопредельных центральных станций в момент пиковой нагрузки и т.д.

Тема № 39. Формирование каналов в сетях сотовой связи.

Многолучевое распространение.

Структура TDMA кадров и формирование сигналов в стандарте GSM

В результате анализа различных вариантов построения цифровых сотовых систем подвижной связи (ССПС) в стандарте GSM принят многостанционный доступ с временным разделением каналов (TDMA). Общая структура временных кадров показана на рис. 1.6 [1.4]. Длина периода последовательности в этой структуре, которая называется гиперкадром, равна $T_H = 3 \text{ ч } 28 \text{ мин } 53 \text{ с } 760 \text{ мс}$ (12533,76 с). Гиперкадр делится на 2048 суперкадров, каждый из которых имеет длительность $T_S = 12533,76/2048 = 6,12 \text{ с}$.



Суперкадр состоит из мультикадров. Для организации различных каналов связи и управления в стандарте GSM используются два вида мультикадров:

- 1) 26-позиционные TDMA кадры мультикадра;
- 2) 51-позиционные TDMA кадры мультикадра.

Суперкадр может содержать в себе 51 мультикадр первого типа или 26 мультикадров второго типа. Длительности мультикадров соответственно:

1) $T_M = 6120/51 = 120 \text{ мс}$;

2) $T_M = 6120/26 = 235,385 \text{ мс}$ (3060/13 мс). Длительность каждого TDMA кадра
 $T_K = 120/26 = 235,385/51 = 4,615 \text{ мс}$ (60/13 мс).

В периоде последовательности каждый TDMA кадр имеет свой порядковый номер (NF) от 0 до NFmax, где NFmax = $(26 \times 51 \times 2048) - 1 = 2715647$.

Таким образом, гиперкадр состоит из 2715647 TDMA кадров. Необходимость такого большого периода гиперкадра объясняется требованиями применяемого процесса криптографической защиты, в котором номер кадра NF используется как входной параметр. TDMA кадр делится на восемь временных позиций с периодом

$$T_o = 60/13:8 = 576,9 \text{ мкс} (15/26 \text{ мс})$$

Каждая временная позиция обозначается TN с номером от 0 до 7. Физический смысл временных позиций, которые иначе называются окнами, - время, в течение которого осуществляется модуляция несущей цифровым информационным потоком, соответствующим речевому сообщению или данным.

Цифровой информационный поток представляет собой последовательность пакетов, размещаемых в этих временных интервалах (окнах). Пакеты формируются немного короче, чем интервалы, их длительность составляет 0,546 мс, что необходимо для приема сообщения при наличии временной дисперсии в канале распространения.

Информационное сообщение передается по радиоканалу со скоростью 270,833 кбит/с.

Это означает, что временной интервал TDMA кадра содержит 156,25 бит.

Длительность одного информационного бита $576,9 \text{ мкс}/156,25 = 3,69 \text{ мкс}$.

Каждый временной интервал, соответствующий длительности бита, обозначается BN с номером от 0 до 155; последнему интервалу длительностью 1/4 бита присвоен номер 156.

Для передачи информации по каналам связи и управления, подстройки несущих частот, обеспечения временной синхронизации и доступа к каналу связи в структуре TDMA кадра используются пять видов временных интервалов (окон):

NB используется для передачи информации по каналам связи и управления, за исключением канала доступа RACH. Он состоит из 114 бит зашифрованного сообщения и включает защитный интервал (GP) в 8,25 бит длительностью 30,46 мкс. Информационный блок 114 бит разбит на два самостоятельных блока по 57 бит, разделенных между собой обучающей последовательностью в 26 бит, которая используется для установки эквалайзера в приемнике в соответствии с характеристиками канала связи в данный момент времени.

В состав NB включены два контрольных бита (Steeling Flag), которые служат признаком того, содержит ли передаваемая группа речевую информацию или информацию сигнализации. В последнем случае информационный канал (Traffic Channel) "украден" для обеспечения сигнализации.

Между двумя группами зашифрованных бит в составе NB находится обучающая последовательность из 26 бит, известная в приемнике. С помощью этой последовательности обеспечивается:

- оценка частоты появления ошибок в двоичных разрядах по результатам сравнения принятой и эталонной последовательностей. В процессе сравнения вычисляется параметр RXQUAL, принятый для оценки качества связи. Конечно, речь идет только об оценке связи, а не о точных измерениях, так как проверяется только часть передаваемой информации. Параметр RXQUAL используется при вхождении в связь, при выполнении процедуры "эстафетной передачи" (Handover) и при оценке зоны покрытия радиосвязью;

- оценка импульсной характеристики радиоканала на интервале передачи NB для последующей коррекции тракта приема сигнала за счет использования адаптивного эквалайзера в тракте приема;

- определение задержек распространения сигнала между базовой и подвижной станциями для оценки дальности связи. Эта информация необходима для того, чтобы пакеты данных от разных подвижных станций не накладывались при приеме на базовой станции. Поэтому удаленные на большее расстояние подвижные станции должны передавать свои пакеты раньше станций, находящихся в непосредственной близости от базовой станции. FB предназначен для синхронизации по частоте подвижной станции. Все 142 бита в этом временном интервале - нулевые, что соответствует немодулированной несущей со сдвигом $1625/24$ кГц выше номинального значения частоты несущей. Это необходимо для проверки работы своего передатчика и приемника при небольшом частотном разносе каналов (200 кГц), что составляет около 0,022% от номинального значения полосы частот 900 МГц. FB содержит защитный интервал 8,25 бит так же, как и нормальный временной интервал. Повторяющиеся временные интервалы подстройки частоты (FB) образуют канал установки частоты (FCSN).

SB используется для синхронизации по времени базовой и подвижной станций. Он состоит из синхропоследовательности длительностью 64 бита, несет информацию о номере ТОМА кадра и идентификационный код базовой станции. Этот интервал передается вместе с интервалом установки частоты. Повторяющиеся интервалы синхронизации образуют так называемый канал синхронизации (SCH).

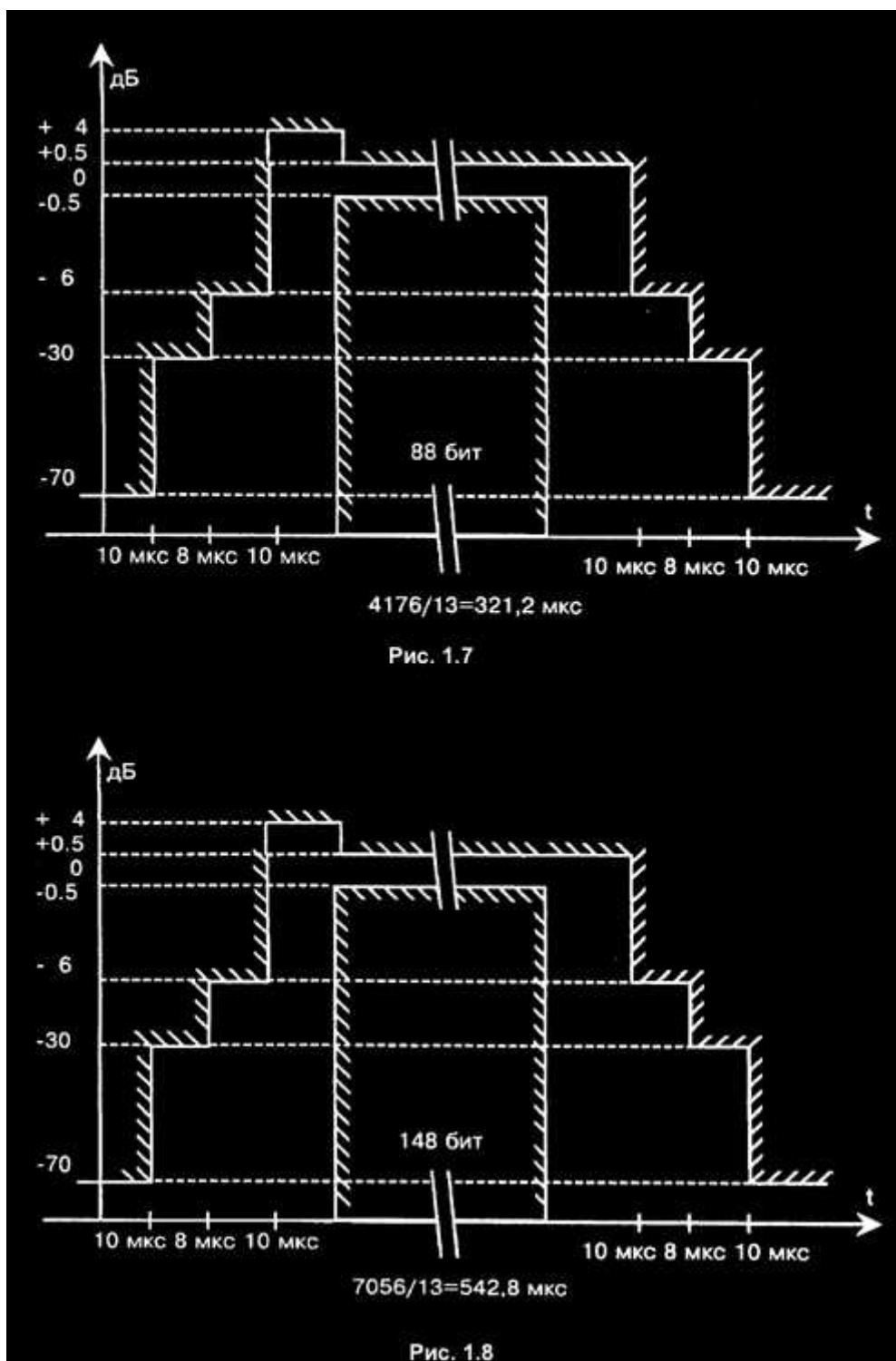
DB обеспечивает установление и тестирование канала связи. По своей структуре DB совпадает с NB (рис. 1.6) и содержит установочную последовательность длиной 26

бит. В DB отсутствуют контрольные биты и не передается никакой информации. DB лишь информирует о том, что передатчик функционирует.

AB обеспечивает разрешение доступа подвижной станции к новой базовой станции. AB передается подвижной станцией при запросе канала сигнализации. Это первый передаваемый подвижной станцией пакет, следовательно, время прохождения сигнала еще не измерено. Поэтому пакет имеет специфическую структуру. Сначала передается концевая комбинация 8 бит, затем - последовательность синхронизации для базовой станции (41 бит), что позволяет базовой станции обеспечить правильный прием последующих 36 зашифрованных бит. Интервал содержит большой защитный интервал (68,25 бит, длительностью 252 мкс), что обеспечивает (независимо от времени прохождения сигнала) достаточное временное разнесение от пакетов других подвижных станций,

Этот защитный интервал соответствует двойному значению наибольшей возможной задержки сигнала в рамках одной соты и тем самым устанавливает максимально допустимые размеры соты. Особенность стандарта GSM - возможность обеспечения связи подвижных абонентов в сотах с радиусом около 35 км. Время распространения радиосигнала в прямом и обратном направлениях составляет при этом 233,3 мкс.

В структуре GSM строго определены временные характеристики огибающей сигнала, излучаемого пакетами на канальном временном интервале TDMA кадра, и спектральная характеристика сигнала. Временная маска огибающей для сигналов, излучаемых на интервале AB полного TDMA кадра, показана на рис. 1.7, а маска огибающей для сигналов NB, FB, DB и SB полного TDMA кадра - на рис. 1.8. Различные формы огибающих излучаемых сигналов соответствуют разным длительностям интервала AB (88 бит) по отношению к другим указанным интервалам полного TDMA кадра (148 бит). Нормы на спектральную характеристику излучаемого сигнала показаны на рис. 1.9.

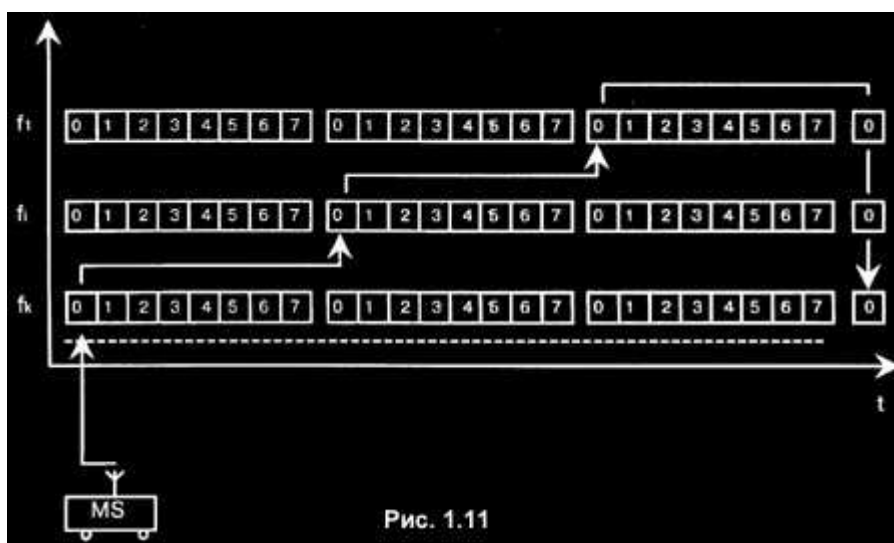
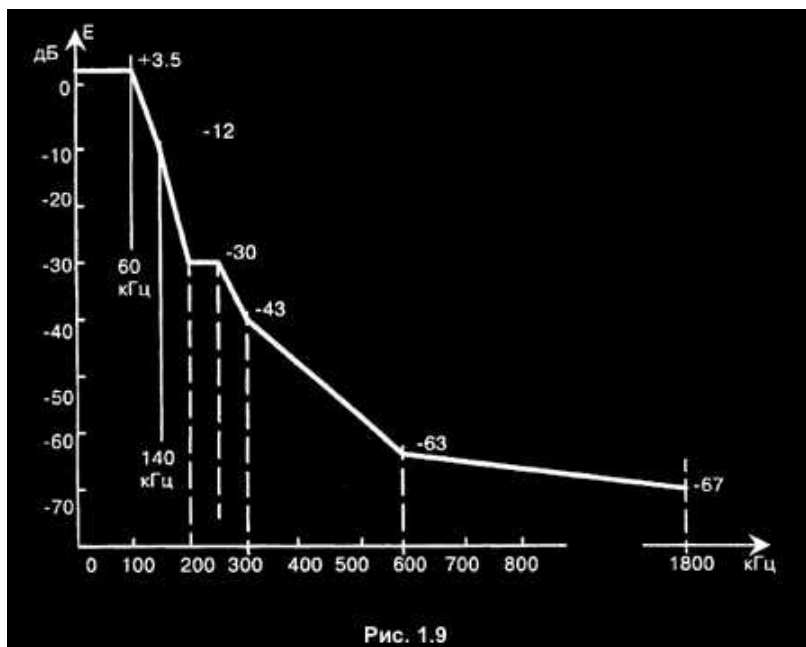


Одна из особенностей формирования сигналов в стандарте GSM - использование медленных скачков по частоте в процессе сеанса связи. Главное назначение таких скачков (SFH - Slow Frequency Hopping) - обеспечение частотного разнесения в радиоканалах, функционирующих в условиях многолучевого распространения радиоволн. SFH используется во всех подвижных сетях, что повышает эффективность кодирования и перемежения при медленном движении абонентских станций. Принцип формирования медленных скачков по частоте состоит в том, что сообщение, передаваемое в выделенном абоненту временном интервале TDMA кадра (577 мкс), в каждом последующем кадре

передается (принимается) на новой фиксированной частоте. В соответствии со структурой кадров время для перестройки частоты составляет около 1 мс.

В процессе скачков по частоте постоянно сохраняется дуплексный разнос 45 МГц между каналами приема и передачи. Всем активным абонентам, находящимся в одной соте, ставятся в соответствие ортогональные формирующие последовательности, что исключает взаимные помехи при приеме сообщений абонентами в соте. Параметры последовательности переключения частот (частотно-временная матрица и начальная частота) назначаются каждой подвижной станции в процессе установления канала. Ортогональность последовательностей переключения частот в соте обеспечивается начальным частотным сдвигом одной и той же (по алгоритму формирования) последовательности. В смежных сотах используются различные формирующие последовательности.

Комбинированная TDMA/FDMA схема организации каналов в стандарте GSM и принцип использования медленных скачков по частоте при передаче сообщений во временных кадрах показаны на рис. 1.10,1.11.



Для сравнения можно отметить, что по результатам экспериментальных исследований, проведенных на действующих сетях GSM, пространственное разнесение приемных антенн на базовой станции дает выигрыш 3-4 дБ.

Принятая структура TDMA кадров и принципы формирования сигналов в стандарте GSM в совокупности с методами капельного кодирования позволили снизить требуемое для приема отношение сигнал/помеха до 9 дБ, тогда как в стандартах аналоговых сотовых сетей связи оно составляет 17-18 дБ.

Тема № 40. Аутентификация и идентификация.

Аутентификация – процедура подтверждения подлинности (действительности, законности, наличия прав на пользование услугами сотовой связи) абонента системы подвижной связи. Необходимость введения этой процедуры вызвана неизбежным соблазном получения несанкционированного доступа к услугам сотовой связи, приводящим к многочисленным и разнообразным проявлениям особого рода мошенничества – фрода в сотовой связи, о котором мы расскажем подробнее позже. Слово аутентификация (английское authentication) происходит от греческого authentikos – подлинный, исходящий из первоисточника. В русском языке довольно часто используется родственный юридический термин – аутентичные тексты, например тексты договора на нескольких языках, имеющие равную силу.

Идентификация – процедура отождествления подвижной станции (абонентского радиотелефонного аппарата), т.е. процедура установления принадлежности к одной из групп, обладающих определенными свойствами или признаками. Эта процедура используется для выявления утерянных, украденных или неисправных аппаратов. Слово идентификация (английское identification) происходит от средневекового латинского identificare – отождествлять.

Первоначально, в аналоговых системах сотовой связи первого поколения, процедура аутентификации имела простейший вид: подвижная станция передавала свой уникальный идентификатор (электронный серийный номер – Electronic Serial Number, ESN), и если таковой отыскивался среди зарегистрированных в домашнем регистре, то процедура аутентификации считалась успешно выполненной. Столь примитивная аутентификация оставляла большие возможности для фрода, поэтому со временем и в аналоговых системах, и тем более в системах сотовой связи второго поколения с использованием дополнительных возможностей цифровых методов передачи информации процедура аутентификации была значительно усовершенствована.

Идея процедуры аутентификации в цифровой системе сотовой связи заключается в шифровании некоторых паролей-идентификаторов с использованием квазислучайных чисел, периодически передаваемых на подвижную станцию с центра коммутации, и индивидуального для каждой подвижной станции алгоритма шифрования. Такое шифрование, с использованием одних и тех же исходных данных и алгоритмов, производится как на подвижной станции, так и в центре коммутации (или в центре аутентификации), и аутентификация считается закончившейся успешно, если оба результата совпадают.

В стандарте GSM процедура аутентификации связана с использованием модуля идентификации абонента (Subscriber Identity Module – SIM), называемого также SIM-

картой (SIM-card) или смарт-картой (smart-card), о котором мы расскажем чуть подробнее, поскольку до сих пор такого повода нам не предоставлялось. Модуль SIM – это съемный модуль, напоминающий по внешнему виду пластиковую кредитную карточку и вставляемый в соответствующее гнездо абонентского аппарата. Модуль вручается абоненту одновременно с аппаратом и в принципе позволяет вести разговор с любого аппарата того же стандарта, в том числе с таксофонного. Модуль содержит персональный идентификационный номер абонента (Personal Identification Number – PIN), международный идентификатор абонента подвижной связи (International Mobile Subscriber Identity – IMSI), индивидуальный ключ аутентификации абонента K_i , индивидуальный алгоритм аутентификации абонента A_3 , алгоритм вычисления ключа шифрования A_8 . Для аутентификации используется зашифрованный отклик (signed response) S , являющийся результатом применения алгоритма A_3 к ключу K_i и квазислучайному числу R , получаемому подвижной станцией от центра аутентификации через центр коммутации. Алгоритм A_8 используется для вычисления ключа шифрования сообщений. Уникальный идентификатор IMSI для текущей работы заменяется временным идентификатором TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity – временный идентификатор абонента подвижной связи), присваиваемым аппарату при его первой регистрации в конкретном регионе, определяемом идентификатором LAI (Location Area Identity – идентификатор области местоположения), и сбрасываемым при выходе аппарата за пределы этого региона. Идентификатор PIN – код, известный только абоненту, который должен служить защитой от несанкционированного использования SIM-карты, например при ее утере. После трех неудачных попыток набора PIN-кода SIM-карта блокируется, и блокировка может быть снята либо набором дополнительного кода – персонального кода разблокировки (Personal unblocking key – PUK), либо по команде с центра коммутации.

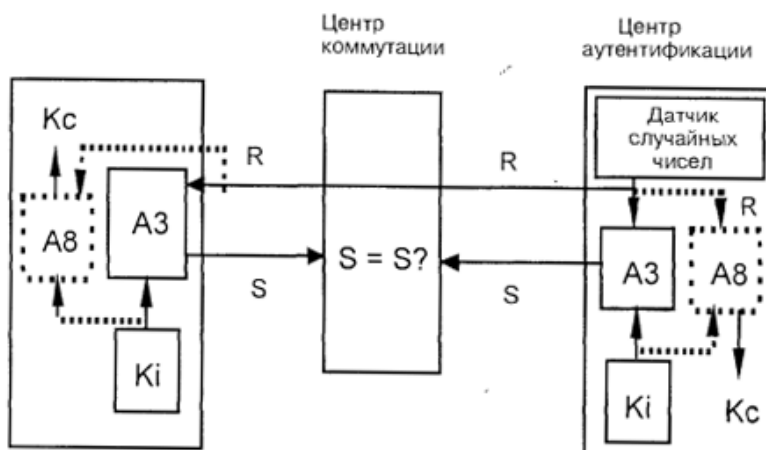


Рис.2.16. Схема процедуры аутентификации (стандарт GSM): R - случайное число; A_3 - алгоритм аутентификации; A_8 - алгоритм вычисления ключа шифрования; K_i

- ключ аутентификации, *Kc* - ключ шифрования; *S* - зашифрованный отклик (*Signed Response - SRES*)

Процедура аутентификации стандарта GSM схематически показана на рис. 2.16. Пунктиром отмечены элементы, не относящиеся непосредственно к процедуре аутентификации, но используемые для вычисления ключа шифрования *Kc*. Вычисление производится каждый раз при проведении аутентификации.

Процедура идентификации заключается в сравнении идентификатора абонентского аппарата с номерами, содержащимися в соответствующих «черных списках» регистра аппаратуры, с целью изъятия из обращения украденных и технически неисправных аппаратов. Идентификатор аппарата делается таким, чтобы его изменение или подделка были трудными и экономически невыгодными. В принципе может быть целесообразен и оперативный обмен информацией между регистрами аппаратуры – межоператорский и международный, в интересах объединения усилий операторов в борьбе с фродом в сотовой связи.

Тема № 42. Роуминг. Услуги сотовой связи.

РОУМИНГ

Одна из важных услуг сети сотовой связи - предоставление возможности использования одного и того же радиотелефона при поездке в другой город, область или даже страну, причем сотовая сеть позволяет не только самому абоненту звонить из другого города или страны, но и получать звонки от тех, кто не успел застать его дома. В сотовой радиосвязи такая возможность называется роуминг (от англ. roam - скитаться, блуждать). Для организации роуминга сотовые сети должны быть одного стандарта (телефон стандарта GSM не будет работать в сети стандарта CDMA и т. п.), а центры коммутации подвижной связи этого стандарта должны быть соединены специальными каналами связи для обмена данными о местонахождении абонента. Иными словами, применительно к сотовым системам для обеспечения роуминга необходимо выполнение трех условий:

Наличие в требуемых регионах сотовых систем стандарта, совместимого со стандартом компании, у которой был приобретен радиотелефон.

Наличие соответствующих организационных и экономических соглашений о роуминговом обслуживании абонентов

Наличие каналов связи между системами, обеспечивающих передачу звуковой и другой информации для роуминговых абонентов

При перемещении абонента в другую сеть ее центр коммутации запрашивает информацию в первоначальной сети и при наличии подтверждения полномочий абонента регистрирует его. Данные о местоположении абонента постоянно обновляются в центре коммутации первоначальной сети, и все поступающие туда вызовы автоматически переадресовываются в ту сеть, где в данный момент находится абонент.

При организации роуминга недостаточно провести только технические мероприятия по соединению различных сетей сотовой связи. Очень важно еще решить проблему взаиморасчетов между операторами этих сетей.

Различают три вида роуминга:

- Автоматический (именно с этой формой за рубежом обычно и связывают понятие роуминга), т. е. предоставление абоненту возможности выйти на связь в любое время в любом месте;
- Полуавтоматический, когда абоненту для пользования данной услугой в каком-либо регионе необходимо предварительно поставить об этом в известность своего оператора

- Ручной, по сути, простой обмен одного радиотелефона на другой, подключенный к сотовой системе другого оператора

Реализация конкретных технологий и стандартов - будь то GSM - 900/1800 , D-AMPS или NMT-450,900 в общем укладываются в рамки описанной схемы. Однако, для каждого из этих стандартов существуют свои особенности, которые в некоторых случаях предусматривают дополнения к данной схеме (иногда попросту необходимые), или же наоборот - принципиально не используют названные элементы. Например, на самом деле устройство сети , ее элементов и оборудования сложнее даже на уровне описания. Так , в ней должны присутствовать центры управления, аутентификации , биллинга, линии служебной связи и сигнализации. Но для общего понимания работы сети сотовой связи приведенной схемы вполне достаточно.